

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AR-GE AŞAMASINDAKİ BİR ÜRÜN İÇİN DEPO
KAPASİTESİNİN SİMÜLASYONLA BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur CANPOLAT

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Alparslan Serhat Demir

Haziran 2016

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AR-GE AŞAMASINDAKİ BİR ÜRÜN İÇİN DEPO
KAPASİTESİNİN SİMÜLASYONLA BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur CANPOLAT

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 13 / 06 /2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Üye

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Onur CANPOLAT

20.05.2016

TEŞEKKÜR

Hayatımın her aşamasında arkamda olan, beni sürekli destekleyen ve bugüne gelmemde en temel faktör olan çok kıymetli ailem Enver ve Gülser CANPOLAT başta olmak üzere, özellikle çalışmamı hayata geçirdiğim dönemde gösterdiği sabır ve anlayıştan ötürü değerli eşim Kadriye CANPOLAT’a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın ilk adımından son adımına her aşamada büyük emek veren ve yardım ve katkılarını esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Yrd. Doç. Dr. Alparslan Serhat DEMİR’e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
BÖLÜM 3.	
DEPO VE DEPOLAMA.....	11
3.1. Depo ve Depolama Kavramlarına Bakış	11
3.2. Depolamanın Tarihçesi	13
3.3. Depolamanın Günümüzdeki Yeri.....	13
3.4. Deponun İşlevleri	16
3.5. Depoların Sınıflandırılması	18
3.6. Depoda Gerçekleşen Operasyonlar	20
3.6.1. Taşıma	20
3.6.2. Depolama	20
3.7. Depolarda Maliyet ve Performans.....	22

BÖLÜM 4.

SİMÜLASYON KAVRAMI	25
4.1. Simülasyon Nedir?	25
4.2. Simülasyonun Tarihçesi	26
4.3. Simülasyon Kullanımının Uygun Olduğu Durumlar	27
4.4. Simülasyonun Kullanım Alanları	28
4.5. Simülasyonun Avantajları	30
4.6. Simülasyonun Dezavantajları	32
4.7. Simülasyon Aşamaları	34
4.8. Simülasyon Çeşitleri	39
4.9. Yaygın Simülasyon Programları	41

BÖLÜM 5.

UYGULAMA	42
5.1. Uygulamanın Amacı	42
5.2. Uygulamanın Kapsamı	43
5.3. Uygulamanın Önemi	43
5.4. Uygulamanın Yöntemi	44
5.5. Uygulamada Kullanılan Yazılım.....	45
5.6. Simülasyon Çalışmasının Adımları.....	48
5.6.1. Verilerin toplanması ve analizi	49
5.6.1.1. Ürün ağacının oluşturulması.....	50
5.6.1.2. Ana üretim çizelgesi (MPS) hazırlanması	52
5.6.1.3. Malzeme kartlarının hazırlanması	53
5.6.1.4. Malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) tablolarının oluşturulması	54
5.6.2. Modelin kurulması	56
5.6.3. Modelde kullanılan varsayımlar.....	57
5.6.4. Performans kriterleri	58
5.7. Senaryolar.....	59
5.7.1. Senaryo 1: Stok kontrol politikalarının hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi	59

5.7.1.1. Senaryo 1’e ait sonuçlar.....	61
5.7.1.2. Senaryo 1 – Duyarlılık incelemesi.....	68
5.7.2. Senaryo 2: Sabit sipariş miktarı politikasının değışkenliğinin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi.....	71
5.7.2.1. Senaryo 2’ye ait sonuçlar.....	73
5.7.2.2. Senaryo 2 – Duyarlılık incelemesi.....	76
5.7.3. Senaryo 3: Talebin değışkenliğinin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi	77
5.7.3.1. Senaryo 3’e ait sonuçlar.....	78
5.7.3.2. Senaryo 3 – Duyarlılık incelemesi.....	84
5.7.4. Senaryo 4: Tedarikçi kaynaklı belirsizliklerin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi	91
5.7.4.1. Senaryo 4’e ait sonuçlar.....	93
5.7.4.2. Senaryo 4 – Duyarlılık incelemesi.....	98
 BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	101
 KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ	109

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
BM	: Belirsizlik Maliyeti
D	: Talep Miktarı
DEA	: Veri Zarflama Tekniği
EBM	: Elde Bulundurma Maliyeti
ESM	: Ekonomik Sipariş Miktarı
h	: Elde Bulundurma Maliyeti
K	: Sabit Sipariş Ve Hazırlık Maliyeti
LFL	: İhtiyaç Kadar Sipariş (Lot for Lot)
MPS	: Ana Üretim Çizelgesi
MRP	: Malzeme İhtiyaç Planı
OEBM	: Ortalama Elde Bulundurma Maliyeti
OSM	: Ortalama Sipariş Maliyeti
RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama
SM	: Sipariş Maliyeti
SSM	: Sabit Sipariş Miktarı
TEG	: Tedarikçinin Beklenenden Erken Getirmesi
TGG	: Tedarikçinin Getirmesi Gerektiği Tarihten Daha Geç Getirmesi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Depo Kavramının Tanımlanması (Hopbaoğlu, 2009).	13
Şekil 3.2. Depoların Sınıflandırılması (Hopbaoğlu, 2009)	19
Şekil 4.1. Simülasyon Aşamaları (İpek, 1995)	35
Şekil 4.2. Simülasyon Çeşitleri (Etçioğlu, 2009)	40
Şekil 5.1. Bazı Örnek Açılış Ekranları	46
Şekil 5.2. Simülasyon Modeli Oluşturma Adımları (Taner, 2012)	47
Şekil 5.3. Uygulama Adımları	49
Şekil 5.4. Ürün Ağacı	51
Şekil 5.5. Malzeme İhtiyaç Planlaması Girdileri	52
Şekil 5.6. Ana Üretim Çizelgesi (MPS)	53
Şekil 5.7. Malzeme Kartları Örneği	54
Şekil 5.8. Oluşturulan Malzeme İhtiyaç Planı (MRP) Tabloları	55
Şekil 5.9. Oluşturulan Simülasyon Modelinin Yapısı	56
Şekil 5.10. Modelin Kurulmasına Ait Adımlar	57
Şekil 5.11. Maliyetlerin Senaryolara Göre Değişimi	67
Şekil 5.12. Alt Senaryo 12 İçin Maliyetlerin Duyarlılığı	68
Şekil 5.13. Toplam Maliyetin Değişimi	71
Şekil 5.14. Senaryolara Göre Maliyetlerin Değişimi	84
Şekil 5.15. Toplam Maliyetin Duyarlılığı	98

TABLolar LİSTESİ

Tablo 5.1. Senaryo 1'e Ait Alt Senaryolar.....	60
Tablo 5.2. Bazı Parçalar İçin Depodaki Minimum ve Maksimum Miktarlar	62
Tablo 5.3. Senaryo 1'in Alt Senaryolarına Ait Depodaki Ortalama Parça Adedi	62
Tablo 5.4. Senaryo Bazlı Toplam Depo Kapasitesi Miktarları.....	63
Tablo 5.5. Senaryo Bazlı Maliyet Tablosu.....	65
Tablo 5.6. Senaryo Bazlı Toplam Maliyetler ve Artış Yüzdeleri	66
Tablo 5.7. Senaryo 1 - Duyarlılık	69
Tablo 5.8. Senaryo 2'ye Ait Alt Senaryolar.....	72
Tablo 5.9. CM Parçasına Ait Depodaki Miktarlar	73
Tablo 5.10. Senaryo Bazlı Toplam Depo Kapasitesi	74
Tablo 5.11. Senaryo Bazlı Maliyet Tablosu.....	75
Tablo 5.12. Senaryo 2 - Duyarlılık.....	76
Tablo 5.13. Senaryo 3'e Ait Alt Senaryolar.....	77
Tablo 5.14. Senaryo 3 – Tüm Senaryolar	78
Tablo 5.15. M Parçasına Ait Depodaki Minimum Miktar	79
Tablo 5.16. AH Parçasına Ait Depodaki Minimum Miktar (Tüm Senaryolar Ele Alınarak).....	79
Tablo 5.17. CN Parçasına Ait Depodaki Maksimum Miktar.....	80
Tablo 5.18. Ü Parçasına Ait Depodaki Maksimum Miktar (Tüm Senaryolar Ele Alınarak).....	81
Tablo 5.19. Senaryo Bazlı Toplam Depo Kapasitesi	81
Tablo 5.20. Senaryo Bazlı Maliyet Tablosu.....	83
Tablo 5.21. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %25 Artması Durumunda).....	85
Tablo 5.22. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %25 Azalması Durumunda)	86
Tablo 5.23. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %50 Artması Durumunda).....	87
Tablo 5.24. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %50 Azalması Durumunda)	88
Tablo 5.25. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %75 Artması Durumunda).....	89

Tablo 5.26. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %100 Artması Durumunda).....	90
Tablo 5.27. Parçaların Gruplandırılması.....	92
Tablo 5.28. Senaryo 4’e Ait Alt Senaryolar.....	93
Tablo 5.29. R Parçasına Ait Depo Miktarları	94
Tablo 5.30. Senaryo Bazlı Depo Kapasiteleri.....	94
Tablo 5.31. Senaryo 4 – Maliyet Tablosu	96
Tablo 5.32. Senaryo 4 - Duyarlılık.....	99



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Depo hacmi, depo kapasitesi, simülasyon

Depo, işletmeler için malzeme ya da ürün trafiğinin yoğun olduğu bir kavşak noktası niteliğindedir. Hammadde depolarında sürekli olarak işletmelerin üretim sürecinde ihtiyaç duyduğu hammadde ve hazır parçaların akışı gerçekleşmektedir. Bu depolardan geçecek malzeme akışının kesintisiz bir şekilde devam etmesi için deponun ihtiyaç duyacağı kapasiteyi belirleyebilmek hem önemli bir problem hem de günümüz dünyası işletmeleri için rekabet avantajı sağlayacak bir husus olarak görülmektedir. Bu çalışmada, Sakarya'da savunma sanayinde faaliyet gösteren bir firmada seri üretime geçilmesi planlanan bir ürün için ihtiyaç duyulacak deponun kapasitesi ve toplam maliyeti belirlenmiştir. Çalışmada simülasyon yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmanın giriş kısmında genel hatlarıyla çalışmanın kapsamından bahsedilmekte, ilerleyen bölümlerinde depo büyüklüğünün önemi ve literatürdeki yerine değinilmektedir. Sonraki bölümlerde simülasyon kavramı detaylı olarak ele alınmış ve uygulamanın gerçekleştirildiği yazılımından bahsedilmiştir. Ardından, uygulama adımları ve uygulamanın nasıl yapıldığına detaylı olarak değinilmiş ve sonuçları irdelenmiştir.

DETERMINING REQUIRED WAREHOUSE CAPACITY OF A PRODUCT AT THE STAGE OF R&D USING SIMULATION

SUMMARY

Keywords: Warehouse volume, warehouse capacity, simulation

Warehouses like as an intersection where material traffic is dense. Required flow of raw material and end products for the production is occurred consistently in warehouses. Determining required capacity of warehouse is both an important problem and a competitive advantage for business to maintain to nonstop material flow in warehouses. In this study, required warehouse capacity and the cost of warehouse is determined for a R&D product is produced in a company which operating in the defense industry in Sakarya. The study is used in simulation. Introduction gives the scope of the study in general, and following parts discuss the significance of the warehouse size in the literature. In the next section, elaborate on simulation and the software that is used for implementation is mentioned. Then the implementation of the study is explained in detail and the results of the study are evaluated.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu tezin yazıldığı 2016 yılında dünya, özellikle imalat sektörü başta olmak üzere her alanda eskiye oranla büyük bir değişim geçirmiş durumdadır. Artık, sektörü ne olursa olsun “bir şey” üretmek yetmemekte, üretilen ürünün kalitesi ön planda tutulmakta ve bu kaliteyi üst düzeyde tutarken diğer taraftan da maliyetler düşürülerek ürün müşteriye ucuza sunulmak zorundadır. Aksi halde, piyasada tutunmak son derece zor ve dahi imkânsızdır.

Son yıllarda ortaya çıkan gelişmeler dünya genelinde birçok şeyi olduğu gibi üretim sektörünü de büyük oranda değişime uğratmıştır. Makineleşmenin devamında otomatikleşmenin hızla yayılışı, robotlar ve geleceğin insansız fabrikaları gibi konuların ışığında, bugün hemen her sektörde büyük bir değişim yaşanmaktadır. Bu değişimle beraber, tüketicilerin ihtiyaçlarına cevap verebilmek için üreticiler yoğun bir çaba sarf etmekte, müşteriye daha hızlı ulaşabilmek ve müşterilerin taleplerini en kısa sürede karşılayabilmek için gerek üretim sistemlerinde gerekse tesislerinde bir takım değişikliklere gitmektedirler. Ancak, bu değişiklikler basit ve ucuz değişiklikler değildir. Özellikle bahsi geçen tesis yatırımları büyük ve önemli yatırımlardır. İyi düşünülmeden, planlanmadan ya da kapsamlı araştırılmadan yapılacak bir tesis yatırımının daha sonra geri dönüşü son derece zor olacaktır. Bu derece önemli tesis yatırımlarının başında da depo yerleşimi gelmektedir.

Depolar, ilk bakışta fiziksel bir bölge olarak düşünülüp basit işlemler yaptığı zannedilse de aslında, özellikle 2000’li yıllardaki önemli gelişmeler ve sanayinin rekabet koşullarının sertleşmesi depoların yapısını ve işlevlerini değiştirmiştir. Geleneksel anlayışla bakıldığında depolar sadece ürünlerin muhafaza edildiği bir alandır. Ancak günümüzde, müşterilerin ihtiyaçları ve buna bağlı olarak ortaya çıkan talepler üreticileri doğrudan yönlendirmekte ve dolaylı olarak da depolama işlemlerini

farklı bir boyuta taşımaktadır. Artık depolar, fabrikadaki bütün hammadde, yarı mamul ve nihai ürünlerin stoklandığı bir bölge olmaktan çıkmıştır. Günümüzde, hammaddeler ayrı depolarda, yarı mamuller farklı farklı bölgelerde istiflenmekte, nihai ürünler ise apayrı yerlerde bekletilmekte ya da hiç bekletilmemektedir. Yani, depolar birbirinden ayrılmıştır. Bu gelişmenin ardından önümüzde yepyeni bir problem bulunmaktadır. Bu depoların hacimleri ne kadar olmalıdır? Örneğin, bu çalışmada ele alındığı gibi, bir işletmenin hammadde deposunun büyüklüğü ne kadar olmalıdır? Bu problem, ölçeği ne olursa olsun her işletme için önemli bir sorun olmaya başlamıştır. Fabrika içerisinde hammaddelerin nerelerde depolanacağı ve bu deponun hacminin ne kadar olacağı başlı başına belirlenmesi gereken önemli bir karardır. Bu konuda bir çalışma yapılmadan alınacak bir karar ilerde o işletme için çok ciddi derecede sorunlara yol açabilir. Son yıllara bakıldığında, tesis yeri değiştiren firmaların birçoğunun bu kararı almalarındaki sebeplerin başında depo hacminin yetersizliğinin geldiği görülecektir. Bu nedenle, depo hacminin belirlenmesi üzerinde hassas şekilde çalışmayı gerektirecek bir yatırım kararıdır.

Hammadde depoları fabrikaya dışarıdan tedarik ile başka firmalardan –yani tedarikçilerden- gelen ve işletmelerin nihai ürünü oluştururken kullandığı ana malzemelerin bulunacağı bölgedir. Hammadde depolarının büyüklüğünün doğru belirlenmiş olması, bunu yapan işletmeleri yapmayanlara oranla birkaç adım önde tutacak böylece rekabette geride kalmamalarını sağlayacaktır. Bir işletme için hammadde deposunun büyüklüğü doğru belirlenmiş ise, o işletme müşteri taleplerini daha hızlı karşılayacaktır. Çünkü müşterinin siparişi işletmeye ulaştığında, işletme o sipariş için gerekli hammaddeyi tedarikçisinden beklemek zorunda kalmayacak, böylece rakiplerine oranla tedarik süresini ortadan kaldırarak müşterisine daha hızlı yanıt verebilecektir.

İşletmeler, bazen önceden öngöremeyerek olması gerekenden daha küçük bir hammadde deposuyla işe başlayabilirler. Özellikle yeni kurulan işletmelerde böyle bir hatayla sıklıkla karşılaşmak mümkündür. Hal böyle olunca, işletmeler zamanla kendilerine ulaşan talepleri karşılayamayacak, bundan ötürü de müşteri kaybı ya da itibar zedelenmesi gibi ciddi sonuçlarla karşı karşıya kalacaklardır. Bunlar gibi ciddi

maddi ve manevi kayıpların yanında, sipariş maliyetleri, üretim maliyetleri gibi başka maliyetlere de katlanmak zorunda kalacaklardır. Öte yandan, hammadde deposundaki malzeme miktarı, gelen talepleri karşılayamayacak düzeyde olan işletmeler sık sık sipariş vermekle yüz yüze kalacak, bundan dolayı da müşterine uzun termin tarihleri vereceklerdir. Günümüzde hâlâ birçok işletme bu gibi maliyetleri ve termin sürelerini azaltmaya çalışmaktadır.

Bu çalışmada, Sakarya’da savunma sanayinde faaliyetini sürdüren bir işletme baz alınarak, bu işletmede seri üretime geçilmesi düşünülen ve hali hazırda Ar-Ge aşamasında olan bir ürün ele alınmış, bu ürünün seri üretime geçmesi durumunda işletmenin ihtiyaç duyacağı depo kapasitesi farklı stok kontrol politikaları üzerinden belirlenmiştir. Bu kapasite belirlenirken simülasyon yönteminden yararlanılmıştır. Aynı zamanda çalışma ile stok kontrol politikalarının kapasite miktarına ve envanter değerine etkisi de belirlenmiştir.

Çalışmanın giriş kısmında, konu genel hatlarıyla anlatılmıştır. İkinci bölümde, depo kapasitesi özelinde depo yönetimi ve planlanması konusunda literatürdeki çalışmaların incelenmesi ve sunumu yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, simülasyon kavramının literatürdeki yerinden ve öneminden bahsedilirken, simülasyonun ne olduğu, hangi amaçlarla kullanıldığı, nerelerde kullanıldığı gibi bilgiler verilmiştir. Bununla birlikte, bu bölümde uygulama sırasında kullanılan yazılımdan da bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, stok kontrol politikalarından bahsedilmiş ve uygulamada hangi stok politikalarının kullanıldığından kısaca bahsedilmiştir. Beşinci bölümde, uygulamanın çözüm adımları anlatılmış; modelin kuruluşundaki süreçler, stok kontrol politikalarının uygulamadaki yeri ve buna istinaden uygulamadan geniş bir şekilde söz edilmiştir. Altıncı bölümde ise, simülasyon sonucunda elde edilen sonuçlar incelenmiş, grafiksel olarak bu sonuçlar yorumlanmış ve birbiriyle kıyaslanarak tartışılmıştır.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatüre bakıldığında, depo tasarımı, depo yerleşimi ya da depo kapasitesi ve depo planlaması üzerine çok sayıda çalışma olduğu görülür. Özellikle, yüksek lisans tezleri, doktora tezleri başta olmak üzere bu konularda yapılmış çokça bilimsel bildiri ve makaleler bulunmaktadır. Bu bölümde, incelenen çalışmalara değinilecek ve kavramların açıklamaları yapılacaktır.

Depo ve depolama konularıyla alakalı yapılan çalışmalara bakıldığında, Falconer ve Drury (1975), çalışmalarında hala günümüzde rehber olarak kullanılabilecek bir eser oluşturmuşlardır. Bu eserde, sanayi odaklı depolar için geniş kapsamlı ve birden fazla kritere sahip bir depo tasarımı rehberi hazırlamışlardır.

Colson ve Dorigo (2004), Belçika’da yayın yapan bir derginin daha önceden belirlediği kriterler doğrultusunda depo seçim problemi için uygun çözümü arayan bir veri tabanı modeli oluşturmuşlardır.

Rouwenhorst vd. 2000 yılında yaptıkları çalışmada depo tasarımı ve depo kontrolü konularıyla ilgili bir literatür araştırması sunmuşlardır. Bu çalışma da yine rehber niteliğinde bir çalışmadır.

Yapılan kapsamlı çalışmalardan bir tanesine de Zijm ve Berg, 1999 yılında imza atmıştır. Çalışmalarında, depoların sınıflandırılması, işlevleri, depo yönetimi gibi kavramlara ve örneklerine yer vermişlerdir. Geniş bir literatür taraması içermektedir.

Frazelle (2002), depo tasarlanması ve planlanması ile ilgili rehber niteliği taşıyan çalışmasında, depo tasarımı ve planlaması sürecinde belki de ilk adım olan veri

analizinden başlayarak mal kabulü, depolama, birleştirme işlemleri gibi adımları detaylı bir şekilde anlatmıştır.

Freese (2000a), depo sürecinin önemli unsurlarından olan mal kabul ve malların yüklenmesi alanlarının tasarımı ve verimliliği konusunu ele almıştır.

Connolly (2008), depo yönetiminde ve stok kontrolü ve planlamasında o güne kadar yer alan çalışmalar ve teknolojiler hakkında bilgi vermiştir.

Egas ve Masel (2012), geçmiş müşteri taleplerini inceleyerek depo için yapılması gereken atamaları belirlemişlerdir. Çalışmalarında veri madenciliğinden yararlanmışlardır.

Aybar (2008), otomotiv yan sanayine yedek parça sağlayan bir depodaki sipariş alma sürecini incelemiş, depo içi tasarıma yenilikler getirerek süreç için bir iyileştirme çalışması önermiştir.

Baker ve Canessa (2009), depo yönetimi ile ilgili diğer çalışmalara kılavuzluk edebilecek bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında, depo tasarımı ile ilgili ortaya konan yaklaşımları incelemiş ve o zamana kadar yapılmış çalışmaları tek bir çalışmada toplamışlardır.

Bowersox ve Closs (1996), depo tasarımı konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, ürünlere ait verilerin incelenmesi, bu veriler yardımıyla oluşturulan bilgilerin depo planı ile ilgili konularda kullanılması gibi bilgiler vermişlerdir.

Korpela ve Lehmusvaara (1999), yaptıkları çalışmalarda müşteri odaklı bir depo seçimi ve tasarımı problemini ele almışlardır. Çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği, doğrusal tamsayılı programlama ile beraber kullanılmıştır.

Gu vd. (2007) depo ve depolama konularında yapılan kapsamlı çalışmalardan birine imza atarken, çalışmalarında depo tasarımı ve depo süreçlerinin ve işlemlerinin

tasarlanması konularında o güne kadar kullanılan ve geliştirilen yöntem ve modellerin analizini yapmışlardır. Çeşitli karar destek sistemleri ve çözüm algoritmaları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Ukpebor (2013), bir üretim tesisindeki depo yerleşimi ve tasarımı ile ilgili iyileştirmeler yapmıştır.

Scarf (1960), çalışmasında (s.S) politikası ile dinamik stok kontrol problemleri arasındaki uygunluğu incelemiştir.

Queirolo vd. (2002), depo içerisindeki dolaşma zamanını minimize etmeye çalışmışlardır.

Güler (2006), depo yönetiminde bazı çözümler üreten bir bilgisayar yazılımını örnek bir depoya uygulamıştır.

Kovacs (2011), çalışmasında depo içi yerleşimi matematiksel bir model yardımıyla gerçekleştirmeyi amaçlamıştır.

Ho (2008), depo sistemlerinin ve operasyonlarının kontrolünde kullanılmak üzere bir bilgi tabanlı karar destek sistemi yazılımı tasarlamıştır. Depo içerisinden RFID etiketler yardımıyla bilgiyi alarak müşterileri ve operasyonları gruplandırmıştır.

Rao ve Rao (1998), dinamik bir depo büyüklüğü problemini ele almış ve incelemişlerdir. Çalışmalarında doğrusal programlamadan yararlanmışlardır.

Evinsel (2010) yılındaki çalışmasında geçmiş bir yıla ait kurumsal kaynak planlamasından aldığı veriler yardımıyla depo içi tasarım belirlemiştir.

Hopbaoğlu (2009), depo içerisinde bir iyileştirme çalışması yapmıştır. Bu çalışmada, kozmetik sektöründe faaliyet gösteren bir firmada var olan kurumsal kaynak planlama yazılımından elde edilen verileri kullanmıştır.

Önüt vd. (2008), ABC sınıflandırma tekniği yardımıyla ürünleri sınıflandırarak depo içi yerleşimde değişiklikler önermişlerdir.

Helleboogh vd. (2004), bir AGV aracını test edebilmek için depo ortamı simüle etmiş ve aracın kontrol yazılımını test etmişlerdir.

Goetschalckx vd. (2001), kuruluşundan itibaren bir depo için harcanan maliyetlerin tamamını dikkate alarak, bu maliyetleri minimize edecek şekilde depo yönetimi için sistematik bir yöntem geliştirmişlerdir.

Salvendy (2000), çalışmasında, depo yönetimi konusuna stratejik, taktik ve operasyonel karar düzeylerinde yaklaşmış ve depo tasarımını çeşitli başlıklar altında ele almıştır.

Lai vd. (2002), rulolar halinde depolanan kâğıtların oluşturduğu bir depoda çeşitli özellikleri bulunan farklı ruloların depo içerisinde nasıl yerleştirilmesi gerektiğini incelemiştir. Çalışmada, iki katmanlı sezgisel bir yöntem kullanılmıştır.

Sharma ve Berry (2006), sınırlı kapasiteli depolar için yer seçimi problemlerinde ortaya konan yöntemlerin artılarını ve eksilerini araştırdıkları bir çalışma hazırlamışlardır.

Hurt (2003), bir depodaki malzeme akışını bir bilgisayar yazılımı yardımıyla analiz etmiştir. Üç farklı alternatif oluşturmuş, bunların modellerini kurmuş ve test ederek sonuçlarını yorumlamıştır.

Liu (2004), depolar için optimum depo tasarımı ve sipariş toplama sürecini araştırmıştır. Çalışmasında, müşterilerden gelen taleplerin depo tasarımını önemli ölçüde etkileyeceğini belirtmiştir. Bir model oluşturmuş ve bu modelde talepler arasındaki benzerlikleri kullanmıştır. Ardından simülasyon tekniği yardımıyla oluşturduğu modelin performansını incelemiştir.

Diaz (2010), değişken talep değerleri üzerinden hareketle depo içi yerleşim gerekleştirek benzetim yöntemiyle performansını incelemiştir.

Simushkov (2009), lojistik kavramına dâhil olan depolama sürecinde bilgi teknolojilerinin kullanımından ve ilgili gelişmelerden bahsetmiştir.

Govindaraj vd. (2000), çalışmalarında depoların tasarlanması ve özellikle dağıtım sistemlerinin planlaması konusunda detaylı bilgiler vermişlerdir.

Liu (1999), depo yeri belirleme ve sipariş toplama süreçlerinin optimizasyonu amacıyla bir depodan veriler alarak benzetim çalışması gerçekleştirmiştir.

Hill (2002), depo yönetimi sürecinin baştan sona planlanması ve tasarımı ile ilgili bilgiler veren bir çalışma yapmıştır.

Tang ve Chew (1999), depo içi siparişlerin toplanması sırasında ortaya çıkan gecikmeleri incelemiştir. alışmalarında, performans değerlendirmesi için simülasyon tekniğini kullanmışlardır.

Süer (2012), yaptığı çalışmada, kırtasiye sektöründe faaliyet gösteren bir depodaki problemleri incelemiş ve çözüm üretmiştir.

Yılmaz (2012), yaptığı çalışmada bir ecza deposunda olması gereken optimum emniyet stoğuna toplam maliyet minimum olacak şekilde karar veren bir model kurmuştur.

Tippayawong vd. (2013), bir kesimhanedeki deponun yerleşimi ile ilgili geçmiş verileri kullanarak ABC temelli bir çalışma yapmışlardır.

Ascheuer vd. (1999), çalışmalarında depo sürecini simetrik olmayan bir gezgin satıcı problemi gibi modellemişlerdir. Çalışma sonucunda depo içi faaliyetler için yapılan hareketlerde büyük oranda azalma gerçekleştirmişlerdir.

Orzechowska ve Bazi 2010 yılında yaptıkları çalışmada, doğrusal bir model yardımıyla depo yönetimi süreçlerinde iyileştirme ve basitleştirmeler gerçekleştirmişlerdir.

Tompkins ve Smith (1998), ilk aşamasından son aşamasına kadar tüm depo süreçlerini incelemişlerdir. Süreçle ilgili gereksinimleri ve bu gereksinimleri karşılayacak planlamayı sunmuşlardır. Daha çok organizasyonel tasarım üzerinden bir çalışma yapmışlardır.

Kulatunga vd. (2011), yalın depolama kavramından bahsederek yalın düşünce teknikleriyle depo içi sipariş toplama problemini incelemişlerdir.

Turan (2006), depolama ve depo tasarımı, istifleme, istif makineleri konusunda çeşitli bilgiler vermiş ve bir rota limanı depo tasarımı çalışması yapmıştır.

Korpela vd. (2007), uygun depo seçimi problemini AHP ve veri zarflama tekniği (DEA) metotlarıyla ele almışlardır.

Bowersox vd. (2002) yayınladıkları kitapta yer alan depolama bölümünde depoların tasarımı ve planlanması konularında karşılaşılan karar kriterlerinden ve yapılması gerekenlerden bahsetmişlerdir.

Ramu (1996), iki karar destek sistemi tasarlamıştır. Bunlardan bir tanesi depo yönetimi konusunda çalışırken, diğeri ilk karar destek sistemini simülasyon yoluyla incelemektedir.

Faber vd. (2002), depoların genel yapısını ve depo yönetim sistemlerinin ve stok yönetiminin öneminden ve yönetsel olarak öneminden bahsetmişlerdir.

Caron vd. (2000), benzetim tekniği ile sipariş toplama sistemlerinde depo tasarımı incelemişlerdir.

Tezcan (2007), bir gıda deposunun işleyişini incelemiştir. İnceleme sırasında depo ve depolama kavramlarının içine girmiştir.

Özçakar vd. (2012), depolama sistemlerinin sipariş toplama kısmıyla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada sipariş toplama sürecinin optimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, genetik algoritmalar tekniği kullanılmıştır.

Pohl vd. (2008), yaptığı çalışmada, depo içerisinde minimum yürüme koridoru oluşturmayı amaçlamışlardır. 3 farklı raf düzenine sahip depo tipi için uygulama yapılmıştır.

Lu ve Lin (1999), depo içerisindeki siparişleri miktar ve ürün çeşitliliği açısından farklı kategorilere ayırmışlar ve benzetim tekniğiyle analiz etmişlerdir.

Chen vd. (2011) yaptıkları çalışmada, veri madenciliği teknikleri kullanarak 800 farklı depo slotu ve 21 adet koridora sahip bir depo için yerleşim planı oluşturmuşlardır.

Depo tasarımı, planlaması ve yönetimi konularında Freese (2000b), Zerangue vd. (2001) ve Rouwenhorst vd. (2000) gibi yazarlar da çeşitli çalışmalar yapmışlardır.

BÖLÜM 3. DEPO VE DEPOLAMA

3.1. Depo ve Depolama Kavramlarına Bakış

Depoları gerçek hayattaki kavşaklara benzetmek mümkündür. Dört kollu bir kavşakta nasıl araç trafiği yoğun bir şekilde devam ediyorsa, fabrikalarda da depolar içerisinde benzer şekilde bir ürün akışı gerçekleşmektedir.

Deponun basit bir tanımıyla başlanacak olursa, depolar imalat ortamında üretilen ancak kısa süre içerisinde müşteriye ulaştırılamayan mamullerin kapalı bir alanda istiflendiği ve siparişlere göre istenen şekilde hazırlanıp sevk edildiği alanlardır denebilir (Orhan, 2003).

“Depolama, hareketin hızının kesildiği nokta yani “hızı sıfır olan bir nakliye” olarak tanımlanmaktadır” (Yıldıztekin, 2004).

Depolama faaliyeti, talep ettikleri ürün veya ürünleri müşterilere istedikleri zamanda ulaştırırken, bununla beraber imalat maliyetlerini de önemli derecede azaltarak maliyet yönetiminin önemli bir maddesi olmuştur (Çavuşlar, 2007).

Günümüzde gerek yalın üretim felsefesi gerekse diğer yeni yaklaşımlar sıfır stok kavramı üzerinden depolamayı ortadan kaldırmaya çalışsa da aslında bu elbette ütöpik bir yaklaşımdır. Çünkü depolamanın asıl amacı talepteki belirsizlik ve dalgalanmanın önüne geçmeye çalışmak ve dolayısıyla beklenmedik bir anda oluşan talebi karşılayabilme fırsatı sunmaktır. Bundan dolayı, işletmeler olası taleplerde zarar görmemek için başarılı bir depolama sistemi oluşturmak mecburiyetindedirler (Orhan, 2003).

Depolamayı ana veya yardımcı sarf malzeme depolama ile mamul malzeme depolama şeklinde iki bölümde ele almak gerekir. Ana veya yardımcı sarf malzeme depolama kavramının içerisinde firmaların imalat süreçlerinde ihtiyaç duyacakları hammadde ve yardımcı malzemeler ile fabrika içerisinde gerektiğinde kullanılmak üzere bekletilen bakım onarım malzemeleri ve yedek parçalar ve diğer stok yönetimi işlemleri girmektedir. Mamul malzeme depolamanın içinde ise, işletmede gerçekleşen üretimin sonucunda ortaya çıkan ürünlerin stoklanması ve ilgili stok yönetim işlemleri bulunmaktadır (Evinsel, 2010).

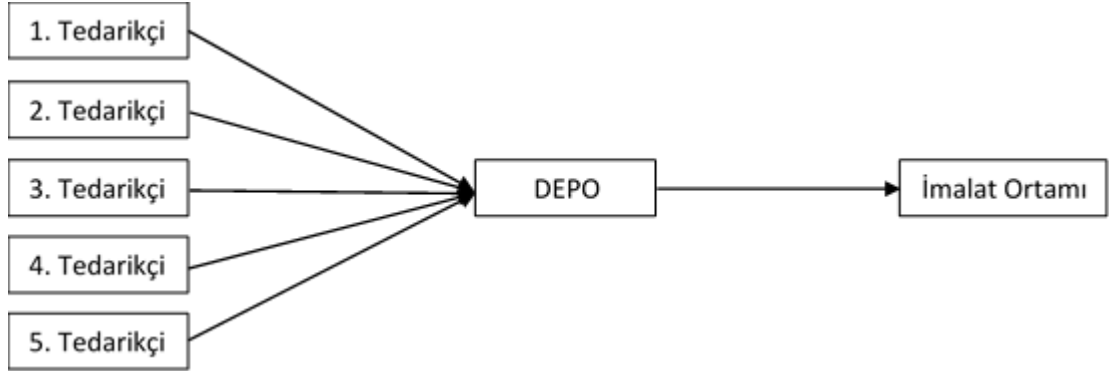
Lambert vd. (1998), depolamanın etkinliğini, hammaddeler, bitmiş ürünler, parçalar ya da ara stoklar gibi malzemelerin üretim ve tüketim noktalarında ya da bu iki nokta arasında istiflenmesini ve yönetime stokların durumu hakkında bilgi verilmesini sağlayan bir sistem elemanı olarak tanımlamışlardır.

Farklı bir açıdan bakılacak olursa; depolar, ürünlerin gereken tarihe kadar korunması ve ilgili yerlere en etkili ve en verimli şekilde ulaştırılması maksadıyla konumlandırıldığı alanlar ve ürünlerin geçici olarak saklandığı, dizildiği, tasarımı çeşitli şekillerde yapılabilen yardımcı işletmelerdir (Erdal ve Çancı, 2003).

Loder (2006) ise, depoyu ihtiyaca bağlı bir şekilde mamullerin belli bir süre için bekletildiği kapalı ya da açık alanlar olarak tanımlamıştır. Benzer şekilde, depolama bir malın talep gelmesini beklediği süre boyunca fiziksel olarak tutulmasıdır (Hopbaoglu, 2009).

Tedarik zinciri yönetimi bakış açısı ile yapılan çalışmada ise depolar, tedarik zinciri içerisinde yer alan tedarikçiler, üreticiler, dağıtım yapan dağıtıcılar ve müşteriler arasındaki bağlantıyı sağlayan önemli noktalar olarak tanımlanmıştır (Önüt ve diğerleri, 2007).

İşletme içi depolar en basit anlatımla işletmenin tedarikçilerinden gelen hammadde veya malzemelerin saklandığı ve gerektiğinde üretilmek için imalata verildiği fiziksel alanlardır diyebiliriz. Bu durum Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Depo Kavramının Tanımlanması (Hopbağlı, 2009).

3.2. Depolamanın Tarihçesi

Depolama kavramının tarihine baktığımızda, başladığı nokta olarak yiyeceklerin saklanması durumunu görürüz. Aslında yemek saklamanın altında yatan asıl düşünce de ileride olması muhtemel herhangi bir aksilik, savaş vs. gibi olaylara karşı bir tedbir alma ihtiyacıdır. Yani, ileride olması muhtemel daha doğrusu ilerideki belirsizliklere önlem olarak stok tutulması depolamayı da başlatmıştır.

Depolama ile ilgili bilinen ilk kullanım tedarikte ortaya çıkacak belirsizliklere karşı bir tampon oluşturmak böylece işletmelerin kendisini garanti altına almasıdır. Batılı kaynaklardan elde edilen tarihsel bilgilerden depoların ilk olarak Mısırlılar tarafından açlıktan korunmak amacıyla kullanıldığı anlaşılmaktadır (Gözüm, 2007).

3.3. Depolamanın Günümüzdeki Yeri

Depolar başlangıçta insanların ana ihtiyaçlarıyla ilgili araç gereç ve malzemelerini dış dünyanın etkilerinden korumak için koydukları kapalı alanlardı. Ancak, insanlığın gelişmesi depoların amaç, kapsam ve misyonlarında önemli değişim ve gelişimleri beraberinde getirmiştir (Öztürk, 2011). Artan rekabet koşulları ve ticaretin de şartlarının değişmesinden dolayı depolamanın önemi artarak günümüze kadar gelmiştir. Günümüzde depolama kavramının önemini artıran kalemler arasında işletmelerin karı maksimize etme çabası ve zaman kayıplarının en aza indirgenmesi gösterilebilir (Tuna, 2014).

Depolama günümüzde birbirinden farklı pek çok amaç için gerçekleştirilmektedir. Bu amaçlar arasında en çok bilinen, stoğun talepteki belirsizlikler karşısında bir tampon olarak kullanılması ve bunun akabinde müşteri hizmetlerinin geliştirilmesidir (Gözüm, 2007).

Teknolojinin gelişimi depoların değişmesine yardımcı olmuş, bu sayede geleneksel depolar yerine dağıtım merkezleri ortaya çıkmıştır. Dağıtım merkezleri ürünlerin stoklandığı bir yer olma özelliğine ek olarak siparişlerin alındığı, işlendiği, gönderildiği, stok takip ve faturalama gibi pek çok farklı işi de kapsamaktadır. Bu perspektiften bakıldığında, birbirinden farklı üretici ya da satıcıdan gelen siparişlerin toplanıp gruplandırılarak mamullerin akışını daha ekonomik bir biçimde sağlayan bir depo modeli ortaya çıkmıştır (Gözüm, 2007).

Günümüzde depolardan beklenenler değişmektedir (Frazelle, 2001; Evinsel, 2010):

- Daha çok fakat daha basit işlemler gerçekleştirmesi,
- Daha fazla katma değere sahip hizmetler sağlaması,
- Daha fazla ürün saklaması, elleçlemesi (handling) ve daha fazla ürün hareketi,
- Daha fazla geri dönüş sağlaması.

Depolama alanında yaşanan önemli değişikliklerden biri de depoların çeşitlerinde ortaya çıkmaktadır. Genel amaçlı veya özel bir amaca (gümrüklü depolar, soğuk hava depoları gibi) yönelik depolar, üçüncü parti işletmeler tarafından çalıştırılan depolar ya da başka bir yerden satın alınan veya kiralanılan depolar gibi bazı depo çeşitleri oluşmuştur. Bununla birlikte, özellikle 19. Ve 20. Yüzyıllarda ulaştırma alanında yaşanan büyük gelişmelerin ışığında depolar büyük kazanç elde edilen yerler olmuştur. Örnek olarak söylemek gerekirse, depolar büyük miktarlarda stok saklayabilir ve stoklar miktar, çeşit gibi hususlarda farklılık gösterebilir. Böylece, siparişler farklı miktarlarda ve istenen karışımda olacak şekilde çok hızlı ve doğru bir şekilde ulaştırılabilir (Brewer vd., 2001).

Sadece mal kabul, depolama, taşıma ve sevkiyattan ibaret olan eski usul depolama fonksiyonları dışında modern depolama yaklaşımının katma değer yaratan hizmetlerin bazıları şunlardır (Gözüm, 2007):

- Çapraz yükleme,
- Stok kontrolü,
- Etiketleme,
- Evlere teslimat,
- Gümrükleme,
- İmalatı besleme,
- Kanban,
- Kutulama, ambalajlama, paketleme,
- Müşteri iadeleri,
- Sipariş besleme,
- Tersine lojistik,
- Sipariş birleştirme,
- Elleçleme.

Tarihinden itibaren büyük oranda sadece ürünlerin ya da malzemelerin saklanması amacıyla kullanılan depolar, yakın geçmişte başladığı değişim yolculuğunda günümüzde zirve noktasına ulaşmıştır. Artık, depoların fiziksel rollerinin yanı sıra stratejik anlamda yüklendikleri roller ve görevler de değişim göstermektedir. Özellikle tedarik zinciri süreçlerinde, sürece önemli ölçüde değer katan bir fonksiyon üstlenmiş olan depoların geçmişten bugüne değişime uğrayan rollerini Freese (2000b) şu şekilde ifade etmiştir:

- Depolama alanına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır.
- Artık stok kontrolü ve stok yönetimi gibi kavramlar önemli hale gelmiştir.
- Operasyonel maliyetler, süreç çıktılarına oranla çok daha hızlı bir artış göstermektedir.
- Kısa süreli onarımlara ihtiyaç vardır.
- Artık daha fazla kısıt mevcuttur.
- Eskiye göre günümüzde dış kaynak kullanımı yaygınlaşmıştır.

- Depo etkinliklerinin yönetileceği alanlar azalmaktadır.
- İşgücü maliyetleri önemli ölçüde değişmektedir.
- Sipariş çevrim zamanı büyük oranda azalmaktadır.
- Hizmet doğruluk oranları düşmektedir.

3.4. Deponun İşlevleri

Depolar, doğal bir şekilde, üreticilerden ve tedarikçilerden gelen yüklemeleri kabul etme ve dağıtıcı, son tüketici ya da aslında başka bir üretici olan müşterilerine giden ürünleri hazırlama işlevlerini gerçekleştirmektedir (Govindaraj vd., 2000). Tartışılmaz ki, depoların en temel ve asıl işlevleri ürünlerin saklanmasıdır. Heragu vd. (2005), deponun temel işlevlerinin içerisinde, ürünlerin geçici veya kalıcı olarak depolanmasını, ürünlerin korunmasını, ürünlerin müşterilerin özel isteklerine göre değiştirilebilir yapıda olabilmesini, hazır ürünlerin paketlenmesini ve kontrol edilmesini ve bunlar gibi katma değer katan pek çok hizmeti saymıştır. Ayrıca, depolama sistemi içerisinde malların taşıma araçlarına yüklenmesi, malın deponun içerisinde taşınması gibi hareket işlevinden ve malın saklanması içeren stoklama işlevlerinden bahsetmiştir.

İşletmeler çok farklı sebeplerden dolayı stok tutabilirler. Lambert vd. (1998), işletmelerin depolarında stok bulundurmalarının sebeplerini şöyle sıralamıştır:

- Taşıma ve üretim faaliyetlerini daha ekonomikleştirmek,
- Parti büyüklüğünü artırarak miktardan dolayı ortaya çıkan indirimden yararlanmak,
- Tedarik kaynağını korumak,
- Birçok farklı etmenden etkilenecek değişen pazar koşullarına adapte olabilmek,
- Müşterilerine bir tek ürün yerine farklı ürünlerden oluşan karışık paketler sunabilmek,
- Firmalarının müşteri hizmetlerindeki politikaları desteklemek,
- Müşteri isteklerini karşılarken aynı zamanda da tedarik zincirindeki faaliyetlerin maliyetini en aza indirmek,
- Atık veya geri dönüşüm malzemelerinin geçici olarak istiflenmesini sağlamak,

- Üretici – tüketici arasındaki zaman ve mekân kavramını ortadan kaldırmak,
- Müşterilerin ve tedarikçilerin tam zamanında üretim programlarını desteklemek.

Lambert ve Stock (1993)'e göre, depolama temelde üç işlevi gerçekleştirmektedir:

- Hareket
- Saklama
- Bilgi Akışı

Bu genel sınıflamanın ışığında aslında her işlevin alt işlevleri mevcuttur. (Evensel, 2010).

Hareket işlevi, depolanmış bir malzemenin bütün hareketlerini kapsamaktadır. Örneğin, depo içerisinde bir yerden alınıp başka bir yere taşınması ya da depodan alınarak imalata verilmesi hareket işlevinin içerisine girmektedir.

Saklama işlevi, geçici veya yarı-sürekli olarak ikiye ayrılmaktadır. Sadece temel stok takviyesi durumunda gerekli olan ürünlerin saklanmasını içeren saklama türü geçici saklamadır. Yarı-sürekli saklama ise, takviye için gereken stok seviyesinin üzerinde stok tutmaktır. Yarı-sürekli saklamanın bir diğer adı da güvenlik stoğudur. Mevsimsel olarak talebin ortaya çıkması, düzensiz talepler oluşması ya da et gibi özel duruma sahip ürünler için güvenlik stoğu kavramını değerlendirmek gerekebilir.

Bilgi akışı işlevi ise, her hareket işlevi ile ya da her saklama işlevi ile birlikte ortaya çıkan bir işlevdir. Depoda bir hareketin veya saklamanın gerçekleştirilmesi, üst yöneticiye bilgi vermeyi gerektirecek durumlardır. Doğru bilgiye sahip olmayı arzulayan yönetim kademesi, stok seviyesi, stokların konumu, müşteri bilgileri, deponun kullanım oranı gibi pek çok bilgiye hâkim olmayı ister. Başarılı bir depo yönetiminin sağlanabilmesi için bilgi akışının düzgün gerçekleşmesi şarttır (Lambert ve Stock, 1993).

3.5. Depoların Sınıflandırılması

Depoların sınırlandırılması konusunda çeşitli kaynaklardan farklı görüşler bulmak mümkündür. Frazelle (2001), depoları hizmet ettikleri amaçlara göre sınıflara ayırmıştır. Bu sınıflara da hammadde ve bileşenler depoları, süreç içi ürün depoları ve nihai ürün depoları isimlerini vermiştir.

Hammadde ve bileşen depoları, hammadde, yardımcı malzeme ve diğer alt montaj parçalarının depolanmasını ve ihtiyaç duyulduğunda imalat ortamına verilmesini amaçlayan depolardır.

Süreç içi ürün depoları, üretimi henüz tamamlanmamış ve fabrika içerisinde çeşitli alanlarda bekletilmesi amaçlanan yarı mamullerin stoklandığı depolardır.

Nihai ürün depoları ise, imalat çizelgesi ile müşterilerin talepleri arasında bir değişiklik meydana geldiği durumlara karşı hazırlıklı olmak adına bir tampon oluşturulması amacıyla kullanılan depolardır. Genellikle son üretim aşamasına yakın bir yerlerde bulunur.

Salvendy (2000) de çalışmasında depoları kullanım amaçlarına göre sınıflandırmıştır. Bunlar; fabrika deposu ve perakende dağıtım deposu şeklindedir.

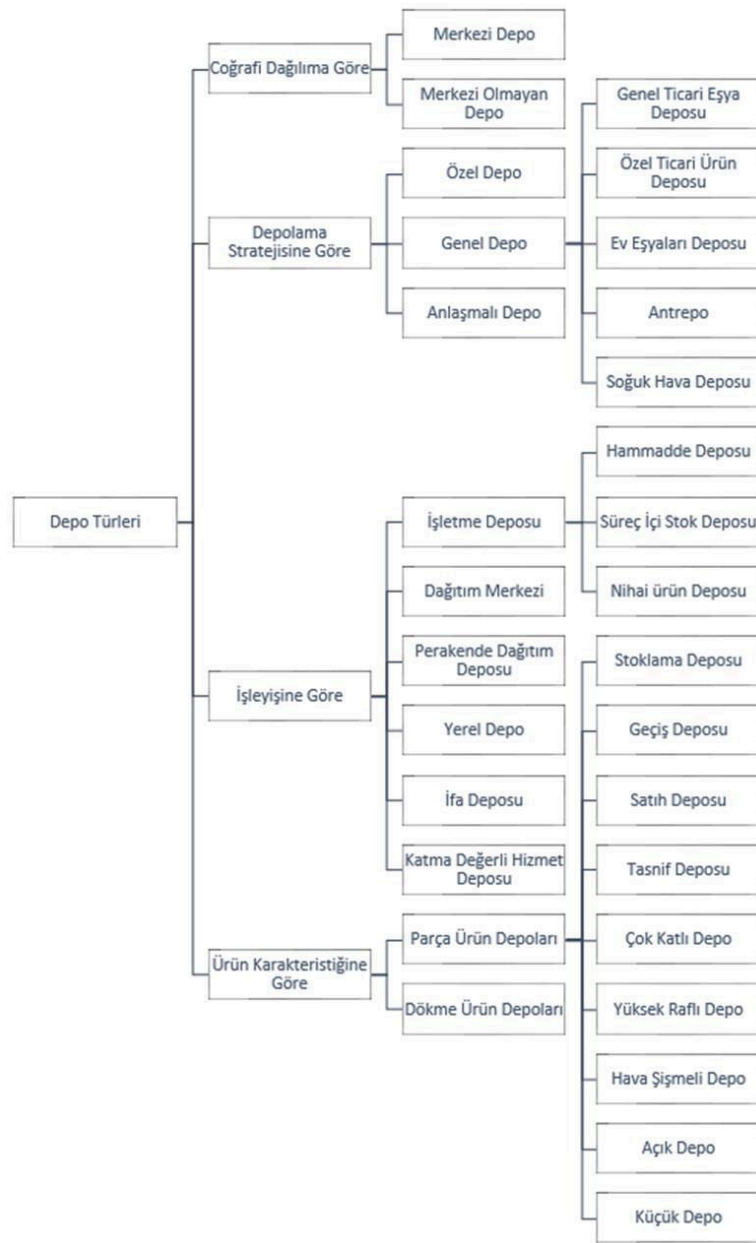
Fabrika deposu, işletmeye bütün giren çıkan hammadde veya malzemelerin depolandığı alan olarak tanımlanır.

Perakende dağıtım deposu ise, perakende birimlerine yani bayilere hizmet veren depodur. Bu depo çeşidinde sipariş toplama ve sipariş birleştirme işlemleri yoğunudur. Li (2007), depoları özel, genel ve anlaşmalı depo olacak şekilde üçe ayırmıştır. Benzer bir tanımlamayı Bowersox ve Closs (1996) da yapmıştır.

Erdal ve Çancı (2003), dağıtım merkezi ve işletme deposu şeklinde ikiye ayırdıkları depolara genel işleyişleri üzerinden yaklaşmışlardır.

Lambert vd. (1998), depoları daha alt sınıflarda inceleyerek genel ticari değere sahip eşyalar deposu, ev eşyaları deposu, soğuk hava deposu, dökme ürünler için depo vb. şekillerde gruplara ayırmışlardır.

Pek çok farklı yazarın yaptıkları sınıflamaların detayları incelendiğinde ortak noktalar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkları göz önünde bulunduran Hopbaoğlu (2009), yaptığı kapsamlı çalışmada depoları en genel anlamda Şekil 3.2.'deki gibi sınıflandırmıştır.



Şekil 3.2. Depoların Sınıflandırılması (Hopbaoğlu, 2009)

3.6. Depoda Gerçekleşen Operasyonlar

Depo operasyonları taşıma ve depolama şeklinde temel olarak ayrılabilir.

3.6.1. Taşıma

Taşıma olarak bakıldığında depolarda, işletmeye gelen ürünün teslim alınması, malzeme isteyen iş istasyonuna ilgili malzemenin verilmesi ve depo içerisindeki malzeme hareketleri gerçekleşmektedir. Literatür incelendiğinde, Frazelle (2001), taşıma operasyonlarını 7 alt başlık halinde açıklamıştır:

- Teslim alma
- Ön paketleme (tercihe bağlı)
- Konumuna yerleştirme
- Sipariş toplama
- Paketleme ya da fiyatlandırma (tercihe bağlı)
- Çeşitlendirme ve birleştirme
- Yükleme ve sevk etme

Depolara bir şekilde ulaşan ürünlerin belirli bir düzen içinde kabulünün, kontrolünün ve kaydının yapılması gerekmektedir. Geniş hacimli ve ürün giriş-çıkışının yoğun olduğu bir depoda bu işlemlerin yapılmaması, depo sisteminde gerçekleştirilecek diğer bütün işlemlerde sorunlar çıkmasına yol açacaktır (Yener, 2014).

3.6.2. Depolama

Depolama açısından ise, kullanılacak malzeme dışında kalan malzemelerin istiflenmesi, yeni gelen hammaddelerin veya malzemelerin geçici süre tutulması ya da güvenlik stoğu depolanması gibi operasyonlardan bahsetmek mümkündür. Depolarda meydana gelen işlemlerin içerisinde sürekli devam eden ve en önemli işlemlerdendir. Teslim alınan veya depoya ulaşan malzemelerin belirli bir plan çerçevesinde yerlerine yerleştirilmelidirler. Depoda birbirinden farklı ürün gruplarının yerleştirildiği alanlar ayırt edici isimlerle isimlendirilmeli ve ilgili personelin görebileceği şekilde

belirtilmelidir. Depo içerisinde teslim alınan ürünler sevkiyat zamanlarına ve depolama ihtiyaçlarına uygun olacak biçimde kendi adreslerine konulmalıdır (Yener, 2014).

Bunlar dışında, Evinsel (2010), çalışmasında depoda gerçekleştirilen işlemlerin tamamını dört ana başlıkta incelemiştir. Bunlar;

- Malzeme kabulü
- Malzeme depolaması
- Sipariş toplama
- Malzeme sevkiyatı olarak tanımlanmaktadır.

Malzeme kabulü işlemi, depo yönetimi konusunda son derece önemli bir konumda bulunan, depoya gelen malzemelerin ilk olarak geçtikleri işlemidir. Malzemeye tanımlayıcı bilgiler verilerek depo yönetim sisteminde olası hataların önüne geçilmesi amaçlanır. Eksik ya da kusurlu malzeme olması durumunda rapor tutularak gerekli adımlar uygulanır (Evinsel, 2010). Bu işlemde, ürünlerin kontrolü yapılabilir veya biçimleri değiştirilebilir ya da sonraki aşama için bekletilebilir (Rouwenhorst vd., 2000). Mal kabul, depoya gelen tüm malzemelerin sistematik bir biçimde kabul edilmesinde, sipariş edilen malzemelerin sayıca ve kalite olarak güvence altına alınmasında ve bunlara ihtiyaç duyan diğer birimlere dağıtılmasındaki aktivitelerin toplamıdır (Tompkins ve Harmelink, 1994).

Malzeme depolaması işlemi, kabulü gerçekleştirilen malzemelerin depoda kendilerine ayrılan yerlere yerleştirilmesi işlemidir. Ayrılan yerin seçimi erişim ve taşıma kolaylığına göre belirlenmektedir. Yerin seçimi ve kullanılan yerleştirme sistemi deponun kapasitesinde artışa sebep olabilir (Evinsel, 2010). Mal kabulden sonraki süreç adımı, ürünlerin depo içerisinde özelliklerine göre yerleştirilmesidir (Bowersox vd., 2002). Yerleştirme işlemi, sipariş toplama işleminin tersi niteliğindedir ve sipariş toplama işlemi için kolaylık sağlayacak bir düzen yaratmaktadır (Hopbaoğlu, 2009).

Sipariş toplama işlemi, bazı yerlerde elle yapılabilirken, otomasyonla da yapılabilir. Toplanan malzemelerin sıralanması ve gruplandırılması işlemidir (Evinsel, 2010). İhtiyaç duyulmuş bir malzemenin depodan toplanması sürecine sipariş toplama denmektedir. Bu işlem, basit gibi gözükse de talebin yapısı, deponun yapısı, ürünlerin depodaki yerleşim şekli gibi unsurlar bu işlemin verimliliğini ve performansını etkilemektedir (Hopbaoglu, 2009).

Malzeme sevkiyatı işlemi ise, sevk edilecek malzemelerin kontrol edilmesi ve gönderilecek araçlara yüklenmesini kapsamaktadır.

3.7. Depolarda Maliyet ve Performans

Ürünlerin saklanması amacı başta olmak üzere daha önceki bölümlerde bahsedilen diğer farklı amaçlar için de kullanılan depolarda ürünlerin depolanacağı alanların doğru seçilmesi son derece önemlidir. Depolar, işletmeler için kavşak noktalarıdır ve oluşan trafik de ürünlerden kaynaklı giriş çıkışlardır. Bir depolama planında en çok göz önünde bulundurulacak değişkenler, ürün hacmi, ürün ağırlığı ve depolamanın ihtiyaçlarıdır (Gözüm, 2007).

Depo büyüklüğü belirlenirken önümüzdeki 5-10 yılın ihtiyaçları düşünülerek bir planlama yapılır (Evinsel, 2010). Depo büyüklüğüne karar verilirken göz önüne alınan bazı unsurlar şunlardır:

- Müşteri hizmet oranları
- Pazar sayısı
- Ürün sayısı
- Ürün boyutları
- Malzeme taşıma sistemleri
- Belirli bir zaman diliminde depodan geçen ürün miktarı
- Üretim temin süresi
- Ölçek ekonomisi
- Yerleşim planı
- Koridor ihtiyacı

- Ofis alanlarının büyüklüğü
- Raf çeşitleri
- Talep seviyesi (Lambert ve Stock, 1993).

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı, depo kapasitesinin ve büyüklüğünün doğru belirlenmesi ve depo içerisinde ürünlerin doğru yerleştirilmesi kritik bir karardır. Çünkü daha sonra alınan karardan vazgeçilmesi ya da geri dönülmesi büyük problemlere yol açabilir.

Depo maliyetleri büyük maliyetlerdir. Bu nedenle hassas düşünülmesi gereken ve önemli maliyet kriterleri içeren bir unsurdur. Depolama faaliyeti, maliyetleri düşürmesi yönüyle maliyet yönetiminin önemli bir parçasıdır (Çavuşlar, 2007). Depolama, aynı zamanda firmaya miktar indirimleri sağlayarak maliyetleri düşürmektedir. Eğer işletmelerin yeteri kadar büyük depoları bulunuyorsa yüksek miktarlarda alım yapmaları ve dolayısıyla düşük fiyatlar ödemeleri mümkün olabilir. Bunun yanında, taşıma maliyetleri de azalma gösterecektir (Lambert vd., 1998).

Depolarda maliyet yönetimi farklı unsurlarla ilişkilidir. Bunlar; depo alanı, depo içi tasarım ve ekipmanlar gibi unsurlar olabilir. Depo planlanması sırasında oluşan maliyetler sabit yatırım maliyetleridir. Ancak depo kurulduktan sonra içerisinde ortaya çıkan operasyonel maliyetler değişken maliyetlerdir. Depodaki personelin maliyeti, ekipmanların maliyeti ya da vergi gibi maliyetler bu sınıfa girmektedir (Tuna, 2014). Depo yatırım maliyetlerinin bazı kalemleri şunlardır:

- Arazi ve inşaat maliyetleri
- Alet - edevat maliyetleri
- Raf sistemleri maliyetleri
- İşletim maliyetleri
- Personel maliyetleri (Tuna, 2014).

Depolamadan kazanılan yararlar maliyet ve hizmet üzerinden değerlendirilir. İdeal olarak, depolamadan ekonomik bir getiri ve hizmet faydası beklenir (Gözüm, 2007). Bunlar dışında, ne zaman sipariş verilmesi gerektiğini ve ne kadar sipariş verilmesi

gerektiğinin belirlenmesi toplam stok maliyetini en aza indirebilmek için gerekmektedir (Timur ve Özmen, 2009). Tüm bu sebeplerden dolayı, işletmelerde tutulacak envanter miktarının stok kontrol sistemleri ile hesaplanarak optimal düzeyde stok tutulmasının sağlanması, fazla ya da eksik stok bulundurmaktan dolayı ortaya çıkacak maliyetlerden kaçınmayı sağlayacaktır (Erdoğan, 2007). Stok bulundurma maliyetleri, satılacak ürünün ya da o ürünü üretebilmek için ihtiyaç duyulan hammadde ve malzemelerin elde bulundurulmasından dolayı ortaya çıkan maliyetlerdir. Stok bulundurmama maliyetleri ise, gereken anda elde stoğun var olmaması sebebiyle ortaya çıkan maliyetlerdir. Elde stok olmaması ekstradan sipariş ve nakliye maliyetini de açığa çıkaracaktır (Yükçü, 2007).

Depolarda performansın incelenmesinde dikkate alınan unsurlar şunlardır:

- Deponun kurulduğu alan ve fiziksel ortam
- Güvenlik, temizlik vb. yönetmelikler
- Kalite kontrol
- Alet – edevattan yararlanma oranı
- Depo yöntemlerinin kullanılma oranı
- Depo personelinin çalışma verimi
- Uygun stok yöntemlerinin uygulanıp uygulanmadığı
- Müşteri hizmetleri (Tuna, 2014).

BÖLÜM 4. SİMÜLASYON KAVRAMI

4.1. Simülasyon Nedir?

Simülasyon, bir sistemin davranışlarını belirleme ve bu davranışları inceleme bununla beraber izlenen sistemin davranışlarını açıklayan teori veya hipotezleri uygulama, bu teoriler yardımıyla sistemde meydana gelen davranış değişimlerinin etkilerini belirleme ve sistemin gelecekteki davranışını tahmin etme amaçlarını taşıyan deneysel ya da uygulamalı bir yöntemdir (Shannon, 1975).

Shannon'un yaptığı bu tanımlamada sistem kavramı kullanılmıştır. Sistem olmadan simülasyon kavramı anlamını büyük ölçüde yitirmektedir. Bu nedenle sistem kavramına da değinmek gerekir. Sistem, belli bir amaca ulaşmak için birbirleriyle ilişkili elemanların birleşerek oluşturdukları bir bütündür (Atçı vd., 1997). Başka bir tanıma göre ise sistem, belirli girdileri alan ve bu girdileri olması gereken şekilde işleyerek girdi – çıktı arasındaki bağlantıyı gösteren bir fonksiyonu optimize etmeyi amaçlayan varlıklar ve öğeler topluluğudur (Erkut, 1992). Simülasyon sistemlerin belli şartlar altındaki davranışlarını inceler. Bu şartlar değiştirilerek diğer ortaya çıkan bütün alternatif durumlardaki davranışları da incelenebilir.

Simülasyonun literatürdeki diğer tanımlarına bakılacak olursa, simülasyon, bir kökü veya gerçekliği olmayan gerçeğin, modeller aracılığıyla türetilmesidir (Baudrillard, 2005).

Benzetim, bir sistemin modellenmesi sırasında yapılan çalışmaların ve edinilen tecrübelerin birleştirilmesi anlamındadır. Buradaki model, doğrudan sistemin kendisiyle ilgili bilgiler olabileceği gibi sisteme ait bir alt problemin çözümü de olabilir (İpek, 1995).

Simülasyon, karmaşık sistemlerin tasarlanmasında ve analiz edilmesinde kullanılan güçlü bir analiz yöntemidir. Zaman içerisinde gerçek sistemin davranışlarının taklit ettirilmesidir denebilir. Simülasyon, farklı koşullar altında sistemin tavrının gözlemlenmesi için ilgili sistemin modellenmesi olarak da tanımlanabilir. Bu model, sistemin çalışması ile ilgili kabullerden oluşur. Kabuller, sisteme ait varlıklar arasındaki ilişkileri matematiksel, mantıksal ve sembolik olarak ifade edilir (Özçift, 2010).

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve bu süreç sonucunda ortaya çıkan model yardımıyla ilgili sistemin davranışlarını anlamak veya farklı stratejileri denemek amacı ile modelde denemeler yapmaktır (Halaç, 1982).

Simülasyon, mevcut durumda çalışmasına devam eden bir sistemi, değiştirmeden ya da durdurmadan o sistem üzerinde ne türden oynamalar yapılabileceğine ilişkin önemli fikirler vermektedir. Ayrıca, gelecekteki durumda sistemde yapılması mümkün olabilecek iyileştirmeleri ve bunların sistem üzerindeki etkilerini önceden görme olanağı sağlamaktadır (Takcı, 2013).

Benzetim, bir işletmenin veya bir sistemin davranışlarını ortaya çıkaran belirli matematik ve mantık modelleri ile bilgisayarda deneyler yapmak için kullanılan sayısal bir tekniktir (Naylor, 1966).

Simülasyon, gerçek hayatta mevcut bir sistemi incelemek ve gözlemlemek amacıyla yapılabilecek en iyi şeydir. Simülasyon, bilgisayar modelini çalıştırıp sistemin davranışı hakkında geçerli bilgileri toplamaya yarar (Taha, 2007).

4.2. Simülasyonun Tarihçesi

Aslına bakılırsa simülasyon insanların geçmişten beri beyinlerinde ya da hayal güçlerinde var olan ve kullandıkları bir yöntemdi denilebilir. Bir olay hakkında karar vermeye çalışılırken, mevcut durumu gözden geçirerek gelecek bir durum hakkında tahmin yapması insanın temel özelliklerinden biridir. Simülasyon da zaten bu konuyla

uğraşır. Var olan bir durumu ele alır ve o durumu gözlemleyerek bazı şartlar altındaki davranışlarını inceler. Yani, aslında simülasyon kavramı çok eski bir kavramdır.

Simülasyon yaklaşık beş bin yıl öncesindeki Çin savaş oyunlarına dayanmaktadır. O zamandan beri, bütün askeri güçler, simüle edilmiş çevresel şartların ışığında askeri stratejiler denemek için savaş oyunlarından yararlanmışlardır (Etçioğlu, 2009).

2. Dünya Savaşı sırasında matematikçi Jhon Van Neumann, Monte Carlo Simülasyonu kavramını tanımlayarak, simülasyon kavramının askeri ve operasyonel alanların dışına çıkarmayı başarmıştır. 1950'li yıllardan itibaren ise, bilgisayar dünyasının hareketlenmesi ve gelişimi sayesinde simülasyon yönetsel bir araç olma yoluna girmiştir. 60'lı yıllarda bilgisayar dillerinin ortaya çıkması ve 80'lerden itibaren de büyük bir ilerleme kaydetmesi sonucunda simülasyon kavramı pek çok değişik alanda kullanılmaya başlanmış ve farklı simülasyon yazılımları geliştirilmiştir (Etçioğlu, 2009).

4.3. Simülasyon Kullanımının Uygun Olduğu Durumlar

Naylor vd. (1966)'ya göre simülasyon aşağıdaki durumlarda kullanılabilir:

- Simülasyon, girdilerde değişiklikler yapıp bunun sonucunda oluşan çıktıları gözlemleyerek, değişkenler arasında bir önem sıralaması yapılabilmesini ve hangi değişkenlerin karşılıklı etkileşim halinde olduğunu gösterecek bilgilerin alınabilmesine olanak tanır.
- Bir simülasyon modeli tasarlanırken kazanılan bilgi ve tecrübeler, sistemin iyileştirilmesi açısından ileride son derece faydalı olacaktır.
- Simülasyon, bir şeyi uygulamadan önce onu tasarlamayı ve denemeyi mümkün kılarak ileride gerçekte karşılaşılması muhtemel durumlara hazırlıklı olmayı sağlar.
- Simülasyon, karışık bir sistemin veya bu karışık sisteme ait alt sistemlerin gözlemlenmesini ve deneylerle incelenmesini sağlar.
- Simülasyon, analitik çözümlerin doğrulanmasında ve geliştirilmesinde bir araçtır.

- Ortam ve şartlardaki çeşitli değişiklikler simülasyona tanımlanarak modelin davranışlarının değişimi incelenebilir.

Simülasyon tekniğinde belli bir sistem ele alınır. Ele alınan bu sistem ile ilgili gereken tüm verilerin sağlıklı bir şekilde toplanması gerekir. Model oluşturulur. Modelin ve dolayısıyla simülasyonun amacı, kurulan modelin (oluşturulan sistemin) ilgili koşullar altındaki davranışını incelemektir. İstenildiği takdirde, koşullar değiştirilerek sistemin yeni davranışı mercek altına alınabilir. Farklı senaryolar oluşturularak bu senaryolar birbirleriyle karşılaştırılabilir. Ulaşılmak istenen amaca ulaşıldığında simülasyon sonuca ulaşmıştır kanısına varılabilir.

Simülasyon, analitik ve nümerik diğer çözüm yöntemlerinin kullanılmasının mümkün olmadığı ya da bu yöntemlerden yeterli sonuç alınamadığı durumlarda kullanılması daha uygun olan bir tekniktir. Aşağıdaki durumlarda simülasyon kullanılabilir (İpek, 1995):

- Analitik bir yöntemle problemin çözümünün mümkün ancak çok karmaşık olduğunda,
- Problemi matematiksel modellerle tam olarak izah etmek güç olduğunda ya da hiç izah edilemediğinde,
- Problemi inceleyebilmek için simülasyondan başka bir yol kalmadığında,
- Problem çözücünün uygun diğer yöntemler hakkında bilgisi olmadığında,
- Diğer yöntemlerle çözümenin çok uzun zaman alacağı öngörüldüğünde,
- Sadece belli başlı parametrelerin değerinin belirlenmek istendiği durumlarda.

4.4. Simülasyonun Kullanım Alanları

Özellikle simülasyon yaklaşımına özel yazılımların gelişmesinin ardından simülasyonun kullanım alanı hızla yaygınlaşmıştır. Günümüzde pek çok farklı alanda kullanımı devam eden simülasyonun güçlü bir araç olduğu bir gerçektir. Özel simülasyon programlarının varlığı işlem zamanlarını ve maliyetlerini önemli ölçüde azaltmıştır (Etçioğlu, 2009). Literatürde simülasyonun kullanıldığı alanlara

bakıldığında, Kelton ve Law (2000)'e göre simülasyon aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır:

- Askeri silah sistemlerinin değerlendirilmesi
- Üretim sistemlerinin tasarlanması ve analiz edilmesi
- Bilgisayar sistemlerinin ihtiyaçlarının belirlenmesi
- Stok sistemleri için sipariş politikalarının belirlenmesi
- Finansal sistemlerin analizi
- Ulaşım sistemlerinin tasarlanması ve yönetilmesi
- İşletme süreçlerinin yapılandırılması
- Servis sistemlerinin tasarlanması
- Donanım ihtiyaçlarının ve ağ protokollerinin belirlenmesi

Gerçek sistemi bire bir olarak temsil etmese de günümüzde özellikle bilgisayar dünyasındaki önemli gelişmelerin de yardımıyla simülasyon uygulamaları düşük maliyet ve yüksek hız sağlamakta ve bu nedenle de diğer yöntemlere göre bir adım önde olmaktadır. İşletmede ortaya çıkan problem çok karmaşık bir problem olabilir. Bu problemin analitik ve nümerik olarak çözülebilmesi zor olabilir. Böyle durumlarda simülasyon önemli bir model kurma ve çözme tekniğidir (Genç, 2000).

Etçioğlu (2009) da simülasyonların kullanım alanlarını aşağıdaki gibi listelemiştir:

- İmalat Sistemleri
- Kamusal Sistemleri
- Askeri Sistemler
- Doğal Kaynaklar
- Ulaştırma Sistemleri
- Kurulum Sistemleri
- Gıda Süreçleri
- Bilgisayar Sistemlerinin Performansı

Çeşitli işletme sistemleri çok karmaşık yapıdadır ve bundan dolayı matematik ve istatistiksel çözümleri sisteme uygulamak zor olabilir. Bu durumlarda, sistemin çözümünü bilgisayarlarla yapabilme olanağından dolayı simülasyon modellerine geçiş

mecburiyeti oluşmaktadır (Ocakdan, 2010). İşletmelerde ortaya çıkan imalat problemlerinden hareketle, simülasyon çalışmalarının kullanıldığı bazı alanlar şunlardır (Etçioğlu, 2009):

- Kapasite analizi ve planlaması
- Ekipman planlaması
- Personel planlaması
- Kaynak planlaması
- Darboğaz analizi
- Üretim planlaması
- Çizelgeleme
- Stok yönetimi
- Lojistik planlaması
- Tesis yerleşimi
- Bakım planlama
- Teslimat performansı
- Süreç planlama

Zamanın temel elemanlarından olması, simülasyon modellerinin en önemli özelliklerinden biridir. Daha doğru bir ifade ile simülasyon tekniği, bir sistemin zaman içerisindeki davranışlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu nedenle, eğer amaçlanan sistemin belli bir zaman dilimindeki davranışını incelemekse, analitik bir yöntem var olsa bile simülasyon tekniğini kullanmak faydalı olabilir (Ocakdan, 2010).

4.5. Simülasyonun Avantajları

Farklı kaynaklarda pek çok farklı avantajlarına yer verilen simülasyonun bazı avantajları şunlardır:

- Bir kere model kurulduktan sonra çeşitli durumlarda defalarca kullanılması mümkündür.
- Sisteme ait veriler aşırı detaylı değilse simülasyon kullanmak avantajlıdır.

- Modeli oluşturulmuş bir benzetim üzerinde daha sonra bir araştırma yapılmak istendiğinde, ulaşılmak istenen verilere gerçek hayattan çok daha ucuza ulaşılması mümkündür.
- Sistemde var olan karmaşıklıklar modele aktarıldıktan sonra bunları incelemek ve üzerinde oynamak oldukça kolaydır.
- Sistem model kurabilmek adına detaylı bir incelemeden geçirilir. Bu inceleme ve gözlemler, daha önce farkına varılmamış başka eksiklikleri ortaya çıkararak bunların giderilmesine ve daha verimli bir sistemin kullanılmasına imkân tanıyabilir.
- Simülasyon ile daha önce hiçbir fikre sahip olunmayan olaylar hakkında da yeni deneyler yapmak veya tahminlerde bulunmak mümkündür.
- Daha önce analitik yöntemlerle çözülmüş problemler ele alınarak simülasyon ile doğruluğu incelenebilir.
- Statik sistemler dışında dinamik sistemlerin de incelenmesi mümkündür.
- Simülasyon sistemi inceleyen kişileri daha genel perspektiften bakmaya zorlar (İpek, 1995).

Özçift (2010)'a göre ise simülasyonun yaygın kullanımının nedenleri şu şekilde öne çıkmaktadır:

- Karışık bir yapıya sahip sistemleri analitik olarak inceler ve matematiksel modelinin oluşturulmasında ortaya çıkan zorlukları ortadan kaldırır.
- Alternatif senaryoların birbirleriyle karşılaştırılmasına olanak tanır.
- Birbirinden farklı zaman akışlarında yani sıkıştırılmış ya da geniş bir zaman aralığında sistemi inceleyebilmek mümkündür.
- Simülasyon, sistemin performansını tahmin edebilmek amacıyla politikaları, parametreleri ve çalışma şartlarını değiştirebilme imkânı verir.
- Gerçek sistemin herhangi bir tehlikeye düşmeden denenmesini sağlar.

Simülasyonun çok fazla sayıda ve özellikte değişkenleri tek bir modelde toplayabilme özelliği, karmaşık sistemlerin tasarımında vazgeçilmez bir araç olmasını sağlamaktadır (Erkut, 1991). Simülasyonun diğer avantaj ve üstünlüklerine bakılacak olursa;

- Sistemdeki değişkenlerin önem sıraları ile ilgili bilgiye ulaşılabilir.
- Özellikle yeni sistemlerin tasarımında hangi durumda ne olacağına ait sorularına cevap bulma imkânı sunar.
- Gerçek sistemin çalışmasında herhangi bir aksaklığa sebep olmadan pek çok farklı değişken test edilebilir.
- Değişkenler arasındaki etkileşimlerin açığa çıkmasında kullanılabilir.
- İncelenen sistemin hızlandırılması veya yavaşlatılması için zamanda oynamalar yapılabilir.
- Olayların meydana gelme sebepleri ile ilgili hipotezlerin doğruluğu test edilebilir.
- Bir simülasyon çalışması, kişilerin sistemi yönetim şekillerini düşünmektense, sistemi yönetim şekillerini anlamalarında yardımcı olur.
- Bir sistem için simülasyon modeli bir kez oluşturulur ve farklı durumlar için istenildiği kadar kullanılabilir.
- Simülasyon, sistem verilerinin yüzeysel olduğu durumlarda kullanışlıdır.
- Simülasyon modeli üzerinde ileride yapılacak analizler için veriye daha ucuz ulaşabilmek mümkündür.
- Simülasyon, analitik çözümlerin doğruluğunu ispatlamada kullanılabilir.
- Simülasyon, analistleri daha geniş bir perspektiften düşünmeye zorlar (Banks vd., 1996; Ocakdan, 2010).

4.6. Simülasyonun Dezavantajları

- Başarılı bir simülasyon uygulaması yapmak uzun zaman gerektirebilir ve pahalı olabilir. Uzman düzeyinde bilgi ve yaratıcılık gerektirir.
- Bir simülasyon modeli, gerçek sistemi yansıtmamasına rağmen gerçek sistemmiş gibi algılanabilir.
- Genellikle sayısal sonuçlar içermesinden dolayı bazı durumlarda sayılara gerektiğinden daha fazla derece verilmiş olabilir.
- Benzetim tekniğinin bir defa kullanılmasının ardından bu tekniği analitik yöntemlerin daha uygun olduğu durumlarda da kullanmaktan yana tavır gösterebilirler (İpek, 1995).

Farklı kaynaklardan edinilen bilgilere göre simülasyonun diğer dezavantajları şunlardır:

- Modelin gereğinden daha fazla detaylandırıldığı durumlar olabilir.
- Başta pahalı ve zaman alıcı olabilir.
- Modelin geçerliliği iyi test edilmediği durumlarda hatalı kararlar nedeniyle istenmeyen maliyetlere yol açabilir.
- Sisteme etki eden ve önceden belirlenemeyen faktörlerden dolayı sistemin yapısı deterministik değil stokastiktir.
- Simülasyon kesin olmayabilir.
- Kapsamlı bir model kurulmak istendiğinde maliyetler yüksek olabilir.
- Sonuçların yorumlanması kimi zaman diğer tekniklere nazaran zor olabilir.
- Stokastik simülasyon modellerinde analitik yöntemlerin aksine, performans ölçülerinin beklenen değeri yaklaşık olarak hesaplanabilir.
- Analitik yöntemlere göre istediği uzmanlık seviyesi daha yüksektir.
- Yanlış varsayımlarda bulunulması ya da sağlıklı olmayan verilerin kullanılması gerçek sistemden uzaklaşılmasına neden olabilir.
- Simülasyon, sistemin etkinliği ile ilgili yalnızca sayısal bilgileri ve bu bilgilerden çıkarsama yapılacak ipuçları dışında bilgi vermez.
- Geniş uygulama ve planlama gerektirdiği için küçük işletmeler için yüksek maliyetlere sebep olabilir.
- Simülasyon modelleri probleme en iyi çözümü bulmaktansa alternatif çözümleri karşılaştırır.
- Simülasyon modellerinin stokastik yapısı, incelenen gerçek sistemle ilgili ancak tahminlerde bulunmayı sağlar.
- Araştırmacılar simülasyonu bir kez öğrendikten sonra, analitik yöntemlerin kullanılması gerektiği yerlerde de simülasyon kullanmaya meyilli olabilirler (Halaç, 1993; Tütek ve Gümüšoğlu, 2000; Hançerlioğulları, 2006; Özden, 2008; Ocakdan, 2010; Özçift, 2010).

4.7. Simülasyon Aşamaları

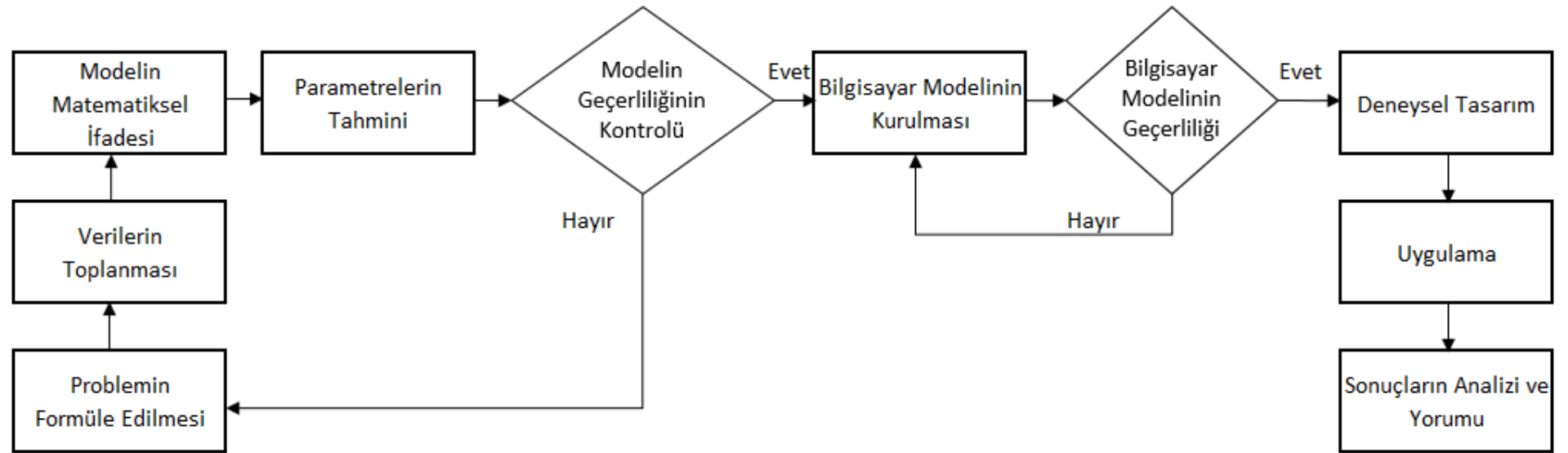
Bir çalışma, mevcut ihtiyacı karşılayabilecek veya amaçlanan problemi çözüme kavuşturabilecek şekilde hazırlanmamışsa ne kadar detaylı olduğunun ya da bir eksiğinin olup olmadığının herhangi bir anlamı kalmaz. Ancak ilerideki ihtiyaçların da göz önüne alındığı ve sistemin diğer parçalarının da kolayca dâhil edilebileceği bir modele iyi bir model denilebilir (Etçioğlu, 2009).

Simülasyonun ilk aşaması sistemin açık bir şekilde tanımlanması, amaçlar ve performans kriterlerinin seçilmesi ve problemin belirlenerek formülize edilmesidir. Ardından problem ile ilgili veriler toplanır ve işlenir.

İşlenen veriler üzerinden problem matematiksel olarak ifade edilir. Matematiksel olarak ifade etmek, bileşenlerin, değişkenlerin, parametrelerin ve ilişkilerin belirlenmesini içermektedir. Daha sonra eldeki gerçek verilerden faydalanılarak modelin parametreleri belirlendikten sonra model test edilir ve doğru olup olmadığı kontrol edilir. Bu aşamada, modelin ve sistemin aynı koşullar için davranışları karşılaştırılır.

Modelin doğruluğundan emin olunursa, bilgisayar modeli oluşturulur ve bu kez de bilgisayar modelinin geçerli olup olmadığı incelenir. Bilgisayar modelinin oluşturulması aşamasında, akış diyagramı, bilgisayar programının yazılımı ve hata kontrolü gibi adımlar bulunmaktadır. Bilgisayar modelinin geçerliliği aşamasında bu kez de bilgisayar modelinin gerçek veriler ile karşılaştırılması gerekmektedir.

Bu aşamaların ardından, deneysel tasarım yapılır. Deneysel tasarım aşamasında, deneme sayısını azaltabilmek gibi amaçlara ulaşabilmek için bazı gözlem ve analizler yapılmaktadır. Tüm bunların ardından, model uygulamaya sokularak hayata geçirilir. Son olarak ise, simülasyonun verileri toplanıp analiz edilerek çalışma tamamlanır. Bu aşamalar Şekil 4.1.'de gösterilmiştir (İpek, 1995):



Şekil 4.1. Simülasyon Aşamaları (İpek, 1995)

Problemin formüle edilmesi aşamasında problemin tanımlanması ve amaçların açıkça ifade edilmesi işlemleri yapılır. Aslına bakılırsa belki de en önemli aşama bu aşamadır. Çünkü bu aşamada yapılacak hatalar tüm simülasyonu ve çalışmayı etkileyecektir. Law ve Kelton (1991), simülasyon çalışmalarının geniş bir amaç ifadesi ile başlaması gerektiğinden ve böyle bir başlangıç olmadan başarının gelmeyeceğinden bahsetmişlerdir. Herhangi bir çalışmanın ilk amacı, yürütülen çalışmanın açık bir şekilde belirlenmesidir. Çalışmanın amacı tanımlanırken, optimize edilmesi amaçlanan şeylerin neler olduğu açık bir şekilde belirlenmelidir (Ocakdan, 2010). Bu aşamada, ilgili sistemin bir akış halinde gösterilmesi ve sistemi anlamamanın kolay olması adına sistemdeki akış ve etkileşimlerin bir çizim üzerinde gösterilmesi faydalı olabilir (Etçioğlu, 2009).

Verilerin toplanması aşamasında modelde ihtiyaç duyulacak verilerin toplanması ve modelde kullanılacak biçime getirilerek hazırlanması işlemleri gerçekleştirilir. Kullanılacak veriler geçmiş dönemlere ait veriler de olabilir, o anda kaynağından edinilen bilgiler de olabilir. Bu aşamada toplanan veriler ileride sistemin değişkenlerinin belirlenmesinde, parametrelerin tanımlanmasında, ilişkilerin ve bu ilişkilerin derecelerinin belirlenmesinde ve başka konularda kullanılacaktır (Ocakdan, 2010).

Modelin matematiksel ifadesi, toplanan veriler yardımıyla daha önce dilsel olarak ifade edilmiş olan problemin matematiksel olarak tanımlanması aşamasıdır. Bu aşamada, bileşenlerin, değişkenlerin, parametrelerin ve fonksiyonel ilişkilerin belirlenmesi gerçekleşir. Aynı zamanda modelin girdi değişkenleri ve bu değişkenlerin sayısı da bu aşamada belirlenenlerdendir (İpek, 1995).

Simülasyonda tüm modellerin aşağıdaki elemanlardan oluştuğu görülmektedir (Erkut, 1992):

- Bileşenler: Sistemi oluşturan alt elemanlardır.
- Değişkenler: Sistemin özellikleridir.
 1. Kontrol edilebilir değişkenler
 2. Kontrol edilemeyen değişkenler

3. Bağımlı değişkenler
4. Bağımsız değişkenler
5. Girdi değişkenleri
6. Çıktı değişkenleri

- Parametreler: Sistemle ilgili yapılan öngörülerdir.
- İlişkiler: Sistemin bileşenleri, değişkenleri ve parametreleri arasındaki bağlantılardır.
- Varsayımlar: Sistem ile ilgili kabullerdir.
- Kısıtlar: Değişkenlerin değerleri ile ilgili sınırlandırmalardır.
- Ölçütler: Sistemin amaçları ve amaçların değerlendirileceği durumdur.

Parametrelerin tahmini, toplanan gerçek verilerin yardımıyla

- Rassal değişkenlerin istatistiksel dağılım türlerinin belirlendiği,
- Dağılım parametrelerinin belirlendiği,
- Sistemin bileşenleri arasındaki ilişkilerin belirlendiği

Aşamadır (İpek, 1995).

Modelin geçerliliğinin kontrolü, parametreler tahmin edildikten sonra modelin uygunluğunun kontrol edildiği aşamadır. Kısacası, model bu aşamada testten geçirilir. Gerçek sisteme uygun olmayan bir modelin test edilmesi pek bir anlam katmayacaktır. Ancak, modelin sistemi tam olarak temsil etmesi de düşünülmemelidir. Önemli olan, model davranışlarıyla sistem davranışları arasında ciddi bir sapma olmamasıdır (İpek, 1995). Modelin doğrulanması, modelin bir formdan başka bir forma geçişinin doğru yapıp yapılmadığı ile ilgilidir. Amaçların modelle uyum oranının ölçülmesi ve modelin doğru kurulması ile ilgilidir (Ocakdan, 2010). Kurulan modelin gerçek sistemle benzer davranışlar gösterebilmesi için, modelin amacının ve tanımlamasının doğru yapılması ve verilerin doğru biçimde toplanması ve analiz edilmesi, uygun bir simülasyon yazılımının seçilmesi gerekir (Akın, 2010).

Bilgisayar modelinin kurulması aşaması, probleme uygun olarak geliştirilmiş ve geçerliliği onaylanmış matematiksel modelin bilgisayar programına uygun şekilde

kodlandığı aşamadır. Kısacası, hazırlanmış matematiksel model bilgisayara anlatılır. Bu aşamada,

- Akış diyagramları çizilir.
- Gerekli kodlamalar yapılır.
- Hatalar ayıklanır.
- Toplanan veriler kullanılır ve hangi koşullar altında başlanacağı belirlenir.
- Veriler türetilir.
- Çıktı raporları oluşturulur (Etçioğlu, 2009).

Bilgisayar modelinin geçerliliğinin kontrolü, kurulan bilgisayar modelinin amaçlanan problemi tam olarak ifade edip etmediği ve oluşturulmak istenen sistemin programda temsil edilip edilmediği incelenir. Bu incelemede elbette yüzde yüz temsil beklenmese de sistemin karakteristik ve önemli görülen özelliklerinin temsil ediliyor olması beklenmektedir.

Bu aşamada önemli hususlardan bir tanesi de, bilgisayar modelinin gerçek sistemin sonuçlarına yakın sonuçlar üretip üretmediğinin kontrolüdür. Aynı koşullar altında, incelenen sistem ile oluşturulan model benzer sonuçlar veriyorsa bilgisayar modeli geçerlidir (İpek, 1995).

Bir simülasyon çalışmasının başarısı, oluşturulan modelin gerçek sistemi yansıtmaya oranına göre belirlenir (Akın, 2010).

*Deneyisel tasarımı*da, bilgisayar modeli hayata geçirildikten sonra başka çalışmalarda da kullanılabilmesinin sağlanması amaçlanır. Bu aşamada şunlar amaçlanır (İpek, 1995);

- Gerekli deneme sayısının düşürülmesi ve buna bağlı olarak simülasyonu daha ekonomik hale getirmek,
- Analistin öğrenme sürecine daha uygun bir yapı sağlamak

Uygulama aşaması aslında simülasyon projesi ile başlar. Projenin uygulanmasında modeli kuran kişi rehberlik edebilir. Uygulama bittikten sonra bile ileride tekrar

çalışılabilmesi için saklanabilir. Modeli kuran kişi de model mantığını ve varsayımlarını saklayarak ileride gerçekleşmesi muhtemel iyileştirme çalışmalarında kullanabilir (Etçioğlu, 2009).

Sonuçların analiz edilmesi ve yorumlanması en son adımdır. Bu adımda, bilgisayar tarafından üretilen veriler analiz edilir.

- Simülasyon çıktı verilerinin toplanması ve işlenmesi,
- Test istatistiğinin hesaplanması
- Sonuçların yorumlanması

Basamaklarından oluşur. Verilerin incelenmesinde, varyans analizi, çoklu karşılaştırma gibi yöntemler kullanılabilir (İpek, 1995).

4.8. Simülasyon Çeşitleri

Simülasyon modelleri sistemin veya sürecin durumuna göre sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Statik simülasyon modelleri
- Dinamik simülasyon modelleri

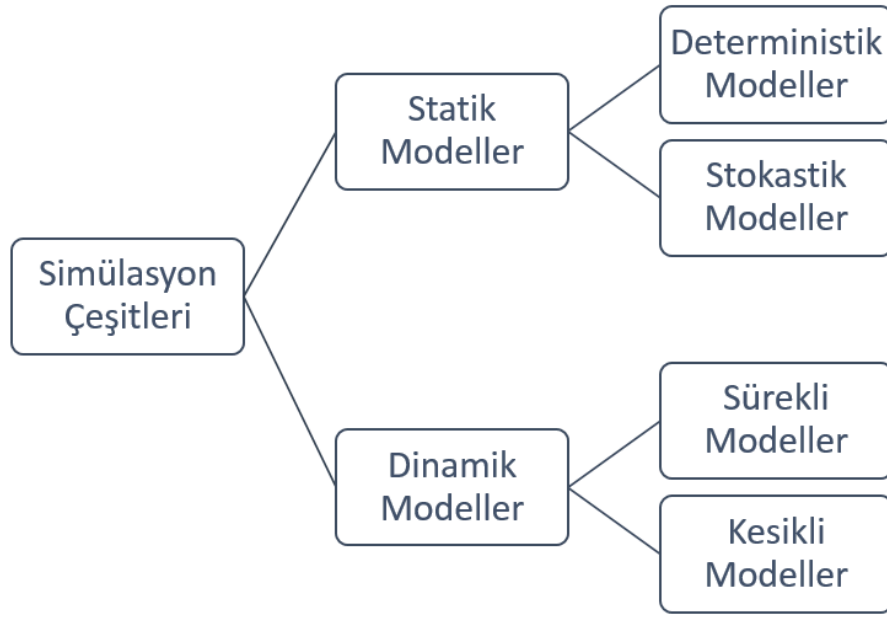
Bunlardan statik simülasyon modelleri, değişkenlerin durumuna bağlı olarak kendi içerisinde iki gruba ayrılabilir. Bu gruplar şunlardır:

- Deterministik Simülasyon Modelleri
- Olasılıklı Simülasyon Modelleri

Dinamik simülasyon modelleri ise değişkenlerin değişiminin zaman içinde gözlemlenmesine göre ikiye ayrılır. Bunlar;

- Kesikli Simülasyon Modelleri
- Sürekli Simülasyon Modelleri

dir (Etçioğlu, 2009). Bu durum aşağıda Şekil 4.2.'de gösterilmiştir:



Şekil 4.2. Simülasyon Çeşitleri (Etçioğlu, 2009)

Statik simülasyon modelleri; ilgilenilen sistemin herhangi bir andaki durumunu gösteren modellerdir (Etçioğlu, 2009). Statik simülasyon modelleri, bir sistemi zamanın belli bir anında temsil eder (Ocakdan, 2010). Özellikle Monte Carlo simülasyonu olarak bilinen simülasyon bu gruba girer. Montaj hattı dengeleme problemleri örnek olarak gösterilebilir.

Bu grubun alt grubunu oluşturan modellerden *deterministik simülasyon modelleri*, herhangi bir rassal değişken içermeyen, her bilginin net ve açık bir şekilde bilindiği modellerdir. Bu modellerde hiçbir rassal özellik bulunmamaktadır. Dolayısıyla simülasyon sonuçları arasında fark oluşmaz (Etçioğlu, 2009). Deterministik modellerde, belirli bir girdi grubu sisteme sokularak tek bir çıktı elde edilir (Ocakdan, 2010).

Stokastik simülasyon modelleri ise, değişkenlerin bir veya birkaçının rassal olarak belirlendiği modellerdir. Bu nedenle, deterministik modellerin aksine her denemede farklı sonuçlar oluşacaktır. Ölçülmesi amaçlanan performans kriterleri için net bir sonuç değil, tahmini değerler elde edilir (Etçioğlu, 2009).

Dinamik simülasyon modellerinde bakılacak olursa, bu modeller sistemin anlık durumunu değil, sistemin zaman içerisindeki gelişimini gösteren modellerdir. Bu modellerde değişkenler zaman içinde değişimlere ve etkileşimlere uğrarlar. Bu modellere örnek olarak; sipariş sistemleri, stok sistemleri, kuyruk modelleri örnek verilebilir (Etçioğlu, 2009).

Dinamik simülasyon modellerinin alt grubunda bulunan *kesikli simülasyon modelleri*, sistemin hareketlerinde meydana gelen değişiklikleri tek bir anda izleyen modellerdir. Diğer bir deyişle, belirlenen bir anda sistemdeki davranış değişikliklerini takip eder. Örneğin, bir kuyrukta bekleyen müşterilere ait ortalama bekleme süresi, sisteme bir müşteri girdiğinde ya da sistemden bir müşteri çıktığında değişmektedir. Kesikli simülasyon modelleri özellikle ulaştırma alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ocakdan, 2010). Bu anlar dışındaki anların hiç birinde bir değişiklik olmaz. *Sürekli simülasyon modelleri* ise, anlık olarak değil, sürekli olarak değişim gösteren modellerdir. Buna örnek olarak, dünyanın nüfusundaki değişim gösterilebilir (Etçioğlu, 2009). Sürekli modeller, zaman içerisinde sürekli davranış değişimi gösteren sistemleri ele alır (Ocakdan, 2010).

4.9. Yaygın Simülasyon Programları

Günümüzde özellikle üretim ve hizmet sektörlerinin büyük çoğunluğunda uygulanan simülasyon tekniği, uzun yıllardır başarısı kabul görmüş yaygın bir optimizasyon aracıdır. Bundan dolayı, doğan ihtiyaçlar da hesaba katılarak özellikle son yıllarda pek çok farklı firma simülasyon yazılımı ve hazır paket programlar alanında çalışmalar göstermiş ve bunun sonucunda ortaya bir çok program ortaya çıkmıştır. Bu programlardan bazıları Arena, Simio, Promodel, Automod, Flexsim, Simul8, Cyrastal Ball, Witness, Enterprise Dynamics ve Quest'tir. Bunlar dışında pek çok hazır program da bulunmaktadır.

BÖLÜM 5. UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, simülasyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen, seri imalat öncesi ihtiyaç duyulan depo kapasitesinin belirlenmesi çalışmasına yer verilecektir. Uygulamanın amacı ve öneminden bahsedilecek, kullanılan yazılımdan bahsedilecektir. Hazırlanan modelin yapısı tanıtılacak ve oluşturulan senaryolardan detaylı bir şekilde bahsedilecektir.

5.1. Uygulamanın Amacı

Otomasyon sistemlerinin hâkimiyetinin hızla arttığı bir dönemde işletmeler rekabette geride kalmamak ve yeni çağa ayak uydurarak değişimi yakalamak adına gerek imalat süreçlerinde gerekse tesis planı ve yerleşiminde bazı değişim kararları almak mecburiyetinde kalabilmektedirler. Ancak, bu kararlar bir anda ve gelişigüzel alınabilecek kadar basit kararlar olmamalarından dolayı üzerinde iyice düşünülmesi gerekmektedir. Zira yanlış bir karar ciddi zararlara yol açacağı için alınacak kararların doğruluğu son derece önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, seri imalata geçmesi düşünülen bir ürün ele alınarak, bu ürün için işletmenin ihtiyaç duyacağı depo kapasitesi ve bu üründen kaynaklı ortaya çıkan toplam maliyet belirlenmiştir. Uygulamanın, özellikle işletme yönetimleri için karar vermede yardımcı bir araç olması amaçlanmaktadır. Uygulamanın temel amacı, istenildiğinde değiştirilebilen çeşitli koşullar altında, işletmelere ilgili üründen oluşacak maliyet ve gerekecek depo kapasitesi hakkında fikir vermek ve yönlendirmektir. Bu doğrultuda, alınacak yatırım kararlarının daha sağlıklı bir şekilde yürütülmesi ve daha hızlı sonuçlar alınması sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmanın amaçlarından bazıları şunlardır:

- İşletme yönetimine depo büyüklüğü konusunda karar vermeye yardımcı bir uygulama olmak
- İşletmeler için büyük sorunlara yol açan ve geri dönüşü zor bir karar olan depo büyüklüğü problemine hızlı ve doğru bir çözüm getirmek
- Yatırım kararlarının daha sağlıklı verilmesini sağlamak
- Şartları ve ortamları değiştirerek olması muhtemel durumları önceden tespit edebilmek
- İleride meydana gelebilecek değişikliklere hızlı bir şekilde adapte olabilmek

5.2. Uygulamanın Kapsamı

Bu çalışma, Sakarya’da bulunan ve savunma sanayinde faaliyet gösteren bir işletme temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Ancak, çalışma farklı sektörlerde farklı işletmelere de uygulanabilir şekilde esnek bir kapsama alanına sahiptir. Çalışmada, ürün ağacı ve ana üretim çizelgesi üzerinden hareket edilmektedir. Uygulama depo ve simülasyon kavramlarının birleştirilmesi üzerine kuruludur.

Uygulamada, işletmelerin kendi bünyelerinde barındırdıkları ya da başka firmalardan kiraladıkları hammadde depolar ele alınmıştır. Diğer depo çeşitleri bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Birbirinden farklı senaryolar etrafında depo büyüklüğünün ve maliyetlerin incelenmesini içermektedir.

5.3. Uygulamanın Önemi

İşletmeler için değişen şartlarda hammadde envanter büyüklüklerinin belirlenmesi son derece önemli bir husustur. Üretilen ürün için ne kadar hammadde gerekeceği, bu hammaddeler için ne kadar büyüklükte bir depoya ihtiyaç duyulacağı ve bu hammaddelerin oluşturacağı toplam maliyetin ne kadar olacağı soruları cevap bekleyen çok önemli sorulardır. Bu soruların cevaplarını bulabilen işletmeler daima birkaç adım önde gitmeyi başaracaklardır.

Hammadde envanter büyüklüğünün ve maliyetinin tahmin edilebilir olması işletmeler için aşağıdaki maddeler başta olmak üzere pek çok açıdan son derece önemlidir:

- Envanter maliyeti
- Stok kontrolü
- Tedarik politikası
- Depo büyüklüğü
- Depo tasarımı
- Raf sistemleri
- Taşıma sistemleri
- Depo personeli sayısı

Hâl böyleyken, yukarıda bahsedildiği kadar geniş bir alanda öneme sahip olan bu problemin hızlı ve doğru bir şekilde çözülebilmesi başlı başına bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Pek çok işletme böylesine bir çalışma yapmadan depo tasarlamakta ya da üçüncü parti işletmelerden depo kiralayabilmekte ve ilerleyen zamanlarda hammaddelerin depoya sığmaması ya da deponun çok fazla boş kalması gibi sıkıntılar ve ekstra maliyetlerle karşılaşabilmektedirler. Yanlış verilen depo büyüklüğü kararları bu gibi pek çok işletme için ise iflasın başlangıcı olabilmektedir.

Değişkenliği yüksek olan ve işletmeler için bu denli öneme sahip hammadde envanter büyüklüğünün ve maliyetinin pek çok farklı konuda işletmeye bilgi sağlayacağı da düşünülerek bu bilgi gerçeğe yakın bir şekilde ortaya çıkarmaya çalışılmıştır ve işletme yönetimleri için karar vermede yardımcı bir araç olması hedeflenmiştir.

5.4. Uygulamanın Yöntemi

Çalışmada yöntem olarak simülasyon kullanılmıştır. Simülasyon yöntemi, gerçekte var olan bir sistemi bilgisayar ortamında taklit eden ya da hiç var olmayan bir sistemi modelleyerek, o sistemi gerçekte oluşturmadan önce neler olacağını incelemeye yarayan bir yöntemdir. Ayrıca, bir sistem için gelecekte yapılması düşünülen iyileştirmelerin etkilerinin çok önceden görünmesini mümkün kılar. Çalışmada simülasyonun tercih edilmesinin başlıca nedenleri şunlardır:

- Bu çalışmada ele alınan problemi analitik yöntemlerle çözmenin karmaşık olacağı düşünülmüştür.

- Simülasyon dışında bir yöntemle çözmeye çalışmak çok zaman alıcı olacaktır.
- Simülasyon, sağladığı girdi analizleri ve ayrıntılı raporları ile diğer analitik yöntemlere nazaran bir adım öndedir.
- İleride modele eklenmesi düşünülen belirsiz parametreler için bir alt yapı oluşturacağı öngörülmüştür.
- Ortam ve şartlarda meydana gelmesi muhtemel değişikliklerin adaptasyonunun kolay olması da tercih sebebi olmuştur.

Simülasyon yöntemi problemin tanımlanması ile başlar. Problem detayları ile oluşturulduktan sonra bilgisayar modelinin kurulması aşamasına geçilir. Oluşturulan model test edilir ve doğru olup olmadığı kontrol edilir. Eğer model doğru oluşturulduysa, gerekli veriler toplanarak simülasyon çalıştırılır. Ardından çıkan sonuçlar değerlendirilir. Herhangi bir hata fark edilirse modelde gerekli değişiklikler yapılabilir. Son aşamada çıktılar analiz edilir.

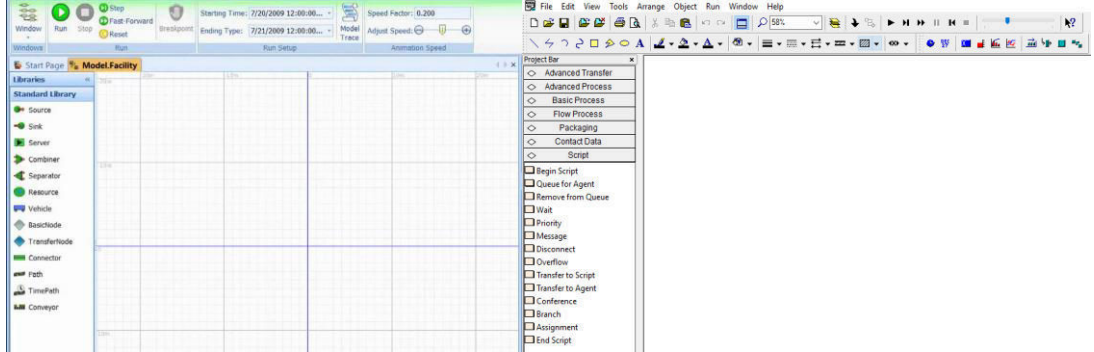
5.5. Uygulamada Kullanılan Yazılım

Simülasyon yazılımları görsel öğelerle desteklenen ve girdi ve çıktı analizleri yapmaya yarayan yardımcı araçlarla donatılmış yazılımlardır. Özellikle yönetsel kararlarda güçlü olmalarının yanı sıra, iyi bir simülasyon yapabilmek için gereken veri analizi konusunda etkili ve animasyon konusunda da yeterlidirler. Simülasyon yazılımları, bir işletmenin üretim sürecini simüle ederek işletmeye gerçekte karşılaştıkları durumları önceden gösteren ve onlara zaman, para, kaynak ve hız kazandıran uygulamalardır.

Simülasyon yazılımları ile istatistiksel pek çok rapor almak mümkündür. Ortalama varlık sayısı, kuyruk uzunluğu, kuyruktaki varlık sayısı, kaynakların kullanım oranları vb. pek çok bilgiye ulaşılabilir. Model kurucunun yaratıcılık seviyesine göre mesai saatlerinden vardiyalara, yemek molalarından makine arızalarına kadar kapsamlı ve gerçekçi modeller oluşturulabilir.

Simülasyon yazılımları, içerisinde barındırdığı menülerle kullanıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Kullanıcı rahatlıkla modeli ve algoritmayı ekranda

oluşturabilir ve algoritmayı oluşturan her modülün içerisinde girerek daha detaylı bilgiler verip modelini istediği özelliklere kavuşturabilir.



Şekil 5.1. Bazı Örnek Açılış Ekranları

Simülasyon yazılımları, servis sistemlerinden müşteri hizmetlerine; sağlık sektöründen ulaşım, çağrı merkezi tasarımından işletmelerdeki tüm süreçlerin analizine kadar çok geniş bir yelpazede simülasyon modellemek için kullanılmaktadır.

Bir simülasyon modelinin oluşturulması sırasında izlenmesi gereken yol Şekil 5.2.'de gösterilmiştir (Taner, 2012):



Şekil 5.2. Simülasyon Modeli Oluşturma Adımları (Taner, 2012)

Yukarıdaki şekilde bulunan adımlardan ilki başlangıç ve bitiş modüllerinin yerleştirilmesi adıımıdır. Bu adımda, modele başlangıç ve bitiş modülleri eklenir. Ardından arka plan eklemesi yapılır. Bu işlem şart değildir. Eğer, önceden hazırlanmış bir arka plan varsa bu işlemi gerçekleştirmek mümkündür. Bu modüller eklendikten sonra işlem modülü modele dâhil edilir. Burada modeli kuran kişinin yeteneğine göre istenildiği kadar işlem modülü eklenebilir. Algoritma oluşturulduktan sonra sistemin varlıklarının tanıtılması gerekir. Varlıklar, sistemde işlem görecektir. Ardından,

oluşturulan varlıkların sisteme girişleri, varlıkların çeşitleri ve gelişlerinin arasında geçecek zaman gibi bilgilerin verilmesi gerekmektedir. Daha sonraki aşama, kaynakların tanımlanmasıdır. Kaynaklar, süreçlerin gerçekleştirilmesi için gereken insan kaynağı, takım ve makineler gibi kaynakları kastetmektedir. Bir diğer adım, niteliklerin tanımlanmasıdır. Niteliklerden kasıt, varlıklar hakkında daha fazla bilgi edinilmesini sağlayan, hız, ilgili varlığın sayısı, rengi vb. olabilir. Son olarak modelin değişkenleri de tanımlanarak çalıştırmadan önceki hazırlıklar tamamlanmış olur. Hazırlıklar tamamlandıktan simülasyonun çalışacağı zaman belirlenir ve simülasyon çalıştırılır.

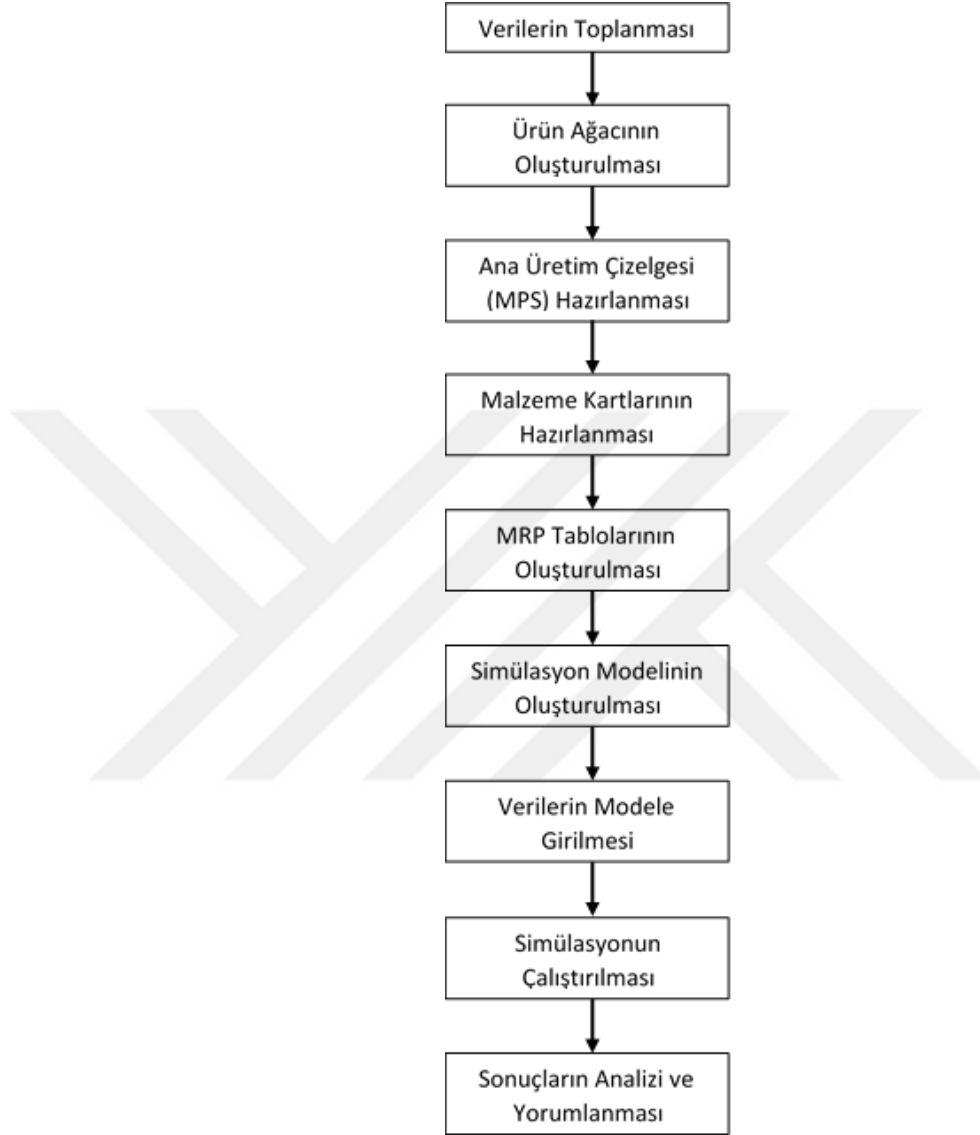
Simülasyon yazılımları, pek çok farklı sektörde faaliyet gösteren işletmeler tarafından kullanılan yaygın programlardır. Pek çok sistemin modellenmesinde kolaylıklar sağlar. Tedarik zinciri, depo faaliyetleri, üretim süreçleri, lojistik, dağıtım ve servis gibi sistemleri içeren ve analiz eden simülasyon yazılımlarının bazı kullanım alanları şöyledir:

- Üretim sistemlerinin tasarımı ve analizi
- Ürün işleme proseslerinin izlenmesi ve kontrolü
- Müşteri hizmetleri tasarımı ve müşteri yönetim sistemlerinin analizi
- Depo, depolama, dağıtım ve lojistik sistemlerinin incelenmesi
- Tedarik zinciri süreçlerinin analizi
- Maliyet, kullanım oranları gibi parametreler üzerinden sistem performansının ölçülmesi
- İşgücü planlama
- Kapasite planlama
- Ekipman, araç gereç ve mamul ihtiyaçlarının belirlenmesi

5.6. Simülasyon Çalışmasının Adımları

Bu çalışmada, ilk olarak verilerin toplanması ile işe başlanmıştır. Ardından, toplanan verilerin analiz edilmesi adımı gerçekleştirilmiş sonrasında da simülasyon modeli oluşturulmuştur. Model oluşturulduktan sonra, veriler girilerek simülasyon

çalıştırılmıştır. Son olarak raporlar oluşturulmuş ve analiz edilerek yorumlanmıştır. Simülasyon adımları Şekil 5.3.'te gösterildiği gibidir:



Şekil 5.3. Uygulama Adımları

5.6.1. Verilerin toplanması ve analizi

Çalışmanın başlangıcında, ilk olarak veriler toplanmış ve analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, seri üretime geçilmesi düşünülen ürüne ait ürün ağacı oluşturulmuştur. Yine, bu ürün için oluşacak tahmini talep belirlenmiştir. Bu taleplerden faydalanılarak ürün için bir ana üretim çizelgesi (MPS) oluşturulmuştur. Daha sonra, simülasyon

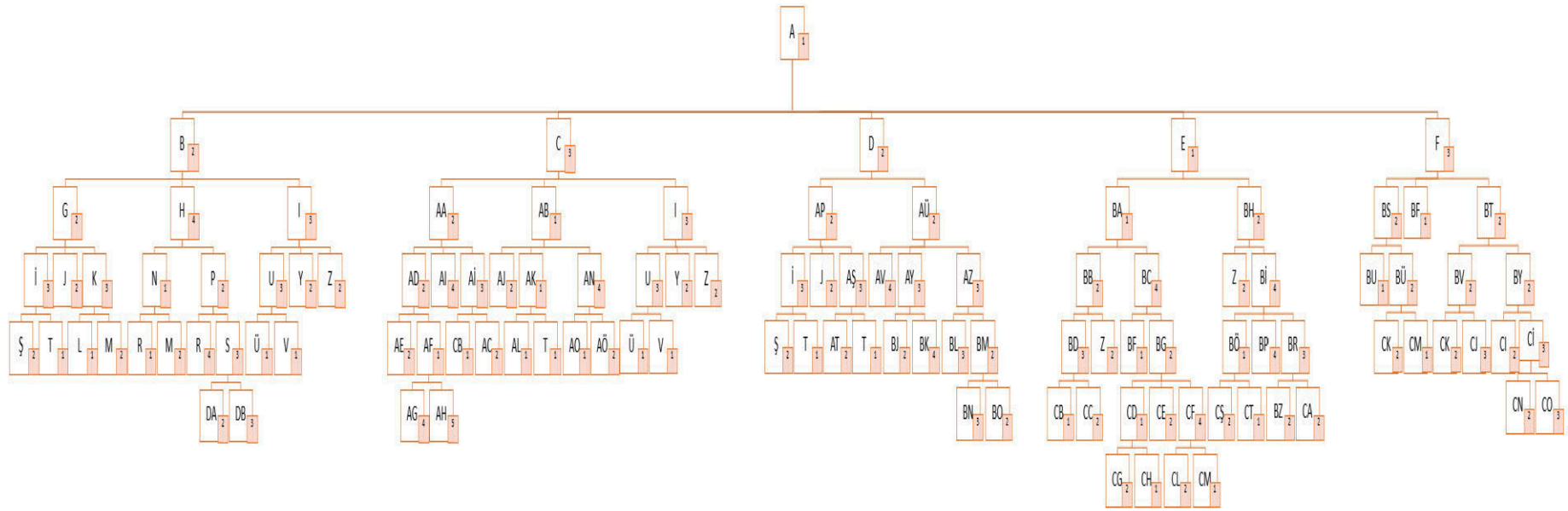
modeli için ihtiyaç duyulacak olan, ürünün alt parçalarına ait malzeme kartları oluşturulmuştur. Son olarak tüm alt parçalara ait malzeme ihtiyaç planı (MRP) tabloları oluşturulmuştur. Verilerin toplanıp analiz edilmesinde MS Office Excel 2013 kullanılmıştır.

5.6.1.1. Ürün ağacının oluşturulması

Ürün ağacı, ürünlerin, diğer ürün ya da yarı mamullerin arasındaki bağlantıları şematik olarak gösteren bir plandır. Şekil olarak dallanan bir ağaca benzemektedir.

Ürün ağacı, en alttaki hammadde den en üst kademedeki ana mamule kadar tüm üretim sürecini gösterir. Ürün ağaçlarında, üretilen ürünlerin hangi malzemelerden oluştuğu ve bu malzemelerden kaç birim kullanıldığı bilgileri mevcuttur. İstenildiği takdirde başka bilgiler de eklenebilir.

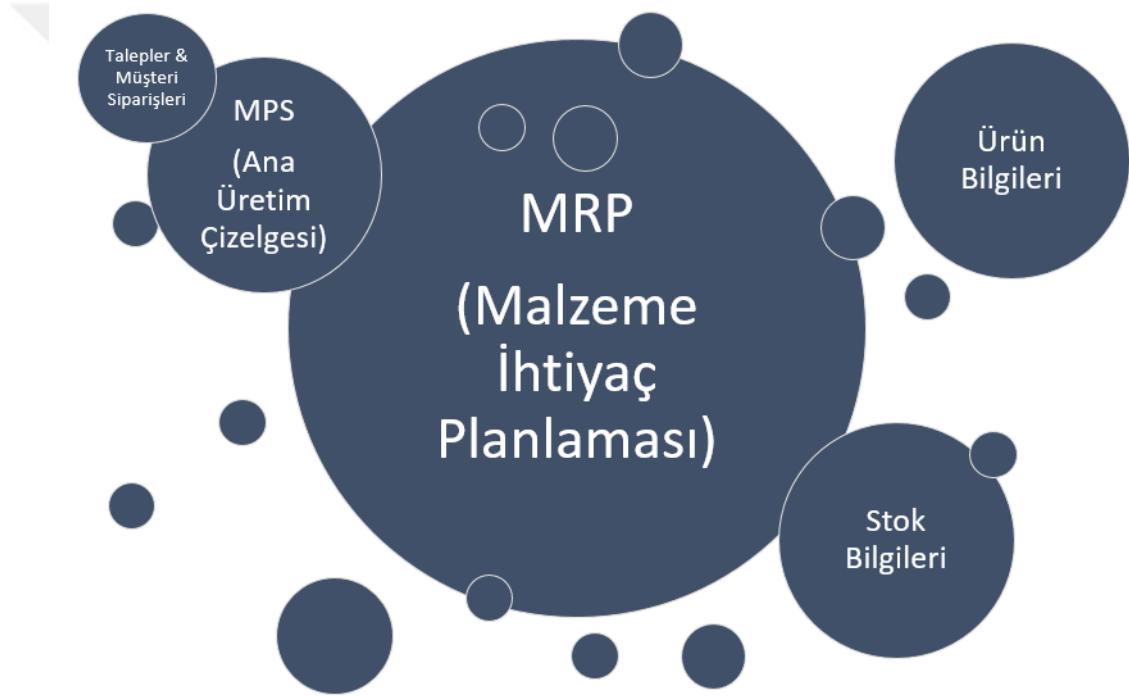
Seri imalata geçmesi düşünülen ürünün oluşturulurken ihtiyaç duyacağı tüm alt parçalar, bu alt parçaların gerekli adetleri ile birlikte belirlenmiştir. Parçalar gerçek isimleri yerine harflendirme yöntemiyle gösterilmiştir. Ürün ağacında, ana ürün ile beraber 92 adet parça bulunmaktadır. Son derece geniş bir ürün ağacına sahip olan ürün 91 adet alt parçaya sahiptir. Bu 91 adet alt parçadan 47 tanesi dışarıdan satın alınan hammaddeler sınıfına girmektedir. Ürün ağacı 6 seviyeden oluşmaktadır. Ürün ağacı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekil 5.4.'de de görüldüğü üzere ana ürün A harfiyle belirtilmiştir. Diğer alt parçalar ve seviyeleri şekildeki gibidir:



Şekil 5.4. Ürün Ağacı

5.6.1.2. Ana üretim çizelgesi (MPS) hazırlanması

Ana üretim çizelgesi, malzeme ihtiyaç planlamasının temel girdilerinden biridir. Malzeme ihtiyaç planının etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için temel ihtiyaçlarından birisidir. Ana üretim çizelgesinde, işletmenin hangi ürünü üreteceği, bu üründen ne kadar üreteceği ve bu üreteceği miktarı ne zaman üreteceğine ait bilgiler bulunmaktadır. Ana üretim çizelgesi uzun veya kısa vadeli bir şekilde yapılabilir. Ana üretim çizelgesinin, malzeme ihtiyaç planlamasındaki Şekil 5.5.'teki görsel ile daha iyi anlaşılabilir.



Şekil 5.5. Malzeme İhtiyaç Planlaması Girdileri

Bu çalışmada, ürün ağacı oluşturulduktan sonra ana ürüne ait talebin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, talep miktarları oluşturularak düzgün bir biçimde belirli periyotlarda günlere dağıtılmıştır. Plan bir yıllık olarak hazırlanmıştır. Ancak, simülasyon çalışmasında tatil vb. süreler çıkılarak uygulamada ana üretim çizelgesinin ilk 325 günü ele alınmıştır. Burada, savunma sanayindeki bir işletme ele alındığından ötürü, üretilcek ürün sipariş bazlı üretilmekte ve proje tipi imalat sınıfında bir ürün olmasından dolayı uzun vadeli talebi önceden belli olan bir ürün olacağı göz önünde

bulundurulmuştur. Başka bir ifadeyle, tank, kirpi, denizaltı gibi yüksek maliyetli ve termin süresi uzun ürünlerin talepleri önceden bilinmekte olduğundan dolayı talepler deterministik alınmıştır. Gerçek bir üretim planı gibi talepler dengeli bir şekilde aylara dağıtılmıştır. A ürününe ait bir yıllık ana üretim çizelgesine ait örnek, Şekil 5.6.'da gösterildiği gibidir:

Ana Üretim Programı																																
Aylar	OCAK																															
Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
A																						30										

Aylar	ŞUBAT																															
Günler	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60			
A	40											30										20										

Aylar	MART																															
Günler	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	
A						30													40													

Şekil 5.6. Ana Üretim Çizelgesi (MPS)

5.6.1.3. Malzeme kartlarının hazırlanması

Malzeme kartları, ürün, hammadde ya da malzemelere ait ayrı ayrı oluşturulan ve içerisinde ilgili parçalara ait detaylı bilgiler içeren kartlardır. Sistemin detay seviyesine bağlı olarak, istenilen bilgiler kartlarda tutulabilir. Uygulamada, malzeme kartlarında;

- Parça isimleri,
- Parçaların seviye kodları,
- Temin ya da imalat süreleri,
- Mevcut (başlangıç) stok bilgileri,
- Emniyet stoğu bilgileri,
- Üst kompleleri,
- Üst kompledeki adetleri,
- Stok kontrol politikaları,
- Ürün tipi bilgileri (üretiliyor / satın alınıyor)
- Hacim bilgileri
- Elde bulundurma maliyetleri
- Belirsizlikten oluşan maliyetler

gibi bilgiler bulunmaktadır. Malzeme kartlarına ilişkin bir örnek, Şekil 5.7.'de gösterilmiştir:

Parça Adı	Seviye Kodu	Temin / İmalat Süresi (gün)	Mevcut Stok	Emniyet Stoğu	Miktar	Bir Birimdeki Miktar	Stok Kontrol Politikası	Üst Komitesi	Yap/Al
A	0	1	0	0	1	1	LFL	-	YAP
B	1	2	0	0	1	1	LFL	A	YAP
C	1	3	0	0	2	2	LFL	A	YAP
D	1	2	0	0	2	2	LFL	A	YAP
E	1	1	0	0	1	1	LFL	A	YAP
F	1	3	0	0	3	3	LFL	A	YAP
G	2	2	0	0	1	1	LFL	B	YAP
BF	2	1	0	0	3	1	LFL	F	AL
BS	2	2	0	0	6	2	LFL	F	YAP
BT	2	2	0	0	12	4	LFL	F	YAP
J	3	2	0	0	2	2	590	G	AL
P	3	2	0	0	6	3	LFL	H	YAP
Y	3	2	0	0	2	1	LFL	I1	AL
Z	3	2	0	0	2	1	222	I1	AL

Şekil 5.7. Malzeme Kartları Örneği

5.6.1.4. Malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) tablolarının oluşturulması

MRP sistemi, talep tahminleri sonucu ortaya çıkan taleplere ve onaylanan siparişlere göre hazırlanan ana üretim çizelgesi (MPS) ile birlikte çalışan, bu bilgiler ile stok bilgilerini ve ürünle ilgili bilgileri kullanarak imalatı yönlendiren bir sistemdir. MRP, hangi malzemeden ne kadar tedarik edilmesi gerektiğini belirler. Bu sayede, stok kontrolü ve planlamasına da katkıda bulunur. Hangi parçadan ne kadar ve ne zaman sipariş verilmesi gerektiğini belirleyerek, malzeme planlaması yapar ve depoda en az stoğun tutulmasına yardımcı olur.

Uygulamada, ana ürün dâhil 92 adet parçanın tamamı için malzeme ihtiyaç planı tabloları oluşturulmuştur. Microsoft Excel 2013 yardımıyla tüm tablolar birbirine bağlanarak bir otomasyon sağlanmıştır. Bu otomasyon sayesinde, sadece ana ürünün adedini ya da diğer bilgilerini değiştirerek tüm alt parçaların bir yıl boyunca ne zaman verileceği ve ne kadar sipariş edileceği bilgilerine ulaşabilmek mümkün olmaktadır.

Malzeme ihtiyaç planı tablolarının bir kısmı Şekil 5.8.'de gösterilmiştir:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP					
1	Parça Adı	Seriye Kodu	Temin Süresi	Mercut Stok	Emniyet Stoku	Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35						
2	A	0	1	0	0	Brüt İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3						Eldeki Miktar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4						Net İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5						Planlanan Siparişlerin Alımı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6						Planlanan Siparişlerin Verilmesi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Parça Adı					Seriye Kodu	Temin Süresi	Mercut Stok	Emniyet Stoku	Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
8	B	1	2	0	0	Brüt İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
9						Eldeki Miktar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10						Net İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11						Planlanan Siparişlerin Alımı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12						Planlanan Siparişlerin Verilmesi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	Parça Adı					Seriye Kodu	Temin Süresi	Mercut Stok	Emniyet Stoku	Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
14	C	1	3	0	0	Brüt İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15						Eldeki Miktar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16						Net İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17						Planlanan Siparişlerin Alımı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18						Planlanan Siparişlerin Verilmesi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	Parça Adı					Seriye Kodu	Temin Süresi	Mercut Stok	Emniyet Stoku	Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
20	D	1	3	0	0	Brüt İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21						Eldeki Miktar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22						Net İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23						Planlanan Siparişlerin Alımı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24						Planlanan Siparişlerin Verilmesi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	Parça Adı					Seriye Kodu	Temin Süresi	Mercut Stok	Emniyet Stoku	Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
26	E	1	3	0	0	Brüt İhtiyaçlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27						Eldeki Miktar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0</																														

Şekil 5.8. Oluşturulan Malzeme İhtiyaç Planı (MRP) Tabloları

Yukarıdaki şekilde gösterilen malzeme ihtiyaç tablolarının içeriği hakkında bilgi verilecek olursa;

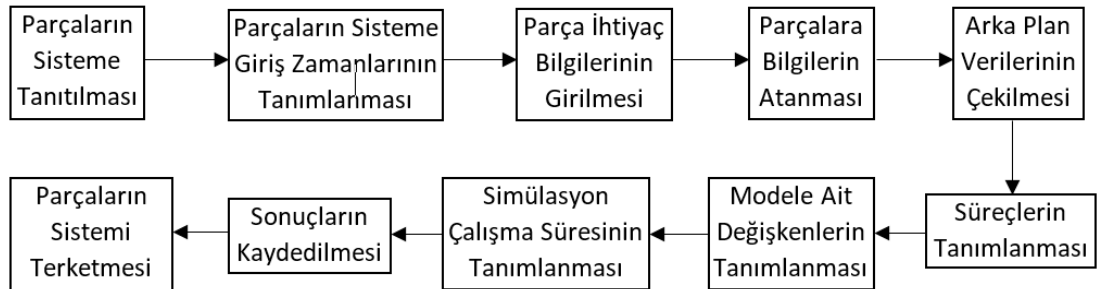
- *Brüt İhtiyaçlar*; ana üretim çizelgesi ve ürün ağacına bağlı olarak her parçadan ne zaman ve ne kadar ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, ana üretim çizelgesinden A ürününün ihtiyaç miktarını ve zamanını alır. Ardından, ürün ağacına bakar ve A'nın tüm alt parçalarına ve onların alt parçalarına ihtiyaç duyulan miktarı ve zamanı belirler. Bunu yaparken de her bir alt parçanın, ürün ağacında kendi üst kompleksinin bir adedindeki miktarı ele alır.
- *Eldeki Miktar*; ilgili periyotta depoda bulunan stok miktarını göstermektedir. Başlangıçta elde stok olması durumunda pozitif bir değerle başlayabilir. Depodaki ürünler herhangi bir sebepten bittiğinde ya da depodan çıkan malzeme emniyet stoğundan harcanırsa negatif de olabilir. Doğal durumunda, işletmeye gelen siparişten, ihtiyaç duyulan miktarın düşülmesi sonucu kalan miktardır.
- *Net İhtiyaçlar*; brüt ihtiyaçlardan depoda bulunan stokların düşülmesi sonucu ortaya çıkan ihtiyaçlardır. Asıl ihtiyaç miktarını bu değer vermektedir. Elde var olan tüm stokları değerlendirerek sonuç verir.
- *Planlanan Siparişlerin Alımı*; Net ihtiyaçların belirlenmesinin ardından ihtiyaçların siparişe çevrilmesi gerekir. Bu aşamada, verilen siparişlerin firmaya ulaştığı an gösterilmektedir.
- *Planlanan Siparişlerin Verilmesi*; Siparişlerin verildiği anı göstermektedir. Planlanan siparişlerin tedarik süresi ya da imalat süresi temel alınarak sipariş

verilirken hesaba katılır ve sipariş ona göre bir tarihte verilir. Örneğin; tedarik süresi 3 gün olan bir malzemenin, ihtiyaç duyulacağı tarihten 3 gün önce sipariş verilmelidir.

Yukarıda verilerin toplanması ve analizinin nasıl gerçekleştirildiği detaylı olarak açıklanmıştır. Tüm bu veri analizleri bir otomasyon sistemi haline getirilmiştir. Yani, malzeme kartında yapılan herhangi bir değişiklik, tüm malzeme ihtiyaç planı tablolarına ve ana üretim çizelgesine yansiyacaktır. Aynı şekilde, ürün ağacı istenildiği şekilde değiştirilebilir. Böylece problem tek bir işletmenin problemine çözüm olmaktan çıkarak pek çok işletmeye uygun hale getirilmiştir.

5.6.2. Modelin kurulması

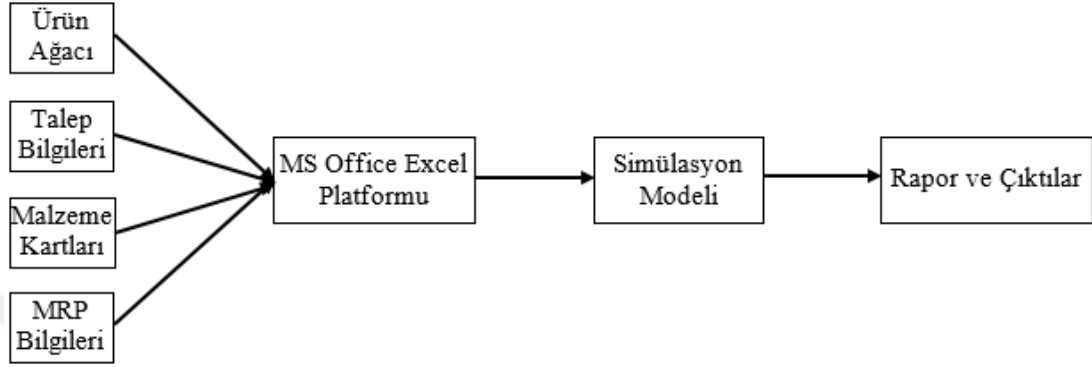
Çalışma kapsamında belirli koşullar altında pek çok farklı senaryo üzerinden hammadde envanter büyüklüğü ve toplam maliyeti belirleyebilmek amacıyla uygun simülasyon modeli kurulmuştur. Modelde her parça bir varlık olarak tanımlanmıştır. Ürün ağacı, ana üretim çizelgesi ve malzeme kartlarından gerekli veriler parçalara atanarak, parçaların sistemde kendilerine özgü bilgileri ile dolaşması ve malzeme ihtiyaç planına göre sisteme girmesi gereken tarihlerde giriş yapması sağlanmıştır. Her bir senaryo için, ilgili senaryonun ihtiyaçlarına göre gerekli sonuçlar elde edilmiştir. Simülasyon modelinin yapısı aşağıdaki Şekil 5.9.'da gösterilmiştir:



Şekil 5.9. Oluşturulan Simülasyon Modelinin Yapısı

Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. İlk aşamada, Microsoft Office Excel platformunda, verilerin toplanması ve analizi kısmında anlatılan bilgilerin derlenip düzenlenerek belirli formül ve makrolar oluşturulmak suretiyle otomatik bir yapının

meydana getirilmesi gerçekleştirilmiştir. Modelin ihtiyaç duyduğu bu bilgiler hazırlandıktan sonra ikinci aşamada, simülasyon platformuna yukarıda görülen model üzerinden aktarılmıştır. Daha sonra ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu akış Şekil 5.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Modelin Kurulmasına Ait Adımlar

5.6.3. Modelde kullanılan varsayımlar

Simülasyon modelinin oluşturulması sırasında, oluşturulan modelin gerçeğe yakın bir model olması arzu edilir. Bu amaç doğrultusunda çalışma yapılırken bazı varsayımlar yapılabilmektedir. Geliştirilen simülasyon modelinde aşağıdaki varsayımlar yapılmaktadır:

- Çalışmada talebin bilindiği varsayılmaktadır. Bunun sebebi, işletmenin ağır savunma sanayi ürünleri üretmesi ve bu nedenle yüksek maliyetli ve teslim tarihi uzun olan bu ürünlere olan talebin uzun dönemli olarak önceden biliniyor olmasıdır.
- 365 günlük planda 40 günlük bir toplam tatil süresi olacağı varsayılmıştır.
- Çalışmada gerçekleştirilen senaryoların tümünde parçalara ait maliyetlerin şartlara göre değişmediği varsayılmaktadır.
- Çalışmada fabrika kaynaklı herhangi bir gecikme vb. gerçekleşmediği varsayılmaktadır.
- Çalışmada tüm parçalar için başlangıç stoğu ve emniyet stoğunun olmadığı varsayılmıştır.

Çalışmada göz önüne alınan ve yukarıda bahsedilen varsayımlar, modelin esnekliği ve adaptif yapısı gereği istenildiğinde değiştirilebilir.

5.6.4. Performans kriterleri

Geliştirilen model üzerinden oluşturulan senaryolarda aşağıdaki performans kriterlerinden yararlanılacaktır:

- Ana Kriterler
 1. Depodaki Miktar
 2. Toplam Maliyet
- Yardımcı Kriterler
 1. Pozitif Minimum Miktar
 2. Büyük Adet
 3. Maksimum Miktar
 4. Boş Adet
 5. Elde Bulundurma Maliyeti
 6. Belirsizlik Maliyeti

Yardımcı kriterlerden;

- *Pozitif minimum miktar*; her bir parçanın bir yıl boyunca depoda bulunduğu sıfırdan büyük en düşük miktarı göstermektedir.
- *Büyük adet*; bir parçanın hammadde depoda bir yıl boyunca kaç gün bulunduğunu gösterir.
- *Maksimum miktar*; bir parçanın bir yıl boyunca depoda en fazla kaç adet olarak bulunduğunu veren kriterdir.
- *Boş adet*; bir parçanın bir yıl içerisinde kaç gün boyunca depoda bulunmadığını gösterir.
- *Elde bulundurma maliyeti*; parçaların depodaki miktarlarından dolayı oluşan elde bulundurma maliyetlerini gösterir.
- *Belirsizlik maliyeti*; bir parçanın herhangi bir sebepten dolayı depoda bulunmaması durumunda, bunun işletmeye oluşturacağı maliyeti verir.

5.7. Senaryolar

Çalışmada yukarıda detaylı bir şekilde anlatılmış olan model üzerinden 4 farklı senaryo oluşturulmuş ve her senaryoda farklı bir inceleme yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında oluşturulan, detaylı şekilde anlatılan ve incelenen senaryolar aşağıdaki gibidir:

- Stok kontrol politikalarının değişkenliğinin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi (Senaryo 1),
- Sabit sipariş miktarı politikasının değişkenliğinin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi (Senaryo 2),
- Talebin değişkenliğinin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi (Senaryo 3),
- Tedarikçi kaynaklı belirsizliklerin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi (Senaryo 4)

5.7.1. Senaryo 1: Stok kontrol politikalarının hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi

Çalışmanın bu bölümünde, yukarıda anlatılan model ile ilgili ilk senaryo uygulanmıştır. Bu senaryonun amacı, işletmenin dış kaynaklı tedarikçilerden edindiği parçaların yani hammaddelerin, farklı stok kontrol politikaları açısından incelenerek sonuçta oluşan hammadde stoğu büyüklüğünün ve oluşan toplam envanter maliyetlerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda, bu senaryo 12 alt senaryoya ayrılmıştır. Senaryolarda, stok kontrol politikası olarak en popüler iki politika olan, ihtiyaç kadar sipariş (Lot for Lot - LFL) ve sabit sipariş miktarı (SSM) ele alınmıştır.

Sabit sipariş miktarı politikası kullanılacak parçaların olduğu senaryolarda kullanılmak üzere her parça için atanacak sabit sipariş miktarları belirlenmiştir. Bu belirleme yapılırken, tüm parçalar ihtiyaç kadar sipariş edildiğinde oluşan yıllık sipariş sayıları üzerinden ortaya çıkan net ihtiyaçlarının ortalaması baz alınmış ve bu değer iki katı kadar bir değer belirlenmiştir.

Alt senaryo oluştururken, verilerin toplanması sırasında hazırlanan ana üretim çizelgesi ve ürün ağacı üzerinden, dışarıdan satın alınan malzemelerin belirli bir oranının sabit sipariş miktarı şeklinde tedarik edileceği düşünülmüştür. Ürün ağacının hazırlanması bölümünde bahsedildiği üzere, nihai ürün olan A ürünü, 91 alt parçadan oluşmaktadır. 91 parçadan 47 tanesi dışarıdan tedarik edilmektedir. Oluşturulan alt senaryolar ve bilgileri Tablo 5.1.'deki gibidir:

Tablo 5.1. Senaryo 1'e Ait Alt Senaryolar

Senaryolar	SSM Oranı	LFL Oranı
Alt Senaryo 1	0%	100%
Alt Senaryo 2	5%	95%
Alt Senaryo 3	10%	90%
Alt Senaryo 4	20%	80%
Alt Senaryo 5	30%	70%
Alt Senaryo 6	40%	60%
Alt Senaryo 7	50%	50%
Alt Senaryo 8	60%	40%
Alt Senaryo 9	70%	30%
Alt Senaryo 10	80%	20%
Alt Senaryo 11	90%	10%
Alt Senaryo 12	100%	0%

- *Alt senaryo 1*; dışarıdan tedarik edilen parçaların tamamının ihtiyaç kadar sipariş politikasına göre alındığı dolayısıyla 47 parçadan hiçbirinde sabit sipariş miktarı politikasının kullanılmadığı senaryodur.
- *Alt senaryo 2*; satın alınan hammaddelerin %5'i için sabit sipariş miktarı politikasının, diğer hammaddeler için ise ihtiyaç kadar sipariş politikasının kullanıldığı senaryodur. Bu değer, 47 parçanın %5'i olan 2 parçanın sabit sipariş miktarı politikası ile incelenmesi anlamına gelmektedir.
- *Alt senaryo 3*'te ise 47 parçanın %10'u SSM, kalanı ise LFL politikası ile incelenmiştir.
- *Alt senaryo 4*; hammaddelerin %20'sinin sabit sipariş miktarı politikası ile incelendiği senaryodur.
- *Alt senaryo 5*; hammaddelerin %70'inin ihtiyaç kadar sipariş politikasının kullanılarak incelendiği senaryodur. Bu oran 14 parçanın sabit sipariş miktarı ile takip edileceğini gösterir.

- *Alt senaryo 6* ise, dışarıdan gelen 47 adet hammaddenin %40'ının SSM politikası ile, %60'ının ise LFL politikası ile takip edildiği senaryodur.
- *Alt senaryo 7*; sabit sipariş miktarı ile ihtiyaç kadar sipariş politikalarının oranlarının eşit olduğu senaryodur.
- *Alt senaryo 8*; 47 parçadan %40'ının LFL politikası ile incelendiği senaryodur. Bu orana göre, 19 parça ihtiyaç kadar sipariş politikası ile takip edilmektedir.
- *Alt senaryo 9*'da ise; SSM olarak izlenecek parça sayısı 33 iken, LFL olarak takip edilecek parça sayısı 14 tür.
- *Alt senaryo 10*; %80 sabit sipariş miktarı oranına sahip olan senaryodur. Bu orana göre parçaların 38 tanesi SSM ile incelenecektir.
- *Alt senaryo 11*'de 47 adet hammaddenin %10'u LFL politikasıdır.
- *Alt senaryo 12*; satın alınan hammaddelerin tamamının sabit sipariş miktarı politikasına sahip olduğu senaryodur ve bu senaryodaki son alt senaryodur. Parçaların sabit sipariş miktarları birbirlerinden farklıdır ve yukarıda anlatıldığı şekilde belirlenmiştir.

Alt senaryo 1 (%100 LFL) ve Alt Senaryo 12 (%100 SSM) dışındaki senaryoların tamamında belirli sayıda parça için stok kontrol politikası değişim göstermektedir. Stok politikası değişecek parçalar rastgele bir biçimde belirlenmiştir. Bu nedenle, simülasyon sonuçlarının daha sağlıklı olabilmesi adına, bahsi geçen iki senaryo dışında kalan 10 adet alt senaryonun tamamında 10'ar kez farklı parçaların politikaları değiştirilerek alt senaryo tekrarlanmıştır. Bu şekilde, her alt senaryodan 10 deney olmak üzere toplam 102 deney gerçekleştirilmiştir. Alt Senaryo 1 ve Alt Senaryo 12'de herhangi bir rassallık olmadığı için tekrar deney yapmaya gerek görülmemiştir.

5.7.1.1. Senaryo 1'e ait sonuçlar

Senaryo 1'de stok kontrol politikalarının hammadde envanter büyüklüğüne ve toplam maliyete etkileri incelenmiştir. Tedarik edilen ve hammadde kategorisine giren 47 parça için sonuçlar hazırlanmıştır. Sonuç tabloları hazırlanırken, her senaryo için oluşturulan alt senaryolara ait gerçekleştirilen 10 deneyin ortalamaları baz alınmıştır.

Tablo 5.2. Bazı Parçalar İçin Depodaki Minimum ve Maksimum Miktarlar

Parçalar	Ort. Poz. Min. Mik.		Ort. Max. Mik.	
	%5 SSM - %95 LFL	%100 SSM - %0 LFL	%5 SSM - %95 LFL	%100 SSM - %0 LFL
AJ	2	20	58	580
AE	8	80	188	1880
BN	2	16	46	464
CO	1	8	206	2064
CH	1	6	92	918
CL	1	10	69	690

Tablo 5.2.'de, sadece ilgili parçalar değiştirildiğinde o parçalara ait depodaki minimum ve maksimum miktar ile tüm parçalar SSM ile tedarik edildiğinde aynı parçaların depodaki miktarları gösterilmektedir. Bu tablo, tedarik politikasındaki değişikliğin ihtiyaç duyulan depo kapasitesine olan etkisini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Neredeyse, bahsi geçen 6 parça için de minimum ve maksimum miktarlarda 10 kata yakın bir artış görülmüştür. Öyleyse, işletmeler bu ve benzeri politika değişikliklerini yaparken dikkatli olmalı ve doğru bir analiz sonucunda yapılan plan çerçevesinde hareket etmelidirler. Çünkü seçilecek politikanın parçalar için depodaki miktarlarda yapacağı ciddi artışlar gereksiz kaynak kullanımına, maddi zarara ve parçaların istifleneceği bir bölgenin bulunamaması dolayısıyla işletme içi yığılmalara sebebiyet verebilir. Ayrıca, yukarıdaki sonuçlar her parça için o parça özelinde depoda ne kadarlık bir yer oluşturulması ya da ayrılması gerektiğine dair bilgiler de içermektedir. Örneğin, AJ parçası için depoda bir yıl boyunca en fazla 580 adet yığılacağı için bu parçaya daha fazla bir miktar için yer ayırmak pek akılcı olmayacaktır.

Tablo 5.3. Senaryo 1'in Alt Senaryolarına Ait Depodaki Ortalama Parça Adedi

	Ort. Poz. Min. Mik.	Artış Yüzdesi	Ort. Max. Mik.	Artış Yüzdesi
%0 SSM - %100 LFL	0	-	0	-
%5 SSM - %95 LFL	70	-	2.314	-
%10 SSM - %90 LFL	116	67%	5.720	147%
%20 SSM - %80 LFL	263	126%	8.830	54%
%30 SSM - %70 LFL	383	46%	14.139	60%
%40 SSM - %60 LFL	442	15%	18.111	28%
%50 SSM - %50 LFL	563	27%	22.447	24%
%60 SSM - %40 LFL	690	23%	26.082	16%
%70 SSM - %30 LFL	850	23%	32.060	23%
%80 SSM - %20 LFL	934	10%	35.199	10%
%90 SSM - %10 LFL	1.078	15%	40.645	15%
%100 SSM - %0 LFL	1.234	14%	45.796	13%

Tablo 5.3.'te, Senaryo 1'e ait alt senaryoların tamamında gerçekleştirilen deneylerin ortalaması alınarak oluşturulan ve her parçanın kendi maksimum ve minimum miktarlarının birleştirilmesi sonucunda elde edilen miktarlar ve artış yüzdeleri gösterilmiştir. Sabit sipariş miktarı politikasına sahip parça sayısı 47 parçanın % 5'i seviyesinden %10'a çıkarıldığında, böylesi bir politika değişiminin parçaların minimum miktarlarının toplamında % 67'lik bir artışa, bu oran %10'dan %20'ye çıktığında ise % 126'lık bir artışa neden olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, parçaların maksimum miktarlarının toplamının ise % 5'lik politikaya göre tam % 147 arttığı görülmektedir. Dolayısıyla, politikada yapılacak küçük bir değişikliğin etkisi beklenenden daha büyük olacaktır. Böylesi bir çalışma yapılmadan böyle bir karar verilmesi, işletmeyi geri dönüşü olmayan problemlerle karşılaştırabilir.

Tablo 5.4. Senaryo Bazlı Toplam Depo Kapasitesi Miktarları

Senaryolar	Maksimum Depo Kapasitesi	Artış Yüzdesi
%0 SSM - %100 LFL	0	-
%5 SSM - %95 LFL	2.301	-
%10 SSM - %90 LFL	5.601	%143
%20 SSM - %80 LFL	8.630	%54
%30 SSM - %70 LFL	13.815	%60
%40 SSM - %60 LFL	17.756	%29
%50 SSM - %50 LFL	21.961	%24
%60 SSM - %40 LFL	25.537	%16
%70 SSM - %30 LFL	31.347	%23
%80 SSM - %20 LFL	34.406	%10
%90 SSM - %10 LFL	39.747	%16
%100 SSM - %0 LFL	44.778	%13

Tablo 5.4.'te, Senaryo 1'in alt senaryoları olan 12 adet senaryoya ait toplam depo kapasitesi gösterilmektedir. Bu tablo oluşturulurken her alt senaryo dâhilinde gerçekleştirilen 10 deneyin sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Bu tablonun Tablo 5.3.'ten farkı, parçaların tek tek ele alınıp maksimum miktarlarının değil, tüm deponun maksimum kapasitesinin ortalamasının alınmış olmasıdır. Sonuçlar incelendiğinde, ortalama olarak SSM oranının değişimi ile birlikte depo kapasitesinin arttığı görülmektedir. Bu sonucun oluşmasında, hammaddelerin sabit sipariş miktarı ile incelenenlerinin sayısının artmasının bir siparişte ilgili parçadan daha çok sayıda gelmesine neden olması ve dolayısıyla depodaki toplam miktarın diğerlerine göre artması etkili olmuştur.

İşletme yönetimi, kendisi için uygun olan sabit sipariş miktarını belirleyerek ilgili depo kapasitesi değerine göre hareket etme özgürlüğüne sahiptir. Ancak, tüm parçalar sabit sipariş miktarı politikası ile tedarik edilirse işletmenin kuracağı deponun 44778 adet parçayı içerisine alabilecek büyüklüğe sahip olması gerekecektir.

Tablodaki artış yüzdeleri incelendiğinde ise, ilk baştaki politikada yapılacak ufak değişikliklerin toplam depo kapasitesinde %143'e varan bir artışa sebebiyet verirken, sonraki artışların (yani SSM'ye sahip parça sayısındaki artışların) yüzdeyi daha küçük oranlarla arttırdığı sonucuna ulaşılmaktadır. Dolayısıyla, başlangıçta LFL politikası ile işe başlayan bir işletmenin, herhangi bir sebepten dolayı alacağı ani ya da planlı bir politika değişim kararı, ilk etapta ihtiyaç duyulacak depo kapasitesini son derece ciddi bir ölçüde etkileyecektir. Bir anda içerdiği parça sayısı iki katına yakın artış gösteren bir depoda alan yetmezliği gibi bir sorunla karşılaşılması olasılığı yüksek olacaktır. Ancak daha sonraki artışlar bu denli etki oluşturmayacaktır. Yani, SSM'ye sahip parça sayısının %80'den %90'a çıkışının etkisi ile %5'ten %10'a çıkışının etkisinin bir olmadığı görülmektedir.

%10'dan sonra artış yüzdesinde eskiye nazaran bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu artış oranlarının azalması, işletmenin başlangıçtaki artışa katlanabilirliği ışığında, depo yatırımlarına ayıracağı paranın uzun dönemde LFL'den kaynaklı yüksek sipariş maliyetlerini azaltmak için göze alınabilecek oranda olduğunu göstermektedir.

Yukarıda anlatılan sonuçlar, bu çalışmaya konu olan işletme nezdinde tüm işletmelerin böyle bir karar alırken göz önünde bulundurmaları gereken etkilerdir. SSM, her ne kadar sipariş maliyetlerinde bir düşüşe sebebiyet verse de ihtiyaç duyulacak depo büyüklüğü açısından işletmeleri zorlayabilir. Hal böyleyken, işletmeler böyle bir politika değişikliği kararında sipariş maliyeti ile oluşacak deponun yatırım maliyetlerini de göz önüne almalı, yapılacak olan kıyaslama sonucunda depo yatırım maliyeti daha büyük olacak ise bu kararı alırken bir kez daha düşünmelidirler.

Deponun kapasitesi ile ilgili yukarıda değinilen parça ve genel depo bazındaki sonuçların yanı sıra, çalışmada her senaryo için toplam maliyet ile ilgili sonuçlara da

yer verilmiştir. Tablo 5.5.'te, Senaryo 1'e ait alt senaryoların tümünün simülasyon modelinde çalıştırılmasının ardından, bir yıl için deponun ortalama sipariş maliyeti (OSM), ortalama elde bulundurma maliyeti (OEBM) ve toplam maliyeti bilgileri ile maliyetlerin toplam maliyet içerisindeki yüzdeleri gösterilmiştir:

Tablo 5.5. Senaryo Bazlı Maliyet Tablosu

			Yüzde
%0 SSM - %100 LFL	OSM	2.860.000	100
	OEBM	0	0
	Toplam	2.860.000	
%5 SSM - %95 LFL	OSM	2.803.650	74,3
	OEBM	972.279	25,7
	Toplam	3.775.929	
%10 SSM - %90 LFL	OSM	2.705.000	50,3
	OEBM	2.677.603	49,7
	Toplam	5.382.603	
%20 SSM - %80 LFL	OSM	2.603.400	37,8
	OEBM	4.280.392	62,2
	Toplam	6.883.792	
%30 SSM - %70 LFL	OSM	2.444.150	25,5
	OEBM	7.129.031	74,5
	Toplam	9.573.181	
%40 SSM - %60 LFL	OSM	2.314.700	20,5
	OEBM	8.967.408	79,5
	Toplam	11.282.108	
%50 SSM - %50 LFL	OSM	2.137.800	15,9
	OEBM	11.347.612	84,1
	Toplam	13.485.412	
%60 SSM - %40 LFL	OSM	2.043.100	13,7
	OEBM	12.898.824	86,3
	Toplam	14.941.924	
%70 SSM - %30 LFL	OSM	1.906.150	10,7
	OEBM	15.977.835	89,3
	Toplam	17.883.985	
%80 SSM - %20 LFL	OSM	1.732.450	9,0
	OEBM	17.470.186	91,0
	Toplam	19.202.636	
%90 SSM - %10 LFL	OSM	1.618.600	7,4
	OEBM	20.174.616	92,6
	Toplam	21.793.216	
%100 SSM - %0 LFL	OSM	1.476.500	6,1
	OEBM	22.638.008	93,9
	Toplam	24.114.508	

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü üzere, SSM oranının giderek artması, ortalama sipariş maliyetlerinde azalmaya sebebiyet verirken, ortalama elde bulundurma maliyetlerinde ise ciddi bir artışa neden olmaktadır. Burada dikkati çeken bir nokta ise, başlangıçta tüm parçaların ihtiyaç kadar sipariş edildiği politikadan vazgeçilip, sadece

2 parça için (%5 SSM) sabit sipariş miktarı politikasının benimsenmesi bile, işletmeye yaklaşık 1 milyon TL'lik bir elde bulundurma maliyeti oluşturmaktadır. Bu sebeple, bu çalışmadaki gibi bir sistemde, ürün ağacındaki parçaların analizi iyi yapılmalı, seri üretime geçilmesinin ilk adımında LFL ile başlayıp daha sonra keskin bir şekilde ya da kademeli olarak SSM'ye geçilme hedefleniyor ise, önceden depo yatırım maliyetine gerekli finansman sağlanmalıdır.

Tablo 5.6. Senaryo Bazlı Toplam Maliyetler ve Artış Yüzdeleri

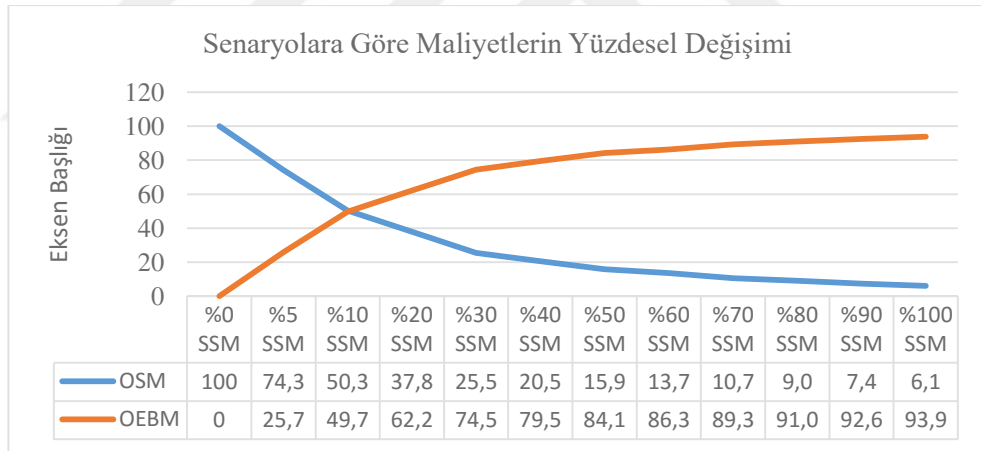
Senaryolar	Toplam Maliyet	Artış Yüzdesi
%0 SSM - %100 LFL	2.860.000	-
%5 SSM - %95 LFL	3.775.929	%32
%10 SSM - %90 LFL	5.382.603	%43
%20 SSM - %80 LFL	6.883.792	%28
%30 SSM - %70 LFL	9.573.181	%39
%40 SSM - %60 LFL	11.282.108	%18
%50 SSM - %50 LFL	13.485.412	%20
%60 SSM - %40 LFL	14.941.924	%11
%70 SSM - %30 LFL	17.883.985	%20
%80 SSM - %20 LFL	19.202.636	%7
%90 SSM - %10 LFL	21.793.216	%13
%100 SSM - %0 LFL	24.114.508	%11

Tablo 5.6.'da, Senaryo 1 dâhilindeki alt senaryoların, işletmeye oluşturacağı toplam maliyet (sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyeti) değerleri ve artış yüzdeleri gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, sadece 2 parçayı (%5 SSM) belirli bir parti büyüklüğü ile sipariş etmenin sonucunda işletmenin karşılaştacağı toplam maliyet, tüm parçaların ihtiyaç kadar sipariş verilmesine kıyasla %32 oranında bir artış göstermiştir. İşletme, tüm parçaları ihtiyacı kadar sipariş verebiliyor iken, böyle bir değişiklik tedarikçiden kaynaklı gerçekleşmiş olabilir. O halde, tedarikçinin değiştirilmesi kararı bile daha kârlı bir sonuç verecektir. Şüphesiz ki, bu ve buna benzer kararların ne derecede akılcı olduğunu görebilmek için bu denli kapsamlı bir çalışma gerekecektir. Aksi hâlde, aslında maliyeti %32 gibi ciddi bir oranda artıran bir değişikliğin önemsenmemesi gibi bir durumla karşı karşıya kalınacak, sadece 2 parça için politika değişiyor diye düşünülürken daha ciddi sorunlar ile muhatap olunacaktır. Dolayısıyla, çalışmanın önemi ve etkisi ortaya konulmuş olmaktadır.

Görülmektedir ki, artış oranı, bazı durumlarda daha düşük olmaktadır ancak, maliyetlerin ortalama %22'lik bir artış yüzdesi bulunmaktadır. Bundan dolayı,

başlangıçta işletme için tedarikçi ile bazı problemlere sebebiyet vermesi, daha düşük kalitede parçalar gelmesi gibi sorunlara neden olsa bile, işletme politika değişiminden doğacak maliyeti karşılayabilecek bir bütçeye sahip değilse, böyle bir değişim kararı alınmamalıdır. Ayrıca, bu karar ile depodaki miktarın artış göstereceği ve belki de depo kiralama ya da yeni bir depo açılması gibi farklı bir yatırım maliyetinin de oluşacağı unutulmamalıdır.

Yukarıdaki tablonun işletme yönetimi için karar aşamasında yardımcı olması düşünülmektedir. İşletme hangi durumda ne kadarlık bir maliyete katlanması gerektiğini bu tablo yardımıyla kararlaştırabilecektir. Ayrıca, işletmenin düşündüğü ve razı olduğu bir maliyet var ise ilgili senaryoyu kendi politikası olarak da belirlemesi mümkündür. Nitekim bazı senaryolarda sipariş maliyetleri çok iken elde bulundurma maliyeti düşüktür ancak, bazı senaryolarda da durum tam tersidir. Maliyetlerin yüzdesel olarak değişimi Şekil 5.11.'de gösterilmiştir.



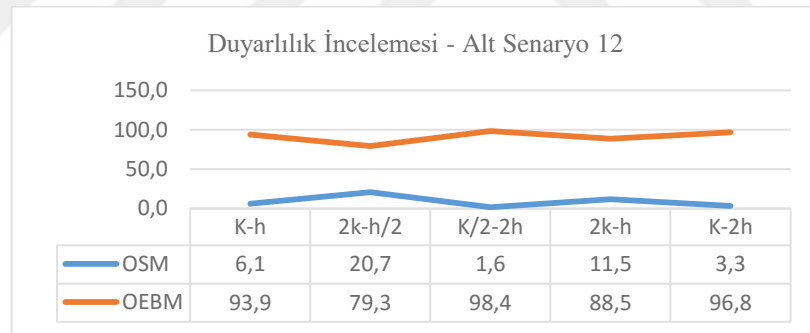
Şekil 5.11. Maliyetlerin Senaryolara Göre Değişimi

Maliyetlerin yüzdesel olarak değişimini gösteren Şekil 5.11.'de görüleceği üzere, SSM tarafına %5'lik bir politika değişikliği kayması, ortalama elde bulundurma maliyetinin toplam maliyet içerisindeki payını %25 artırmaktadır. Benzer şekilde, bu oran %50 SSM politikasında %85 seviyesine yaklaşmaktadır. %50 SSM'den tüm parçaların sabit sipariş miktarı ile tedarik edildiği %100 SSM politikasına ilerleyişte ise, değişim hızının azaldığı görülmektedir. Dolayısıyla, sabit sipariş miktarı politikası ile tedarik edilen parça sayısının artışının ilk zamanlarda işletmeler için büyük bir maliyet

oluşturacağı açıktır. Politikadaki bu tür yavaş yavaş artırılma kararı, elde bulundurma maliyetinin içerisinde bulunan yıpranma, bozulma gibi iç kavramları tetiklemiş olabilir. O halde, bu durumdaki elde bulundurma maliyetinin içeriğinin iyi analiz edilmesi, birkaç ay önceden birim elde bulundurma maliyetlerinin düşürülmeye çalışılması yönünde hamleler yapılması ve daha sonra politika değişikliğine gidilmesi daha uygun olacaktır. Aksi halde, işletme maddi krizlerle karşılaşabilir.

5.7.1.2. Senaryo 1 – Duyarlılık incelemesi

Yukarıda değinilen sonuçlarda sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyetleri değişmemektedir. Bu kısımda ise sipariş maliyetleri ve elde bulundurma maliyetleri değiştirilerek senaryonun duyarlılığı incelenmiştir. Başka bir ifadeyle, duyarlılık analizleri ile değişen ortam ve şartlar sonucunda farklılıklar gösterecek olan maliyetlerin, işletmenin karşılaşacağı maliyetlere olan etkisi incelenmektedir. Maliyetlerin yüzdesel olarak değişimi örnek bir grafik ile Şekil 5.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Alt Senaryo 12 İçin Maliyetlerin Duyarlılığı

Tablo 5.7.'de Senaryo 1'e ait duyarlılık analizi sonuçları gösterilmiştir. Tablodaki K ifadesi, sipariş maliyetini ve h ise elde bulundurma maliyetini göstermektedir. Senaryo 1, başlangıçta K-h, yani önceden belirlenen maliyetler değişmeden ele alınmıştır. Daha sonra sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyeti değiştirilerek toplam maliyetin değişimi incelenmiştir. Örneğin, sipariş maliyeti 2 katına çıkarılırken, elde bulundurma maliyeti yarı yarıya azaltılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

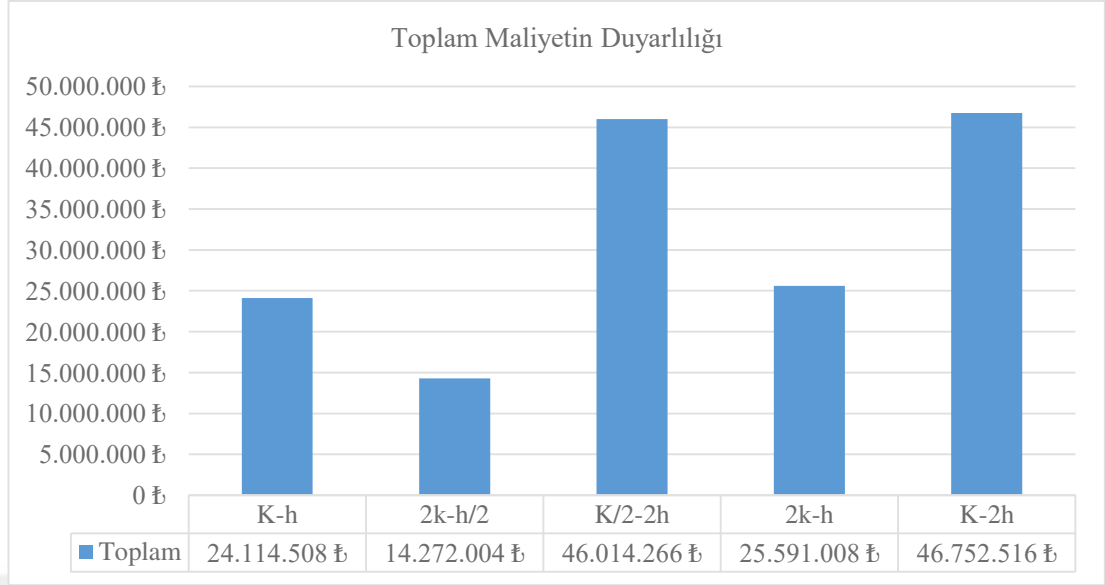
Tablo 5.7. Senaryo 1 - Duyarlılık

	Toplam	K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h	
	K	1		2		0,5		2		1	
	h	1	Yüzde	0,5	Yüzde	2	Yüzde	1	Yüzde	2	Yüzde
%0 SSM - %100 LFL	OSM	2.860.000	100	5.720.000	100	1.430.000	100	5.720.000	100	2.860.000	100
	OEBM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Toplam	2.860.000		5.720.000		1.430.000		5.720.000		2.860.000	
%5 SSM - %95 LFL	OSM	2.803.650	74,3	5.607.300	92,0	1.401.825	41,9	5.607.300	85,2	2.803.650	59,0
	OEBM	972.279	25,7	486.140	8,0	1.944.558	58,1	972.279	14,8	1.944.558	41,0
	Toplam	3.775.929		6.093.440		3.346.383		6.579.579		4.748.208	
%10 SSM - %90 LFL	OSM	2.705.000	50,3	5.410.000	80,2	1.352.500	20,2	5.410.000	66,9	2.705.000	33,6
	OEBM	2.677.603	49,7	1.338.801	19,8	5.355.205	79,8	2.677.603	33,1	5.355.205	66,4
	Toplam	5.382.603		6.748.801		6.707.705		8.087.603		8.060.205	
%20 SSM - %80 LFL	OSM	2.603.400	37,8	5.206.800	70,9	1.301.700	13,2	5.206.800	54,9	2.603.400	23,3
	OEBM	4.280.392	62,2	2.140.196	29,1	8.560.783	86,8	4.280.392	45,1	8.560.783	76,7
	Toplam	6.883.792		7.346.996		9.862.483		9.487.192		11.164.183	
%30 SSM - %70 LFL	OSM	2.444.150	25,5	4.888.300	57,8	1.222.075	7,9	4.888.300	40,7	2.444.150	14,6
	OEBM	7.129.031	74,5	3.564.515	42,2	14.258.061	92,1	7.129.031	59,3	14.258.061	85,4
	Toplam	9.573.181		8.452.815		15.480.136		12.017.331		16.702.211	
%40 SSM - %60 LFL	OSM	2.314.700	20,5	4.629.400	50,8	1.157.350	6,1	4.629.400	34,0	2.314.700	11,4
	OEBM	8.967.408	79,5	4.483.704	49,2	17.934.817	93,9	8.967.408	66,0	17.934.817	88,6
	Toplam	11.282.108		9.113.104		19.092.167		13.596.808		20.249.517	
%50 SSM - %50 LFL	OSM	2.137.800	15,9	4.275.600	43,0	1.068.900	4,5	4.275.600	27,4	2.137.800	8,6
	OEBM	11.347.612	84,1	5.673.806	57,0	22.695.224	95,5	11.347.612	72,6	22.695.224	91,4
	Toplam	13.485.412		9.949.406		23.764.124		15.623.212		24.833.024	
%60 SSM - %40 LFL	OSM	2.043.100	13,7	4.086.200	38,8	1.021.550	3,8	4.086.200	24,1	2.043.100	7,3
	OEBM	12.898.824	86,3	6.449.412	61,2	25.797.648	96,2	12.898.824	75,9	25.797.648	92,7
	Toplam	14.941.924		10.535.612		26.819.198		16.985.024		27.840.748	
%70 SSM - %30 LFL	OSM	1.906.150	10,7	3.812.300	32,3	953.075	2,9	3.812.300	19,3	1.906.150	5,6
	OEBM	15.977.835	89,3	7.988.918	67,7	31.955.671	97,1	15.977.835	80,7	31.955.671	94,4
	Toplam	17.883.985		11.801.218		32.908.746		19.790.135		33.861.821	
%80 SSM - %20 LFL	OSM	1.732.450	9,0	3.464.900	28,4	866.225	2,4	3.464.900	16,6	1.732.450	4,7
	OEBM	17.470.186	91,0	8.735.093	71,6	34.940.372	97,6	17.470.186	83,4	34.940.372	95,3
	Toplam	19.202.636		12.199.993		35.806.597		20.935.086		36.672.822	
%90 SSM - %10 LFL	OSM	1.618.600	7,4	3.237.200	24,3	809.300	2,0	3.237.200	13,8	1.618.600	3,9
	OEBM	20.174.616	92,6	10.087.308	75,7	40.349.233	98,0	20.174.616	86,2	40.349.233	96,1
	Toplam	21.793.216		13.324.508		41.158.533		23.411.816		41.967.833	
%100 SSM - %0 LFL	OSM	1.476.500	6,1	2.953.000	20,7	738.250	1,6	2.953.000	11,5	1.476.500	3,3
	OEBM	22.638.008	93,9	11.319.004	79,3	45.276.016	98,4	22.638.008	88,5	45.276.016	96,8
	Toplam	24.114.508		14.272.004		46.014.266		25.591.008		46.752.516	

Duyarlılık incelemesine ait sonuçlara bakıldığında görülecektir ki, sipariş maliyeti 2 kat arttığında toplam maliyet 2 kat artmamıştır. Burada büyük etkiyi yaratan elde bulundurma maliyeti olmuştur. Hali hazırda sipariş maliyeti, elde bulundurma maliyetinin neredeyse 20’de 1’i kadardır. Dolayısıyla, EBM’yi artıran faktörler üzerine yoğunlaşılması daha uygun olacaktır.

Çalışmada kullanılan ürün ve alt parçaları için, farklı sipariş ve elde bulundurma maliyetleri değerleri seçilmesi durumunda sipariş maliyetindeki 2 kata kadar gerçekleşen artışlar her ne kadar büyük gibi gözükse de toplam maliyete bakıldığında önemli bir artış görülmemektedir. Bu nedenle, sipariş maliyetine etki etmesine rağmen başka artıları olan faktörlerin tercih edilebilir olacağı söylenebilir. Örneğin, bir parçayı daha güvenli bir şekilde işletmeye ulaştırabilmek için katlanılacak ekstra sipariş maliyetinin toplam maliyete etkisinin düşüklüğü sebebiyle tercih etmek gerektiği takdirde mantıklı olabilir.

Duyarlılık sonuçlarının çıkarımlarından biri de, elde bulundurma maliyetindeki 2 kata kadar olan artışların toplam maliyette %90’a yakın bir artışa sebebiyet vermesidir. O halde, elde bulundurma maliyetinin önemi büyüktür ve etkileyen alt faktörlerin detaylı analiz edilmesi ve EBM’nin düzgün hesaplanması önem taşımaktadır. Ayrıca, EBM içerisinde bulunan sermayenin fırsat maliyeti değeri açısından incelendiğinde, eğer ekonomi yüksek miktarlarda değişkenlik içeriyorsa bu artışın etkisi daha büyük olacaktır. Dolayısıyla, ekonomi yakından takip edilerek envantere yatırılacak paranın başka alanlarda değerlendirilmesi gündeme gelebilir. Benzer şekilde, stok politikasını LFL’ye doğru değiştirmek elde bulundurma maliyetlerinin azalmasına neden olacağı için, bu yönde bir hamle de gerçekleştirilerek ekonomide yaşanacak kötüye gidişin dengesi sağlanabilir.



Şekil 5.13. Toplam Maliyetin Değişimi

Şekil 5.13.'te, incelenen durumlar altında toplam maliyetin değişimi irdelenmiştir. Buna göre, sipariş maliyetine oranla elde bulundurma maliyetinin toplam maliyet üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılabılır. Aynı sipariş maliyetinde iken elde bulundurma maliyeti 2 kat artırıldığında toplam maliyet de iki kata yakın artmaktadır. Bu bilgilerin tamamı işletme yönetimine karar vermede yardımcı olabilmek ve fikir verebilmek için son derece faydalı bilgilerdir.

5.7.2. Senaryo 2: Sabit sipariş miktarı politikasının değişkenliğinin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi

Ana senaryoların ikincisi olan bu senaryoda, dışarıdan tedarik yoluyla işletmeye ulaşan 47 adet hammadde için farklı sabit sipariş miktarı değerleri denenerek sonuçları incelenmiştir. Senaryo 1'de sabit sipariş miktarı atanacak parçalar ve bu parçaların sayısı değişmekte olmasına karşın, bir parça sabit sipariş miktarı ile incelenecek ise ilgili parçanın sabit sipariş miktarı daha önceden belirlenmiş ve sabitti. Ancak bu senaryoda, tüm parçalar sabit sipariş miktarı politikasıyla incelenirken, her parçanın sabit sipariş miktarı değerleri belirli oranlarda değiştirilmiştir. Bu değişimlerin, depodaki stok miktarına ve toplam maliyete etkisi incelenmiştir.

Bu inceleme sırasında, Senaryo 1'in öncesinde her parça için ayrı ayrı belirlenen net ihtiyaç ortalaması değerleri ile bu değerlerin %20, %40, %60, %80 ve son olarak %100 artırılması sonucunda oluşan değerler sabit sipariş miktarı değerleri olarak ele alınmıştır. Bu durum Tablo 5.8.'de gösterilmiştir:

Tablo 5.8. Senaryo 2'ye Ait Alt Senaryolar

Senaryolar	SSM Değeri
Alt Senaryo 1	x1
Alt Senaryo 2	x1.2
Alt Senaryo 3	x1.4
Alt Senaryo 4	x1.6
Alt Senaryo 5	x1.8
Alt Senaryo 6	x2

Yukarıdaki tabloda, “x1” değeri daha önceden hesaplanan net ihtiyaç ortalaması değerini verirken, “x1.2” değeri bu değer %20 artırılmış hâlini göstermektedir.

Bu senaryoda yukarıda anlatılanlara ek olarak, her parça için ayrı ayrı literatürde var olan “Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM)” formül ve tekniği yardımıyla bir ESM değeri belirlenmiştir. Ekonomik sipariş miktarı aşağıdaki formül yardımıyla (Denklem 5.1) bulunmaktadır.

$$ESM = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (5.1)$$

Burada,

K = sabit sipariş ve hazırlık maliyeti

D = talep miktarı

h = elde bulundurma maliyeti

olmaktadır.

Sipariş ve hazırlık maliyeti sabit bir değerdir ve her parça için eşit olarak alınmıştır. Talep miktarı olarak her parça için ayrı ayrı, “verilerin toplanması” kısmında anlatıldığı gibi düzgün dağıtılmış olan yıllık ihtiyaç toplamaları alınmıştır. Elde bulundurma maliyeti bilgileri verilerin toplanması kısmında bahsedilen ve parçalar

için birbirinden farklı olan elde bulundurma maliyetleri alınmıştır. Bu işlem sonucunda her parça için ESM miktarları belirlenmiştir. Ardından, belirlenen ESM değerleri için simülasyon tekrar çalıştırılarak sonuçları tabloda gösterilen ve bu senaryoda gerçekleştirilen alt deneylerin her biri ile karşılaştırılmıştır.

5.7.2.1. Senaryo 2'ye ait sonuçlar

Senaryo 2'de sabit sipariş miktarındaki değişimin etkileri incelenmiştir. Tüm parçalar için sabit sipariş miktarı ele alınarak ve bu sabit sipariş miktarları değiştirilerek simülasyon çalıştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ana performans kriterleri olan parça bazlı depo miktarları ve toplam depo miktarı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, toplam maliyetler de gösterilmiştir ve duyarlılık analizi yapılarak maliyetlerin değişimi incelenmiştir.

Tüm parçaların ilgili şartlarda bir yıl boyunca depodaki maksimum ve minimum miktarların sonuçları hesaplanmıştır. Bazı örnek parçalar için sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 5.9. CM Parçasına Ait Depodaki Miktarlar

	Parçalar	CM
x1	Pozitif Minimum	4
	Maksimum Miktar	232
x1.2	Pozitif Minimum	1
	Maksimum Miktar	282
x1.4	Pozitif Minimum	10
	Maksimum Miktar	320
x1.6	Pozitif Minimum	12
	Maksimum Miktar	366
x1.8	Pozitif Minimum	10
	Maksimum Miktar	415
x2	Pozitif Minimum	24
	Maksimum Miktar	464
Sim 2.1 (ESM)	Pozitif Minimum	10
	Maksimum Miktar	240

Yukarıdaki Tablo 5.9.'da, CM parçasına ait depo miktarları gösterilmektedir. Sabit sipariş miktarı olarak ekonomik sipariş miktarı değeri alındığında (Sim 2.1), CM parçası için depodaki bir yıllık minimum değer 10 olurken, maksimum değer ise 240 olmaktadır. Benzer şekilde, başlangıçtaki sabit sipariş miktarı değeri alındığında ise minimum miktar 4, maksimum miktar ise 232 adet olmaktadır. Burada, başlangıçta

belirlenen sabit sipariş miktarı değeri ile ESM değerinin benzer sonuçlar verdiği ancak, parti büyüklüğü değeri artırıldığında bu parçaya ait depo miktarlarının da artış gösterdiği görülmektedir. Dolayısıyla, işletme parti büyüklüğünü belirlerken iyi analiz yapmalıdır. Çünkü görülmektedir ki, tedarikçi ile yapılacak anlaşmada gereğinden büyük bir parti büyüklüğü ile sipariş verilmesi demek, zamanla depoda daha fazla parça yığılması ve hatta depo yetersizliği gibi büyük sorunlara sebep olmak demektir.

Parça bazlı sonuçların yanı sıra bir yıl boyunca depoda bekleyen tüm parçalar ele alınarak ortaya çıkan depo kapasitesi ile ilgili sonuçlar Tablo 5.10.'da gösterilmiştir:

Tablo 5.10. Senaryo Bazlı Toplam Depo Kapasitesi

Senaryolar	Maksimum Depo Kapasitesi	Artış Yüzdesi	ESM'ye Göre Artış Yüzdesi
x1	22796	-	%158
x1.2	24717	%8	%180
x1.4	30125	%22	%241
x1.6	36327	%21	%312
x1.8	37166	%2	%321
x2	44778	%20	%408
Sim 2.1 (ESM)	8823	-	-

Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere, tüm parçalar ekonomik sipariş miktarı ile tedarik edildiğindeki depo kapasitesi, diğer değerler arasındaki en düşük depo kapasitesi değerinin bile yaklaşık 3'te 1'i kadardır. Burada, ESM ciddi bir üstünlük sağlamıştır. Öte yandan, sabit sipariş miktarı değerinin kademeli değiştiği senaryolarda değişken oranlarda da olsa bir miktar artış gözlemlenmiştir. Böyle bir çalışmanın yapılmadığı bir işletmede, tedarikçi baskısı, daha uygun fiyat gibi herhangi bir sebepten dolayı alınan yüksek bir SSM değeri neticesinde, gereğinden fazla parça stoklanmasına ve neredeyse 2 kat daha büyük bir depoya ihtiyaç duyulacaktır. Dolayısıyla, belki de yeni bir depo kiralanacak ya da daha farklı depo yatırımı maliyetlerine katlanılmak zorunda kalınacaktır. Ancak, Tablo 5.10.'daki gibi bir bilgiye sahip bir işletme, kendi planladığının daha üzerinde depo kapasitesine neden olacak olan SSM değerleri konusunda daha temkinli davranacak ve buna sebep olacak etmenleri engelleme yoluna gidebilecektir.

Tablo 5.11. Senaryo Bazlı Maliyet Tablosu

			Yüzde
x1	OSM	2.417.500,00	17,91
	OEBM	11.082.160,00	82,09
	Toplam	13.499.660,00	
x1,2	OSM	2.215.500,00	16,52
	OEBM	11.195.441,00	83,48
	Toplam	13.410.941,00	
x1,4	OSM	2.023.500,00	11,50
	OEBM	15.573.531,00	88,50
	Toplam	17.597.031,00	
x1,6	OSM	1.801.000,00	9,40
	OEBM	17.357.052,00	90,60
	Toplam	19.158.052,00	
x1,8	OSM	1.674.500,00	8,18
	OEBM	18.795.215,00	91,82
	Toplam	20.469.715,00	
x2	OSM	1.498.500,00	6,21
	OEBM	22.638.008,00	93,79
	Toplam	24.136.508,00	
Sim 2.1 (ESM)	OSM	2.414.500,00	30,52
	OEBM	5.495.698,00	69,48
	Toplam	7.910.198,00	

Deponun kapasitesi ile ilgili sonuçların ardından bir diğer ana performans kriteri olan toplam maliyet incelenecektir. Tablo 5.11., sabit sipariş miktarı politikası ile tedarik edilen parçaların farklı değerler için firmaya oluşturduğu maliyetleri göstermektedir. Sabit sipariş miktarı değeri için simülasyon başlangıcında ele alınan değer ile bu değer belirlen aralıklarda iki katına kadar artırılması sonucu gerçekleştirilen farklı simülasyonlar ve bu senaryolara ait ortalama sipariş maliyeti (OSM), ortalama elde bulundurma maliyeti (OEBM) ve toplam maliyetler gösterilmiştir. Ayrıca, bu sonuçlar, literatürdeki ESM yöntemin ile her parça için belirlenen ESM değerleri ile hazırlanan simülasyonun sonuçları ile de karşılaştırılmaktadır.

Genel olarak incelendiğinde, tüm parçalarda eğer mümkünse ekonomik sipariş miktarı politikası ile çalışılması gerek depo kapasitesinde gerekse de toplam maliyetlerde büyük ölçüde avantaj sağlayacaktır. Ancak, sipariş maliyetinin elde bulundurma maliyetine göre daha da önemli olacağı durumlarda, diğer SSM değerleri, ekonomik sipariş miktarı değerinden daha düşük maliyet verebilir. Ancak burada görülmektedir ki, SM'nin pek cazip olmadığı durumlarda ESM, SSM'nin 2 kata kadar olan çeşitli katlarında hep daha iyi sonuçlar vermiştir.

5.7.2.2. Senaryo 2 – Duyarlılık incelemesi

Senaryo 2’de gerçekleştirilen tüm alt senaryoların sipariş maliyetleri ve elde bulundurma maliyetleri belirli oranlarda değiştirilerek, toplam maliyetin bu durumdan nasıl etkileneceğinin incelendiği duyarlılık analizi kısmına ait Tablo 5.12., aşağıda verilmiştir. Görüldüğü gibi, elde bulundurma maliyetinin değişmediği durumda, sipariş maliyetinin iki kat artırılması toplam maliyette yaklaşık %18’lik bir artışa neden olurken; tersi durumda yani, sipariş maliyeti değişmez iken elde bulundurma maliyeti iki kat artırıldığında toplam maliyet yaklaşık %80 oranında bir artış göstermektedir. Bu durum, Senaryo 2 için gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde bulundurma maliyetinin işletme için daha belirleyici olduğunu ortaya çıkarmıştır. Dolayısıyla, işletme birim elde bulundurma maliyetini düşürecek adımları atmalı ve bunun için gerekli analizlere ağırlık vermelidir.

Tablo 5.12. Senaryo 2 - Duyarlılık

	Toplam	K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h	
		K	h	2	0,5	2	0,5	2	1	2	1
		1	Yüzde	0,5	Yüzde	2	Yüzde	1	Yüzde	2	Yüzde
x1	OSM	2.417.500	17,91	4.835.000	46,6	1.208.750	5,17	4.835.000	30,38	2.417.500	9,83
	OEBM	11.082.160	82,09	5.541.080	53,4	22.164.320	94,83	11.082.160	69,62	22.164.320	90,17
	Toplam	13.499.660		10.376.080		23.373.070		15.917.160		24.581.820	
x1,2	OSM	2.215.500	16,52	4.431.000	44,18	1.107.750	4,71	4.431.000	28,36	2.215.500	9
	OEBM	11.195.441	83,48	5.597.721	55,82	22.390.882	95,29	11.195.441	71,64	22.390.882	91
	Toplam	13.410.941		10.028.721		23.498.632		15.626.441		24.606.382	
x1,4	OSM	2.023.500	11,5	4.047.000	34,2	1.011.750	3,15	4.047.000	20,63	2.023.500	6,1
	OEBM	15.573.531	88,5	7.786.766	65,8	31.147.062	96,85	15.573.531	79,37	31.147.062	93,9
	Toplam	17.597.031		11.833.766		32.158.812		19.620.531		33.170.562	
x1,6	OSM	1.801.000	9,4	3.602.000	29,33	900.500	2,53	3.602.000	17,19	1.801.000	4,93
	OEBM	17.357.052	90,6	8.678.526	70,67	34.714.104	97,47	17.357.052	82,81	34.714.104	95,07
	Toplam	19.158.052		12.280.526		35.614.604		20.959.052		36.515.104	
x1,8	OSM	1.674.500	8,18	3.349.000	26,27	837.250	2,18	3.349.000	15,12	1.674.500	4,26
	OEBM	18.795.215	91,82	9.397.608	73,73	37.590.430	97,82	18.795.215	84,88	37.590.430	95,74
	Toplam	20.469.715		12.746.608		38.427.680		22.144.215		39.264.930	
x2	OSM	1.498.500	6,21	2.997.000	20,93	749.250	1,63	2.997.000	11,69	1.498.500	3,2
	OEBM	22.638.008	93,79	11.319.004	79,07	45.276.016	98,37	22.638.008	88,31	45.276.016	96,8
	Toplam	24.136.508		14.316.004		46.025.266		25.635.008		46.774.516	
Sim 2.1 (ESM)	OSM	2.414.500	30,52	4.829.000	63,73	1.207.250	9,9	4.829.000	46,77	2.414.500	18,01
	OEBM	5.495.698	69,48	2.747.849	36,27	10.991.396	90,1	5.495.698	53,23	10.991.396	81,99
	Toplam	7.910.198		7.576.849		12.198.646		10.324.698		13.405.896	

Sabit sipariş miktarı değerinin mevcut değerden %40 artırılması sonucunda elde edilen x1,4 alt senaryosunda, toplam maliyet değerinin tüm duyarlılık değerlerinde % 20 ile % 35 arasında bir artış gösterdiği göze çarpmaktadır. Ancak daha sonraki artırımlarda

artış yüzdesinin % 10 seviyelerinde dolaştığı görülmektedir. İşletme için tüm bu değerler, önünü görebilmesi adına büyük anlamlar ifade etmektedir. Örneğin, ekonomide yaşanan değişimler, kurların değişkenlikleri, tedarikçilerle yapılan karşılıklı anlaşmalar vb. pek çok neden neticesinde değişen sipariş maliyetleri ve elde bulundurma maliyetlerinin değişim durumlarına göre karşılaşılabilecek maliyetler önceden bilinebilmektedir. Benzer şekilde, parti büyüklüğü politikalarının işletme için oluşturacağı fatura da öngörülmektedir.

5.7.3. Senaryo 3: Talebin değişkenliğinin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi

Bu senaryoda ise, talebin artış ve azalışları dikkate alınarak, bu değişimin hammadde depodaki parça sayısını ve toplam maliyete etkisi incelenmiştir. Talebin artış ve azalışı konusunda aralık olarak %50 azalış ile %100 artış aralığı baz alınmıştır. %100'ün üzerindeki artışlar için simülasyon çalışması yapılmamasının sebebi, işletmenin savunma sanayinde faaliyet gösteren bir işletme olması dolayısıyla üretilen ürünün ihale usulü ile talep edilmesi ve bundan dolayı uzun vadeli taleplerin büyük ölçüde belirli olmasıdır.

Bu senaryo kapasımda 6 adet alt senaryo oluşturulmuştur. Alt senaryoların her birinde talep miktarı değişmiş ancak ilgili talebin günü değişmemiştir. Örneğin, en başta oluşturulan MPS içerisinde ortaya çıkmış 14. Gündeki 30 adetlik talep, %50 artış alt senaryosunda 45'e yükselmiş ancak bu 45 adedin yine 14. Günde geleceği varsayılmıştır. Tüm bu bilgiler sonucunda oluşturulan alt senaryolar Tablo 5.13.'teki gibidir:

Tablo 5.13. Senaryo 3'e Ait Alt Senaryolar

Senaryolar	Değişim
Alt Senaryo 1	Talebin %25 artışı
Alt Senaryo 2	Talebin %25 azalışı
Alt Senaryo 3	Talebin %50 artışı
Alt Senaryo 4	Talebin %50 azalışı
Alt Senaryo 5	Talebin %75 artışı
Alt Senaryo 6	Talebin %100 artışı

Alt senaryoların tümünde tüm parçalar için sabit sipariş miktarı politikası denenmiştir. Sabit sipariş miktarı olarak da Senaryo 2'deki alt senaryoların tümü denenmiştir. Dolayısıyla, senaryolar Tablo 5.14.'teki hâle gelmiştir:

Tablo 5.14. Senaryo 3 – Tüm Senaryolar

Senaryolar	Değişim	SSM Değeri
Alt Senaryo 1	Talebin %25 artışı	x1
		x1.2
		x1.4
		x1.6
		x1.8
		x2
Alt Senaryo 2	Talebin %25 azalışı	x1
		x1.2
		x1.4
		x1.6
		x1.8
		x2
Alt Senaryo 3	Talebin %50 artışı	x1
		x1.2
		x1.4
		x1.6
		x1.8
		x2
Alt Senaryo 4	Talebin %50 azalışı	x1
		x1.2
		x1.4
		x1.6
		x1.8
		x2
Alt Senaryo 5	Talebin %75 artışı	x1
		x1.2
		x1.4
		x1.6
		x1.8
		x2
Alt Senaryo 6	Talebin %100 artışı	x1
		x1.2
		x1.4
		x1.6
		x1.8
		x2

5.7.3.1. Senaryo 3'e ait sonuçlar

Daha önceki iki senaryoda talepler değişmemekte idi. Senaryo 3'te ise bu kez talepteki değişikliklerin depodaki miktarları ve toplam maliyeti nasıl etkilediği incelenmiştir. Ana performans kriterlerinden olan depodaki miktarlar parça bazlı olarak aşağıda

gösterilmiştir. Ayrıca, farklı talep miktarları ele alınarak gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda toplam maliyetin nasıl değiştiğine ait sonuçlar da aşağıda verilmiştir. Bu senaryoda daha önce de belirtildiği üzere hem talepler değişmekte hem de değişmiş her talep farklı sabit sipariş miktarları altında incelenmektedir. Böylece daha geniş bir yelpaze de inceleme yapılmış olmaktadır.

Tablo 5.15. M Parçasına Ait Depodaki Minimum Miktar

x1	Parçalar		M
	Mevcut		56
	%25 artış		10
	%25 azalış		22
	%50 artış		6
	%50 azalış		34
	%75 artış		12
	%100 artış		8

Tablo 5.15.'te örnek bir parça için talebin değişiklikleri sonucunda depodaki yıllık minimum miktarlar gösterilmektedir. M parçasının depodaki minimum miktarı, mevcut talep miktarları ile 56 adet olurken, talep %25 artarsa bu miktar 10 adede düşmektedir. Buna karşın, talebin %50 oranında azalması durumunda ise M parçasından depoda bir yılda en az 34 tane bulunacaktır. Görülmektedir ki, mevcut talep miktarını aşacak bir talep olması durumunda bu parça özelinde depoda bir azalma gözlenecektir. Bunun sebebi, parçanın mevcut talep durumunda ihtiyaçtan daha fazla parça talep edilmesi ve dolayısıyla parçaların depoda birikmesidir. Bu sonuçlar mevcut sabit sipariş miktarı değerleri için böyle olacaktır. Ancak, SSM değerleri de değişirse o zaman daha farklı değişiklikler olabilir. Bu durumu gösteren tablo aşağıda verilmiştir:

Tablo 5.16. AH Parçasına Ait Depodaki Minimum Miktar (Tüm Senaryolar Ele Alınarak)

	AH					
	x1	x1.2	x1.4	x1.6	x1.8	x2
Mevcut	6	16	16	19	81	6
%25 artış	4	8	10	4	11	4
%25 azalış	17	24	18	25	3	24
%50 artış	9	24	24	20	22	16
%50 azalış	3	8	8	25	44	24
%75 artış	17	24	18	1	3	22
%100 artış	12	24	10	31	53	12

Tablo 5.16.'da görüldüğü üzere, AH parçasının yıllık minimum miktarı istenilen talep miktarı ve arzu edilen sipariş miktarı büyüklüğünde incelenebilmektedir. İşletmeler için detaylı bir bilgi sunan ve tüm parçalar için hazırlanan bu tabloya göre, AH parçasının depodaki minimum miktarı talep değişikliğinden ve sipariş büyüklüğünden ciddi ölçüde etkilenmektedir. Zira ilgili parçaya ait depodaki minimum miktar değeri 1 ile 81 arasında bir değişim göstermektedir. Örneğin, SSM değerinin başlangıçtaki değer %80 artırılmış halinde olduğu durumda, mevcut taleplerle AH parçası bir yıl boyunca depoda minimum 81 adet olarak tespit edilirken, talepteki küçük bir artışın depodaki miktarı yaklaşık %75 oranında azalttığı görülmektedir. Bu durum diğer SSM değerlerinde de benzerdir. Bu durum, işletmenin mevcut talep miktarları ile bu parça için daha fazla talebi dahi karşılayabilecek bir durumda bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 5.17. CN Parçasına Ait Depodaki Maksimum Miktar

	Parçalar	CN
x2	Mevcut	1.416
	%25 artış	1.414
	%25 azalış	1.382
	%50 artış	1.352
	%50 azalış	1.396
	%75 artış	1.362
	%100 artış	1.414

Tablo 5.17.'de ise CN parçasının farklı talep değerlerinde depodaki maksimum miktarları gösterilmektedir. Tabloda görüldüğü üzere, talepteki değişimin maksimum miktarlarda ciddi bir değişim yaratmadığı gözlemlenmektedir. Ancak, mevcut durumdaki maksimum miktarın diğer tüm talep değerlerinden daha fazla olması dikkat çekici bir noktadır. İşletmeye gelen mevcut talepler sonucunda bu parça için bir yıl boyunca depoda oluşan miktar, talebin yarı yarıya azalması ve iki kata kadar artması durumlarında oluşandan daha fazladır. Demek oluyor ki, işletmeye ulaşan talep 2 katına çıksa bile, mevcut durumdaki sipariş miktarı yetecektir. Dolayısıyla, talebin artışından dolayı oluşması beklenen sipariş maliyetindeki artış gerçekleşmeyecek bu da işletmeyi maddi olarak rahatlatacaktır.

Aşağıda bir parça için maksimum miktarın tüm SSM ve taleplerdeki durumu Tablo 5.18.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.18. Ü Parçasına Ait Depodaki Maksimum Miktar (Tüm Senaryolar Ele Alınarak)

	Ü					
	x1	x1.2	x1.4	x1.6	x1.8	x2
Mevcut	232	282	320	366	415	464
%25 artış	228	276	326	372	394	464
%25 azalış	224	281	326	366	406	452
%50 artış	232	282	300	366	410	464
%50 azalış	232	275	320	372	420	464
%75 artış	228	278	326	366	396	464
%100 artış	228	282	320	368	410	464

Ü parçası için örnek olarak gösterilen maksimum miktar tablosuna göre, Ü parçasının depodaki maksimum miktarı aynı SSM değeri için ciddi bir değişiklik göstermese de SSM değeri yükseldikçe depodaki miktarların da arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5.19. Senaryo Bazlı Toplam Depo Kapasitesi

Maksimum Depo Kapasitesi												
Senaryolar	x1	Artış Yüzdesi	x1.2	Artış Yüzdesi	x1.4	Artış Yüzdesi	x1.6	Artış Yüzdesi	x1.8	Artış Yüzdesi	x2	Artış Yüzdesi
Mevcut	22796	-	24717	-	30125	-	36327	-	37166	-	44778	-
%25 artış	21758	-5%	26243	6%	30776	2%	34772	-4%	36343	-2%	44694	0%
%25 azalış	21668	-5%	26526	7%	30499	1%	36257	0%	35737	-4%	44604	0%
%50 artış	21194	-7%	26384	7%	30391	1%	35929	-1%	36838	-1%	43964	-2%
%50 azalış	22389	-2%	26283	6%	30499	1%	36725	1%	38065	2%	45592	2%
%75 artış	20867	-8%	21643	-12%	30037	0%	34508	-5%	34320	-8%	44016	-2%
%100 artış	22389	-2%	21652	-12%	29691	-1%	35531	-2%	39853	7%	45592	2%

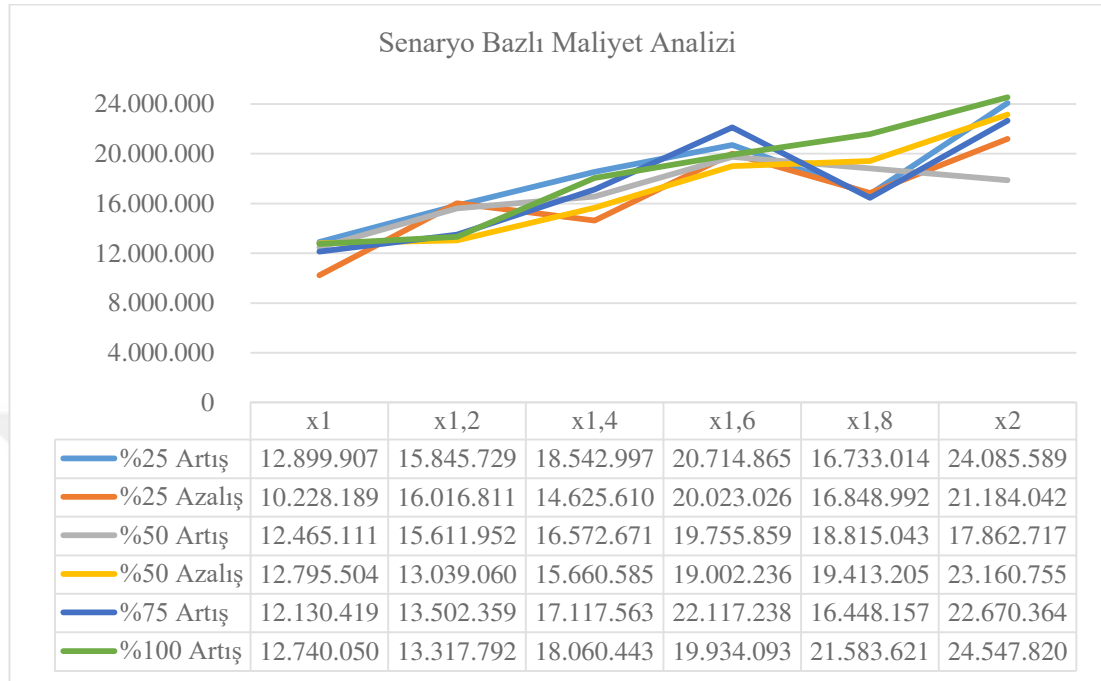
Tablo 5.19.'da Senaryo 3'te yapılan simülasyonlar sonucunda ortaya çıkan depo kapasiteleri ve mevcut duruma göre artış yüzdeleri gösterilmektedir. Farklı talep miktarları ve farklı sabit sipariş miktarlarında depo kapasitesinin değişim gösterdiği görülmektedir. Aynı talep miktarında depo kapasitesi 20000 ile 45000 arasında bir değişim göstermektedir. Tabloda görüldüğü üzere, tüm SSM değerlerinde mevcut talep durumundaki depo kapasitesi ile talebin %75 artışı bile karşılanabilmektedir. Firmanın elinde böyle bir sonuç olmasaydı, talep bu derece büyük bir artış gösterdiğinde malzeme ihtiyacının artacağını düşünerek, mevcut depo yetersiz görülecek ve üçüncü parti işletmelerle anlaşılıp depo kiralanması ya da başka depo yatırımlarına karar verilebilirdi. Ancak, bu çalışma sonucunda elde edilen bilgiler, işletmeyi böyle bir maddi yükten kurtaracaktır. Kurulacak deponun, talebin neredeyse 2 katına kadar artışı bile karşılayabilecek büyüklükte olması sağlanacaktır.

Tablo 5.20.'da, mevcut sipariş ve elde bulundurma maliyetleri altında, talebin ve sipariş büyüklüğünün değişkenliği sonucunda deponun işletmeye oluşturacağı toplam maliyetler ve mevcut taleplere göre artış yüzdeleri gösterilmektedir. Tabloda yoruma açık pek çok veri bulunmakla birlikte, örneğin, mevcut SSM değerlerinde talebin değişkenliğinin nasıl sonuçlar verdiği bakıldığında, talep %25 arttığında mevcut talep miktarına göre toplam maliyetin %4 azaldığı görülmektedir. Benzer şekilde, talep %50 arttığında toplam maliyette %8, %75 arttığında %10 ve talep 2 katına çıktığında ise %6'lık bir azalma gözlemlenmiştir. Bu azalmaların detayları incelendiğinde ise, sipariş maliyetlerinin aslında arttığı ancak bu artışa rağmen toplam maliyetin mevcut duruma göre düşük olmasını sağlayacak şekilde EBM'de bir azalış görülmüştür. Bu çalışmadaki gibi, sipariş maliyetinin elde bulundurma maliyetine nazaran daha cazip olduğu süreçlerdeki seri imalata geçişlerde, sipariş maliyetinde sağlanacak tasarrufun kısa vadede pek anlamlı olmadığı görülmektedir. Gerek ihtiyaç duyulacak depo kapasitesinin ve dolayısıyla depo yatırım maliyetlerinin artması gerekse de stok maliyetlerinin artmasından dolayı sipariş maliyetleri düşürülmüş olsa bile işletme nakdi sıkıntıya düşecektir. Ayrıca, sipariş maliyeti, elde bulundurma maliyetinden daha düşük olsaydı bile, eğer depodaki miktarlar ciddi bir artış gösterecekse, böyle bir karar akılcı olmayacaktır.

Tablo 5.20. Senaryo Bazlı Maliyet Tablosu

	x1				x1,2				x1,4				x1,6				x1,8				x2			
	OSM	OEBM	Toplam	Artış Yüzdesi	OSM	OEBM	Toplam	Artış Yüzdesi	OSM	OEBM	Toplam	Artış Yüzdesi	OSM	OEBM	Toplam	Artış Yüzdesi	OSM	OEBM	Toplam	Artış Yüzdesi	OSM	OEBM	Toplam	Artış Yüzdesi
Mevcut	2.417.500	11.082.160	13.499.660	-	2.215.500	11.195.441	13.410.941	-	2.023.500	15.573.531	17.597.031	-	1.801.000	17.357.052	19.158.052	-	1.674.500	18.795.215	20.469.715	-	1.498.500	22.638.008	24.136.508	-
%25 Artış	2.496.500	10.403.407	12.899.907	-4%	2.408.000	13.437.729	15.845.729	18%	2.233.500	16.309.497	18.542.997	5%	2.110.500	18.604.365	20.714.865	8%	1.870.500	14.862.514	16.733.014	-18%	1.722.000	22.363.589	24.085.589	0%
%25 Azalış	1.975.000	8.253.189	10.228.189	-24%	1.699.000	14.317.811	16.016.811	19%	1.518.000	13.107.610	14.625.610	-17%	1.401.000	18.622.026	20.023.026	5%	1.266.000	15.582.992	16.848.992	-18%	1.149.500	20.034.542	21.184.042	-12%
%50 Artış	2.655.000	9.810.111	12.465.111	-8%	2.489.000	13.122.952	15.611.952	16%	2.294.500	14.278.171	16.572.671	-6%	2.190.500	17.565.359	19.755.859	3%	2.179.000	16.636.043	18.815.043	-8%	2.068.000	15.794.717	17.862.717	-26%
%50 Azalış	1.476.500	11.319.004	12.795.504	-5%	1.275.000	11.764.060	13.039.060	-3%	1.040.000	14.620.585	15.660.585	-11%	910.000	18.092.236	19.002.236	-1%	888.500	18.524.705	19.413.205	-5%	770.000	22.390.755	23.160.755	-4%
%75 Artış	2.752.000	9.378.419	12.130.419	-10%	2.583.500	10.918.859	13.502.359	1%	2.492.000	14.625.563	17.117.563	-3%	2.438.500	19.678.738	22.117.238	15%	2.141.500	14.306.657	16.448.157	-20%	2.212.000	20.458.364	22.670.364	-6%
%100 Artış	2.783.500	9.956.550	12.740.050	-6%	2.723.500	10.594.292	13.317.792	-1%	2.510.000	15.550.443	18.060.443	3%	2.490.000	17.444.093	19.934.093	4%	2.569.500	19.014.121	21.583.621	5%	2.383.500	22.164.320	24.547.820	2%

Şekil 5.14.'te, bu simülasyon sonucunda oluşan maliyetler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Senaryolara Göre Maliyetlerin Değişimi

5.7.3.2. Senaryo 3 – Duyarlılık incelemesi

Aşağıda, Senaryo 3 kapsamında gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının sonucu olarak ortaya çıkan toplam maliyetin, sipariş ve elde bulundurma maliyetlerinin belirli oranlarda değişimlerinden nasıl etkilendiğini gösteren duyarlılık analizlerine ait tablolar gösterilmektedir.

Tablo 5.21. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %25 Artması Durumunda)

		Toplam		K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h	
		K		1		2		0,5		2		1	
		h		1		0,5		2		1		2	
				Yüzde		Yüzde		Yüzde		Yüzde		Yüzde	
%25 artış	x1	OSM	2.496.500	19,35	4.993.000	48,98	1.248.250	5,66	4.993.000	32,43	2.496.500	10,71	
		OEBM	10.403.407	80,65	5.201.704	51,02	20.806.814	94,34	10.403.407	67,57	20.806.814	89,29	
		Toplam	12.899.907		10.194.704		22.055.064		15.396.407		23.303.314		
	x1,2	OSM	2.408.000	15,20	4.816.000	41,75	1.204.000	4,29	4.816.000	26,38	2.408.000	8,22	
		OEBM	13.437.729	84,80	6.718.865	58,25	26.875.458	95,71	13.437.729	73,62	26.875.458	91,78	
		Toplam	15.845.729		11.534.865		28.079.458		18.253.729		29.283.458		
	x1,4	OSM	2.233.500	12,04	4.467.000	35,39	1.116.750	3,31	4.467.000	21,50	2.233.500	6,41	
		OEBM	16.309.497	87,96	8.154.749	64,61	32.618.994	96,69	16.309.497	78,50	32.618.994	93,59	
		Toplam	18.542.997		12.621.749		33.735.744		20.776.497		34.852.494		
	x1,6	OSM	2.110.500	10,19	4.221.000	31,21	1.055.250	2,76	4.221.000	18,49	2.110.500	5,37	
		OEBM	18.604.365	89,81	9.302.183	68,79	37.208.730	97,24	18.604.365	81,51	37.208.730	94,63	
		Toplam	20.714.865		13.523.183		38.263.980		22.825.365		39.319.230		
	x1,8	OSM	1.870.500	11,18	3.741.000	33,48	935.250	3,05	3.741.000	20,11	1.870.500	5,92	
		OEBM	14.862.514	88,82	7.431.257	66,52	29.725.028	96,95	14.862.514	79,89	29.725.028	94,08	
		Toplam	16.733.014		11.172.257		30.660.278		18.603.514		31.595.528		
	x2	OSM	1.722.000	7,15	3.444.000	23,55	861.000	1,89	3.444.000	13,34	1.722.000	3,71	
		OEBM	22.363.589	92,85	11.181.795	76,45	44.727.178	98,11	22.363.589	86,66	44.727.178	96,29	
		Toplam	24.085.589		14.625.795		45.588.178		25.807.589		46.449.178		

Tablo 5.22. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %25 Azalması Durumunda)

		Toplam	K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h	
		K	1		2		0,5		2		1	
		h	1	Yüzde	0,5	Yüzde	2	Yüzde	1	Yüzde	2	Yüzde
%25 azalış	x1	OSM	1.975.000	19,31	3.950.000	48,91	987.500	5,64	3.950.000	32,37	1.975.000	10,69
		OEBM	8.253.189	80,69	4.126.595	51,09	16.506.378	94,36	8.253.189	67,63	16.506.378	89,31
		Toplam	10.228.189		8.076.595		17.493.878		12.203.189		18.481.378	
	x1,2	OSM	1.699.000	10,61	3.398.000	32,19	849.500	2,88	3.398.000	19,18	1.699.000	5,60
		OEBM	14.317.811	89,39	7.158.906	67,81	28.635.622	97,12	14.317.811	80,82	28.635.622	94,40
		Toplam	16.016.811		10.556.906		29.485.122		17.715.811		30.334.622	
	x1,4	OSM	1.518.000	10,38	3.036.000	31,66	759.000	2,81	3.036.000	18,81	1.518.000	5,47
		OEBM	13.107.610	89,62	6.553.805	68,34	26.215.220	97,19	13.107.610	81,19	26.215.220	94,53
		Toplam	14.625.610		9.589.805		26.974.220		16.143.610		27.733.220	
	x1,6	OSM	1.401.000	7,00	2.802.000	23,13	700.500	1,85	2.802.000	13,08	1.401.000	3,63
		OEBM	18.622.026	93,00	9.311.013	76,87	37.244.052	98,15	18.622.026	86,92	37.244.052	96,37
		Toplam	20.023.026		12.113.013		37.944.552		21.424.026		38.645.052	
	x1,8	OSM	1.266.000	7,51	2.532.000	24,53	633.000	1,99	2.532.000	13,98	1.266.000	3,90
		OEBM	15.582.992	92,49	7.791.496	75,47	31.165.984	98,01	15.582.992	86,02	31.165.984	96,10
		Toplam	16.848.992		10.323.496		31.798.984		18.114.992		32.431.984	
	x2	OSM	1.149.500	5,43	2.299.000	18,67	574.750	1,41	2.299.000	10,29	1.149.500	2,79
		OEBM	20.034.542	94,57	10.017.271	81,33	40.069.084	98,59	20.034.542	89,71	40.069.084	97,21
		Toplam	21.184.042		12.316.271		40.643.834		22.333.542		41.218.584	

Tablo 5.23. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %50 Artması Durumunda)

	Toplam	K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h		
	K	1		2		0,5		2		1		
	h	1	Yüzde	0,5	Yüzde	2	Yüzde	1	Yüzde	2	Yüzde	
%50 artış	x1	OSM	2.655.000	21,30	5.310.000	51,98	1.327.500	6,34	5.310.000	35,12	2.655.000	11,92
		OEBM	9.810.111	78,70	4.905.056	48,02	19.620.222	93,66	9.810.111	64,88	19.620.222	88,08
		Toplam	12.465.111		10.215.056		20.947.722		15.120.111		22.275.222	
	x1,2	OSM	2.489.000	15,94	4.978.000	43,14	1.244.500	4,53	4.978.000	27,50	2.489.000	8,66
		OEBM	13.122.952	84,06	6.561.476	56,86	26.245.904	95,47	13.122.952	72,50	26.245.904	91,34
		Toplam	15.611.952		11.539.476		27.490.404		18.100.952		28.734.904	
	x1,4	OSM	2.294.500	13,85	4.589.000	39,13	1.147.250	3,86	4.589.000	24,32	2.294.500	7,44
		OEBM	14.278.171	86,15	7.139.086	60,87	28.556.342	96,14	14.278.171	75,68	28.556.342	92,56
		Toplam	16.572.671		11.728.086		29.703.592		18.867.171		30.850.842	
	x1,6	OSM	2.190.500	11,09	4.381.000	33,28	1.095.250	3,02	4.381.000	19,96	2.190.500	5,87
		OEBM	17.565.359	88,91	8.782.680	66,72	35.130.718	96,98	17.565.359	80,04	35.130.718	94,13
		Toplam	19.755.859		13.163.680		36.225.968		21.946.359		37.321.218	
	x1,8	OSM	2.179.000	11,58	4.358.000	34,38	1.089.500	3,17	4.358.000	20,76	2.179.000	6,15
		OEBM	16.636.043	88,42	8.318.022	65,62	33.272.086	96,83	16.636.043	79,24	33.272.086	93,85
		Toplam	18.815.043		12.676.022		34.361.586		20.994.043		35.451.086	
	x2	OSM	2.068.000	11,58	4.136.000	34,37	1.034.000	3,17	4.136.000	20,75	2.068.000	6,14
		OEBM	15.794.717	88,42	7.897.359	65,63	31.589.434	96,83	15.794.717	79,25	31.589.434	93,86
		Toplam	17.862.717		12.033.359		32.623.434		19.930.717		33.657.434	

Tablo 5.24. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %50 Azalması Durumunda)

	Toplam	K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h		
	K	1		2		0,5		2		1		
	h	1	Yüzde	0,5	Yüzde	2	Yüzde	1	Yüzde	2	Yüzde	
%50 azalış	x1	OSM	1.476.500	11,54	2.953.000	34,29	738.250	3,16	2.953.000	20,69	1.476.500	6,12
		OEBM	11.319.004	88,46	5.659.502	65,71	22.638.008	96,84	11.319.004	79,31	22.638.008	93,88
		Toplam	12.795.504		8.612.502		23.376.258		14.272.004		24.114.508	
	x1,2	OSM	1.275.000	9,78	2.550.000	30,24	637.500	2,64	2.550.000	17,81	1.275.000	5,14
		OEBM	11.764.060	90,22	5.882.030	69,76	23.528.120	97,36	11.764.060	82,19	23.528.120	94,86
		Toplam	13.039.060		8.432.030		24.165.620		14.314.060		24.803.120	
	x1,4	OSM	1.040.000	6,64	2.080.000	22,15	520.000	1,75	2.080.000	12,45	1.040.000	3,43
		OEBM	14.620.585	93,36	7.310.293	77,85	29.241.170	98,25	14.620.585	87,55	29.241.170	96,57
		Toplam	15.660.585		9.390.293		29.761.170		16.700.585		30.281.170	
	x1,6	OSM	910.000	4,79	1.820.000	16,75	455.000	1,24	1.820.000	9,14	910.000	2,45
		OEBM	18.092.236	95,21	9.046.118	83,25	36.184.472	98,76	18.092.236	90,86	36.184.472	97,55
		Toplam	19.002.236		10.866.118		36.639.472		19.912.236		37.094.472	
	x1,8	OSM	888.500	4,58	1.777.000	16,10	444.250	1,18	1.777.000	8,75	888.500	2,34
		OEBM	18.524.705	95,42	9.262.353	83,90	37.049.410	98,82	18.524.705	91,25	37.049.410	97,66
		Toplam	19.413.205		11.039.353		37.493.660		20.301.705		37.937.910	
	x2	OSM	770.000	3,32	1.540.000	12,09	385.000	0,85	1.540.000	6,44	770.000	1,69
		OEBM	22.390.755	96,68	11.195.378	87,91	44.781.510	99,15	22.390.755	93,56	44.781.510	98,31
		Toplam	23.160.755		12.735.378		45.166.510		23.930.755		45.551.510	

Tablo 5.25. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %75 Artması Durumunda)

	Toplam	K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h		
	K	1		2		0,5		2		1		
	h	1	Yüzde	0,5	Yüzde	2	Yüzde	1	Yüzde	2	Yüzde	
%75 artış	x1	OSM	2.752.000	22,69	5.504.000	54,00	1.376.000	6,83	5.504.000	36,98	2.752.000	12,79
		OEBM	9.378.419	77,31	4.689.210	46,00	18.756.838	93,17	9.378.419	63,02	18.756.838	87,21
		Toplam	12.130.419		10.193.210		20.132.838		14.882.419		21.508.838	
	x1,2	OSM	2.583.500	19,13	5.167.000	48,62	1.291.750	5,58	5.167.000	32,12	2.583.500	10,58
		OEBM	10.918.859	80,87	5.459.430	51,38	21.837.718	94,42	10.918.859	67,88	21.837.718	89,42
		Toplam	13.502.359		10.626.430		23.129.468		16.085.859		24.421.218	
	x1,4	OSM	2.492.000	14,56	4.984.000	40,53	1.246.000	4,09	4.984.000	25,42	2.492.000	7,85
		OEBM	14.625.563	85,44	7.312.782	59,47	29.251.126	95,91	14.625.563	74,58	29.251.126	92,15
		Toplam	17.117.563		12.296.782		30.497.126		19.609.563		31.743.126	
	x1,6	OSM	2.438.500	11,03	4.877.000	33,14	1.219.250	3,00	4.877.000	19,86	2.438.500	5,83
		OEBM	19.678.738	88,97	9.839.369	66,86	39.357.476	97,00	19.678.738	80,14	39.357.476	94,17
		Toplam	22.117.238		14.716.369		40.576.726		24.555.738		41.795.976	
	x1,8	OSM	2.141.500	13,02	4.283.000	37,45	1.070.750	3,61	4.283.000	23,04	2.141.500	6,96
		OEBM	14.306.657	86,98	7.153.329	62,55	28.613.314	96,39	14.306.657	76,96	28.613.314	93,04
		Toplam	16.448.157		11.436.329		29.684.064		18.589.657		30.754.814	
	x2	OSM	2.212.000	9,76	4.424.000	30,19	1.106.000	2,63	4.424.000	17,78	2.212.000	5,13
		OEBM	20.458.364	90,24	10.229.182	69,81	40.916.728	97,37	20.458.364	82,22	40.916.728	94,87
		Toplam	22.670.364		14.653.182		42.022.728		24.882.364		43.128.728	

Tablo 5.26. Senaryo 3 – Duyarlılık (Talebin %100 Artması Durumunda)

	Toplam	K-h		2k-h/2		K/2-2h		2k-h		K-2h		
	K	1		2		0,5		2		1		
	h	1	Yüzde	0,5	Yüzde	2	Yüzde	1	Yüzde	2	Yüzde	
%100 artış	x1	OSM	2.783.500	21,85	5.567.000	54,28	1.391.750	6,91	5.567.000	37,25	2.783.500	12,92
		OEBM	9.956.550	78,15	4.689.210	45,72	18.756.838	93,09	9.378.419	62,75	18.756.838	87,08
		Toplam	12.740.050		10.256.210		20.148.588		14.945.419		21.540.338	
	x1,2	OSM	2.723.500	20,45	5.447.000	49,94	1.361.750	5,87	5.447.000	33,28	2.723.500	11,09
		OEBM	10.594.292	79,55	5.459.430	50,06	21.837.718	94,13	10.918.859	66,72	21.837.718	88,91
		Toplam	13.317.792		10.906.430		23.199.468		16.365.859		24.561.218	
	x1,4	OSM	2.510.000	13,90	5.020.000	40,70	1.255.000	4,11	5.020.000	25,55	2.510.000	7,90
		OEBM	15.550.443	86,10	7.312.782	59,30	29.251.126	95,89	14.625.563	74,45	29.251.126	92,10
		Toplam	18.060.443		12.332.782		30.506.126		19.645.563		31.761.126	
	x1,6	OSM	2.490.000	12,49	4.980.000	33,60	1.245.000	3,07	4.980.000	20,20	2.490.000	5,95
		OEBM	17.444.093	87,51	9.839.369	66,40	39.357.476	96,93	19.678.738	79,80	39.357.476	94,05
		Toplam	19.934.093		14.819.369		40.602.476		24.658.738		41.847.476	
	x1,8	OSM	2.569.500	11,90	5.139.000	41,81	1.284.750	4,30	5.139.000	26,43	2.569.500	8,24
		OEBM	19.014.121	88,10	7.153.329	58,19	28.613.314	95,70	14.306.657	73,57	28.613.314	91,76
		Toplam	21.583.621		12.292.329		29.898.064		19.445.657		31.182.814	
	x2	OSM	2.383.500	9,71	4.767.000	31,79	1.191.750	2,83	4.767.000	18,90	2.383.500	5,50
		OEBM	22.164.320	90,29	10.229.182	68,21	40.916.728	97,17	20.458.364	81,10	40.916.728	94,50
		Toplam	24.547.820		14.996.182		42.108.478		25.225.364		43.300.228	

Yukarıdaki Tablo 5.21., Tablo 5.22., Tablo 5.23., Tablo 5.24., Tablo 5.25. ve Tablo 5.26.'de gösterilen duyarlılık analizlerine ait sonuçlar, bu çalışmanın geniş kapsamının bir örneğini oluşturmaktadır. Zira yukarıdaki tablolar incelendiğinde, işletme yönetimi için son derece önemli bilgilere ulaşmak mümkündür. Henüz Ar-Ge aşamasında olan bir çalışmaya daha başlamadan, hangi şartlarda ne kadarlık bir maliyet ile karşılaşılacağı bilgisi paha biçilemez bir bilgidir. Örneğin, yukarıdaki tablolarda toplam maliyetin, talebin belirli oranlarda değiştiği durumlarda, sipariş büyüklüğünün değişiklik gösterdiği durumlarda ve maliyet kalemlerinin değerlerinin değiştiği durumlarda nasıl bir değer aldığı incelenebilmektedir. Ayrıca, tüm bu değerler istenildiği gibi işletme yönetimi tarafından gerektiğinde değiştirilebilir. Yukarıda hangi şartta ne kadarlık bir toplam maliyet oluşacağı ve maliyet kalemlerinin toplam maliyet içerisindeki yüzdeleri gösterilmiştir.

5.7.4. Senaryo 4: Tedarikçi kaynaklı belirsizliklerin hammadde envanter büyüklüğü ve maliyetine etkisi

İşletmeler pek çok ürünü birbirinden farklı birçok tedarikçiden edinmektedirler. Her tedarikçi birbirinden farklı yapıda, kurumsallıkta ya da anlayışta olabilir. İşletme ile tedarikçisi arasında ayrı ayrı ikili anlaşmalar sonucunda bazı kararlar alınmış olabilir. Tüm bunlar sonucunda, işletmenin her tedarikçisi gerek kendi yapısı gereği gerekse de gelecek olan malzemenin özellikleri gereği ilgili malzemeyi farklı zamanlarda getirebilirler. Bazı durumlarda, işletme beklediği tarihte istediği malzemeyi alamaz. Bazen de beklediğinden erken gelebilir. Burada bir belirsizlik bulunmaktadır.

Bu senaryoda, yukarıda anlatılan durumlar sonucu ortaya çıkması muhtemel olan tedarikçinin geç getirmesi ya da tedarikçinin erken getirmesi durumları ele alınmıştır. Burada söz konusu olan belirsizlik modele eklenmiştir. *Güvenlik gün sınırı*; modelin MPS'deki ilk günün öncesine geçmesini engellemek için konulmuş bir önlemdir. *TEG*; tedarikçinin beklenenden erken getirmesini ifade eder ve baş harflerinin oluşturduğu bir kısaltma ile gösterilmiştir. *TGG* ise; tedarikçinin getirmesi gerektiği tarihten daha geç getirdiğini ifade etmektedir. TEG ve TGG tedarikçinin kaç gün erken ya da kaç gün geç getirdiğini gösterir. Bu şekilde modele belirsizlik eklenmiştir.

TEG ve TGG değerlerinin belirlenmesinde üçgensel dağılım (Triangular Distribution) kullanılmıştır. Üçgensel dağılım, $f(\min, \text{mod}, \max)$ şeklinde ifade edilir. Bu şekilde tanımlanan dağılım fonksiyonu, minimum değer ile maksimum değer arasında olan ve mod değerinin etrafında eğilim gösteren rastgele değerler üretecektir. Bu aşamada üçgensel dağılımın tercih edilmesinin sebebi, bu senaryodaki gibi simülasyon modellerinde sıklıkla başvurulmuş bir dağılım olması ve özellikle bu senaryonun içeriği olan tedarikçinin zamanında, zamanından erken ya da geç getirmesi durumlarını tek bir fonksiyon ile bir arada ifade edebiliyor olmasıdır.

Bu senaryo çalıştırılırken, yapılan deneylerin tamamında tüm hammadde için sabit sipariş miktarı politikası kullanılmıştır. Sabit sipariş miktarı politikasının değeri olarak da literatürde var olan ve Bölüm 5.7.2.'de anlatılan ekonomik sipariş miktarı formülü ile elde edilen değerler kullanılmıştır. Yine, her parça için bir sipariş ve hazırlık maliyeti oluşturulmuştur. Bunun için parçalar aşağıdaki Tablo 5.27.'de gösterildiği gibi 3 gruba ayrılmıştır:

Tablo 5.27. Parçaların Gruplandırılması

Parçalar	Sipariş Maliyeti
Temini Kolay Parçalar	100
Temini Orta Parçalar	250
Temini Zor Parçalar	400

Tabloda görüldüğü üzere, tedarik şeklinin zorluğuna göre parçalar 3 gruba ayrılmıştır. Parçaların temini zorlaştıkça sipariş maliyeti de artmaktadır. Sipariş maliyetleri bu şekilde belirlenen parçaların elde bulundurma maliyetleri ise verilerin toplanması kısmında anlatılan malzeme kartlarının içerisinde bulunmaktadır. Talep miktarı net ihtiyaçların ortalaması şeklindedir. Sonuç olarak, 47 parça için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmış ve ekonomik sipariş miktarları belirlenmiştir.

Ekonomik sipariş miktarlarının belirlenmesinin ardından deneyler oluşturulmuştur. Deneyler Güvenlik gün sınırı, TEG ve TGG değerlerini değiştirilmesi sonucu oluşturulmuştur. Yani, tedarikçinin belirli bir güne kadar geç getirdiği ya da belirli bir tarihe kadar geç getirdiği zamanlarda oluşan maliyetler ve envanter büyüklüğü

incelenmektedir. Buna göre, bu senaryoda oluşturulan alt senaryolar Tablo 5.28.’deki gibidir:

Tablo 5.28. Senaryo 4’e Ait Alt Senaryolar

Senaryolar	Güvenlik Gün Sınırı	TEG	TGG
Alt Senaryo 1	2	1	0
Alt Senaryo 2	4	3	0
Alt Senaryo 3	6	5	0
Alt Senaryo 4	8	7	0
Alt Senaryo 5	2	0	1
Alt Senaryo 6	4	0	3
Alt Senaryo 7	6	0	5
Alt Senaryo 8	8	0	7
Alt Senaryo 9	2	1	1
Alt Senaryo 10	4	3	3
Alt Senaryo 11	6	5	5
Alt Senaryo 12	8	7	7

Örneğin, Alt Senaryo 10, tedarikçinin 3 güne kadar erken ve 3 güne kadar geç getirdiği durumda oluşacak maliyet ve envanter büyüklüğünün incelendiği senaryodur.

5.7.4.1. Senaryo 4’e ait sonuçlar

Tedarikçiden kaynaklı belirsizliğin ele alındığı Senaryo 4’te, her parça için depoda bulunması gereken yıllık minimum ve maksimum miktarlar belirlenmiştir. Aşağıdaki Tablo 5.29.’da, R parçasına ait minimum ve maksimum miktarlar gösterilmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi, bazı alt senaryolarda yıllık minimum miktar değeri negatif değerlerdedir. Bu değerler, o senaryo sonucunda deponun tedarikçinin geç getirmesinden dolayı “açık verdiğini” ifade etmektedir. Görünen o ki, bu senaryolarda tedarikçi, beklenen zamanda R parçasını fabrikaya ulaştıramayarak depoda R parçasının bulunmamasına dolayısıyla üretimin aksamasına neden olmuştur. Yine tabloda görüldüğü üzere, bir yıl boyunca R parçasına ait depodaki maksimum miktar 1684 ile 2644 arasında değişim göstermektedir. Bir yıl boyunca depoda bu parçaya ait miktar, tedarikçinin erken getirdiği durumlarda, geç getirdiği durumlara göre daha fazla olmuştur. Çünkü erken gelen parçalar depoda yığılmalara neden olmaktadır.

Tablo 5.29. R Parçasına Ait Depo Miktarları

	Parçalar	R
Alt Senaryo 1 (TEG = 1; TGG = 0)	Minimum Miktar	30
	Maksimum Miktar	1.684
Alt Senaryo 2 (TEG = 3; TGG = 0)	Minimum Miktar	30
	Maksimum Miktar	2.644
Alt Senaryo 3 (TEG = 5; TGG = 0)	Minimum Miktar	30
	Maksimum Miktar	2.644
Alt Senaryo 4 (TEG = 7; TGG = 0)	Minimum Miktar	30
	Maksimum Miktar	2.768
Alt Senaryo 5 (TEG = 0; TGG = 1)	Minimum Miktar	30
	Maksimum Miktar	1.684
Alt Senaryo 6 (TEG = 0; TGG = 3)	Minimum Miktar	-766
	Maksimum Miktar	1.684
Alt Senaryo 7 (TEG = 0; TGG = 5)	Minimum Miktar	-840
	Maksimum Miktar	1.684
Alt Senaryo 8 (TEG = 0; TGG = 7)	Minimum Miktar	-966
	Maksimum Miktar	1.684
Alt Senaryo 9 (TEG = 1; TGG = 1)	Minimum Miktar	30
	Maksimum Miktar	1.684
Alt Senaryo 10 (TEG = 3; TGG = 3)	Minimum Miktar	-596
	Maksimum Miktar	2.644
Alt Senaryo 11 (TEG = 5; TGG = 5)	Minimum Miktar	-716
	Maksimum Miktar	2.644
Alt Senaryo 12 (TEG = 7; TGG = 7)	Minimum Miktar	-720
	Maksimum Miktar	2.644

Parça bazlı sonuçların ardından Senaryo 4 sonucunda bir yıl boyunca depoda oluşan toplam miktarların incelendiği sonuç tablosu aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 5.30. Senaryo Bazlı Depo Kapasiteleri

Senaryolar	Maksimum Depo Kapasitesi	Artış Yüzdesi
Mevcut Durum (TEG = 0; TGG = 0)	34611	-
Alt Senaryo 1 (TEG = 1; TGG = 0)	34611	%0
Alt Senaryo 2 (TEG = 3; TGG = 0)	46425	%34
Alt Senaryo 3 (TEG = 5; TGG = 0)	50400	%46
Alt Senaryo 4 (TEG = 7; TGG = 0)	56596	%64
Alt Senaryo 5 (TEG = 0; TGG = 1)	34611	%0
Alt Senaryo 6 (TEG = 0; TGG = 3)	34239	-%1
Alt Senaryo 7 (TEG = 0; TGG = 5)	34239	-%1
Alt Senaryo 8 (TEG = 0; TGG = 7)	33739	-%3
Alt Senaryo 9 (TEG = 1; TGG = 1)	34611	%0
Alt Senaryo 10 (TEG = 3; TGG = 3)	40668	%18
Alt Senaryo 11 (TEG = 5; TGG = 5)	45197	%31
Alt Senaryo 12 (TEG = 7; TGG = 7)	47084	%36

Tablo 5.30.'da görüldüğü gibi, tedarikçiden kaynaklı belirsizliğin yıllık depo kapasitesine etkisi büyük olmaktadır. Belirsizlik olmayan senaryolara nazaran bu senaryoda oluşan maksimum depo kapasiteleri, alt senaryolarda birbirinden oldukça farklı değerler almıştır. Bunun sebebi belirsizlik olduğu gibi, erken getirmenin geç

getirmeye nazaran depodaki miktarı daha fazla etkilediğini söylemek mümkündür. Ürünler geç geldiğinde, depoda bekleme yapmadan hızlıca üretime geçtiği için depodaki miktarlar düşüş göstermiştir. Örneğin, 5 güne kadar erken getirmeye olanak tanınan Alt Senaryo 3'te mevcut duruma göre depo kapasitesi %46'lık çok ciddi bir artış gösterirken, 5 güne kadar geç getirme senaryosu olan Alt Senaryo 7'de, depo kapasitesi artıştan ziyade düşüş göstermiştir.

Tedarikçinin beklenenden erken getirmesi istenilen bir durum gibi gözükmese de karşın, eğer işletmenin elindeki depo, aradaki miktar artışını karşılayacak alana sahip değilse, bu durum pek cazip olmayacaktır. Dolayısıyla, tedarikçinin erken getirmesi her zaman olumlu bir durum olmayabilir.

Görülmektedir ki, 3 güne kadar erken getirişler %40'a yakın oranda daha büyük bir depoya gereksinim oluşturacaktır. Aksi durumda depo kiralanması ya da parçaların daha kötü şartlarda saklanması gerekecek ve elde bulundurma maliyetleri, yıpranma, aşınma gibi durumlardan dolayı daha çok artacaktır.

Bir yıl boyunca farklı farklı parçaların erken gelmesi, o anda o parçaya duyulan gereksinim doğrultusunda rahatlatıcı bir durum oluşturabilir. Ancak, uzun vadede bu durum, malzeme ihtiyaç planı yazılımı ve sisteminde ve depoda sürekli bekler halde gözüken parça yığınlarının oluşmasına davetiye çıkaracaktır. Sonuç olarak, erken gelmeden kaynaklanan depo hacminin karşılanabilecek olması gerekir. Depo, erken ya da geç getirmenin doğuracağı sonuçların üstesinden gelebilecek yapıda olmalıdır. Planlamalar yapılırken tüm bu faktörler göz önüne alınmalıdır.

Aşağıdaki Tablo 5.31.'de, tedarikçiden kaynaklı belirsizlik altında, her alt senaryo için bir yıl boyunca depoda bulunan miktarların oluşturduğu elde bulundurma maliyetleri (EBM), yıl boyunca verilen siparişlere bağlı olarak oluşan sipariş maliyetleri (SM) gösterilmektedir. Bununla beraber, bu senaryoya özel olarak tanımlanan ve hesaplanan, tedarikçilerden dolayı oluşan belirsizlik sonucunda işletmenin yaşadığı gecikme ve diğer problemlerin oluşturduğu maliyet olan belirsizlik maliyeti (BM) ve toplam maliyetler gösterilmektedir.

Tablo 5.31. Senaryo 4 – Maliyet Tablosu

			Artış Yüzdesi
Mevcut Durum (TEG = 0; TGG = 0)	SM	898.000	
	EBM	26.695.181	
	BM	0	
	Toplam	27.593.181	-
Alt Senaryo 1 (TEG = 1; TGG = 0)	SM	898.000	
	EBM	26.695.181	
	BM	0	
	Toplam	27.593.181	%0
Alt Senaryo 2 (TEG = 3; TGG = 0)	SM	898.000	
	EBM	27.638.010	
	BM	0	
	Toplam	28.536.010	%3
Alt Senaryo 3 (TEG = 5; TGG = 0)	SM	898.000	
	EBM	28.688.121	
	BM	0	
	Toplam	29.586.121	%7
Alt Senaryo 4 (TEG = 7; TGG = 0)	SM	898.000	
	EBM	29.777.408	
	BM	0	
	Toplam	30.675.408	%11
Alt Senaryo 5 (TEG = 0; TGG = 1)	SM	898.000	
	EBM	26.695.181	
	BM	0	
	Toplam	27.593.181	%0
Alt Senaryo 6 (TEG = 0; TGG = 3)	SM	898.000	
	EBM	25.967.556	
	BM	-1.362.280	
	Toplam	28.227.836	%2
Alt Senaryo 7 (TEG = 0; TGG = 5)	SM	898.000	
	EBM	25.137.047	
	BM	-3.036.910	
	Toplam	29.071.957	%5
Alt Senaryo 8 (TEG = 0; TGG = 7)	SM	898.000	
	EBM	24.360.983	
	BM	-4.640.845	
	Toplam	29.899.828	%8
Alt Senaryo 9 (TEG = 1; TGG = 1)	SM	898.000	
	EBM	26.695.181	
	BM	0	
	Toplam	27.593.181	%0
Alt Senaryo 10 (TEG = 3; TGG = 3)	SM	898.000	
	EBM	26.739.288	
	BM	-724.505	
	Toplam	28.361.793	%3
Alt Senaryo 11 (TEG = 5; TGG = 5)	SM	898.000	
	EBM	26.867.453	
	BM	-1.487.010	
	Toplam	29.252.463	%6
Alt Senaryo 12 (TEG = 7; TGG = 7)	SM	898.000	
	EBM	26.965.336	
	BM	-2.350.570	
	Toplam	30.213.906	%9

Belirsizlik sonucunda geç gelen parça sayısının artması belirsizlik maliyetini artırırken, zamanından erken gelen parçalar ise elde bulundurma maliyetini artıracaktır.

Tabloda da görüldüğü üzere, sipariş maliyetlerinde herhangi bir değişiklik yoktur. Bunun sebebi, tüm senaryolarda aynı SSM değerlerinin kullanılması dolayısıyla sipariş sayılarının değişmemesidir.

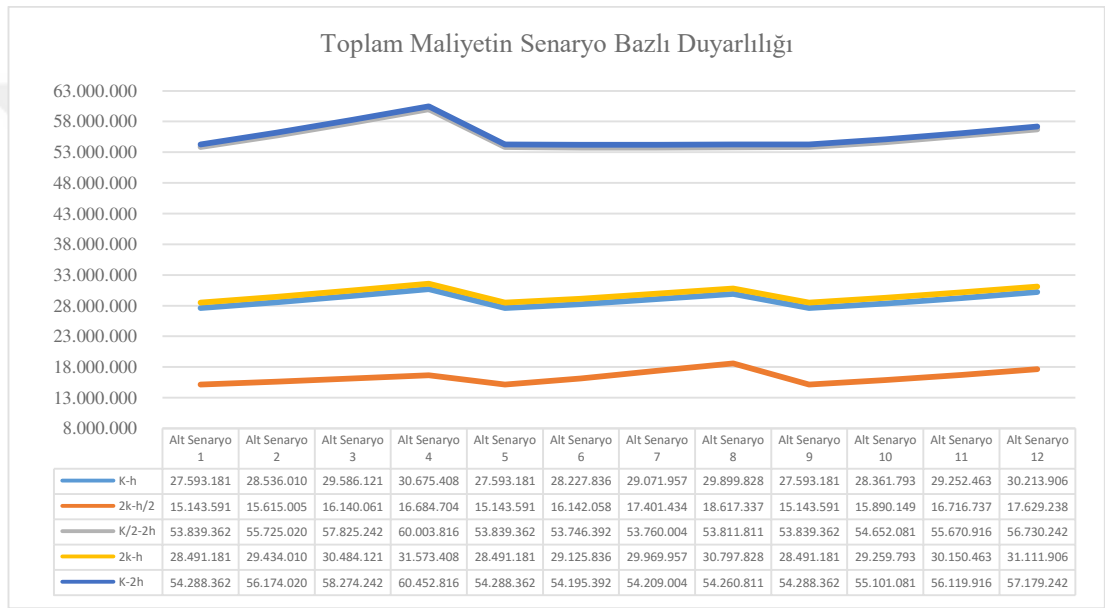
Tedarikçinin sadece erken getirmesinin denendiği alt senaryolar incelendiğinde (Alt Senaryo 1, 2, 3 ve 4), toplam maliyetin mevcut duruma göre artış gösterdiği görülmektedir. Örneğin, Alt Senaryo 4 için mevcut duruma göre artış oranı %11 olarak gerçekleşmiştir. Burada açıkça, tedarikçinin erken getirdiği parçaların depoda beklemesi sonucu oluşan elde bulundurma maliyetindeki artışın etkili olduğu görülebilmektedir. Planlanandan erken gelen parçaların 1 gün, 3 gün, 5 veya 7 gün erken gelmesi, erken geldiği günden üretim takviminde imalata alınincaya kadar depoda beklemesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla, bekleyen bu parçalar bekledikçe yıpranmaları artacak, aşınma vb. durumlara maruz kalacak ve belki de bekleme şartlarına bağlı olarak kullanılamaz hale gelebilecektir. Bu sebeple de, elde bulundurma maliyeti ciddi bir artış gösterecektir.

Tedarikçinin sadece geç getirmesinin incelendiği alt senaryolarda (Alt Senaryo 5, 6, 7 ve 8), toplam maliyetin zamanında getirmeye göre %8'e kadar artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Toplam maliyetin artışında belirsizlik maliyetinin (BM) rol oynadığı görülmektedir. Bahsi geçen senaryolarda elde bulundurma maliyetleri düşüş göstermiştir ancak, tedarikçinin geç getirmesinin işletmeye oluşturduğu belirsizlik maliyeti değeri toplam maliyeti bu düşüşe rağmen artırabilecek büyüklükte gerçekleşmiştir. Tedarikçiden gelmesi beklenen ancak planlandığı zamanda gelmeyen parçalar olduğunda, bu durum üretimin aksamasına ve hatta durmasına bile neden olabilir. Özellikle bu gecikmeler 5 gün ya da 1 haftayı bulduğunda ise, işletme için son derece büyük kayıplara yol açacaktır. Aksayan bir üretim, geciken bir sipariş, işletmeden ürün almaktan vazgeçen müşteriler ve daha fazlasına geç gelen bir parça sebep olabilir. Dolayısıyla, bu durumların bazıları maddi olarak ölçülebilir iken

bazıları ölçülemeyecek zararlardır ve işletmeleri ciddi zorluklarla baş başa bırakabilirler.

5.7.4.2. Senaryo 4 – Duyarlılık incelemesi

Şekil 5.15.'te Senaryo 4'ün alt senaryoları sonucunda ortaya çıkan toplam depo maliyetlerinin, sipariş ve elde bulundurma maliyetlerinin değişimine karşı olan duyarlılığı incelenmiştir.



Şekil 5.15. Toplam Maliyetin Duyarlılığı

Tablo 5.32.'de, Senaryo 4 kapsamında gerçekleştirilen alt senaryoların her biri için tüm maliyet kalemlerinin farklı sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyeti değerleri açısından incelenmesine yer verilmiştir. Tabloda da görüldüğü üzere, sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyetlerinin değişimi toplam maliyeti ciddi ölçüde değişikliğe uğratmaktadır. İşletmenin planlanan bir deponun kurulması sonucunda, parça akışından dolayı hangi durumda ne kadarlık bir maliyet ile karşılaşacağı bilgisinin yer aldığı böylesine bir tablonun, Ar-Ge aşamasında olan bir ürün için işletme yönetimine önemli bilgiler vereceği düşünülmektedir. İstenildiği zaman, o anki şartlar doğrultusunda maliyetler değiştirilerek, durumun nasıl sonuç vereceği incelenebilir.

Tablo 5.32. Senaryo 4 - Duyarlılık

	Toplam	K-h	2k-h/2	K/2-2h	2k-h	K-2h
	K	1	2	0,5	2	1
	h	1	0,5	2	1	2
Alt Senaryo 1 (TEG = 1; TGG = 0)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	26.695.181	13.347.591	53.390.362	26.695.181	53.390.362
	BM	0	0	0	0	0
	Toplam	27.593.181	15.143.591	53.839.362	28.491.181	54.288.362
Alt Senaryo 2 (TEG = 3; TGG = 0)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	27.638.010	13.819.005	55.276.020	27.638.010	55.276.020
	BM	0	0	0	0	0
	Toplam	28.536.010	15.615.005	55.725.020	29.434.010	56.174.020
Alt Senaryo 3 (TEG = 5; TGG = 0)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	28.688.121	14.344.061	57.376.242	28.688.121	57.376.242
	BM	0	0	0	0	0
	Toplam	29.586.121	16.140.061	57.825.242	30.484.121	58.274.242
Alt Senaryo 4 (TEG = 7; TGG = 0)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	29.777.408	14.888.704	59.554.816	29.777.408	59.554.816
	BM	0	0	0	0	0
	Toplam	30.675.408	16.684.704	60.003.816	31.573.408	60.452.816
Alt Senaryo 5 (TEG = 0; TGG = 1)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	26.695.181	13.347.591	53.390.362	26.695.181	53.390.362
	BM	0	0	0	0	0
	Toplam	27.593.181	15.143.591	53.839.362	28.491.181	54.288.362
Alt Senaryo 6 (TEG = 0; TGG = 3)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	25.967.556	12.983.778	51.935.112	25.967.556	51.935.112
	BM	-1.362.280	-1.362.280	-1.362.280	-1.362.280	-1.362.280
	Toplam	28.227.836	16.142.058	53.746.392	29.125.836	54.195.392
Alt Senaryo 7 (TEG = 0; TGG = 5)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	25.137.047	12.568.524	50.274.094	25.137.047	50.274.094
	BM	-3.036.910	-3.036.910	-3.036.910	-3.036.910	-3.036.910
	Toplam	29.071.957	17.401.434	53.760.004	29.969.957	54.209.004
Alt Senaryo 8 (TEG = 0; TGG = 7)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	24.360.983	12.180.492	48.721.966	24.360.983	48.721.966
	BM	-4.640.845	-4.640.845	-4.640.845	-4.640.845	-4.640.845
	Toplam	29.899.828	18.617.337	53.811.811	30.797.828	54.260.811
Alt Senaryo 9 (TEG = 1; TGG = 1)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	26.695.181	13.347.591	53.390.362	26.695.181	53.390.362
	BM	0	0	0	0	0
	Toplam	27.593.181	15.143.591	53.839.362	28.491.181	54.288.362
Alt Senaryo 10 (TEG = 3; TGG = 3)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	26.739.288	13.369.644	53.478.576	26.739.288	53.478.576
	BM	-724.505	-724.505	-724.505	-724.505	-724.505
	Toplam	28.361.793	15.890.149	54.652.081	29.259.793	55.101.081
Alt Senaryo 11 (TEG = 5; TGG = 5)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	26.867.453	13.433.727	53.734.906	26.867.453	53.734.906
	BM	-1.487.010	-1.487.010	-1.487.010	-1.487.010	-1.487.010
	Toplam	29.252.463	16.716.737	55.670.916	30.150.463	56.119.916
Alt Senaryo 12 (TEG = 7; TGG = 7)	SM	898.000	1.796.000	449.000	1.796.000	898.000
	EBM	26.965.336	13.482.668	53.930.672	26.965.336	53.930.672
	BM	-2.350.570	-2.350.570	-2.350.570	-2.350.570	-2.350.570
	Toplam	30.213.906	17.629.238	56.730.242	31.111.906	57.179.242

İşletmenin dikkat etmesi gereken noktalardan biri, eğer erken getirme, üretimin tamamlanma süresini ve projenin tamamlanma süresini öne çekecek bir katkı sağlayacaksa, depo planlanırken erken getirmeden kaynaklanacak bu artışları karşılayabilecek kapasitede olması amaçlanmalıdır. Benzer şekilde, erken getirmeden dolayı artış gösteren elde bulundurma maliyetleri, işletme için katlanılabilir bir seviyede tutulmalıdır. Erken getirme, depo kapasitesini artırdığı için, bu artış iyi analiz edilmelidir. Eğer depoda bu artışı karşılayabilecek alan mevcut ise erken getirmenin sağladığı bazı cazip avantajlardan yararlanma işletme için kabul edilebilir. Ancak, eğer mevcut depo bu artışı kaldırabilecek bir kapasiteye sahip değilse, erken getirme gerçekleştiğinde projenin tamamlanma süresi kısalsa bile, depo kapasitesinin artışı sonucunda yeni bir depo kiralama gibi ekstra yatırım maliyetleri oluşacağından, sağlanacak fayda ile yatırım maliyetinin karşılaştırılması sonucu karar vermek daha uygun olacaktır.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Sakarya’da savunma sanayinde faaliyet gösteren bir işletme ele alınarak, işletmenin seri üretime geçmeyi düşündüğü bir ürünü için oluşacak depo kapasitesinin ve toplam maliyetin daha Ar-Ge aşamasında belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma ile amaçlanan, işletme yönetimlerine çok önceden bu önemli konularda hızlı ve doğru sonuçlar sunarak, rekabette öne geçmelerini sağlamaktır. Bu doğrultuda, yukarıda bahsedilen sonuçların sadece bu çalışma için ve yukarıda bahsedilen mevcut şartlar için geçerli olduğu göz ardı edilmemelidir. Ancak, çalışmaya kazandırılan esnek yapı sayesinde, ileride başka firmalar için, değişen şartlarda, farklı sonuçlar almak mümkündür. Mevcut modelin altyapısı bu durum öngörülerek hazırlanmıştır.

Çalışma sonucunda, bu işletmenin mevcut şartlar ve değerler altında, Ar-Ge aşamasında seçeceği stok kontrol politikasının, depo kapasitesini ciddi oranda etkilediği görülmektedir. Benzer şekilde, deponun oluşturacağı maliyetlerin, belirlenen stok kontrol politikası ile doğrudan ilişkili olduğu ve depodaki miktarı ciddi oranda artıran unsurların, avantaj gibi görünmesine rağmen kabul edilmesinin akılcı bir karar olmayacağı vurgulanmaktadır. Görülmektedir ki, politikada yapılacak küçük bir değişikliğin etkisi, tahmin edilenden daha büyük olacaktır.

Ortaya çıkan sonuçlardan bir diğeri, işletme için mevcut şartlar altında elde bulundurma maliyetinin, sipariş maliyetine nazaran çok daha önemli olduğudur. İşletme, elde bulundurma maliyetini oluşturan, yıpranma, aşınma, sermayenin fırsat maliyeti, bozulma vb. alt unsurları iyi analiz etmeli ve gerekirse bu konuda bir çalışma yapılarak elde bulundurma maliyetini azaltabilme yolunda adımlar atmalıdır.

Çalışma sonucunda, tedarik edilen parçalar için belirlenecek olan parti büyüklüğü değerinin, depo kapasitesinde ve maliyetlerde ciddi değişimlere sebep olduğu

görülmüştür. İşletmenin bu değerleri kendi başına ya da tedarikçi ile beraber belirlerken doğru değerleri belirlemesi elzemdir. Ayrıca, tedarikçiden dolayı gerçekleşen belirsiz ürün teslim tarihleri de işletmeleri hem depo büyüklüğü hem de maddi olarak zora sokan ciddi unsurlar olarak göze çarpmıştır. Bu belirsizlikleri azaltabilecek ya da tamamen ortadan kaldıracabilecek yönde çalışmalar yapılmalıdır.

Bu çalışma, şunu göstermektedir ki, basit gibi görünen bir karar aslında kolayca tahmin edilemeyecek büyüklükte etkileyen ve kötü sonuçlar oluşturabilir. Dolayısıyla, basit gibi görünen yatırımsal kararlar, öncesinde kapsamlı çalışma ve analizlere ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışma ile işletme, farklı alternatif durumlar ve senaryolar sonucunda ihtiyaç duyacağı depo kapasitesini ve oluşacak deponun işletmenin karşısına çıkaracağı maliyetleri daha Ar-Ge aşamasında öngörebilecektir. Çalışma, işletme yönetimlerine, henüz Ar-Ge aşamasında, farklı senaryolar sayesinde pek çok farklı bilgi sunmaktadır. Böyle bir çalışma yapılmadan alınacak yatırım kararları, deponun önünde bekleyen yığınlara, değişen talep sonucunda elde kalan parçalara, tedarikçinin erken getirmesi neticesinde uğranılan zararlara, geç getirmeden kaynaklı üretim aksamalarına veya durmalarına gibi pek çok sonuca davetiye çıkaracaktır. Ancak bu çalışma ile böyle durumlara önceden önlem almak ve depo kiralama, ekstra nakliye maliyetleri, yeniden siparişler, fazladan elde bulundurma maliyetleri gibi can sıkıcı durumların önüne geçebilmek mümkün olmuştur.

Gelecekte bu çalışmanın devamı niteliğinde, yine gerçek dünyada çalışmalarına devam eden kuruluş ya da kuruluşlara, kendi şartlarına uygun olarak modele eklemeler yapılacak ve sonuçlar üretilecektir. Ayrıca, bu problemin özelliği nedeniyle deterministik alınan taleplerin rassal olarak ele alınması, fabrikalarda yaşanan durma vs. nedenlerden kaynaklı belirsizliğin modele eklenmesi, başlangıç ve emniyet stoklarının dâhil edilmesi ve maliyetlerin değişken olması gibi senaryoların da gelecekte modele eklenmesi düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akın, N. G. 2010. Yalın İmalat Sistemlerinde Performansa Etki Eden Faktörlerin Simülasyon Kullanılarak Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Ascheuer N., Groëtschel M., Atef A. A., Hamid A., 1999. Order Picking In An Automatic Warehouse: Solving Online Asymmetric Tsps. *Math Meth Oper Res* 49:501-515.
- Atçı, B., Gürsoy, G., Nazar, R., Sen D., Kus, P., 1997. Denetimsiz Eşdüzey Kavşaklarda Kazalar, Üçüncü Uluslararası Travmatoloji ve Trafik Kazaları Kongresi, Ankara.
- Aybar, E. 2008. A Storage Assignment Problem With Multi-Stop Picking Tours In An Automotive Spare Parts Warehouse. Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Baker, P., Canessa, M., 2009. Warehouse Design: A Structured Approach, *European Journal Of Operational Research*, 193, Pp. 425–436.
- Ballard, R.L., 1996. Methods Of Inventory Monitoring And Measurement, *Logistics Information Management*, Vol. 9, No. 3, Pp. 11–18.
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L. 1996. *Discrete - Event System Simulation*, 2.Baskı, New Jersey: Prentice Hall, S.4-5.
- Baudrillard, J. 2005. Simülakrlar ve Simülasyon, Ankara: Doğu Batı Yayınları, S.14.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M. B. 2002. *Supply Chain Logistics Management*, Mc-Graw Hill, New-York.
- Bowersox, D.J., Closs, D.J. 1996. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*, Mcgraw Hill, Singapore.
- Brewer, A. M., Button, K. J., Hensher, D. A. 2001. *Handbook Of Logistics And Supply Chain Management*, Pergamon, Amsterdam.
- Caron, F., Marchet, G., Perego, A., 2000. Layout Design In Manual Picking Systems: A Simulation Approach. *Integrated Manufacturing Systems*, Mcb University.
- Chew, E.P., Tang L.C., 1999. Travel Time Analysis For General Item Location Assignment In A Rectangular Warehouse. *European Journal Of Operational Research*, Elsevier.
- Chianga, D.M.H., Lina C.P., Chen, M.C., 2011. The Adaptive Approach For Storage Assignment By Mining Data Of Warehouse Management System For Distribution Centers. *Enterprise Information Systems*, Vol. 5, No. 2, 219–234, Taylor & Francis.

- Colson, G., Dorigo, F., 2004. "A Public Warehouses Selection Support System", European Journal Of Operational Research, 153: 332-349.
- Connolly, C., 2008. Warehouse Management Technologies, Sensor Review, Vol. 28, No. 2, Pp. 108–114.
- Çavuşlar, M. 2007. Depo Yönetimi, Lojistik ve Yönetim Dizisi, Aydınlar Matbaacılık, İstanbul.
- Diaz, R., 2010. Using Optimization Coupled With Simulation To Construct Layout Solutions. Modeling, Analysis, And Simulation Center, Virginia.
- Egas, M., Masel, D., 2012. Determining Warehouse Storage Location Assignments Using Clustering Analysis.
- Erdal, M., Çancı, M. 2003. Lojistik Yönetimi-Freight Forwarder El Kitabı 1, Utikad Yayını, Erler Matbaası, İstanbul.
- Erdoğan, N. 2007. Lojistik Maliyetlemesi ve Lojistikte Faaliyete Dayalı Maliyetleme, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları; No: 1748, Eskişehir.
- Erkut, H. 1991. Yönetimde Simülasyon Yaklaşımları, İrfan Yayıncılık, İstanbul.
- Erkut, H. 1992. Yönetim Simülasyon Yaklaşımı, İstanbul: İrfan, S.32.
- Etçioğlu E. 2009. Kapasite Planlamasının Simülasyon Tekniği İle Optimizasyonu ve Bir İmalat İşletmesi Uygulaması, Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Evinsel, C. 2010. Depo Tasarımı ve Yerleşimi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Faber, N., De Koster R.B.M, Van De Velde S.L., 2002. Linking Warehouse Complexity To Warehouse Planning And Control Structure: An Exploratory Study Of The Use Of Warehouse Management Information Systems, International Journal Of Physical Distribution And Logistics Management, Vol. 32, No. 5, Pp. 381–395.
- Falconer, P., Drury, J. 1975. Building And Planning For Industrial Storage And Distribution, The Architectural Press, New-York.
- Filippo Q., Flavio T., Maurizio S., Nan Ivan Z. P., 2002. Warehouse Layout Desing: Minimizing Travel Time With A Genetic And Simulative Apporach – Methodology And Case Study Proceedings 14th European Simulation Symposium Scs Europe Bvba, Pp 1-2.
- Frazelle, E. 2001. World-Class Warehousing And Material Handling, Mcgraw-Hill, United States Of America.
- Freese, T.L., 2000a. The Dock Area Layout/Design And Productivity, Principal Of Freese & Associates, Inc., [Http://www.freeseinc.com/Images/Dock_Area.Pdf](http://www.freeseinc.com/Images/Dock_Area.Pdf), Erişim Tarihi: 28.03.2016.
- Freese, T.L., 2000b. Warehouse Layout And Design, Principal Of Freese & Associates, Inc., [Http://www.freeseinc.com/images/warehouse_Layout_And_Design.Pdf](http://www.freeseinc.com/images/warehouse_Layout_And_Design.Pdf), Erişim Tarihi: 06.04.2016.

- Genç, T., 2000. Bekleme Hattı Ve Simülasyon Modelleri İle Türk Silahlı Kuvvetlerinde Örnek Bir Uygulama, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Goetschalckx, M., McGinnis, L., Sharp, G., Bodner, D., Govindaraj, T., Huang, K. 2001. Development Of A Design Methodology For Warehousing Systems: Hierarchical Framework, Proceedings Of The Industrial Engineering Research, Orlando.
- Govindaraj, T., Blanco, E.E., Bodner, D.A., Goetschalckx, M., McGinnis L.F., Sharp G.P., 2000. Design Of Warehousing And Distribution Systems: An Object Model Of Facilities, Functions And Information, The Ieee International Conference On Systems, Man, And Cybernetics, Nashville, Tn, Usa, October 8-11.
- Gözüm, H. B. 2007. Depo Seçimi İçin Geliştirilmiş Sistematiik Bir Metodoloji ve Bir Uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gu, J., Goetschalckx, M., McGinnis, L.F., 2007. Research On Warehouse Operation: A Comprehensive Review, Eur J Oper Res, 177, Pp. 1–21.
- Güler, E., 2006. Depo Yönetiminde Bilgi Teknolojileri Kullanımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gürgeç, E., A. Şahin 2009. “Stratejik Küresel Pazarlama” İçinde Küresel Pazarlarda Dağıtım Stratejileri ve Küresel Lojistik, N. Timur ve A. Özmen Ed., Eflatun Yayınevi, 528-566, Ankara.
- Halaç O. 1982. İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, S.1.
- Halaç, O. 1993. İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, Alfa Basım, İstanbul.
- Hançerlioğulları A., 2006. “Monte Carlo Simülasyon Metodu ve Mcnp Kod Sistemi”, Kastamonu Eğitim Dergisi, Cilt.14, No.2.
- Helleboogh A., Holvoet T., Berbers Y. 2004. Testing Agvs In Dynamic warehouse Environments, Pp.2-4.
- Heragu, S.S., L., Mantel, R.J., Schuur, P.C. 2005. Mathematical Model For Warehouse Design And Product Allocation, International Journal Of Production Research, Volume:43, S.327-338.
- Hill, J.M., 2002. Warehouse Management System Planning, Design And Procurement, The Esync Supply Chain Series.
- Ho, K.C., 2008. Knowledge Based Decision Support System In The Design And Control Of Warehouse Operations. The Hong Kong Polytechnic University.
- Hopbaoglu, F. 2009. Tedarik Zincirinde ve Lojistik Süreçlerde Depo Tasarımı ve Depo Yönetimi: Kozmetik Sektöründe Bir Uygulama. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Hurt J.P. 2003. Application Of Flow Analysis Software To Warehouse Layout Analysis And Design: A Ups Scs Case Study. University Of Louisville.

- İpek, M. 1995. Tam Zamanında Üretim Sistemi ve Bir Simülasyon Uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Kelton, W.D., Law, A.M., 2000. "Simulation Modeling And Analysis", Mcgraw Hill, 3rd Edition, Ohio.
- Korpela, J., Lehmusvaara, A., 1999. "A Customer Oriented Approach To Warehouse Network Evaluation And Design", International Journal Of Production Economics, 59: 135-146.
- Korpela, J., Lehmusvaara, A., Nisonen J., 2007. "Warehouse Operator Selection By Combining Ahp And Dea Methodologies", International Journal Of Production, 108: 135-142.
- Kovacs, A., 2011. Optimizing The Storage Assignment In A Warehouse Served By Milkrun Logistics. International Journal Production Economics, Elsevier.
- Kulatunga A.K., Dharmapriya, U.S.S., 2011. New Strategy For Warehouse Optimization - Lean Warehousing. Proceedings Of The International Conference On Industrial Engineering And Operations Management, Malaysia.
- Lai, K.K., Xue, J., Zhang, G., 2002. Layout Design For A Paper Reelwarehouse: A Two-Stage Heuristic Approach. International Journal Production Economics, Elsevier.
- Lambert, D. M., Stock, J. R., 2000. Strategic Logistic Management, Mc Graw-Hill International Editions, 3. Basım.
- Lambert, D.M., Stock, J.R., Ellram, L.M., 1998. Fundamentals Of Logistics Management, Irwin Mcgraw-Hill, Boston.
- Law, Averill M., Kelton, David M., 1991. Simulation Modeling And Analysis, Mcgraw-Hill, New York.
- Lin, C.H., Lu, I.Y., 1999. The Procedure Of Determining The Order Picking Strategies In Distribution Center. International Journal Of Production Economics, Elsevier Science.
- Liu, C.M., 1999. Clustering Techniques For Stock Location And Order-Picking In A Distribution Center. Computers And Operations Research, Pergamon.
- Liu. C.M., 2004. Optimal Storage Layout And Order Picking For Warehousing. International Journal Of Operations Research, Vol. 1, No. 1, 37-46.
- Li, L., 2007. Supply Chain Management: Concepts, Techniques And Practices, World Scientific Publishing, Singapore.
- Loder, 2006. Lojistik Terimleri Sözlüğü, Loder Lojistik Derneği Yayını, Umar İletişim Hizmetleri, İstanbul.
- Naylor, T.H., Balintfiy, I.L., Burdick, D.S., Chu,K., 1966. Computer Simulation Techniques, John Wiley And Sons,Inc., New York.
- Ocakdan, S. 2010. Arterlerin Yeniden Yapılandırılmasında Simülasyon Tekniği İle Karar Verme ve Bir Kavşak Uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Orhan, O. Z., 2003. Dünyada ve Türkiye'de Lojistik Sektörünün Gelişimi, İto, İstanbul.

- Orzechowska, J., Bazı, A.A., 2010. Developing Linear Programming Model To Improve Warehouse Management Process. International Conference On Automation And Computing, Uk.
- Önüt, S., Tuzkaya, U.R., Doğaç, B., 2007. A Particle Swarm Optimization Algorithm For The Multiple-Level Warehouse Layout Design Problem, Computers And Industrial Engineering, 54, Pp. 783–799.
- Özçakar, N., Görener, A., Arıkan, M.V., 2012. Depolama Sistemlerinde Sipariş Toplama Sistemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu. İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi.
- Özçift A., 2010. Otomotiv Endüstrisinde Simülasyon Çalışması, Kocaeli Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Özden Ü.H., 2008. “İstatistiksel Simülasyon”, Benzetim Semineri, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Öztürk A. 2011. Otomatik Depolama ve Boşaltma Sisteminde Optimum Çekme Politikasının Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Pohl L.M., Meller R.D., Gue K.R., 2009. An Analysis Of Dual-Command Operations in Common Warehouse Designs. Transportation Research Part E 45, 367–379.
- Ramu, N.V. 1996. Design Methodology For Modeling Warehouse Internal Layout Integrated With Operating Policies. Graduate School Of Clemson University.
- Rao, A.K., Rao, M.R., 1998. “Theory And Methodology: Solution Procedures For Sizing Of Warehouses”, European Journal Of Operational Research, 108: 16-25.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G.J., Mantel, R.J., 2000. Warehouse Design And Control: Framework And Literature Review, European Journal Of Operational Research, 122, Pp. 515-533.
- Salvendy, G, 2000. Handbook Of Industrial Engineering: Technology And Operations Management, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Scarf H., 1960. “Optimal Policies For A Multi-Echelon Inventory Problem.” Management Science 6, 475-90.
- Shannon, R. E., 1975. Systems Simulation : The Art And Science, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc, S.2.
- Sharma, R.R.K., Berry, V., 2007. “Developing New Formulations And Relaxations Of Single Stage Capacitated Warehouse Location Problem Sscwlp: Empirical Investigation For Assessing Relative Strengths And Computational Effort”, European Journal Of Operational Research: 177: 803-812.
- Simushkov A., 2009. Estimation Of Opportunities Of Technical Realization Of The Project “Common Information Area Of Transport And Logistics Complex” Pp:2.
- Süer, Ü. 2012. Çağdaş Depo Tasarımı Kırtasiye Sektöründe Bir Uygulama. Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Taha, H. A. 2007. Yöneylem Araştırması, Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf Çev. 6.Basımdan Çeviri.

- Takcı E. 2013. Bir İmalat İşletmesinde Simülasyon Yardımıyla Süreç İyileştirme Uygulaması: Kayseri Gürkar Tekstil Örneği, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Taner, M. E. 2012. Konteynır Terminallerinde Yerleşim Düzenlemelerinin Simülasyon İle Analizi, Pamukkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Tezcan, I. 2007. Sektörel Lojistik Yönetimi Sistemlerinde Depo Tasarım Metodolojisi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tippayawong, K.Y., Sopadang, A., Patitad, P., 2013. Improving Warehouse Layout Design Of A Chicken Slaughterhouse Using Combined Abc Class Based And Optimized Allocation Techniques. Proceedings Of The World Congress On Engineering, London.
- Tompkins, J.A., Harmelink, D.A., 1994. The Distribution Management Handbook, Mcgraw-Hill, United States Of America.
- Tompkins, J.A., Smith, J.D., 1998. The Warehouse Management Handbook, Tompkins Pres, Raleigh, North Carolina.
- Tuna T. 2014. Depo Planlaması ve Ürünlerin Depolara Atanması Probleminin Sezgisel Algoritmalar İle Çözümü, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Turan, G. 2006. Depo Sistemleri ve Depo Tasarımı. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tütek H., Gümüsoğlu Ş. 2000. Sayısal Yöntemler-Yönetmel Yaklaşım, İstanbul: Beta Basım Yayım A.Ş.
- Ukpebor, O., 2013. Materials Lead Time Reduction In Semiconductor Equipment Manufacturing Plant Warehouse Design And Layout. Boston University.
- Van Den Berg, J.P., Zijm, W.H.M., 1999. Models For Warehouse Management: Classification And Examples, Int. J. Production Economics, 59, Pp.519–528.
- Yener, F. 2014. Veri Madenciliği ve Optimizasyon Teknikleri Kullanılarak Bir Depo Tasarımı: Perakende Sektöründe Uygulaması, Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldıztekin, A., 2004. Depolama, Hızı Sıfır Olan Taşımacılıktır, Ambar Dergisi, 9, 20–21.
- Yılmaz, Ö.F. 2012. Bekleyen Sipariş Durumunda Sürekli Gözden Geçirmeye Dayalı Olasılıklı (R,Q) Stok Kontrol Modeli ve Depo Yapısı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yükçü, S. 2007. Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi, Birleşik Matbaacılık, 6. Baskı, İzmir.
- Zerangue, N.F., Bodner, D.A., Govindaraj, T., Karathur, K.N., McGinnis, L.F., Goetschalckx, M., Sharp, G.P., 2001. A Process Model Of Expertise In The Design Of Warehousing And Distribution Systems, Proceedings Of The 2001 IEEE International Conference On Systems, Man, And Cybernetics, Tucson, Az, Pp. 3403-3408.

ÖZGEÇMİŞ

Onur CANPOLAT, 1990 yılının Temmuz ayında Elazığ'da dünyaya gelmiştir. İlk ve orta öğrenimini Elazığ'da tamamladıktan sonra 2008 ÖSS sınavı sonucunda Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazanmıştır. Üniversite eğitimini, ilk yılın sonunda yatay geçiş ile geldiği Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde 2012 yılında tamamlamıştır. Mezuniyetinden sonra 1 yıl boyunca özel bir firmada ERP (kurumsal kaynak planlama) proje yöneticisi olarak görev yapmıştır. Yüksek lisans eğitimine Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda devam etmektedir. 2014 yılının Nisan ayından beri Fırat Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.