

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DEPO YÖNETİMİ İÇİN PARTİ VE BÖLGE SİPARİŞ
TOPLAMA STRATEJİLERİNİN OPTİMİZASYONU VE
UYGULAMASI**

**Hazırlayan
İlknur YAVUZ**

**Danışman
Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT**

Yüksek Lisans Tezi

**NİSAN 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DEPO YÖNETİMİ İÇİN PARTİ VE BÖLGE SİPARİŞ
TOPLAMA STRATEJİLERİNİN OPTİMİZASYONU VE
UYGULAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
İlknur YAVUZ**

**Danışman
Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FYL-2018-8102 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

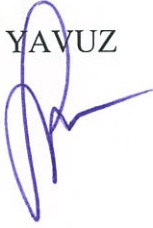
**Nisan 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

İlknur YAVUZ

İmza :



YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Depo Yönetimi İçin Parti Ve Bölge Sipariş Toplama Stratejilerinin Optimizasyonu Ve Uygulaması” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.


Tezi Hazırlayan

İlknur YAVUZ


Danışman

Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT

Endüstri Mühendisliği ABD Başkanı


Prof. Dr. Mithat ZEYDAN

Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT danışmanlığında **İlknur YAVUZ** tarafından hazırlanan “**Depo Yönetimi İçin Parti Ve Bölge Sipariş Toplama Stratejilerinin Optimizasyonu Ve Uygulaması**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

30 / 04 / 2019

(Tez savunma sınav tarihi yazılacaktır.)

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Feyza GÜRBÜZ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz DELİCE

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 21/05/2019 tarih ve 2019/31-05 sayılı kararı ile onaylanmıştır.


21 / 05 / 2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bana yol gösteren yardım ve destekleri ile beni cesaretlendiren çalışmam süresince hoşgörüsünü ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT'e, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan ve bana herkesten çok güvenen çok değerli annem ve babama, her kararımdayanımda olarak beni destekleyen, motive eden ve bana azim veren çok kıymetli eşime teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FLY-2018-8102) teşekkür ederim.

DEPO YÖNETİMİ İÇİN PARTİ VE BÖLGE SİPARİŞ TOPLAMA STRATEJİLERİNİN OPTİMİZASYONU VE UYGULAMASI

İlknur YAVUZ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2019
Danışman: Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT

ÖZET

Günümüzde artan ürün çeşitliliği, değişen müşteri talepleri, üretim ve depolama sistemleri teknolojilerinin gelişmesi lojistik sektöründe rekabeti artırmıştır. Lojistik faaliyetler içinde depolama sistemleri hizmet kalitesi açısından oldukça kritik bir rol oynamaktadır. Depoların birçoğunda sipariş toplama ana faaliyettir ve toplam dağıtım merkezi işletme maliyetinin yarıdan fazlasını oluşturmaktadır. Bu nedenle sipariş toplama faaliyetlerinin en etkin şekilde gerçekleştirilmesi işletmeler için büyük önem taşımaktadır.

Yapılan tez çalışmasında, depo yönetiminde sıklıkla kullanılan iki farklı depolama stratejisi birbirleri ile farklı alternatifler için karşılaştırılmış hangi stratejinin daha iyi performans gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada parti ve bölge sipariş toplama stratejileri dikkate alınmıştır. Parti sipariş toplama stratejisi farklı toplayıcı sayıları ile çalışılmıştır. Bölge sipariş toplama stratejisi farklı toplayıcı sayıları ve 1, 2, 4 koridor olmak üzere 3 farklı bölge büyüklüğü ile çalışılmıştır.

Stratejilerin performanslarını karşılaştırmak için amaç fonksiyonu toplanamayan toplam öge sayısı olan bir matematiksel model kullanılmıştır. Bu matematiksel model her alternatif için çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde yüksek sipariş sayısı ve yüksek ürün sayılarının olduğu depolama sistemlerinde bölge toplama stratejisinin parti toplama stratejisinden daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: depolama sistemleri, sipariş toplama, parti sipariş toplama stratejisi, bölge sipariş toplama stratejisi, matematiksel model.

OPTIMIZATION AND IMPLEMENTATION OF BATCH AND ZONE ORDER PICKING STRATEGIES FOR WAREHOUSE MANAGEMENT

İlknur YAVUZ

Erciyes University, Institute of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, April 2019

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ercan ŞENYİĞİT

ABSTRACT

Nowadays, increasing variety of product, changing customer demands, production and storage systems technologies have increased competition between the logistics sector. In logistics activities, storage systems plays very important critical role in terms of service quality. Most of the storages order picking is the main activity and the total distribution centre accounts for more than half of the operating cost. Therefore, it is very important for businesses to realize order collection activities in the most efficient way. In the thesis study, two different storage strategies frequently used in warehouse management were compared with each other for different alternatives. It has been tried to determine which strategy performs better.

In this study focused on batch and zone order picking strategies were taken into consideration. As a batch order picking strategy has been studied with different collector numbers. In zone order picking strategy has been studied with 3 different region sizes: 1, 2 and 4 corridors.

In order to compare the strategies, a mathematical model consisting of the total number of items whose objective function could not be collected was used. This mathematical model is solved for each alternative. When the results are examined, it can be determined that the regional collection strategy gives better results than the collection strategy in the storage systems where there are high number of orders and high product numbers.

Keywords: storage systems, order picking, batch order picking strategy, zone order picking strategy, mathematical model.

İÇİNDEKİLER

DEPO YÖNETİMİ İÇİN PARTİ VE BÖLGE SİPARİŞ TOPLAMA STRATEJİLERİNİN OPTİMİZASYONU VE UYGULAMASI

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Depolama Ve Depo Yönetimi	3
1.1.1. Depo Ve Depolama Tanımı.....	3
1.1.2. Depoların Sınıflandırılması	3
1.1.3. Depolama Süreçleri ve Yönetimi	4
1.2. Sipariş Toplama Sistemleri	5
1.2.1. Sipariş Toplama Kavramı Ve Temel Adımları	5
1.2.2. Sipariş Toplama Sistemlerinin Sınıflandırılması	6
1.2.3. Sipariş Toplama Stratejileri.....	6
1.2.3.1. Kesikli Toplama.....	6

1.2.3.2. Parti Toplama	7
1.2.3.3. Bölge Toplama	8
1.2.3.4. Kova Ekibi Toplama	9
1.2.3.5. Dalga Toplama	10
1.2.4. Sipariş Toplama Sistemlerinin Planlanması ve Kontrolü	10
1.2.4.1. Stoklama	10
1.2.4.2. Rotalama	11
1.2.4.3. Gruplama	12
1.2.4.4. Ayırıştırma	12
1.3. Literatür Araştırması	12

2. BÖLÜM

YÖNTEM

2.1. Materyal - Metot	21
2.1.1. Sipariş Toplama Stratejilerinde İş Yükü Dengesizliğinin Hesaplanması	24
2.1.1.1. Parti Sipariş Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Hesaplama	24
2.1.1.2. Bölge Sipariş Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Hesaplama	26
2.2 Uygulama	27

3. BÖLÜM

BULGULAR	36
----------------	----

4. BÖLÜM

TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	62
EKLER.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	71

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Mağazalardan geçilen günlük ortalama sipariş miktarları.....	28
Tablo 2.2.	Günlük mağaza siparişlerinin ürün grubu bazında ortalama miktarları ...	28
Tablo 2.3.	M değerlerine göre toplanan ürün sayıları.....	34
Tablo 2.4.	M değeri ve toplayıcı sayılarına göre toplanan ürün sayıları.....	34
Tablo 3.1.	Toplayıcı sayısı 16 iken M değerlerine göre toplanan ürün sayıları.....	36
Tablo 3.2.	Parti sipariş toplama stratejisi için elde edilen toplanan ürün sayıları.....	37
Tablo 3.3.	Alternatif (a) için elde edilen sonuçlar	37
Tablo 3.4.	Alternatif (b) için elde edilen sonuçlar	39
Tablo 3.5.	Alternatif (c) için elde edilen sonuçlar	40
Tablo 3.6.	Alternatif (d) için elde edilen sonuçlar	42
Tablo 3.7.	Alternatif (e) için elde edilen sonuçlar	43
Tablo 3.8.	Alternatif (f) için elde edilen sonuçlar	44
Tablo 3.9.	Alternatif (g) için elde edilen sonuçlar	46
Tablo 3.10.	Alternatif (h) için elde edilen sonuçlar	47
Tablo 3.11.	Alternatif (i) için elde edilen sonuçlar	49
Tablo 3.12.	Alternatif (j) için elde edilen sonuçlar	50
Tablo 3.13.	Alternatif (k) için elde edilen sonuçlar	51
Tablo 3.14.	Alternatif (l) için elde edilen sonuçlar	53
Tablo 3.15.	Alternatif (m) için elde edilen sonuçlar	54
Tablo 3.16.	Alternatif (n) için elde edilen sonuçlar	56
Tablo 3.17.	Maliyet içerikli sonuçlar	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1. Ardışık bölge toplama stratejisi 8
- Şekil 1.2. Eş zamanlı bölge toplama stratejisi..... 9



GİRİŞ

Günümüzde tedarik zincirlerinin en önemli amacı ürünleri bir yerden hedef yerlerine yani müşteriye en hızlı ve etkin şekilde ulaştırmaktır. Dağıtım merkezleri ve depolar tedarik zincirinin etkin bir şekilde yürütülmesinde önemli bir yere sahiptir. Sürekli gelişen teknoloji, rakiplerin artması, yapılan çalışmalar gibi nedenlerle rekabet üstünlüğü önem kazanmıştır. İşletmeler yüksek rekabet koşulları altında varlıklarını sürdürebilmek için değişken müşteri taleplerini gerçekleştirmek ve üretimden müşteriye uzanan tedarik zincirini iyi yönetmek durumundadır. Ayrıca kaynakları verimli kullanmak ve yüksek kalitede düşük maliyetli üretim yapmak gerekmektedir.

Müşteri siparişlerindeki eğilimler, çeşit olarak az sayıda ve yüksek miktarlarda siparişlerin çeşit olarak çok sayıda ve düşük miktarlarda siparişlere dönüştüğünü göstermektedir. Diğer yandan, talep edilen sipariş teslim süreleri ise her geçen gün daha da kısalmaktadır. Bu değişimler, işletmelerin piyasada rekabet edebilmeleri için etkin ve esnek bir sipariş toplama sistemi benimsemelerini gerektirmektedir (Tuna ve Tunçel, 2012).

Müşteri siparişlerini karşılayabilmek için depolarda ve dağıtım merkezlerinde ürünlerin belirtilen stoklama alanından alınarak toplama noktasına getirilmesi sürecine sipariş toplama denir. Sipariş toplama faaliyetleri, tedarik zinciri yönetiminde, hem üretim sistemleri açısından hem de dağıtım işlemleri açısından kritik rol oynamaktadır.

Ayrıca sipariş toplama, toplam dağıtım merkezi işletme maliyetine yüksek (yaklaşık% 50) katkıda bulunması nedeniyle verimlilik artışı için bir dağıtım merkezinde en yüksek öncelikli etkinlik olarak tanımlanmıştır (Tompkins vd. 2003). Diğer depolama faaliyetlerinde bir iyileştirme yapılmasına göre sipariş toplama faaliyetlerinde yapılacak bir iyileştirmenin depolama operasyonunun verimliliği, maliyeti ve hizmet kalitesi üzerinde etkisi daha fazla olacaktır.

Bir sipariş toplama sistemi tasarlarken bir tasarımcı hangi toplama stratejisinin hedeflerine daha uygun olduğuna dikkat etmelidir. Çünkü sipariş toplama sistemleri depolama maliyetlerinin çoğunu oluşturmakla beraber müşteriye sağlanan hizmet kalitesini de büyük ölçüde etkilemektedir. Çalışmanın odak noktası, çeşitli sipariş toplama stratejilerini değerlendirmek ve bir depo sistemi için en iyi sipariş toplama stratejisini seçmek üzerine kurulmuştur. Sipariş toplama stratejisinin birincil hedefi, çıktıyı en yüksek düzeye getirmek veya maliyeti veya yanıt süresini en aza indirmektir. Bu hedef doğrultusunda en uygun sipariş toplama stratejisini seçmek için Parikh ve Meller'in (2008), geliştirmiş olduğu maliyet temelli matematiksel modellerden yararlanılmıştır. Çeşitli sipariş toplama alternatifleri üretilmiş ve her bir alternatif için maliyetler hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın 2. bölümünde depolama sistemleri, depo yönetimi ve sipariş toplama ile ilgili temel kavramlar ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Ayrıca sipariş toplama stratejileri ve sipariş toplama stratejisi seçimi ile ilgili çalışmalar incelenmiş bu konu ile ilgili literatür taraması üzerinde durulmuştur. Bölüm 3'te çalışma için önerilen çözüm yaklaşımına, uygulamaya ve elde edilen sonuçlara ayrıntılı olarak yer verilmiştir. 4. bölüm olan sonuç bölümünde elde edilen sonuçlar yorumlanarak karşılaştırılmış ve ileride yapılabilecek çalışma önerileri ile çalışma sonlandırılmıştır.

1.BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Depolama ve Depo Yönetimi

1.1.1. Depo ve Depolama Tanımı

Depolar; Rajuldevi ve arkadaşları tarafından ticari amaçla ihracatçılar, ithalatçılar, üreticiler tarafından ürünlerin depolanması için kullanılan, yükleme ve boşaltma alanı, boşaltma kamyonları, ürünleri hareket ettirmek için vinç ve forklift gibi donanımlara sahip, büyük ve düz alanlar olarak tanımlanmıştır (Rajuldevi vd., 2008). Genel bir ifadeyle depo ürünlerin farklı yerlerden veya tedarikçilerden geldikleri ve ulaştırılacakları yere gidene kadar bekletildikleri alanlardır.

Depolama ürünlerin belli standartlar ve uygun koşullar altında gerektiğinde kullanılmak üzere bekletilmesidir. Tedarik zincirinin sürekliliğini sağlayabilmesi açısından çok önemli bir operasyondur. Son zamanlarda artan müşterilerin hızlı teslimat beklentisi depolamanın önemini daha da artırmaktadır. Depolamanın amacı işletmelerin tüketimdeki, fiyatlardaki, üretim düzeylerindeki gibi işletmeyi etkileyen operasyonlardaki değişimlerden etkilenmemesini sağlamaktır.

1.1.2. Depoların Sınıflandırılması

Depolama sistemlerinde saklanacak ürünün tanımının doğru yapılması önemlidir. Ürün tanımının doğru yapılması depo sınıfının ve yerleşiminin belirlenmesi üzerinde etkin bir rol oynar. Depolar Berg ve Zijm'e (1999) göre dağıtım merkezleri, üretim depoları ve kontrat lojistiği olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Berg ve Zijm, 1999).

Dağıtım merkezleri, müşteri siparişlerini karşılayabilmek amacıyla birden fazla tedarikçiden gelen ürünlerin toplandığı, sayıldığı, ayrıştırılarak dağıtımının yapıldığı depolardır.

Üretim depoları, üretim yapılan yerlerde bulunan ve hammadde, yarı mamul ve nihai ürünün uygun koşullar altında saklandığı depolardır.

Kontrat lojistiği ise birden fazla müşteriye ait farklı hammadde, nihai ürün ve yarı mamullerin depolandığı depolardır.

Frazelle (2002), yaptığı çalışmasında depoları ham madde ve parça deposu, yarı mamul depoları, tamamlanmış ürün depoları, dağıtım depoları ve dağıtım merkezleri, ifa depoları ve ifa merkezleri, yerel depolar olarak farklı amaçlara göre sınıflandırmıştır (Frazelle, 2002).

Lambert ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada (1998), depoları genel ticari eşya deposu, soğuk hava deposu, antrepo, ev eşyaları deposu, özel ticari mal deposu ve dökme ürün deposu olmak üzere ürün cinsine göre sınıflandırmışlardır (Lambert vd., 1998).

1.1.3. Depolama Süreçleri ve Yönetimi

Depo içerisinde gerçekleştirilen depolama operasyonları sırasıyla ürün kabul, depolama, sipariş toplama, sipariş ayrıştırma, paketleme ve son olarak sevkiyat şeklinde sınıflandırılabilir.

1. Ürün Kabul: Bu süreç gelen ürünlerin araçlardan boşaltılması, depoya getirilmesi ve kayıtların yeni stok durumuna göre güncellenmesi olarak gerçekleşir.

2. Ürünlerin Depolanması: Ürünlerin depo içerisindeki önceden belirlenmiş uygun yerlerinde depolanmasını içeren süreçtir.

3. Sipariş Toplama: Bu süreç depolardaki en önemli faaliyetlerden biri olarak sipariş gelmesi durumunda ürünlerin depolandıkları raflardan istenilen miktarlarda alınarak toplanmasıdır.

4. Sipariş Ayrıştırma: Karışık olarak gruplar halinde toplanan ürünlerin tek tek ait oldukları siparişlere göre ayrıştırılması sürecidir.

5. Paketleme: Ayrıştırılan siparişlere ait ürünlerin paketlenmesi sürecidir.

6. Sevkiyat: Bu süreç paketlenen siparişlerin kontrol edilmesi ve taşıma araçlarına yüklenerek ilgili müşteriye taşınmasıdır.

Depo yönetimi öngörülen siparişleri karşılamak amacıyla karmaşık dağıtım sistemlerinde kontrolün sağlanmasıdır. Depo yönetim sistemlerinin en uygun stoklama alanının seçimi, stok kontrolü, sipariş toplama sürelerinin azalması, müşteri hizmet seviyesinde artış, depolama maliyetlerinin azalması ve depolama faaliyetlerinin kontrolü gibi faydaları vardır.

İşletmeleri etkileyen toplayıcı, ekipman, sıralama, paketlenme maliyeti gibi maliyetlere neden olan yetersizlikleri ve bunların sonucunda oluşan dar boğazları engellemek açısından tedarik zincirlerinde depo yönetimi önemli bir role sahiptir (Tunç vd., 2008).

1.2. Sipariş Toplama Sistemleri

1.2.1. Sipariş Toplama Kavramı ve Temel Adımları

Sipariş toplama müşterilerden gelen taleplere göre siparişlerdeki ilgili ürünlerin buldukları yerlerden alınarak toplanması ve istenilen yere getirilmesidir. Sipariş toplama işlemi direk müşteriye sağlanan hizmet kalitesiyle bağlantılı olmasından ve depo içerisindeki iş yükünün çoğunu oluşturmasından dolayı depolama sistemleri faaliyetleri içerisinde en önemlisi sayılmaktadır.

Sipariş toplama işleminin temel adımları;

- Siparişlerin gelmesi ve depo yönetim sistemi tarafından kontrolü,
- Sipariş toplama listesinin oluşturulması,
- Siparişlerin ihtiyaçlara ve kısıtlara uygun şekilde gruplara ayrılması,
- Depo alanı içinde farklı adreslerde bulunan ürünlerin toplanması esnasında izlenecek sıranın belirlenmesi,
- Ürünlerin belirlenen gruplar ve rotalar yardımıyla toplanması ve istenilen alana getirilmesi,
- Toplanan ürünlerin siparişlere göre sınıflandırılması,
- Siparişlerin paketlenmesi ve müşteriye gönderilmesinden oluşmaktadır.

1.2.2. Sipariş Toplama Sistemlerinin Sınıflandırılması

Sipariş toplama faaliyetine ilişkin sistemler temel olarak üç sınıfta incelenmektedir:

- **Toplayıcının ürüne gittiği sistem:** Ürünleri toplayacak olan sipariş toplayıcı ilgili ürünlerin bulunduğu rafa gider, ürünü alır ve istenen alana bırakır. En sık kullanılan sistemdir.
- **Ürünün toplayıcıya gittiği sistem:** Konveyör vb. yarı otomatik sistemler ile ürünler sipariş toplayıcıya ulaştırılır. Toplayıcı ilgili ürünleri alarak istenen alana götürür.
- **Otomasyon tabanlı sistem:** Bilgisayar kontrollü otomatik sistemler ile ürünler raftan alınır ve sevkiyat alanına kadar ulaştırılır.

1.2.3. Sipariş Toplama Stratejileri

Kesikli, parti, bölge, kova ekibi ve dalga olmak üzere depolarda genellikle kullanılan beş çeşit sipariş toplama stratejisi bulunmaktadır (Parikh ve Meller, 2008).

1.2.3.1. Kesikli Toplama

Bir toplayıcının, bir turda bir müşteriye ait olan sadece tek bir siparişin tamamını topladığı sipariş toplama stratejisi, kesikli toplama olarak adlandırılmaktadır (Parikh ve Meller, 2008). Bu modelde, toplayıcı ilgili sipariş satırındaki ilk adresten ürünleri topladıktan sonra, sipariş tamamlanana kadar bir sonraki satırda bulunan ürünün lokasyonuna gider ve bu şekilde toplama işlemine devam eder. Parikh ve Meller'e (2008) göre bu tip toplama, kolay uygulanabilir olmasına rağmen orta ve büyük hacme sahip olan depolarda insan yoğun olabilir. Bunun yanında bu tip siparişlerde tüm sipariş tek bir kişinin üstünden geçtiği için uzun süren sipariş tamamlama zamanları geç teslimata ve müşteri memnuniyetsizliklerine de sebep olabilmektedir. Bu nedenle kesikli toplama stratejisi, bu çalışmada alternatif bir sipariş toplama stratejisi olmak için uygun olmadığından değerlendirmeye alınmayacaktır.

1.2.3.2. Parti Toplama

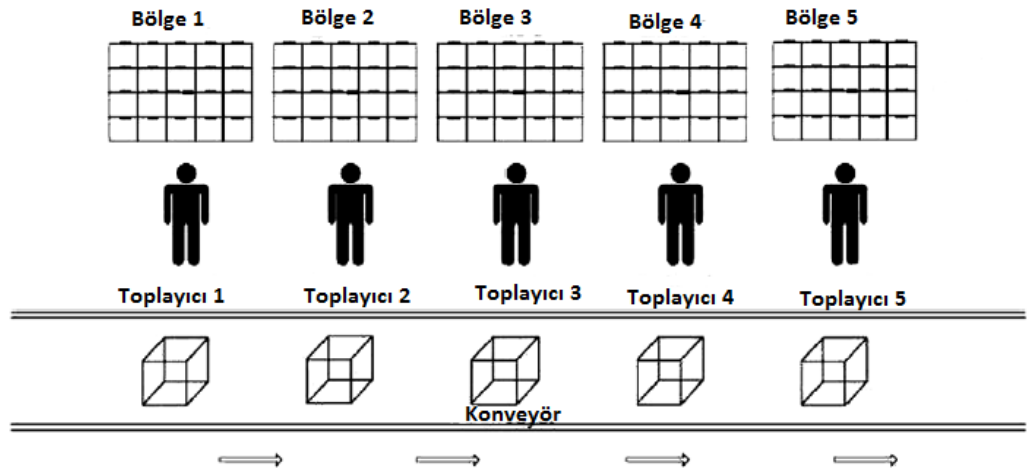
Parti toplama işleminde, birkaç sipariş birlikte toplanır veya gruplandırılır ve bir toplayıcı belirli bir partideki tüm öğeleri alır (Bartholdi vd., 2001). Siparişi toplayan kişi, parti içinde yer alan ürünleri birleştirilmiş bir toplama listesi kullanarak, bir geçişte tüm siparişleri toplar. Genellikle toplayıcı, her bir sipariş için kartonlarla ayrılmış bölümlere sahip, çok katlı toplama arabası kullanır. Parti büyüklüklerinde, belirli bir işlem için parti başına genelde 4-12 sipariş ile çalışılır. Partiler halinde toplama sistemleri, aynı parçaları içeren siparişlerin birleştirilmesi gibi yaygın bir mantıkla düzenlenebilir. Sipariş başına düşük sayıda toplama gerektiren işlemlerde partiler halinde toplama metoduyla, sipariş toplayıcıya aynı alanda iken ilave toplamalar yapmasına müsaade edilerek dolaşma süreleri oldukça azaltılabilir. Birden çok siparişin aynı anda toplanıyor olmasından ötürü, siparişlerin karışmasını önlemek için bazı sistem ve prosedürler gerekli olacaktır. Çok işlek operasyonlarda partiler halinde toplama metodu, genellikle bölgesel toplama ve otomatikleştirilmiş malzeme tasıma yöntemleri birleştirilerek kullanılır. Partiler halinde toplama işlemlerinde maksimum verimliliği sağlamak amacıyla siparişler; yeterli sayıda aynı türden parti oluşturacak toplamalar oluşana dek sistemde biriktirilmelidir. Burada oluşacak gecikme, aynı gün içinde teslimatı gerektiren durumlarda sakınca doğurabilir.

Parti toplama stratejilerinin iki türü bulunur: topla ve sırala (pick-and-sort) ve toplarken sırala (sort-while-pick) (Tompkins ve ark., 2003). Pick-and-sort parti toplama işleminde, toplayıcılar öğeleri toplarken müşteri siparişlerine göre sıralamazlar. Sepet kapasitesi, toplayıcıların sepetteki seçilen maddeleri sıralaması için çok küçük olması durumunda böyle bir durum ortaya çıkabilir. Toplanan ürünler bu nedenle manuel veya otomatik sıralama sistemi aracılığıyla aşağı doğru birleştirilir. Bu, pick-and-sort parti toplama, toplayıcılar için yüksek bir toplama oranını (öğeleri birim zamanda seçilen) korur (toplama sırasında sıralama dahil olmadığı için), ancak bir aşağı akış sıralayıcı gerektirir. Bunun aksine, sort-while-pick parti toplama işleminde, toplayıcılar eşzamanlı olarak öğeleri müşteri siparişlerine göre seçip sıralamaya koyarlar. Bu sort-while-pick parti toplama, toplayıcıların toplama oranını düşürdüğü anlamına gelir (toplama sıralamaya göre sıralama nedeniyle), ancak bir aşağı akış sıralayıcıya olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Bu nedenle, toplama oranı ile iki çeşit parti toplama sistemine sahip bir ayırma sisteminin gerekliliği arasında bir ödünleşme vardır (Parikh ve Meller, 2007).

1.2.3.3. Bölge Toplama

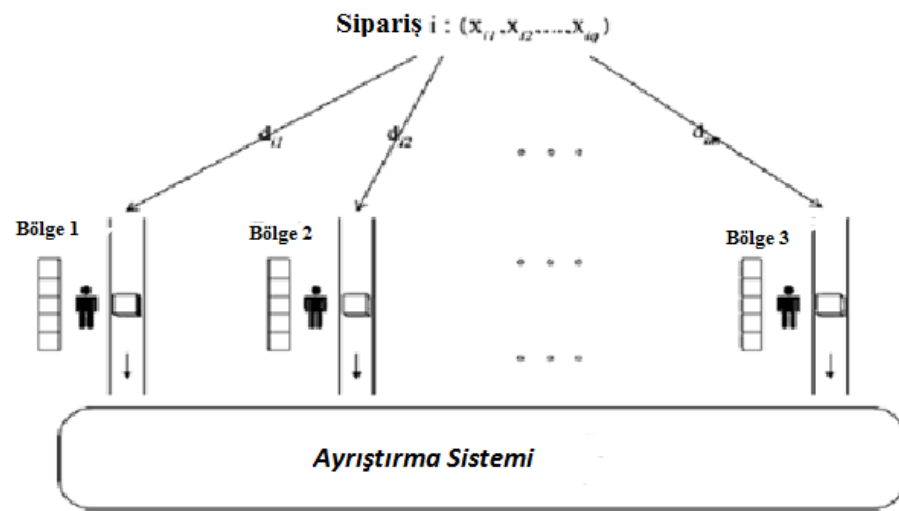
Depolama alanı ikişer koridor, üçer koridor olmak üzere veya daha farklı şekilde bölgelere ayrılır. Bölge toplama her toplayıcının depolama alanının belirli bir bölgesine atanmasını ve yalnızca o bölgedeki öğeleri toplamakla yükümlü olmasını gerektirir. Bunlar, sırasıyla, kendinden önceki toplayıcının emrini devralır ve böylece en güncel akış yukarı toplayıcı yeni bir emir başlatana kadar devam eder (Bartholdi ve diğerleri, 2001). Bu stratejide tek veya gruplanmış olan müşteri siparişlerinin birden fazla toplayıcı ile toplanması durumu meydana gelmektedir. Her bir toplayıcı kendi alanından sorumludur. Bölge toplama stratejisinin uygulandığı durumlarda tüm toplayıcıların iş yükü aynı olmalıdır. Eğer, toplayıcıların iş yükü dengeli olmazsa bir toplayıcı meşgulken diğeri boşta kalabilir ve siparişin tamamlanması tüm toplayıcıların kendi sorumluluk alanlarındaki ilgili sipariş ya da siparişlere ilişkin işi tamamlandıktan sonra gerçekleştiğinden gecikerek çevrim zamanı artar (Koo, 2009).

Ardışık ve eş zamanlı olmak üzere iki çeşit bölge toplama stratejisi bulunmaktadır (Thompkins ve diğerleri, 2003). Ardışık toplama aynı zamanda topla ve geç (pick-and-pass) olarak da bilinmektedir. Bu toplama stratejisinde, Şekil 1.1’de gösterildiği gibi toplayıcı kendi sorumlu olduğu alanda tek bir müşterinin siparişini topladıktan sonra toplama aracını toplanan ürünler ile birlikte bir sonraki alana devretmektedir. Bu durumda müşteri siparişleri gruplanmadığından ayırıştırma gereği bulunmamaktadır.



Şekil 1.1. Ardışık bölge toplama stratejisi (Jane, 2000).

Ancak bunun yanında toplayıcıların toplama performansını düşürmektedir (Parikh ve Meller, 2008). Eş zamanlı bölge toplama aynı zamanda senkronize bölge toplama olarak da bilinmektedir. Bu stratejiye göre, Şekil 1.2’de gösterildiği gibi sipariş gruplama işleminin ardından tüm alanlarda eş zamanlı olarak toplama işlemi yapılmaktadır. Toplama sürecinin ardından farklı alanlardan toplanan, aynı gruba ait tüm ürünler ayrıştırma işlemi için konsolide edilmektedir (Parikh ve Meller, 2008).



Şekil 1.2. Eş zamanlı bölge toplama stratejisi (Jane and Laih, 2005).

1.2.3.4. Kova Ekibi Toplama

Kova ekibi toplama stratejisine göre, her bir personel bir bölgeyi toplayarak toplama aracını bitime doğru taşır. Son toplayıcı bölgeyi bitirdiğinde toplama aracını gönderir ve bir öncekini almak için geri döner ve bu işlemi tekrarlar. İlk toplayıcı topladıktan sonra toplama aracını bir sonraki toplayıcıya verir ve yeni bir toplama için hattın başına geçer. Bu durumda daha yüksek performans sağlayabilmek için toplayıcılar yavaştan hızlıya göre sıralanmalıdır (Koo, 2009). Bölge toplama stratejisinde toplayıcıların alanları net bir şekilde belirlenmişken bu stratejide her bir toplayıcı görevlere dinamik olarak atanmıştır. Orta ve yüksek hacimli sipariş toplama işleminde toplama aracının yoğunluğundan ve kapasite kısıtından dolayı yönetmesi zor ve karışıklık çıkma ihtimali yüksek olduğu düşünülmektedir.

1.2.3.5. Dalga Toplama

Parti ya da bölge toplamada sipariş veya siparişlerin önceden belirlenmiş zaman penceresinde toplanması gerekiyorsa, bu stratejiye dalga toplama; her bir zaman penceresine de dalga denmektedir (Parikh ve Meller, 2008). Dalga toplama metodu, envanteri tutulan malzemenin sayıca yüksek olduğu işlemlerde ve sipariş başına orta-yüksek düzeyde toplama işlemleri içeren işlemlerde fayda sağlar.

1.2.4. Sipariş Toplama Sistemlerinin Planlanması ve Kontrolü

Sipariş toplama, kolay bir işlem gibi görünmesine rağmen deponun düzeni, ürünlerin talep eğilimi ve depodaki konumları, rotalama metodu, toplama metodu, ürünlerin müşteri siparişleri boyutunda birleştirilmesi sipariş toplama işleminin performans ve etkinliğini büyük ölçüde etkileyen faktörlerdir (Petersen, 1999).

De Koster ve arkadaşlarının belirlediği sipariş toplama süreçlerinin planlanması ve kontrolü aşamasında alınan kararlar şu şekilde sıralanmıştır (De Koster vd., 2007):

- Yerleşim düzeni,
- Ürünlerin depodaki alanlarına yerleştirilmesi,
- Siparişlerin gruplar haline getirilmesi ve koridorların bölgelere ayrılması,
- Sipariş toplayıcıların rotalaması,
- Toplanan parçaların sipariş başına ayrıştırılması ve toplanan bütün siparişlerin gruplandırılması.

1.2.4.1. Stoklama

Sipariş toplama faaliyetine başlanmadan önce ürünler depodaki konumlarına yerleştirilmelidir. Müşteri siparişlerini yerine getirmeden önce ürünlerin depoda bekletilmesi işlemi stoklamadır. De Koster ve arkadaşları tarafından stoklama; ürünlerin depodaki konumlarına atanması için kullanılan kurallar olarak tanımlanmıştır (De Koster vd., 2007). Ürünlerin depodaki ilgili konumlarına yerleştirilmeleri işlemi için geliştirilmiş yöntemlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- **Rasgele Stoklama Politikası:** Gelen ürünlerin depo içerisinde boş olan rastgele bir konuma yerleştirilmesidir.

- **En Yakın Boş Konuma Atama Politikası:** Sipariş toplayıcının gelen ürünü kendine en yakın olan boş bir konuma yerleştirmesidir.
- **Atanmış Stoklama Politikası:** Her ürünün belli kurallara göre belirlenmiş olan kendine özel konumuna yerleştirilmesidir.
- **Dolu Devir Stoklama Politikası:** Ürünlerin yüksek satış oranına sahip olanları deponun giriş çıkış noktalarına yakın kısımlarına, düşük satış oranına sahip olanları iç kısımlara yerleştirilir.
- **Sınıflamaya Dayalı Stoklama Politikası:** Ürünlerin ABC sınıflandırmasına dayanarak konumlarına yerleştirilmesidir. En fazla talep edilen ürünler A sınıfına, daha az talep edilen ürünler B sınıfına, en az talep edilen ürünler C sınıfına tabi olur.
- **Çapraz Stoklama Politikası:** Ürünler çapraz olarak en çok talep edilenler toplama bırakma noktasına en yakında olacak şekilde en az talep edilenler toplama bırakma noktasına en uzakta olacak şekilde yerleştirilir.
- **Çevresel Stoklama Politikası:** Ürünlerden en çok talep edilenler toplama bırakma noktasına yakın olacak şekilde deponun çevresine en az talep edilenler deponun orta kısımlarına yerleştirilir.

1.2.4.2. Rotalama

Sipariş toplama faaliyetinin hangi güzergah ve hangi sıra ile gerçekleştirileceğinin belirlenmesi işlemi rotalamadır. Rotalama politikaları De Koster ve arkadaşları tarafından Gezgin Satıcı Problemine benzetilmiştir (De Koster vd., 2007).

Rotalama politikaları Petersen ve Schmenner tarafından aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Petersen ve Schmenner, 1999).

- **Zigzag (Çapraz):** Sipariş toplayıcı ürünleri toplayacağı koridorların bir ucundan girer tüm koridoru gezerek koridorun sonundan çıkar. Ürün seçilecek koridor sayısının tek olması durumunda son koridor için istisna yapılır. Ayrıca S şekli algoritması olarak da bilinir.
- **Geri Dönüslü:** Sipariş toplayıcı ürünleri toplayacağı koridora girer ürünleri aldıktan sonra koridora girdiği taraftan çıkar ve bir sonraki ürün toplayacağı koridora gider.

- **Orta Nokta:** Depoyu ortadan ayıran bir alan belirlenir ve ön bölümdeki ürünler ön taraftan arka bölümdeki ürünler arka taraftan toplanır.
- **En Büyük Boşluk:** Sipariş toplayıcı ilk koridordan girer ve arka taraftan kendine yakın olan ürünleri toplayarak tekrar aynı taraftan çıkarak devam eder. En son koridordan ön tarafa gelir ve bu defa ön taraftan kendine yakın olan ürünleri toplayarak başlangıç noktasına geri döner. Buradaki en büyük boşluk yürünmeyen mesafeyi göstermektedir.
- **Karma:** Geri dönüş ve zigzag rotalama politikalarının birleşiminden oluşmaktadır.

1.2.4.3. Gruplama

Sipariş toplama faaliyeti sırasında hangi siparişlerin birlikte toplanacağını belirlemek işlemleri sipariş gruplamadır. Won ve Olafsson'a göre sipariş gruplama politikası sipariş toplama seyahat süresini azaltmanın yanı sıra iş gücü ve makine kaynaklarının da etkin biçimde kullanılmasını sağlayarak verimliliği artırır (Won ve Olafsson, 2005).

1.2.4.4. Ayırıştırma

Siparişlerin raflardan toplanma işlemi bittikten sonra ürünler sipariş toplayıcılar tarafından ayırıştırma alanına getirilirler. Ayırıştırma sistemine ulaşan ürünler ait oldukları siparişlere göre ayırıştırılarak sipariş bazında bir araya getirilirler.

1.3. Literatür Araştırması

Dağıtım merkezleri ve depolarda sipariş toplama faaliyetinin performansı ve sipariş toplama sistemlerinin tasarımı ile ilgili çalışmalarda son yıllarda önemli bir artış olmuştur. Literatür incelendiğinde sipariş toplama hakkında yapılmış birçok araştırma mevcuttur. Bu çalışmalar incelenmiş ve yıllara göre sıralanarak anlatılmıştır.

Gelders and Heeremans sabit bir depo durumunda gezinme zamanı için önemli tasarrufların sezgisel yöntemlere kıyasla optimal bir algoritma kullanılarak elde edilebileceğini göstermiştir (Gelders and Heeremans, 1994).

1995 yılında Yoon ve Sharp kapsamlı bir uygulama çalışması yapmış ve sipariş toplama sistemi tasarımına ilişkin bir yöntem belirlemiş ve çalışma sırasında anket uygulamaları yapmışlardır. Söz konusu çalışmada belirlenmiş olan tasarım yöntemi giriş, seçim,

değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır ve yukarıdan aşağıya ayrıştırma, aşağıdan yukarıya uyarılma mekanizmasına göre çalışmaktadır (Yoon ve Sharp, 1995).

Yoon ve Sharp, farklı fonksiyonel alanlar arasındaki (örneğin toplama, sıralama vb.) birbirine bağlı ilişkileri göz önüne alan bir sipariş toplama sisteminin analizi ve tasarımı için yapılandırılmış bir yöntem önermektedir (Yoon ve Sharp, 1996).

1998 yılında Daniels, Rummel ve Schantz atama ve sıralama kararlarını vermek amacıyla bir sipariş toplama modeli oluşturmuşlar ve oluşturdukları modeli daha önceki sipariş toplama modelleriyle karşılaştırmışlardır. Çözüm için tabu arama sezgiselini kullanmışlardır (Daniels vd., 1998).

1999 yılında Lin ve Lu sipariş toplama stratejisi belirlemek adına bilgisayar tabanlı bir yöntem geliştirmişlerdir. İlk aşamada sezgisel bir yaklaşım ile analitik bir yöntem kullanarak siparişleri beş sınıfa ayırmış, ikinci aşamada ise her bir sipariş sınıfı için uygun stratejiyi simülasyon ile belirlemişlerdir. Yapılan çalışmaya göre bölge sipariş toplama stratejisi sipariş toplama performansını arttırmak için aday stratejilerden biri olmuştur. Ayrıca bu çalışma ile toplayıcı sayısının sipariş toplama performansını etkileyen unsurlardan biri olduğunu göstermişlerdir (Lin ve Lu, 1999).

Chew ve Tang (1999), dikdörtgensel bir depoda seyahat zamanı modelini ele almışlardır. Modelde sipariş toplama sistemi kuyruk modeli olarak ele alınmış ve sonuçlar simülasyon yardımıyla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Petersen sipariş toplama stratejisinin seçiminin depolama sisteminin verimliliği ve maliyeti üzerinde çok önemli bir etkisi olabileceğini belirtmiştir. Bu amaçla beş ayrı toplama stratejisini bir benzetim modeli kullanarak değerlendirmiştir. Bu çalışma sonucunda eşzamanlı bölge sipariş toplama ve parti toplamanın daha iyi olduğunu göstermiştir. Öte yandan sipariş hacmi arttıkça toplama performansının bozulduğunu belirtmiştir (Petersen, 2000).

Gademann ve arkadaşları, sipariş teslim süresini en aza indirmek için paralel geçitli depolarda siparişlerin gruplanması problemini ele almışlar ve çözüm için dal-sınır algoritmasını geliştirmişlerdir (Gademann vd., 2001).

Russell ve Meller manuel ve otomatik ayırma sistemleri için maliyet ve verimlilik tabanlı modeller geliştirmişlerdir. Topla ve sırala parti sipariş toplama ve eş zamanlı bölge sipariş toplama stratejilerinde sıralama sistemleri gereklidir ve daha önce açıklandığı gibi parti-bölge probleminde önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmalarının amacı sıralama işleminin otomatikleştirilip otomatikleştirilmeyeceğine karar vermek için yardımcı olacak bir tasarım geliştirmektir. Talep seviyelerine, emek oranlarına, sipariş boyutlarına ve diğer faktörlere dayalı olarak sıralama sistemi tasarım kararına açıklayıcı bir model geliştirmişler ve açıklayıcı modeli, bir çözüm önermek için maliyet esaslı bir optimizasyon modeline dahil etmişlerdir (Russell ve Meller, 2003).

Petersen ve Aase (2004), elle sipariş toplanan bir depo için sipariş toplama mesafesini etkileyen depolama türlerini simülasyon temelli bir model ile karşılaştırmışlardır. Siparişlerin yerine getirilmesinde önemli bir maliyet unsuru olan sipariş toplayıcı hareketi üzerinde toplama ve rotalama süreçlerinin etkileri incelenmiştir.

Roodbergen ve arkadaşları sipariş toplamaya ait iki farklı rota geliştirerek, taşıma mesafesini minimize etmeye çalışmışlardır. Yapılan çalışmada depo içindeki koridor sayısının optimal olduğu, ürünlerin üretime tek bir noktadan gönderildiği ve malzemelerin toplandığı alan ile depolandığı alan arasındaki mesafenin sıfır olduğu varsayılmıştır (Roodbergen vd., 2004).

Jane ve Laih eş zamanlı bölge sipariş toplama stratejisine uygun olarak toplama faaliyetinin yürütülmesi sırasında toplayıcılar arasındaki iş yükünü dengelemek ve beklemleri azaltmak için sezgisel bir algoritma geliştirmişlerdir (Jane ve Laih, 2005).

Won ve Olafsson depo etkinliğini ve müşteri ihtiyaçlarını karşılama gücünü arttırmak için geleneksel depo operasyonları olan sipariş toplama ve sipariş gruplamayı ortak bir problem olarak ele alıp çözüm için sezgisel yöntemler önermişlerdir. Bu yöntemler sıralı sipariş toplama ve gruplama (SBP) algoritması ve ortak sipariş toplama ve gruplama (JBP) algoritmasıdır (Won ve Olafson, 2005).

Hsu ve arkadaşları müşteri siparişlerini otomatik olarak gruplara ayırmak için genetik algoritma tabanlı sipariş gruplama yöntemi önermişlerdir. Önerilen GABM isimli model toplam seyahat mesafesini en aza indirmiştir (Hsu vd., 2005).

Manzini ve arkadaşları (2005), esnek bir sipariş toplama sistemi için simülasyon, genetik algoritma ve faktör analizine dayanan uzman sistem önermişlerdir.

Parikh depolama sisteminin düzenlemesi konusuna ve parti sipariş toplama stratejisi ile bölge sipariş toplama stratejisi arasında seçim yapılmasına odaklanılan çalışmada sipariş toplama sistemi için analitik modeller kurmayı amaçlamıştır (Parikh, 2006).

Ho ve Chien bölge sipariş toplama stratejisinin uygulanması için toplayıcıların takip etmesi gereken bölge sıralaması üstünde çalışmışlardır (Ho ve Chien, 2006).

Gue, Meller ve Skufca 2006 yılında sipariş yoğunluğunun sipariş toplama performansı üzerindeki etkisini görmek için analitik ve simülasyon modelleri geliştirmişlerdir ve sipariş yoğunluğunun yüksek olduğu durumlarda sıkışıklıkların daha az olduğunu ve toplayıcıların performanslarının arttığını ortaya çıkarmışlardır (Gue vd., 2006).

Hwang ve Cho sipariş toplama sistemi tasarımı problemine iki aşamalı bir çözüm yöntemi önermişlerdir. İlk aşamada birim zamanda toplanması istenen sipariş talebi ve depolama kapasitesi kısıtlarını dikkate alarak toplam maliyeti en küçükleyen bir matematiksel model geliştirilmişlerdir. Daha sonra depolama alanının tasarımı sırasında göz önünde bulundurulması gereken faktörlerden depo büyüklüğü, rafların boyutları, sipariş toplayıcıların sayısı gibi kararların sipariş toplama sistemi performansına etkilerini benzetim çalışmasıyla incelemişlerdir (Hwang ve Cho, 2006).

Roodbergen ve Vis sipariş toplayıcılar için gezinme süresini en aza indirmeyi amaçlayan bir depo yerleşim düzeni oluşturmaya çalışmışlardır. Ortalama sipariş toplama rotası uzunluğunun hesaplanmasında kullanılan doğrusal olmayan programlama modeli ile optimal depo düzenine karar verilmeye çalışılmıştır (Roodbergen ve Vis, 2006).

Koster ve diğerleri depolarda sipariş toplama sisteminin kontrol ve tasarımını incelemişlerdir. Bu çalışmada sipariş toplama hemen hemen her depo için en yoğun iş gücü gerektiren ve en maliyetli işlem olarak tanımlanmaktadır ve sipariş toplama maliyetinin, depo operasyon maliyetlerinin %55'i kadarını oluşturduğu tahmin edilmektedir (Koster vd.,2007).

Galka ve arkadaşları, analitik metot ve benzetim ile sipariş toplama sistemleri ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada müşteriye sağlanan hizmet ve lojistik kalitesi ele alınmıştır. Çünkü en yüksek maliyetler burada ortaya çıkmaktadır. Sipariş toplama sisteminin tasarlanması sistemin zorluğu olarak ifade edilmektedir (Galka vd., 2007).

Tunç ve arkadaşları, dinamik programlama yöntemiyle depo sisteminde sipariş toplama sürecini iyileştirmeye çalışmışlardır. Bir firmada uygulanan çalışmada depo raf sisteminden sipariş çekme politikası optimize edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda taşıma maliyet ve zamanlarını da en aza indirmek hedeflenmiştir (Tunç vd., 2008).

Parikh ve Meller 2008 yılında parti ve bölge sipariş toplama stratejilerinden uygun olanını seçmek için minimum maliyet amaç fonksiyonuna sahip olan bir matematiksel model kurmuş ve çözmüşlerdir (Parikh ve Meller, 2008).

Yu ve De Koster (2008), topla ve geç (pick-and-pass) sipariş toplama sistemlerini analiz etmek için kuyruk ağ modeline dayanan tahmin yöntemi kullanmışlardır. Bu yöntem ile sipariş toplama sisteminde hızlı sipariş teslim süresi gibi performans tahminleri sunmak amaçlanmıştır.

Tsai, C-Y., Liou, J.J.H., Huang 2008 yılında maliyetin yanında temin zamanlarına göre erken ya da geç toplama cezalarını da göz önünde bulundurarak parti toplama operasyonu üzerinde çalışmışlardır (Tsai vd., 2008).

Yu ve De Koster, sipariş kümeleme ve toplama alanının bölgelere ayrılmasının sipariş toplama süresine etkisini analiz etmek için kuyruk ağı teorisine dayalı bir model geliştirmişlerdir (Yu ve De Koster, 2009).

Dallari, Marchet ve Melacini ise 2009 yılında İtalya'da bulunan 68 dağıtım merkezinde sipariş toplama sistemleri ile ilgili derin bir araştırma yapmıştır ve sipariş toplama tasarımını desteklemek amacıyla Yoon ve Sharp'ın (1995) yapmış olduğu metodolojide farklı sınıflandırmalar yaparak yeni bir metodoloji geliştirmişlerdir (Dallari vd., 2009).

Hong (2010), yaptığı çalışmada bölge toplama stratejisinde toplayıcıların engellenmesinin etkilerini araştırmak, tıkanıklığı azaltan toplama ve gruplama stratejilerini belirlemek amacıyla analitik bir model ve simülasyon yöntemi kullanmıştır. Toplam sipariş toplama süresini en uygun duruma getirmek için

endekslenmiş sipariş gruplama modeli (indexed order batching model) olarak adlandırılan yeni bir gruplama modeli önermiştir.

Gino ve arkadaşları, sipariş dalga boyunun sipariş toplama performansını farklı sipariş toplama rotalarını göz önünde bulundurarak nasıl etkilediği incelemişler ve analitik bir model önermişlerdir. Önerilen modelde sipariş toplama performansı ile ayırıştırma operasyonu maliyetleri arasında optimum noktaya nasıl ulaşılacağı üzerine çalışmalar yapılmıştır (Gino, vd., 2010).

Ulbrich ve diğerleri (2010), simülasyon desteği ile yeni bir sipariş toplama sistemi tasarlamışlardır.

Marchet ve diğerleri (2011), topla ve sırala (pick-and-sort) sisteminde toplama etkinliğinin değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Toplam toplama süresini değerlendirmek amacıyla analitik bir model önerilmiş, bu modelin doğruluğu simülasyonla test edilmiştir.

Hong ve diğerleri, bir depoda toplayıcı engellemelerini kontrol etmek amacıyla gruplama ve sıralama yöntemi geliştirmişlerdir. Toplam sipariş toplama zamanının en aza indirilmesinin amaçlandığı çalışmada problem çözümü için karma tam sayı programlama yöntemi kullanılmıştır (Hong vd., 2012).

Gue ve arkadaşları depolama alanları ve birçok toplama, yerleştirme alanları arasında gezinmeyi kolaylaştırmak için çapraz ara yol yapılandırmasının nasıl yapılacağını göstermişlerdir. İki çapraz ara yol tasarımını araştırmak için doğrusal olmayan matematiksel uzaklık modeli kurmuşlardır (Gue vd., 2012).

Henn çalışmasında belirli bir zamanda alınan müşteri siparişlerinin tamamlanma sürelerini en aza indirmeyi amaçlayan çevrim içi gruplama problemini ele almıştır. Çevrim dışı sipariş gruplama problemlerinde kullanılan ilk giren ilk çıkar kuralı, tasarruf algoritması ve tekrarlı yerel arama sezgisel yöntemlerini geliştirerek nasıl çevrim içi durumlar için kullanıldığını göstermiştir (Henn, 2012).

Özçakar ve arkadaşları sipariş toplama seyahat süresini azaltmak için kodlamalı genetik algoritma yöntemi kullanmışlardır. Çapraz geçit içeren depoların dikkate alındığı

çalışmada aynı zamanda geleneksel bir gruplama ve rotalama metodu olan Clarke-Wright sezgiseli ile karşılaştırma yapılmıştır (2012).

Jorge ve arkadaşları bir ilaç deposunda yaptıkları uygulamada sipariş toplama sistemi sürecini düzeltmek amacıyla simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Depoda, hizmet ve insan gücünde yapılan iyileştirmeler işletme maliyetlerinde azalmaya neden olmuştur (Jorge vd., 2012).

Basile ve arkadaşları elle toplama yapılan depolarda gerçek zamanlı kontrolü gerçekleştirmek için benzetim destekli bir model önermişlerdir. Önerdikleri model ile çevrim içi görüntüleme, zaman planlaması, faaliyetlerin yeniden planlanması amaçlanmıştır (Basile vd., 2012).

Özyörük ve Ak (2012), çalışmalarında bir firmanın depolama sistemini inceleyerek depo tasarımında ve depo alt sistemlerinde karşılaşılan problemlere sezgisel çözüm aramışlardır. Depolama sistemlerinde etkinliğin artırılması ve sipariş toplama zamanının azaltılması amaçlanmıştır.

Henn ve Wäscher siparişlerin toplanmasında alınan mesafenin en aza indirilmesi için nasıl bir sipariş grubu oluşturulması gerektiğini içeren sipariş gruplama problemi için tabu arama ve tırmanış arama sezgisellerini önermişlerdir (Henn ve Wascher, 2012).

Koster, Duct ve Zaerpour, matematiksel modelleme ile bölge toplama stratejisinin uygulanmasında karşılaşılan alt problem olan bölge sayısının belirlenmesi problemini çözmüştür (Koster vd., 2012).

Tuna ve Tunçel (2012), yaptıkları çalışmada en verimli ve etkili sipariş toplama sisteminin nasıl kurulacağına dair yön vermek adına sipariş toplama sürecini, sürecin planlanmasını ve kontrolünü, sipariş toplama yöntemlerini ayrıntılı şekilde incelemişlerdir.

Henn ve Schmid müşteri siparişlerinin tamamlanma süresinin en aza indirilmesi için siparişlerin gruplanmasını içeren müşteri sipariş gruplama ve sıralama problemine yerel arama tabanlı meta sezgisel yöntemler olan tekrarlı yerel arama ve tırmanış araması yöntemlerini önermişlerdir (Henn ve Schmid, 2013).

Taçoğlu (2013), sipariş toplama sistemine farklı simülasyon modelleri uyguladığı çalışmasında sipariş toplama zamanını en aza indirirken etkinliğini arttırmayı amaçlamıştır. Simülasyon sonuçlarına göre en kısa sipariş toplama zamanını sağlayan depolama ve rotalama politikası kombinasyonuna karar verilmiştir.

Chiang ve arkadaşları seyahat mesafesini azaltarak etkin sipariş toplamayı kolaylaştırmak için ağırlıklandırılmış destek sayıları ile değiştirilmış sınıf tabanlı sezgisel algoritma ile birleşik çekirdek tabanlı sezgisel algoritmayı kullanmışlardır (Chiang vd., 2014).

Kızılaslan (2014), çalışmasında depolama faaliyetleri içerisinde en fazla öneme sahip olan sipariş toplama ve sipariş ayırıtırma operasyonlarının bütünleştirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Performans ölçütü olarak tamamlanan iş miktarlarını kullanmıştır. Sipariş toplama ve sipariş ayırıtırma üzerine analitik model çalışmaları yapmıştır. Önerilen analitik modellerin farklı depo tasarımlarında nasıl sonuçlar verdiği araştırılmıştır.

Öztürkoğlu ve arkadaşları seyahat mesafesini değerlendirmek amacıyla palet yerleşimleri ve uygun çapraz geçitlerle etkileşimini içeren ağ tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Çapraz geçitler için en iyi açıları bulmak ve toplama yollarını belirlemek için meta sezgisel bir yaklaşım olan kuş sürüsü optimizasyonunu kullanmışlardır (Öztürkoğlu vd., 2014).

şahin ve Eroğlu, yaptıkları çalışmada sipariş toplama ve araç rotalama problemlerini depo sistemlerinde birbirine bağlı bir yapıda hiyerarşik olarak çözebilen genetik algoritma esaslı yöntem önermişlerdir. Müşteri ve sipariş grupları genetik algoritma ile araç rotaları tasarruf sezgiseli ve en yakın komşu sezgiseli yardımıyla belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda geliştirilen genetik algoritma çözüm yöntemi bilinen en iyi çözümlere yakın çözümler sağlamıştır (şahin ve Eroğlu, 2015).

Aksoy (2017), çalışmasında günümüzde internet kullanımının artmasıyla hızla gelişen e-ticarette süreç yönetimi üzerine yoğunlaşmıştır. E-ticaretin işletmeler için oluşturduğu maliyetleri düşürme, verimliliği artırma, zamandan tasarruf etme, uluslararası pazarlara ulaşma gibi faydalar geleneksel ticaret yapan firmaların da e-ticarete yönelmesine ve büyümeye gitmelerine sebep olmuştur. Büyüme aşamasında en yaygın sorun depolama

alanıdır. Depo sorunları incelenirken sipariş toplama da süreç iyileştirme teknikleri ile incelenmiştir.

Demirdöğen ve Korucuk, çalışmalarında imalat işletmelerinde depolama ve satın alma kararlarının üretime olan etkisini incelemişlerdir. Depolarda kullanılan sipariş toplama yöntemlerinin üretimi ne yönde etkilediği incelenmiştir (Demirdöğen ve Korucuk, 2017).

Öztürkoğlu ve Hoşer, yaptıkları çalışmada depolardaki ana koridorların yerleşim düzeni ile ilgili olarak yeni bir tasarım problemi tanımlamışlardır. depolarda en maliyetli ve sipariş teslim süresini en çok etkileyen işlemlerden birisi olan sipariş toplama işlemini daha etkin hale getirebilmek için tünellerin nerelere konumlandırılacağı problemi ortaya atılmıştır. Bu yeni tasarım probleminde sipariş toplama rota uzunluğunu optimal olarak hesaplayabilmek için polinomsal zamanda dinamik programlama esaslı yeni bir algoritma geliştirmişlerdir (Öztürkoğlu ve Hoşer, 2018).

Kırış ve arkadaşları toplam uzaklık ve cezalı gecikme durumlarını dikkate alan bir depoda kapasiteli bir toplama aracı ile sipariş toplama problemine çalışmışlardır. Ulaşım maliyetlerini azaltmak ve müşteri beklentilerini gerçekleştirmek için bir genetik algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritmanın etkili olan parametreleri için deney tasarımı kullanmışlardır (Kırış vd.,2018).

Yapılan çalışmaların hepsi bir bütün olarak incelendiğinde sipariş toplama faaliyetinin işletme maliyetlerinin çoğunu oluşturduğunu ve depolama fonksiyonları açısından çok önemli olduğunu görüyoruz. Sipariş toplama faaliyetinin iyileştirilmesiyle üretime kadar uzanan birçok işletme faaliyetinin de iyileşmektedir. Sipariş toplama işletmeler açısından gerek maliyetleri azaltmak gerek de müşteriye sağlanan hizmet seviyesini artırmak için en önemli depolama faaliyetlerindedir.

2.BÖLÜM

YÖNTEM

2.1. Materyal ve Metot

Sipariş toplama tüm lojistik operasyonlarını ve müşteriye sağlanan hizmet seviyesini büyük ölçüde etkilemektedir. Ayrıca Tompkins ve arkadaşları (2003), sipariş toplama toplam dağıtım merkezi işletme maliyetinin çoğu kısmını (yaklaşık %50) oluşturduğu için verimlilik artışı için bir dağıtım merkezinde en yüksek öncelikli etkinlik olarak tanımlamışlardır.

Sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi çabasının en önemli amacı makine, para ve iş gücü gibi kısıtlı kaynakların daha verimli kullanılmasının yanı sıra sağlanan hizmet seviyesini en büyükmektir. Hizmet seviyesi ile sipariş toplama arasındaki temel bağlantı siparişin hızlı bir şekilde oluşturulması ve en kısa sürede müşteriye ulaştırılmaya hazır hale getirilmesi ihtiyacıdır (Tuna ve Tunçel, 2012).

Sipariş toplama sürecinin yaklaşık %50'sini gezinme süresi oluşturmaktadır. Bartholdi ve Hackman'a göre (2005), gezinme süresi katma değer yaratmayan boşa harcanan zamandır ve iş gücü maliyetine neden olmaktadır bu yüzden de iyileştirme yapılması gereken ilk sipariş toplama bileşenidir.

Literatürdeki sipariş toplama süresini veya toplam gezinme süresini en aza indirmeye odaklanan çalışmalar kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve sipariş toplama sisteminin tasarlanması probleminin depolama sistemleri için çok önemli olduğu görülmüştür. Bu nedenle sipariş toplama stratejisi seçim probleminin çözümüyle ilgili bir çalışma yapılmıştır.

Literatür incelendiğinde sipariş toplama seçim problemi son yıllarda ağırlıklı olarak sezgisel yöntemler ile çözüldüğü görülmüştür. Ancak sezgisel yaklaşımlar, optimal

sonucu garanti etmemektedir. Parikh ve Meller'in (2008), sipariş toplama stratejisi seçimi için geliştirmiş oldukları matematiksel modeller ise optimal garanti ederek sonuç verdiği için ve probleme uygunluğu nedeniyle yapılan çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada depolama merkezlerinde en çok kullanılan sipariş toplama stratejileri olmaları sebebiyle parti sipariş toplama stratejisi ve bölge sipariş toplama stratejisi karşılaştırılmıştır.

Parikh ve Meller (2008), parti sipariş toplama stratejisi ile bölge sipariş toplama stratejilerinden uygun olanını seçmek için maliyet temelli bir matematiksel model oluşturmuş ve çözmüşlerdir. Bu matematiksel model sipariş toplama stratejilerini kullanan sistemlerin maliyetini tahmin etmektedir. Oluşturdukları matematiksel model toplayıcılar, ekipman, iş yükü dengesizliği, sıralama sistemi ve paketleme sisteminin beklenen maliyetlerini içermektedir. C^b parti sipariş toplama stratejisinin C^z ise bölge sipariş toplama stratejisinin maliyetlerini temsil etmek üzere eşitlik (1) ve (2)'deki gibi tahmin edilmektedir:

$$C^b = P^b c_p + C_e^b + U^b c_u + c_s (\alpha^b I) + K^b c_k \quad (1)$$

$$C^z = P^z c_p + C_e^z + U^z c_u + c_s (\alpha^z I) + K^z c_k \quad (2)$$

Parikh ve Meller'in (2008), C^b ve C^z 'yi tahmin etmekte kullandığı notasyonlar aşağıdaki gibidir:

- I = beklenen toplanacak öge sayısı,
- P^b/P^z = parti/bölge sipariş toplama stratejisinde gerekli beklenen toplayıcı sayısı,
- c_p = bir toplayıcının yıllık maliyeti (toplama aracının maliyeti dahil olmak üzere),
- C_e^b/C_e^z = parti/bölge sipariş toplama stratejisinin yıllık ekipman maliyeti (raflar, konveyör vb. maliyeti de dahil olmak üzere),
- U^b/U^z = parti/bölge sipariş toplama stratejisinde bir günde iş yükü dengesizliğinden dolayı toplanamamış siparişlerdeki beklenen ürün sayısı,

- c_u = bir ürünü toplamak için yıllık birim dengesizliği maliyeti (toplayıcıların, paketleyicilerin, sıralayıcıların, nakliye personelinin vb. mesai ile ilgili maliyetler dahil olmak üzere),
- K^b/K^z = parti/bölge sipariş toplama stratejisinde beklenen paketleme sayısı
- c_k = paketleyicinin yıllık maliyeti,
- α^b/α^z = parti/bölge sipariş toplama stratejisi için ikili parametre (1, sıralayıcı gerekiyorsa ve 0, aksi halde),
- $c_s(I)$ = sıralama sisteminin yıllık maliyeti ($I > 0$).

Parikh ve Meller (2008), parti sipariş toplama stratejisi ile bölge sipariş toplama stratejisinin karşılaştırılması probleminin matematiksel modelini iki toplama stratejisinin maliyetinin minimumu olarak tanımlamıştır ve eşitlik (3)'te olduğu gibi göstermiştir.

Min C

$$\text{s.t. } C = \min(C^b, C^z) \quad (3)$$

C^b ve C^z 'deki maliyet unsurlarından bazılarını tahmin etmek basit iken bazılarını tahmin etmek daha zordur. Toplayıcılar, ekipman ve paketleyicilere ilişkin maliyetlerin tahmin edilmesi zor olmamakla birlikte iş yükü dengesizliği ve sıralama maliyetinin tahmin edilmesi zordur (Parikh ve Meller, 2008). Bu nedenle Parikh ve Meller (2008), iş yükü dengesizliği ve sıralama maliyeti bileşenlerini tahmin etmek için modeller geliştirmişlerdir. Bu alt modeller parti sipariş toplama ve bölge sipariş toplama stratejisi için ayrı ayrı geliştirilmiştir.

2.1.1. Sipariş Toplama Stratejilerinde İş Yükü Dengesizliğinin Hesaplanması

Sipariş toplama sistemlerinde tüm toplayıcılara eşit veya eşite yakın iş yükü tahsis edilmesi çok önemlidir. Toplayıcıların dengeli bir iş yüküne sahip olması toplama işlemini aynı anda bitirmelerini ve böylece de bir toplayıcının işi bittiğinde diğerinin boşta kalmamasını sağlar. Aynı zamanda depolama faaliyetlerinin verimli olmasına ve maliyeti en aza indirmeye yardımcı olur. Parikh ve Meller'e (2008), göre dengeli bir iş yükü tüm siparişlerin çalışma saatleri içerisinde toplanmasını ve böylece fazla mesai yapılmamasını dolayısıyla da iş yükü dengesizliği maliyetinin ortadan kalkmasını sağlar.

Sipariş toplama stratejilerindeki iş yükü dengesizliğinin hesaplanması amacıyla oluşturulan matematiksel modelin CPLEX optimizasyon programında kullanılan açık halleri parti sipariş toplama stratejisi için Ek (1)'de bölge sipariş toplama stratejisi için Ek (2)'de verilmiştir.

2.1.1.1. Parti Sipariş Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Hesaplama

Parikh ve Meller'in (2008), parti sipariş toplama stratejisine göre optimum iş yükü dengesi için geliştirmiş olduğu model ve notasyonları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

- i = siparişler ($i = 1, \dots, D$),
- j = toplayıcılar ($j = 1, \dots, P$),
- k = dalgalar ($k = 1, \dots, W$),
- d_i = sipariş i 'deki öge sayısı,
- M^b = parti sipariş toplama stratejisinde bir dalgada bir toplayıcı tarafından toplanabilecek maksimum ürün sayısı,
- $X_{ijk} = 1$, sipariş i , dalga k 'deki toplayıcı j 'ye atandıysa;
0, aksi halde.

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_i x_{ijk} \quad (4)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^D d_i x_{ijk} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5)$$

$$b_{jk} \leq M^b \quad \forall j, k, \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, \quad (7)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k.$$

Optimum iş yükü dengesini sağlamak amacıyla parti sipariş toplama stratejisi geliştirilen alt modelin karar değişkeni x_{ijk} dalga k 'deki i . siparişin j . toplayıcıya atanmasını ifade etmektedir. Eşitlik (4) ile temsil edilen amaç çalışma saatleri içerisinde toplanacak ürün sayısını en yükseğe çıkarmaktır. Eşitlik (5) ile bir dalgadaki her toplayıcıya atanan mevcut ürün sayısı olan b_{jk} değeri hesaplanır. Eşitlik (6) ile toplayıcılara atanan hiçbir b_{jk} değerinin toplayıcının kapasitesi olan M^b değerini aşmaması sağlanır. Eşitlik (7) ile hiçbir dalgada aynı siparişin birden fazla toplayıcıya verilmemesi sağlanır.

Parikh ve Meller'in (2008), geliştirdikleri bu modeli çözerek her toplayıcının iş yükünü gösteren b_{jk} değerlerini elde edebiliriz. Modelin çözülmesi ile sıfıra eşit olan x_{ijk} değerleri oluşan partilere dahil değildir yani çalışma saatleri içerisinde toplanamazlar. (1) nolu eşitlikteki matematiksel modelde kullanılmak üzere bu toplanamayan siparişlere (U^b) karşılık gelen toplam ürün sayısı toplayıcıların toplamı gereken ürünler ile topladıkları ürünler arasındaki farktır. U^b parti sipariş toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için geliştirilmiş modelin amaç fonksiyonu değeri olarak (8) nolu eşitlikte gösterildiği gibi kullanılmıştır.

$$U^b = \sum_{i=1}^D d_i - \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_i x_{ijk} \quad (8)$$

2.1.1.2. Bölge Sipariş Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Hesaplama

Parikh ve Meller'in (2008), parti sipariş toplama stratejisine göre optimum iş yükü dengesi için geliştirmiş olduğu model ve notasyonları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

- i = siparişler ($i = 1, \dots, D$),
- j = bölgeler ($j = 1, \dots, Z$),
- k = dalgalar ($k = 1, \dots, W$),
- d_{ij} = bölge j 'den seçilecek i numaralı sipariş,
- M^Z = bölge sipariş toplama stratejisinde bir dalgada bir toplayıcı tarafından toplanabilecek maksimum ürün sayısı,
- $x_{ik} = 1$, sipariş i , dalga k 'ye atandıysa;
0, aksi halde.

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^W d_{ij} x_{ik} \quad (9)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^D d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (10)$$

$$b_{jk} \leq M^Z \quad \forall j, k, \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^W x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (12)$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i, k.$$

Optimum iş yükü dengesini sağlamak amacıyla parti sipariş toplama stratejisi geliştirilen alt modelin karar değişkeni x_{ik} i . siparişin dalga k 'ye atanmasını ifade etmektedir. Eşitlik (9) ile temsil edilen amaç çalışma saatleri içerisinde toplanacak ürün sayısını en yükseğe çıkarmaktır. Eşitlik (10) ile bir dalgadaki her bölgeye atanan mevcut ürün sayısı olan b_{jk} değeri hesaplanır. Eşitlik (11) ile bölgelere atanan hiçbir b_{jk} değerinin bir bölgenin kapasitesi olan M^Z değerini aşmaması sağlanır. Eşitlik (12) ile hiçbir siparişin birden fazla dalgaya atanmaması sağlanır.

Parikh ve Meller'in (2008), geliştirdikleri bu modeli çözerek bir dalgadaki her toplayıcının iş yükünü gösteren b_{jk} değerlerini elde edebiliriz. Modelin çözülmesi ile sifıra eşit olan x_{ik} değerleri oluşan partilere dahil değildir yani çalışma saatleri içerisinde toplanamazlar. (2) nolu eşitlikteki matematiksel modelde kullanılmak üzere bu toplanamayan siparişlere (U^z) karşılık gelen toplam ürün sayısı toplayıcıların toplamı gereken ürünler ile topladıkları ürünler arasındaki farktır. U^z bölge sipariş toplama stratejisinde iş yükü dengesizliği için geliştirilmiş modelin amaç fonksiyonu değeri olarak (13) nolu eşitlikte gösterildiği gibi kullanılmıştır.

$$U^z = \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^Z d_{ij} - \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_{ij} x_{ik} \quad (13)$$

2.2. Uygulama

Çalışmanın bir ayakkabı fabrikasının mağazalarına dağıtım yapmak üzere kurulan ürün deposunda yapıldığı varsayılmıştır. Fabrikanın deposunda günde ortalama yaklaşık 18.000 ürün toplanıp paketlenmektedir. Depoda 16 koridor ve her koridorda sağda ve solda olmak üzere toplam 80 ürün lokasyonu bulunmaktadır. Depodaki koridorların genişliği çift taraflı ürün toplanabilmesine uygun şekildedir.

Fabrikada kadın, erkek ve çocuk olmak üzere üç farklı grupta ayakkabı üretilmektedir. Ürün grupları olarak 1. ve 7. koridorlar arasında kadın ayakkabıları, 8. ve 11. koridorlar arası erkek ayakkabıları, 12. ve 15. koridorlar arasında ise çocuk ayakkabıları depolanmaktadır. Fabrikanın deposundan dağıtım yapılan 50 mağazası bulunmaktadır. Mağazalar fabrikaya günlük sipariş geçmektedirler ve her mağazanın günlük siparişlerinin o gün içinde fabrikadan çıkışı yapılmalıdır. Mağazalardan günlük geçilen siparişlerin ortalama ürün sayıları (çift) Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Mağazalardan geçilen günlük ortalama sipariş miktarları

Mağaza	Sipariş	Mağaza	Sipariş	Mağaza	Sipariş
1	350	18	383	35	395
2	393	19	346	36	376
3	363	20	362	37	328
4	352	21	378	38	382
5	408	22	332	39	349
6	359	23	376	40	328
7	397	24	320	41	298
8	337	25	373	42	377
9	345	26	380	43	355
10	315	27	384	44	334
11	340	28	411	45	361
12	315	29	369	46	306
13	408	30	408	47	370
14	363	31	334	48	379
15	372	32	339	49	387
16	334	33	340	50	372
17	318	34	399	TOPLAM	18000

Mağazalardan gelen siparişlerin ürün grubu bazında ortalamaları ise Tablo 2.2.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 2.2. Günlük mağaza siparişlerinin ürün grubu bazında ortalama miktarları

Ürünler		
Kadın	Erkek	Çocuk
7884	4445	5671

Fabrikada sipariş toplama yapılan çalışma saatlerinin 07.00 – 17.00 olduğu varsayılmıştır. Yemek molası ve diğer molaların toplamı bir saattir ve sonuç olarak dört buçuk saatten oluşan iki dalga vardır. Sipariş toplama işlemini yapan 16 toplayıcı bulunmaktadır. Bir toplayıcının aylık maliyeti 2.500,00 TL'dir. Ayda 25 gün çalışıldığı düşünülürse bir toplayıcının saatlik ücreti 10 TL olmaktadır.

İş yükü dengesizliğinden dolayı toplanamayan ürünler toplayıcılara fazla mesai yaptırılarak toplanılmaktadır. Bu durumda bir toplayıcının fazla mesai için saatlik ücreti 15 TL olmaktadır. Günlük 18.000 adedi geçen siparişler ise bir sonraki gün toplanmaktadır. Toplanamayan siparişlerden dolayı oluşan ürün başına dengesizlik maliyeti 0,12 TL'dir.

Depoda kullanılan benimsenmiş bir sipariş toplama stratejisi yoktur. Mağazalardan gelen siparişler doğrultusunda toplama gerçekleştirilmektedir. Çalışmada mağaza sayısının ve günlük sipariş sayısının çokluğu nedeniyle toplarken sıralama zaman açısından olumsuz sonuçlar vereceğinden Bölüm 1.2.3.'te anlatılan sipariş toplama stratejilerinden topla ve sırala parti sipariş toplama stratejisi ve eş zamanlı bölge sipariş toplama stratejisi kullanılmıştır. Bölge sipariş toplama stratejisi için bölge büyüklüğü olarak 1 koridor, 2 koridor ve 4 koridor olmak üzere üç farklı alternatif kullanılmıştır. Parti sipariş toplama stratejisine göre teorik olarak bir adam saatte toplanabilecek ürün sayısı 155'tir. Bölge sipariş toplama stratejisine göre ise teorik olarak bir adam saatte toplanabilecek ürün sayısı bölge büyüklüğü 1 koridor olduğunda 130, 2 koridor olduğunda 125 ve 4 koridor olduğunda 125'tir.

Tüm bu verilere göre parti sipariş toplama stratejisinde kullanılacak olan matematiksel model oluşturulmuştur. Matematiksel model ve modelle ilgili notasyonlar aşağıdaki gibidir.

- i = siparişler ($i = 1, \dots, 50$),
- j = toplayıcılar ($j = 1, \dots, 16$),
- k = dalgalar ($k = 1, \dots, 2$),
- d_i = sipariş i 'deki öge sayısı,
- M^b = parti sipariş toplama stratejisinde bir dalgada bir toplayıcı tarafından toplanabilecek maksimum ürün sayısı, 698
- $X_{ijk} = 1$, sipariş i , dalga k 'deki toplayıcı j 'ye atandıysa;
0, aksi halde.

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^{16} \sum_{k=1}^2 d_i x_{ijk} \quad (14)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^{50} d_i x_{ijk} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (15)$$

$$b_{jk} \leq M^b \quad \forall j, k, \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^{16} \sum_{k=1}^2 x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, \quad (17)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k.$$

$$U^b = \sum_{i=1}^{50} d_i - \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^{16} \sum_{k=1}^2 d_i x_{ijk} \quad (18)$$

Parti sipariş toplama stratejisi için oluşturulan matematiksel model CPLEX programı ile çözülmüştür. Programın verdiği sonuçlara göre 17.668 adet ürün toplanmış ve 332 adet ürün toplanamamıştır. Sonuçlar incelendiğinde 332 üründen oluşan 22 numaralı siparişin toplanamadığı tespit edilmiştir. Siparişin toplanamamasının sebebi sipariş herhangi bir partiye eklendiğinde bir toplayıcının bir dalgada toplayabileceği maksimum ürün sayısının aşılmasıdır. Toplanamayan bu 332 adet ürün herhangi bir partiye eklendiğinde o parti bir dalgada toplanabilecek maksimum ürün sayısı olan 698'i aşmaktadır.

Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 1 koridor olduğunda kullanılacak olan matematiksel model aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

- i = siparişler ($i = 1, \dots, 50$),
- j = bölgeler ($j = 1, \dots, 16$),
- k = dalgalar ($k = 1, \dots, 2$),
- d_{ij} = bölge j 'den seçilecek i numaralı sipariş,
- M^z = bölge sipariş toplama stratejisinde bir dalgada bir toplayıcı tarafından toplanabilecek maksimum ürün sayısı, 585
- $X_{ik} = 1$, sipariş i , dalga k 'ye atandıysa;

0, aksi halde.

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^{16} \sum_{k=1}^2 d_{ij} x_{ik} \quad (19)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^{50} d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (20)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (21)$$

$$\sum_{k=1}^2 x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (22)$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i, k.$$

$$U^b = \sum_{i=1}^{50} d_i - \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^{16} \sum_{k=1}^2 d_i x_{ijk} \quad (23)$$

Bölge sipariş toplama stratejisinde 1 koridor bölge büyüklüğü için oluşturulan matematiksel model CPLEX programı ile çözülmüştür. Programın verdiği sonuçlara göre 17.370 adet ürün toplanmış ve 630 adet ürün toplanamamıştır. Sonuçlar incelendiğinde 315 üründen oluşan 10 numaralı sipariş ve 315 üründen oluşan 12 numaralı siparişin toplanamadığı tespit edilmiştir. Siparişlerin toplanamamasının sebebi 315 üründen oluşan siparişin herhangi bir partiye eklendiğinde bir toplayıcının bir dalgada toplayabileceği maksimum ürün sayısı olan 585'i aşmasıdır.

Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 2 koridor olduğunda kullanılacak olan matematiksel model aşağıdaki gibidir.

- i = siparişler ($i = 1, \dots, 50$),
- j = bölgeler ($j = 1, \dots, 8$),
- k = dalgalar ($k = 1, \dots, 2$),
- d_{ij} = bölge j 'den seçilecek i numaralı sipariş,
- M^z = bölge sipariş toplama stratejisinde bir dalgada bir toplayıcı tarafından toplanabilecek maksimum ürün sayısı, 563
- $X_{ik} = 1$, sipariş i , dalga k 'ye atandıysa;
0, aksi halde.

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^2 d_{ij} x_{ik} \quad (24)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^{50} d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (25)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (26)$$

$$\sum_{k=1}^2 x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (27)$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i, k.$$

$$U^b = \sum_{i=1}^{50} d_i - \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^2 d_i x_{ijk} \quad (28)$$

Bölge sipariş toplama stratejisinde 2 koridor bölge büyüklüğü için oluşturulan matematiksel model CPLEX programı ile çözülmüştür. Programın verdiği sonuçlara göre 17.368 adet ürün toplanmış ve 632 adet ürün toplanamamıştır. Sonuçlar incelendiğinde 334 üründen oluşan 31 numaralı sipariş ve 298 üründen oluşan 41 numaralı siparişin toplanamadığı tespit edilmiştir. Siparişlerin toplanamamasının sebebi 334 üründen oluşan bu sipariş herhangi bir partiye eklendiğinde bir toplayıcının bir dalgada toplayabileceği maksimum ürün sayısı olan 563'ün aşılmasıdır.

Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 4 koridor olduğunda kullanılacak olan matematiksel model aşağıdaki gibidir.

- i = siparişler ($i = 1, \dots, 50$),
- j = bölgeler ($j = 1, \dots, 4$),
- k = dalgalar ($k = 1, \dots, 2$),
- d_{ij} = bölge j 'den seçilecek i numaralı sipariş,
- M^z = bölge sipariş toplama stratejisinde bir dalgada bir toplayıcı tarafından toplanabilecek maksimum ürün sayısı, 563
- $X_{ik} = 1$, sipariş i , dalga k 'ye atandıysa;
0, aksi halde.

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 d_{ij} x_{ik} \quad (29)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^{50} d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (30)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (31)$$

$$\sum_{k=1}^2 x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (32)$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i, k.$$

$$U^b = \sum_{i=1}^{50} d_i - \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 d_i x_{ijk} \quad (33)$$

Bölge sipariş toplama stratejisinde 4 koridor bölge büyüklüğü için oluşturulan matematiksel model CPLEX programı ile çözülmüştür. Programın verdiği sonuçlara göre 17.702 adet ürün toplanmış ve 298 adet ürün toplanamamıştır. 298 üründen oluşan 41 numaralı siparişin toplanamadığı tespit edilmiştir. Siparişin toplanamamasının sebebi sipariş herhangi bir partiye eklendiğinde bir toplayıcının bir dalgada toplayabileceği maksimum ürün sayısı olan 563'ün aşılmasıdır.

Çalışmada ayrıca tüm sipariş toplama stratejileri için farklı alternatifler oluşturulmuş ve her bir alternatif için matematiksel model oluşturularak CPLEX programında çözülmüştür. Oluşturulan alternatiflerde toplayıcı sayısı, toplayıcının öğrenme etkisi, grup çalışmasının başarısı gibi değişkenlerin etkisi dikkate alınmıştır.

Toplayıcı sayısı 16 iken bütün sipariş toplama stratejilerinde sipariş toplayıcının performansı ve grup çalışmasının başarısı göz önüne alındığında sadece bir toplayıcının teorik olarak bir adam saatte toplanabileceği ürün sayısı değiştirilerek 24 farklı alternatif model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Programın bu alternatifler için verdiği toplanabilen ürün sayısı sonuçları Tablo 2.3.'teki gibidir. Tabloda verilen M değerleri bir adam saatte toplanabilecek ürün sayısından elde edilen matematiksel modelde kullanılan bir dalgada bir toplayıcı tarafından toplanabilecek maksimum ürün sayısını vermektedir.

Tablo 2.3. M değerlerine göre toplanan ürün sayıları (Toplayıcı sayısı 16)

M^b/M^z	Parti	Bölge (1 koridor)	Bölge (2 koridor)	Bölge (4 koridor)
563	12.091	17.039	17.368	17.702
585	12.091	17.730	17.702	18.000
630	12.926	18.000	18.000	18.000
675	15.832	18.000	18.000	18.000
698	17.668	18.000	18.000	18.000
702	18.000	18.000	18.000	18.000

Sonuçlar incelendiğinde toplayıcı sayısı sabitken sadece toplayıcı performansları (M^b/M^z) artırıldığında bölge sipariş toplama stratejisinin parti sipariş toplama stratejisine göre daha iyi sonuç verdiği toplanan ürün sayısının arttığı görülmüştür. Ayrıca bölge büyüklüğü arttıkça bölge sipariş toplama stratejisinin verdiği sonuçlar giderek iyileşmiştir.

Parti sipariş toplama stratejisinde her bir toplayıcı performansı için toplayıcı sayısı değiştirilerek 8 farklı alternatif model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Programın bu alternatifler için verdiği toplanabilen ürün sayısı sonuçları Tablo 2.4.'teki gibidir.

Tablo 2.4. M değeri ve toplayıcı sayılarına göre toplanan ürün sayıları (Parti toplama)

M^b	Toplayıcı Sayısı	Toplanan Ürün Sayısı
563	17	12.782
563	18	13.462
585	17	12.782
585	18	13.462
630	17	13.628
630	18	14.323
675	17	16.565
698	17	18.000

Sonuçlar incelendiğinde parti sipariş toplama stratejisinde toplayıcı sayısı arttıkça toplanan ürün sayısı artmıştır. Ancak toplayıcı sayısının tek başına artırılmasının sonuçlara etkisiyle hem toplayıcı sayısının hem toplayıcıların performanslarının artırılmasının sonuçlara etkisi karşılaştırıldığında toplayıcı performansının toplanan ürün sayısında etkisinin fazla olduğu görülmüştür.

Örneğin; toplayıcı performansı 585 iken toplayıcı sayısı 17'den 18'e çıkarıldığında toplanan ürün sayısı 12.782 den 13.462 ye çıkararak 680 artmıştır. Fakat toplayıcı sayısı 17 iken toplayıcı performansını 585'ten 630'a artırdığımızda toplanan ürün sayısı 12.782 den 13.628 e çıkararak 846 artmıştır. Yani toplanan ürün sayısı üzerinde toplayıcı sayısından toplayıcı performansı daha etkilidir. Toplayıcı sayısı ile toplayıcı performansı birlikte artırıldığında ise toplanan ürün sayısı daha da fazla artmaktadır.

Tablo 2.3.'teki sonuçlara baktığımızda bölge büyüklüğü 4 koridor olduğundaki bölge sipariş toplama stratejisinde sonuçların diğer stratejilere göre çok daha iyi olduğu görülmüştür. 4 koridorlu bölge sipariş toplama stratejisinde sonuçlar iyi olduğu için toplayıcı sayısı 12'ye düşürülerek ve toplayıcı performansı artırılarak yeni bir alternatif daha oluşturulmuştur. Bir adam saatte toplanabilecek ürün sayısı 125'ten 167'ye çıkarılarak yeni bir matematiksel model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Programın verdiği sonuçlara göre 17.702 ürün toplanabilmiştir. Yani toplayıcı sayısı 4 kişi düşürülmesine rağmen sadece saatte toplanan ürün sayısı 42 artırılarak aynı sonuç elde edilmiştir. Bu da toplayıcı performansının artırılması ve boşa giden zamanların azaltılması ile mümkün olacaktır.

Bütün oluşturulan alternatifler incelendiğinde toplayıcı performansının sipariş toplama stratejilerindeki öneminin büyüklüğü anlaşılmıştır. Toplayıcı performansı geliştikçe diğer bir deyişle öğrenmesi arttıkça boşa giden zamanlar azalmış ve toplanan ürün sayıları artmıştır. Elde edilen sonuçlardan toplayıcı performansının en az toplayıcı sayısı kadar önemli olduğu anlaşılmıştır.

Siparişlerin toplanamama sebebi olan ürünlerin koridorlar arasında orantısız dağılımı olması, bölgeler arasındaki ürün sayısı farkının fazla olması ve sipariş başına düşen ürün sayıları arasındaki farkın büyük olması gibi durumların sipariş toplama oranı üzerindeki etkisini ölçmek için yeni bir alternatif daha oluşturulmuştur. Bu alternatifte koridor başına ve bölge başına sipariş sayılarının eşit olduğu düşünülmüştür. Alternatif için matematiksel model oluşturulmuş ve CPLEX optimizasyon programı ile çözülmüştür. Programın verdiği sonuçlar incelendiğinde 18.000 ürünün hepsinin toplandığı görülmüştür. Sonuçlar ayrıntılı olarak ayrıca 3.Bölüm'de incelenmiştir.

3.BÖLÜM

BULGULAR

Toplayıcı sayısı 16 iken toplayıcıların performanslarına göre bir dalgada toplanabilecek maksimum ürün sayısı değiştiğinde parti sipariş toplama stratejisi ve bölge sipariş toplama stratejisinin bölge büyüklüğü 1 koridor, 2 koridor ve 4 koridor olduğu durumlardaki oluşturulan alternatifler ve her bir alternatif için ayrı ayrı elde edilen sonuçlar Tablo 3.1.'deki gibidir. Alternatifler ileriki kısımlarda sonuçlar ayrıntılı olarak incelenmiş ve açıklanmıştır.

Tablo 3.1. Toplayıcı sayısı 16 iken M değerlerine göre toplanan ürün sayıları

M^b/M^z	Parti	Bölge (1 koridor)	Bölge (2 koridor)	Bölge (4 koridor)
563	12.091 (e)	17.039 (h)	17.368 (c)	17.702 (d)
585	12.091	17.730 (b)	17.702 (i)	18.000
630	12.926 (f)	18.000	18.000	18.000
675	15.832 (g)	18.000	18.000	18.000
698	17.668 (a)	18.000	18.000	18.000
702	18.000	18.000	18.000	18.000

Tablo 3.2.'de parti sipariş toplama stratejisinin farklı alternatifler için verdiği sonuçlar verilmiştir. Parti sipariş toplama stratejisi için toplayıcı sayısını 17 veya 18'e artırdığımızda ve aynı zamanda bir dalgada toplanabilecek maksimum ürün sayısını da 563'ten 698'e kadar artırdığımızda farklı alternatifler için elde edilen sonuçlar Tablo 3.2.'deki gibidir. Alternatifler ileriki kısımlarda sonuçlar ayrıntılı olarak incelenmiş ve açıklanmıştır.

Tablo 3.2. Parti sipariş toplama stratejisi için elde edilen toplanan ürün sayıları

M^b	Toplayıcı Sayısı	Toplanan Ürün Sayısı
563	17	12.782 (j)
563	18	13.462 (k)
585	17	12.782
585	18	13.462
630	17	13.628 (l)
630	18	14.323 (m)
675	17	16.565 (n)
698	17	18.000 (o)

Bütün alternatifler ayrı ayrı modellenerek CPLEX programı ile çözülmüş ve elde edilen sonuçlar bu kısımda tablolar halinde verilmiştir. Tablo 3.1. ve Tablo 3.2.'deki yanında parantez içinde harfler ile belirtilen alternatifler aşağıda tek tek anlatılmıştır. Parti toplama stratejisi için elde edilen sonuçlar hangi siparişin hangi dalgada hangi toplayıcı tarafından toplandığı bilgisini içermektedir. Örneğin sipariş sütununda 50, toplayıcı sütununda 3, dalga sütununda 2 olan sonuç 50 numaralı siparişin 3 numaralı toplayıcı tarafından 2.dalgada toplandığını anlatmaktadır. Bölge sipariş toplama stratejisi için elde edilen sonuçlar hangi siparişin hangi dalgada toplandığı bilgisini içermektedir. Örneğin sipariş sütununda 50, dalga sütununda 1 olan sonuç 50 numaralı siparişin 1.dalgada toplandığını anlatmaktadır. Toplanan ürün sayısı sütunu boş olan siparişler mesai saatleri içinde toplanamayan siparişlerdir.

a) Parti sipariş toplama stratejisi için 16 toplayıcı ve $M^b=698$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 22. siparişin toplanamadığı 18.000 üründen 17.668 tanesinin toplandığı 332 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Alternatif (a) için elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.3.'teki gibidir.

Tablo 3.3. Alternatif (a) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	3	2	372
49	11	1	387
48	13	1	379
47	13	2	370
46	11	1	306
45	7	2	361

Tablo 3.3. (devam) Alternatif (a) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
44	4	1	334
43	1	2	355
42	4	2	377
41	2	2	298
40	9	2	328
39	1	1	349
38	8	1	382
37	13	2	328
36	5	1	376
35	10	1	395
34	12	1	399
33	1	2	340
32	14	1	339
31	7	1	334
30	11	2	408
29	9	2	369
28	12	2	411
27	2	2	384
26	10	2	380
25	6	1	373
24	9	1	320
23	6	2	376
22	-	-	-
21	9	1	378
20	7	1	362
19	1	1	346
18	14	2	383
17	6	1	318
16	3	1	334
15	5	2	372
14	4	1	363
13	2	1	408
12	6	2	315
11	8	2	340
10	10	2	315
9	16	1	345
8	7	2	337
7	16	2	397
6	14	1	359
5	15	2	408
4	16	1	352
3	3	1	363
2	15	1	393
1	8	2	350
Toplam			17668

b) Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 1 koridordan oluşan alternatif için 16 toplayıcı ve $M^z=585$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 10. ve 12. siparişin toplanamadığı 18.000 üründen 17.370 tanesinin toplandığı 630 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Alternatif (b) için elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.4.'teki gibidir.

Tablo 3.4. Alternatif (b) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	1	372
49	1	387
48	1	379
47	1	370
46	1	306
45	1	361
44	2	334
43	1	355
42	2	377
41	2	298
40	1	328
39	1	349
38	2	382
37	2	328
36	1	376
35	1	395
34	1	399
33	1	340
32	1	339
31	2	334
30	1	408
29	2	369
28	2	411
27	2	384
26	1	380
25	1	373
24	2	320
23	2	376
22	2	332
21	1	378
20	2	362
19	2	346
18	1	383
17	2	318

Tablo 3.4. (devam) Alternatif (b) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
16	1	334
15	2	372
14	2	363
13	2	408
12	-	-
11	1	340
10	-	-
9	1	345
8	2	337
7	2	397
6	2	359
5	2	408
4	2	352
3	2	363
2	1	393
1	1	350
Toplam		17370

c) Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 2 koridordan oluşan alternatif için 16 toplayıcı ve $M^z=563$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 31. ve 41. siparişin toplanamadığı 18.000 üründen 17.368 tanesinin toplandığı 632 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Alternatif (c) için elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.5.'teki gibidir.

Tablo 3.5. Alternatif (c) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	2	372
49	2	387
48	1	379
47	2	370
46	2	306
45	2	361
44	1	334
43	2	355
42	1	377
41	-	-
40	1	328
39	2	349
38	1	382
37	1	328
36	2	376

Tablo 3.5. (devam) Alternatif (c) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
35	1	395
34	2	399
33	2	340
32	2	339
31	-	-
30	2	408
29	2	369
28	2	411
27	1	384
26	1	380
25	2	373
24	2	320
23	2	376
22	1	332
21	2	378
20	1	362
19	2	346
18	1	383
17	2	318
16	1	334
15	1	372
14	1	363
13	1	408
12	1	315
11	1	340
10	2	315
9	2	345
8	1	337
7	1	397
6	1	359
5	2	408
4	2	352
3	1	363
2	1	393
1	1	350
Toplam		17368

d) Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 4 koridordan oluşan alternatif için 16 toplayıcı ve $M^z=563$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 41. siparişin toplanamadığı 18.000 üründen 17.702 tanesinin toplandığı 298 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Alternatif (d) için elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.6.'daki gibidir.

Tablo 3.6. Alternatif (d) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	1	372
49	2	387
48	2	379
47	2	370
46	1	306
45	1	361
44	1	334
43	1	355
42	2	377
41	-	-
40	2	328
39	1	349
38	1	382
37	1	328
36	2	376
35	1	395
34	2	399
33	1	340
32	2	339
31	1	334
30	2	408
29	1	369
28	2	411
27	1	384
26	2	380
25	2	373
24	2	320
23	1	376
22	2	332
21	2	378
20	2	362
19	1	346
18	2	383
17	1	318
16	1	334
15	1	372
14	1	363
13	2	408
12	2	315
11	1	340
10	1	315
9	2	345
8	2	337
7	1	397
6	1	359

Tablo 3.6. (devam) Alternatif (d) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
5	2	408
4	1	352
3	1	363
2	2	393
1	2	350
Toplam		17702

e) Parti sipariş toplama stratejisi için 16 toplayıcı ve $M^b=563$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 46-44-44-40-37-33-32-31-24-22-19-17-16-12-11-10-9-8 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 12.091 tanesinin toplandığı 5909 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Alternatif (e) için elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.7.'deki gibidir.

Tablo 3.7. Alternatif (e) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	8	1	372
49	7	2	387
48	10	1	379
47	2	2	370
46	-	-	-
45	14	1	361
44	-	-	-
43	8	2	355
42	2	1	377
41	-	-	-
40	-	-	-
39	5	1	349
38	3	2	382
37	-	-	-
36	7	1	376
35	13	1	395
34	11	2	399
33	-	-	-
32	-	-	-
31	-	-	-
30	1	2	408
29	12	1	369
28	15	2	411
27	9	2	384
26	12	2	380

Tablo 3.7. (devam) Alternatif (e) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
25	5	2	373
24	-	-	-
23	3	1	376
22	-	-	-
21	13	2	378
20	16	2	362
19	-	-	-
18	6	2	383
17	-	-	-
16	-	-	-
15	10	2	372
14	15	1	363
13	14	2	408
12	-	-	-
11	-	-	-
10	-	-	-
9	-	-	-
8	-	-	-
7	4	1	397
6	11	1	359
5	16	1	408
4	9	1	352
3	6	1	363
2	1	1	393
1	4	2	350
Toplam			12091

f) Parti sipariş toplama stratejisi için 16 toplayıcı ve $M^b=630$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 1-4-8-9-11-16-17-19-31-32-33-37-39-40-44 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 12.926 tanesinin toplandığı 5074 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.8.'deki gibidir.

Tablo 3.8. Alternatif (f) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	2	2	372
49	16	2	387
48	13	2	379
47	15	1	370
46	16	1	306
45	7	2	361

Tablo 3.8. (devam) Alternatif (f) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
44	-	-	-
43	4	2	355
42	1	2	377
41	11	1	298
40	-	-	-
39	-	-	-
38	12	2	382
37	-	-	-
36	5	2	376
35	11	2	395
34	3	1	399
33	-	-	-
32	-	-	-
31	-	-	-
30	2	1	408
29	10	1	369
28	9	2	411
27	13	1	384
26	6	2	380
25	6	1	373
24	16	1	320
23	14	1	376
22	11	1	332
21	12	1	378
20	5	1	362
19	-	-	-
18	9	1	383
17	-	-	-
16	-	-	-
15	8	1	372
14	1	1	363
13	8	2	408
12	4	1	315
11	-	-	-
10	4	1	315
9	-	-	-
8	-	-	-
7	3	2	397
6	10	2	359
5	14	2	408
4	-	-	-
3	15	2	363
2	7	1	393
1	-	-	-
Toplam			12926

g) Parti sipariş toplama stratejisi için 16 toplayıcı ve $M^b=675$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 3-14-20-39-45-47 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 15.832 tanesinin toplandığı 2168 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.9.'daki gibidir.

Tablo 3.9. Alternatif (g) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	12	1	372
49	3	1	387
48	11	1	379
47	-	-	-
46	7	2	306
45	-	-	-
44	14	1	334
43	2	2	355
42	4	2	377
41	13	1	298
40	2	1	328
39	-	-	-
38	7	1	382
37	9	2	328
36	10	1	376
35	15	1	395
34	4	1	399
33	16	1	340
32	15	2	339
31	16	1	334
30	3	2	408
29	7	2	369
28	5	1	411
27	13	2	384
26	1	2	380
25	13	1	373
24	9	1	320
23	8	2	376
22	12	2	332
21	8	1	378
20	-	-	-
19	9	2	346
18	10	2	383
17	16	2	318
16	15	2	334
15	6	2	372
14	-	-	-

Tablo 3.9. (devam) Alternatif (g) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
13	5	2	408
12	2	2	315
11	14	1	340
10	1	1	315
9	2	1	345
8	12	2	337
7	11	2	397
6	1	1	359
5	6	1	408
4	16	2	352
3	-	-	-
2	14	2	393
1	9	1	350
Toplam			15832

h) Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 1 koridordan oluşan alternatif için 16 toplayıcı ve $M^z=563$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 10-17-40 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 17.039 tanesinin toplandığı 961 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Alternatif (h) için elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.10'daki gibidir.

Tablo 3.10. Alternatif (h) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	2	372
49	2	387
48	1	379
47	1	370
46	1	306
45	2	361
44	1	334
43	2	355
42	2	377
41	2	298
40	-	-
39	1	349
38	1	382
37	1	328
36	1	376

Tablo 3.10. (devam) Alternatif (h) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
35	1	395
34	2	399
33	2	340
32	1	339
31	2	334
30	2	408
29	2	369
28	2	411
27	1	384
26	1	380
25	1	373
24	2	320
23	1	376
22	2	332
21	1	378
20	2	362
19	1	346
18	1	383
17	-	-
16	2	334
15	2	372
14	1	363
13	1	408
12	1	315
11	1	340
10	-	-
9	2	345
8	1	337
7	2	397
6	1	359
5	2	408
4	2	352
3	2	363
2	2	393
1	2	350
Toplam		17039

i) Bölge sipariş toplama stratejisinde bölge büyüklüğü 2 koridordan oluşan alternatif için 16 toplayıcı ve $M^z=585$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 41. siparişin toplanamadığı 18.000 üründen 17.702 tanesinin toplandığı 298 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.11.'deki gibidir.

Tablo 3.11. Alternatif (i) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	2	372
49	2	387
48	1	379
47	2	370
46	1	306
45	2	361
44	1	334
43	2	355
42	1	377
41	-	-
40	1	328
39	1	349
38	1	382
37	2	328
36	2	376
35	1	395
34	1	399
33	1	340
32	2	339
31	1	334
30	2	408
29	1	369
28	2	411
27	2	384
26	1	380
25	1	373
24	1	320
23	2	376
22	1	332
21	2	378
20	1	362
19	1	346
18	2	383
17	1	318
16	2	334
15	2	372
14	2	363
13	2	408
12	1	315
11	2	340
10	1	315
9	2	345
8	2	337
7	1	397
6	2	359

Tablo 3.11. (devam) Alternatif (i) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
5	2	408
4	2	352
3	1	363
2	1	393
1	1	350
Toplam		17702

j) Parti sipariş toplama stratejisi için 17 toplayıcı ve $M^b=563$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 8-10-11-12-16-17-22-24-31-32-33-37-40-41-44-46 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 12.782 tanesinin toplandığı 5218 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.12.'deki gibidir.

Tablo 3.12. Alternatif (j) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	6	2	372
49	9	1	387
48	8	1	379
47	13	2	370
46	-	-	-
45	8	2	361
44	-	-	-
43	5	1	355
42	1	1	377
41	-	-	-
40	-	-	-
39	3	1	349
38	9	2	382
37	-	-	-
36	5	2	376
35	10	1	395
34	13	1	399
33	-	-	-
32	-	-	-
31	-	-	-
30	12	1	408
29	15	2	369
28	2	2	411
27	11	2	384
26	4	1	380

Tablo 3.12. (devam) Alternatif (j) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
25	16	1	373
24	-	-	-
23	7	1	376
22	-	-	-
21	14	1	378
20	3	2	362
19	1	2	346
18	17	2	383
17	-	-	-
16	-	-	-
15	14	2	372
14	7	2	363
13	11	1	408
12	-	-	-
11	-	-	-
10	-	-	-
9	2	1	345
8	-	-	-
7	15	1	397
6	4	2	359
5	16	2	408
4	10	2	352
3	17	1	363
2	6	1	393
1	12	2	350
Toplam			12782

k) Parti sipariş toplama stratejisi için 18 toplayıcı ve $M^b=563$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 8-10-12-16-17-22-24-31-32-37-40-41-44-46 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 13.462 tanesinin toplandığı 4538 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.13.'teki gibidir.

Tablo 3.13. Alternatif (k) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	17	1	372
49	4	1	387
48	14	2	379
47	3	2	370
46	-	-	-
45	16	2	361
44	-	-	-

Tablo 3.13. (devam) Alternatif (k) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
43	5	1	355
42	5	2	377
41	-	-	-
40	-	-	-
39	13	1	349
38	11	1	382
37	-	-	-
36	6	1	376
35	15	2	395
34	18	2	399
33	16	1	340
32	-	-	-
31	-	-	-
30	10	2	408
29	9	2	369
28	8	1	411
27	12	1	384
26	10	1	380
25	1	1	373
24	-	-	-
23	3	1	376
22	-	-	-
21	4	2	378
20	2	1	362
19	1	2	346
18	18	1	383
17	-	-	-
16	-	-	-
15	7	2	372
14	12	2	363
13	11	2	408
12	-	-	-
11	6	2	340
10	-	-	-
9	15	1	345
8	-	-	-
7	8	2	397
6	13	2	359
5	7	1	408
4	9	1	352
3	2	2	363
2	17	2	393
1	14	1	350
Toplam			13462

l) Parti sipariş toplama stratejisi için 17 toplayıcı ve $M^b=630$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 8-9-11-16-17-19-31-32-33-37-39-40-44 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 13.628 tanesinin toplandığı 4372 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.14.'teki gibidir.

Tablo 3.14. Alternatif (I) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	5	1	372
49	16	1	387
48	13	2	379
47	7	1	370
46	2	2	306
45	13	1	361
44	-	-	-
43	16	2	355
42	12	1	377
41	8	1	298
40	-	-	-
39	-	-	-
38	4	2	382
37	-	-	-
36	10	2	376
35	14	1	395
34	5	2	399
33	-	-	-
32	-	-	-
31	-	-	-
30	11	2	408
29	7	2	369
28	14	2	411
27	1	2	384
26	8	2	380
25	15	1	373
24	2	2	320
23	9	1	376
22	8	1	332
21	6	2	378
20	3	1	362
19	-	-	-
18	17	1	383
17	-	-	-
16	-	-	-
15	15	2	372
14	9	2	363

Tablo 3.14. (devam) Alternatif (l) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
13	17	2	408
12	11	1	315
11	-	-	-
10	11	1	315
9	-	-	-
8	-	-	-
7	10	1	397
6	3	2	359
5	2	1	408
4	6	1	352
3	4	1	363
2	12	2	393
1	1	1	350
Toplam			13628

m) Parti sipariş toplama stratejisi için 18 toplayıcı ve $M^b=630$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 8-9-11-16-17-31-32-33-37-40-44 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 14.323 tanesinin toplandığı 3677 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.15'teki gibidir.

Tablo 3.15. Alternatif (m) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	18	1	372
49	5	2	387
48	12	2	379
47	8	1	370
46	1	2	306
45	13	1	361
44	-	-	-
43	13	2	355
42	15	2	377
41	2	2	298
40	-	-	-
39	11	2	349
38	8	2	382
37	-	-	-
36	9	1	376
35	7	1	395
34	4	2	399
33	-	-	-

Tablo 3.15. (devam) Alternatif (m) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
32	-	-	-
31	-	-	-
30	2	1	408
29	9	2	369
28	14	2	411
27	17	2	384
26	3	1	380
25	4	1	373
24	1	2	320
23	10	1	376
22	2	2	332
21	11	1	378
20	7	2	362
19	15	1	346
18	6	1	383
17	-	-	-
16	-	-	-
15	3	2	372
14	16	2	363
13	5	1	408
12	17	1	315
11	-	-	-
10	17	1	315
9	-	-	-
8	-	-	-
7	18	2	397
6	12	1	359
5	14	1	408
4	6	2	352
3	10	2	363
2	1	1	393
1	16	1	350
Toplam			14323

n) Parti sipariş toplama stratejisi için 17 toplayıcı ve $M^b=675$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 1-3-20-39-45 numaralı siparişlerin toplanamadığı 18.000 üründen 16.565 tanesinin toplandığı 1435 tanesinin toplanamadığı görülmüştür. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar Tablo 3.16.'daki gibidir.

Tablo 3.16. Alternatif (n) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
50	8	2	372
49	3	1	387
48	16	1	379
47	10	1	370
46	6	2	306
45	-	-	-
44	2	1	334
43	11	1	355
42	12	2	377
41	5	2	298
40	15	2	328
39	-	-	-
38	14	1	382
37	13	1	328
36	5	2	376
35	17	2	395
34	7	2	399
33	15	1	340
32	14	2	339
31	15	1	334
30	6	1	408
29	1	1	369
28	3	2	411
27	11	2	384
26	12	1	380
25	16	2	373
24	13	2	320
23	17	1	376
22	14	2	332
21	2	2	378
20	-	-	-
19	15	2	346
18	8	1	383
17	11	1	318
16	9	2	334
15	4	2	372
14	6	2	363
13	9	1	408
12	5	1	315
11	2	1	340
10	1	2	315
9	13	1	345
8	9	2	337
7	7	1	397
6	5	1	359

Tablo 3.16. (devam) Alternatif (n) için elde edilen sonuçlar

Sipariş	Toplayıcı	Dalga	Toplanan Ürün Sayısı
5	4	1	408
4	13	2	352
3	-	-	-
2	10	2	393
1	1	2	350
Toplam			16565

o) Parti sipariş toplama stratejisi için 17 toplayıcı ve $M^b=698$ için kurulan matematiksel model çözüldüğünde 18.000 üründen oluşan bütün siparişlerin toplandığı görülmüştür.

Tablo 3.17’de ise yukarıda açıklanan alternatiflerin günlük maliyetinin (C^b/C^z) hesaplanmasıyla elde edilen TL cinsinden sonuçlar verilmiştir. En düşük maliyete (1.632,40 TL) sahip olan alternatif (b)’de toplanamayan ürün sayısı 630’dur. En yüksek toplanan ürün sayısına (18000) sahip olan alternatif (o)’nun ise maliyeti 1.700,00 TL’dir. İşletme anlık durumuna göre daha fazla maliyete katlanma veya müşterilerin isteklerini karşılamama durumlarından birini tercih edecektir.

Tablo 3.17. Maliyet içerikli sonuçlar

Alternatif (a)	1.639,84 TL
Alternatif (b)	1.632,40 TL
Alternatif (c)	1.675,84 TL
Alternatif (d)	1.635,76 TL
Alternatif (e)	2.309,08 TL
Alternatif (f)	2.208,88 TL
Alternatif (g)	1.860,16 TL
Alternatif (h)	1.715,32 TL
Alternatif (i)	1.635,76 TL
Alternatif (j)	2.326,16 TL
Alternatif (k)	2.344,56 TL
Alternatif (l)	2.224,64 TL
Alternatif (m)	2.241,24 TL
Alternatif (n)	1.872,20 TL
Alternatif (o)	1.700,00 TL

4.BÖLÜM

TARTIŞMA - SONUÇ VE ÖNERİLER

Depolama maliyetleri ve depolama sistemlerinin yönetimi; lojistik sektöründe artan rekabet koşulları ve sürekli gelişen üretim sistemleri teknolojisi sebebiyle işletmeler açısından büyük önem arz etmektedir. Etkili bir depo yönetimi için de öncelikle depolama faaliyetlerinin hem zaman hem de maliyet açısından büyük bir bölümünü oluşturan sipariş toplama faaliyeti iyileştirilmelidir.

Sipariş toplama depoda yoğun iş gücü gerektiren işlemlerden biri ve aynı zamanda genellikle ana faaliyettir. Sipariş toplama faaliyetinin iyileştirilmesinin en önemli amacı müşteriye sağlanan hizmet seviyesini artırmaktır. Siparişlerin en hızlı şekilde bir araya getirilerek en erken sürede müşteriye ulaştırılması noktasında hizmet seviyesi sipariş toplama faaliyetine bağlıdır.

Yapılan tez çalışmasında depolarda yaygın olarak kullanılan sipariş toplayıcının rafa giderek ürünü aldığı manuel sipariş toplama sistemi üzerinde parti sipariş toplama stratejisi ve bölge sipariş toplama stratejisi seçim problemi incelenmiştir.

Sipariş toplama stratejisi seçimi probleminin, depo operasyonları açısından önemli olması ve lojistik faaliyetlerde hizmet kalitesi açısından kritik bir öneme sahip olması nedeniyle bu alanda çalışma yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca bu alanda yapılan çalışma sayısı az olduğu için bu çalışmaya ihtiyaç olduğu düşünülmüştür.

Çalışmanın amacı; işletmelerin depo ve lojistik yönetiminde sipariş toplama stratejisi seçme problemine etkin çözümler elde etmelerini sağlamaktır. Depo operasyonlarındaki durumlara göre en etkin sipariş toplama stratejisinin belirlenmesi işletmelere rekabet avantajı sunacak ve depolama sistemlerinin daha iyi yönetilmesini sağlayacaktır.

Literatürde karşılaşılan çalışmaların büyük bir bölümünde tek bir sipariş toplama sistemi durumuna odaklanılmıştır. Tek bir durum için tasarlanmış sipariş toplama sistemlerinin bütün durumlar açısından olumlu sonuç vermesi beklenemez. Bu nedenle önerilen çalışmada birden fazla sipariş toplama durumu dikkate alınmış ve sipariş toplama stratejisi optimize edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca literatürdeki çalışmaların çoğunda sezgisel yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür. Ancak sezgisel yöntemler optimal sonucu garanti etmezler.

Parikh ve Meller'in (2008), en etkin sipariş toplama stratejisinin seçilmesi için geliştirdikleri matematiksel modeller optimal garanti ederek sonuç verdiği için ve probleme uygunluğu nedeniyle yapılan çalışmada kullanılmıştır. Bu matematiksel modeller CPLEX optimizasyon programında yazılmış ve üretilen alternatifler için çözülerek optimum sonuçlar elde edilmiştir.

Rastgele olarak üretilen problem verileri ile 34 farklı alternatif oluşturulmuş ve çözülmüştür. Bu 34 alternatif Tablo 3.1.'deki 24 alternatif, Tablo 3.2.'deki 8 alternatif, bölge büyüklüğü 4 koridor olduğunda toplayıcı sayısı 12'ye düşürülerek oluşturulan alternatif ve bütün koridorlardaki bütün siparişlerdeki ürün sayıları eşit olduğu düşünülerek oluşturulan alternatiftir.

Oluşturulan bu 34 alternatif parti sipariş toplama stratejisi ile bölge sipariş toplama stratejisi kıyaslanmıştır. Bölge sipariş toplama stratejisi 1 koridor, 2 koridor ve 4 koridor olmak üzere 3 farklı bölge büyüklüğü ile çalışılmıştır.

Tablo 3.1.'deki elde edilen sonuçlar incelendiğinde toplayıcı sayısı sabit ve 16 iken sadece toplayıcı performansları artırıldığında bölge sipariş toplama stratejisinin parti sipariş toplama stratejisine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca bölge sipariş toplama stratejisinin kendi içinde bölge büyüklüğü arttıkça verdiği sonuçlar giderek iyileşmiştir. Örneğin; toplayıcı sayıları 16, toplayıcı performansları 563 iken büyüklüğü 1 koridor olduğunda 17039 ürün, bölge büyüklüğü 2 koridor olduğunda 17368 ürün bölge büyüklüğü 4 koridor olduğunda 17702 ürün toplanmıştır. Toplayıcı sayısı ve toplayıcı performansı aynıyken bölge büyüklüğü arttıkça toplanan ürün sayısı da giderek artmıştır.

Parti sipariş toplama stratejisinde her bir toplayıcı performansı için toplayıcı sayısı ayrı ayrı değiştirilerek 8 farklı alternatif model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Tablo 3.2.'deki elde edilen sonuçlar incelendiğinde toplayıcı sayısının artması toplanan ürün sayısını artırmış fakat bu artış tek başına yeterli olmamıştır.

Aynı zamanda toplayıcıların performansları da artırıldığında toplanan ürün sayısındaki artış oranı daha fazla olmuştur. Buradan toplayıcı sayısından toplayıcının performansının toplanan ürün sayısındaki etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Bölge büyüklüğü 4 koridor olduğundaki bölge sipariş toplama stratejisinde ise sonuçlar diğer stratejilere göre çok daha iyi olduğu için bu stratejide toplayıcı sayısı 16'dan 12'ye düşürülerek ve toplayıcı performansı 563'ten 752'ye artırılarak yeni bir alternatif model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Çözüm sonucunda toplayıcı sayısı 16 toplayıcı performansı 563 iken elde edilen sonuçla aynı toplanan ürün sayısı 17702 elde edilmiştir. Toplayıcı sayısı 4 kişi düşürülmesine rağmen sadece toplayıcıların performansları artırılarak aynı sonuç elde edilmiştir. Buradan da toplayıcı performansının önemi daha açık bir şekilde anlaşılmaktadır.

Koridor başına ve bölge başına sipariş sayılarının eşit olduğu düşünülerek oluşturulan alternatif ile 18.000 ürünün hepsinin toplandığı görülmüştür. Buradan ürünlerin koridorlar arasında orantısız dağılmış olması, bölgeler arasındaki ürün sayısı farkının fazla olması ve sipariş başına düşen ürün sayıları arasındaki farkın büyük olması gibi durumların sipariş toplama oranını etkilediği görülmektedir.

Bütün oluşturulan alternatifler bir bütün olarak incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir:

- Problem verileri için aynı şartlar altında yapılan çalışmalarda bölge sipariş toplama stratejisinin parti sipariş toplama stratejisinden daha iyi sonuç verdiği elde edilmiştir.
- Toplayıcı performans artışına bölge sipariş toplama stratejisinin parti sipariş toplama stratejisine göre daha iyi cevap verdiği görülmüştür.
- Bölge sipariş toplama stratejisinin kendi içinde bölge sayısı artırdıkça daha iyi sonuç verdiği elde edilmiştir.

- Toplayıcı performansının sipariş toplama stratejilerindeki öneminin büyüklüğü anlaşılmıştır. Toplayıcı performansı geliştikçe diğer bir deyişle toplayıcıların öğrenmesi, hızı yani toplama oranı arttıkça boşa giden zamanlar azalmış ve toplanan ürün sayıları artmıştır.
- Bölgelerdeki toplanacak öge sayıları arasında fark arttıkça bölge toplama stratejisinin verdiği sonuçlar kötüleşmiştir. Bölgelerdeki toplanacak öge sayıları eşit olduğunda bölge toplama stratejisi en iyi sonucu vermiştir.
- Sipariş başına toplanacak öge sayıları arasındaki farklar arttıkça toplama stratejilerinin verdiği sonuçlar kötüleşmiştir. Sipariş sayılarını eşitlediğimizde toplama stratejileri en iyi sonucu vermiştir.
- Koridor başına toplanacak öge sayıları arasındaki farklar arttıkça toplama stratejilerinin verdiği sonuçlar kötüleşmiştir. Her koridorda bulunan toplanacak öge sayısını eşitlediğimizde toplama stratejileri en iyi sonucu vermiştir.

İleride yapılacak olan çalışmalarda sipariş toplama stratejileri ve sipariş rotalama politikaları birlikte düşünerek yeni ve daha kapsamlı bir model oluşturulabilir. Böylece daha fazla alternatifi birlikte inceleme ve karşılaştırma fırsatımız olur. Ayrıca işletmeler için oluşturulan model ve siparişlerin geldiği sistem birbirine entegre edilerek günlük gelen siparişlere göre o gün hangi toplayıcının hangi ürünleri toplayacağı, sipariş toplama sırasında hangi sipariş rotalama politikasının seçileceği ve hangi sipariş toplama stratejisinin seçileceği bilgisi elde edilmiş olur. Böylece sipariş toplama sırasında boşa giden zamanlar azalacaktır. Bu durum işletmelere zaman tasarrufu ve maliyet açısından büyük kazanç getirecektir.

KAYNAKÇA

- Aksoy, Hatice. (2017). “E-ticarette süreç yönetimi uygulamasına bir örnek: özel bir şirkette uygulanması” , Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Lojistik Yönetimi, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Basile, Francesco ve diğerleri (2012), “A Control Oriented Model for Manual-Pick Warehouses”, **Control Engineering Practice**, **20**, 1426–1437.
- Berg, J.P., Zijm and W.H.M. (1999). “Models for warehouse management: Classification and examples”, **International Journal of Production Economics**, **59**,519-528.
- Chew, E.P. ve Tang, L.C. (1999). “Travel Time Analysis for General Item Location Assignment in a Rectangular Warehouse”, **European Journal of Operational Research**, **112**, 582-597.
- Chiang, David Ming-Huang ve diğerleri (2014), “Data Mining Based Storage Assignment Heuristics for Travel Distance Reduction”, **Expert Systems**, **31(1)**, 81-90.
- Dallari F., Marchet G., Melacini M. (2009). Design of Order Picking System, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, **Cilt 42, No. 1-2**, s.1-12.
- Daniels, R.L., Rummel, J.L. and Schantz, R. (1998). A model for warehouse order picking, **European Journal of Operational Research**, **105**,1-17.
- De Koster, R., Le-Duc, T., and Roodbergen, K.J. (2007), Design and control of warehouse order picking: a literature review. **European Journal of Operational Research** **182(2)**, 481-501.

- Demirdögen, O. ve Korucuk, S. (2017). “Depolama ve satın alma kararlarının üretime etkisi: tra1 bölgesi imalat işletmelerinde bir uygulama”, **Dumlupınar University Journal of Social Science**, **54**, 56-76.
- Frazelle, Edward (2002), Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management, USA: McGraw-Hill, 357.
- Gademann, A.J.R.M., Van Den Berg J.P., Van Der Hoff H.H. (2001), “An Order Batching Algorithm for Wave Picking in a Parallel-Aisle Warehouse”, **IIE Transactions**, **33**, 385-398.
- Galka S., Ulbrich A., Günthner A. W. (2007). Performance calculation for order systems by analytical methods and simulation, Technische Universität München, München, 1-10.
- Gelders L. and Heeremans D. (1994). Het traveling salesman probleem toegepast op order picking, **Tijdschrift voor economie en management**, 39(4).
- Gino , M., Marco, M., & Sara, P. (2010). A model for design and performance estimation of pick-and-sort order picking systems, **Journal of Manufacturing Technology Management**, **22 (2)**, 261-282.
- Gue K., Meller R. D. and Skufca J. D. (2006). The effects of pick density on order picking areas with narrow aisles, **IIE Transactions**, **38**,859-868.
- Gue, Kevin R. ve diğerleri (2012), “A Unit-Load Warehouse with Multiple Pickup and Deposit Points and Non-Traditional Aisles”, **Transportation Research Part E**, **48**, 795–806.
- Henn, S. (2012), “Algorithms for On-line Order Batching in an Order Picking Warehouse”, **Computers & Operations Research**, **39**, 2549–2563.
- Henn, S. and Wäscher, G. (2012). “Tabu Search Heuristics for the Order Batching Problem in Manual Order Picking Systems”, **European Journal of Operational Research**, **222**, 484–494.

- Henn, S. ve Schmid, V. (2013). “Metaheuristics for Order Batching and Sequencing in Manual Order Picking Systems”, **Computers & Industrial Engineering**, **66**, 338–351.
- Ho Y-C. and Chien S-P. (2006). A comparison of two zone-visitation sequencing strategies in a distribution centre, **Computers & Industrial Engineering**, **50**, 426-439.
- Hong, S. (2010). Analysis and Control of Batch Order Picking Processes Considering Picker Blocking, Doctoral Thesis, Industrial Engineering, Texas A&M University.
- Hong S., Johnson A.L., Peters B.A. (2012). “Batch Picking in Narrow-Aisle Order Picking Systems with Consideration for Picker Blocking”, **European Journal of Operational Research**, **221**, 557–570.
- Hsu, Chih-Ming ve diğerleri (2005), “Batching Orders in Warehouses by Minimizing Travel Distance with Genetic Algorithms”, **Computers in Industry**, **56**, 169–178.
- Hwang H. S., Cho G. S. (2006). A Performance Evaluation Model for Order Picking Warehouse Design, **Computers and Industrial Engineering**, **Cilt 51, No. 2**, s.335-342.
- Jane C. ve Laih Y. (2005). A Clustering Algorithm for Item Assignment in a Synchronized Zone Order Picking System, **European Journal of Operational Research**, **166**, 489–496.
- Jorge, João Pedro ve diğerleri (2012), “Simulation of an Order Picking System in a Pharmaceutical Warehouse”, *SIMUL 2012, The Fourth International Conference on Advances in System Simulation*, November, 107-112.
- Kırış, Ş., Deliktaş, D. ve Üstün, Ö. (2018). “Order picking problem in a warehouse with bi-objective genetic algorithm approach”, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, **19(1)**, 69-77.

- Kızılaslan R. (2014). “Dağıtım Merkezlerinde Sipariş Toplama Ve Ayrıştırma İşlemleri İçin Bütünleşik Bir Analitik Model Önerisi”, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Koster, R.B.M., Duct, T.L. and Zaerpour, N. (2012). “Determining the number of zones in a pick-and-sort order picking system”, **International Journal of Production Research**, **50**,757-771.
- Lambert, Douglas M. ve diğerleri (1998), *Fundamentals of Logistics Management*, USA: Irwin/McGraw-Hill.
- Lin, C-H. and Lu, I-Y. (1999). The procedure of determining the order picking strategies in distribution center, **International Journal of Production Economics**, **60-61**,301-307.
- Manzini, Riccardo ve diğerleri (2005), “Design and Control of a Flexible Order-Picking System (FOPS)”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, **16(1)**, 18-35.
- Marchet, Gino ve diğerleri (2011), “A Model for Design and Performance Estimation of Pick-and-Sort Order Picking Systems”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, **22(2)**, 261-282.
- Özçakar, N. ve diğerleri (2012), “ Depolama Sistemlerinde Sipariş Toplama İşlemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu”, **İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi**, **23(71)**, 118-144.
- Öztürkoğlu, Ö. ve diğerleri (2014). “A Constructive Aisle Design Model for Unit-Load Warehouses with Multiple Pickup and Deposit Points”, **European Journal of Operational Research**, **236**, 382–394.
- Öztürkoğlu, Ö. ve Hoşer, D. (2018). “A new warehouse design problem and a proposed polynomial-time optimal order picking algorithm” , **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, **33:4**, 1569-1588.

- Özyörük, Bahar ve Ak, Sevgi (2012). “Etkin Depo Yerleşiminin Düzenlenmesi İçin Bir Model: Elektronik Firmada Uygulanması”, **Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi**, **5(1)**, 21-29.
- Parikh, P. J. (2006). Designing Order Picking Systems for Distribution Centers, Doctoral Thesis, Industrial and Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Parikh P. J., Meller R. D. (2008). Selecting between Batch and Zone Order Picking Strategies in a Distribution Center, Grado Department of Industrial and Systems Engineering, **Transportation Research Part E**, **Cilt 44, No. 5**, s.696-719.
- Petersen, Charles G. (1999), “The Impact of Routing and Storage Policies on Warehouse Efficiency”, **International Journal of Operations & Production Management**, **19(10)**, 1053-1064.
- Petersen, Charles G ve Schmenner, Roger W. (1999), “An Evaluation of Routing and Volume-based Storage Policies in an Order Picking Operation”, **Decision Sciences**, **30(2)**, 481-501.
- Petersen, C.G., (2000). An evaluation of order picking policies for mail order companies. **Production and Operations Management** **9 (4)**, 319–335.
- Petersen, C.G. ve Aase, G. (2004). “Improving Order-Picking Performance Through the Implementation of Class-Based Storage”, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, **34(7)**, 534-544.
- Rajuldevi, Mahesh Kumar ve diğerleri (2008). “Warehousing in Theory and Practice”, Master Thesis, Industrial Engineering: Logistics, University College of Borås.
- Roodbergen, K. J., Meller, R. (2004). “Storage assignment policies for warehouses with multiple cross aisles”, **Progress in Material Handling Research**, 431-441.
- Roodbergen K. J., Vis I. F. A. (2006). A Model for Warehouse Layout, **IIE Transactions** **Cilt 38, No. 10**, s.799-811.

- Russell, M.L., Meller, R.D., (2003). Cost and throughput modeling of manual and automated order fulfillment systems. **IIE Transactions** **35 (7)**, 589–603.
- Şahin Y., Eroğlu A. (2015). “Sipariş Toplama ve Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemlerinin Hiyerarşik Çözümü”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi**, **3(1)**, 15-28.
- Taşoğlu, Gökçeçişek Tuna (2013). Evaluation of Order Picking Systems Using Simulation, Master Thesis, Master of Science, Industrial Engineering, Dokuz Eylül University.
- Tsai, C-Y., Liou, J.J.H. and Huang, T-M. (2008). “Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: considering travel distance and order due time”, **International Journal of Production Research**, **46**,6533-6555.
- Tunç S., Kutlu B., Zincidi A. ve Atmaca E. (2008). Depo sisteminde sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, **23(2)**, 357-364.
- Ulbrich, Alexander ve diğerleri (2010). “Secure Planning of Order Picking Systems with the Aid of Simulation”, *Proceedings of the 43rd Hawaii Conference on System Sciences*, Hawaii.
- Yoon C.S. and Sharp G.P. (1995). Example application of the cognitive design procedure for an order pick system: Case study, **European Journal of Operational Research**, **87**,223-246.
- Yoon C.S. and Sharp G.P. (1996). A structured procedure for analysis and design of order pick systems. **IIE (Institute of Industrial Engineers) Transactions** **28**, 379–389.
- Yu, Mengfei ve De Koster, Rene’ B.M. (2008), “Performance Approximation and Design of Pick-and-Pass Order Picking Systems”, **IIE Transactions**, **40**, 1054–1069.

Yu, M., De Koster, R. (2009). The Impact of Order Batching and Picking Area Zoning on Order Picking System Performance, **European Journal of Operational Research**, Cilt 198, No. 2, s.480-490.

Won, J. ve Olafsson, S. (2005), "Joint Order Batching and Order Picking in Warehouse Operations", **International Journal of Production Research**, 43(7), 1427-1442.



EKLER

EK-1 Parti Sipariş Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Modelinin CPLEX'teki Açık Hali

```
int sip=...; //sipariş
int top=...; //toplayıcı
int dal=...; //dalga

range siparis=1..sip;
range toplayıcı=1..top;
range dalga=1..dal;

int D[siparis]=...;
int M[toplayıcı][dalga]=...;

dvar int B[toplayıcı][dalga];
dvar boolean X[siparis][toplayıcı][dalga];

maximize ( sum(i in siparis,j in toplayıcı,k in dalga) (D[i]*X[i][j][k]) );

subject to

{
  forall(j in toplayıcı,k in dalga)
    ( sum (i in siparis) (D[i]*X[i][j][k]) ) == B[j][k];

  forall(j in toplayıcı,k in dalga)
    B[j][k] <= M[j][k];

  forall(i in siparis)
    ( sum(j in toplayıcı,k in dalga) X[i][j][k] ) <= 1;

  forall(i in sipariş)
    D[i] >= 0;

  forall(j in toplayıcı,k in dalga)
    B[j][k] >= 0;

  forall(j in toplayıcı,k in dalga)
    M[j][k] >= 0;
}
```

EK-2 Bölge Sipariş Toplama Stratejisi İçin İş Yükü Dengesizliği Modelinin CPLEX'teki Açık Hali

```

int sip=...; //sipariş
int bol=...; //bölge
int dal=...; //dalga

range siparis=1..sip;
range bolge=1..bol;
range dalga=1..dal;

int D[siparis][bolge]=...;
int M[bölge][dalga]=...;

dvar int B[bölge][dalga];
dvar boolean X[sipariş][dalga];

maximize ( sum(i in siparis,j in bolge,k in dalga) (D[i][j]*X[i][k]) );

subject to

{
  forall(j in bolge,k in dalga)
    ( sum (i in sipariş) (D[i][j]*X[i][k]) ) == B[j][k];

  forall(j in bölge,k in dalga)
    B[j][k] <= M[j][k];

  forall(i in siparis)
    ( sum(k in dalga) X[i][k] ) <= 1;

  forall(i in siparis,j in bolge)
    D[i][j] >= 0;

  forall(j in bolge,k in dalga)
    B[j][k] >= 0;

  forall(j in bölge,k in dalga)
    M[j][k] >= 0;
}

```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: İlknur YAVUZ

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 9 Temmuz 1992, Beykoz

Medeni Durumu: Evli

email: ilknurkymz@gmail.com

Yazışma Adresi: Esentepe Mahallesi Girne Şehitleri Caddesi İmran Konutları A Blok
Daire:46 Melikgazi/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği	2019
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği	2015
Lise	Derici Mustafa Gürbüz Anadolu Lisesi, Aydın	2010

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2018- Halen	Kayseri Valiliği İl Göç İdaresi Müdürlüğü	Memur

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

- Şenyiğit E. ve Yavuz İ. “Depo Yönetiminde Parti Ve Bölge sipariş Toplama Stratejilerinin Karşılaştırılması” *IV. Uluslararası Kafkasya-Orta Asya Dış Ticaret Ve Lojistik Kongresi*, ss 681-691, (2018)
- Şenyiğit E., Yavuz İ., “Depolama Sistemlerinde Sipariş Toplama Stratejilerinin İncelenmesi”, *Uluslararası Mühendislik ve Mimarlık Kongresi*, ANTALYA, TÜRKİYE, 14-16 Kasım 2018, vol.1, no.1, pp.1763-1773