



**BİR LOJİSTİK FİRMASINDA SİPARİŞ TOPLAMA STRATEJİSİ SEÇİM
PROBLEMİ VE ÇÖZÜMÜ**

Ayşenur CAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2014

Ayşenur CAN tarafından hazırlanan “Bir Lojistik Firmasında Sipariş Toplama Stratejisi Seçim Problemi ve Çözümü” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Feyzan ARIKAN ÖKTEMER

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Ergün ERASLAN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 27/06/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ayşenur CAN

27/06/2014

BİR LOJİSTİK FİRMASINDA SİPARİŞ TOPLAMA STRATEJİSİ SEÇİM PROBLEMİ VE ÇÖZÜMÜ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ayşenur CAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2014

ÖZET

Günümüz rekabet koşullarında lojistik faaliyetlerine ait maliyetler rekabetçi avantaj için belirleyici olmaktadır. Lojistik faaliyetler içinde depolama operasyonları, maliyet etkinliğini ve hizmet kalitesini sürdürmek için oldukça kritik bir rol oynamaktadır. Temel depo operasyonlarına göre sınıflandırılan depo operasyon planlama problemleri içerisinde sipariş toplama, en yüksek önceliğe sahip problemidir. Bunun sebebi, toplam depo işletme maliyetleri üzerindeki yüksek etkisidir. Bu çalışmada, bir lojistik firmasında, sipariş toplama stratejisi seçim problemi tartışılmış ve çözülmüştür. Söz konusu problem, topladağıt bulk sipariş toplama stratejisi için iki farklı toplayıcı sayısı ile, eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisi için üç farklı alan büyüklüğü ile toplam beş alternatif strateji olarak ele alınmıştır. En etkin sipariş toplama stratejisinin belirlenmesi için maliyet bazlı matematiksel modelleme kullanılmıştır. Elde edilen sonuca göre, sistem için en etkin strateji, alan büyüklüğünün iki koridor olduğu durumda eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisidir.

Bilim Kodu : 906.1.141

Anahtar Kelimeler : Sipariş toplama, depo, sipariş toplama stratejisi, sipariş toplama strateji seçimi, lojistik

Sayfa Adedi : 132

Danışman : Doç. Dr. Feyzan ARIKAN ÖKTEMER

ORDER PICKING STRATEGY SELECTION PROBLEM IN A LOGISTICS FIRM AND
ITS SOLUTION

(M. Sc. Thesis)

Ayşenur CAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2014

ABSTRACT

In today's competitive environment logistics costs are decisive for a competitive advantage. Warehouse operations plays significantly critical role to maintain cost effectiveness and service quality in logistics activities. Warehouse operation planning problems are classified based on basic warehouse operations. Order picking is the highest priority operation due to its high contribution to the total warehouse operating expense. In this study, the order picking strategy selection problem in a third party logistics firm is discussed and solved. Pick-and-sort batch picking strategy with two different levels of the picker number and simultaneous (also known as synchronized) zone picking strategy with three different zone sizes are considered as five alternative order picking strategies for regarding problem. The most efficient order picking strategy for the system is obtained by solving cost based mathematical models as simultaneous zone picking strategy with two aisles zone sizes.

Science Code : 906.1.141

Key Words : Order picking, warehouse, order picking strategy, order picking strategy selection, logistics

Page Number : 132

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Feyzan ARIKAN ÖKTEMER

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve cesaretlendiren saygıdeğer hocam Doç. Dr. Feyzan ARIKAN ÖKTEMER'e, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayarak bana inanan çok değerli anneme, babama ve kardeőlerime, varlığıyla bana güç katan mükemmel eőime, henüz doğmamıő olsa da varlığıyla hayatımıza mutluluk ve daha çok anlam katarak bana azim veren kıymetli oğluma ve çalıőmalarımda ve veri toplamamda yardımcı olan firma yönetici ve çalıőanlarına teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. TEMEL KAVRAMLAR.....	3
2.1. Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi ile İlgili Temel Kavramlar	3
2.1.1. Tedarik zinciri ve lojistik yönetimi ilişkisi	6
2.1.2. Lojistik sektöründe dış kaynak kullanımı.....	7
2.2. Depo İle İlgili Temel Kavramlar	9
2.2.1. Depoların sınıflandırılması.....	9
2.2.2. Depo operasyonları ve iş akışı.....	11
2.3. Sipariş Toplama İle İlgili Temel Kavramlar	14
2.3.1. Sipariş toplama sistemlerinin sınıflandırılması.....	15
2.3.2. Sipariş toplama sistemlerinin temel adımları.....	17
2.3.3. Manuel sipariş toplama sistemlerinin temel iş akışı	19
2.3.4. Manuel sipariş toplama stratejileri	22
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	29

4. FİRMA VE PROBLEM TANIMI.....	41
4.1. Firmanın Tanıtımı	41
4.2. Problemin Tanımı.....	44
5. ÖNERİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI VE UYGULAMA.....	51
5.1. Önerilen Çözüm Yaklaşımı.....	51
5.2. Uygulama ve Elde Edilen Sonuçlar	57
6. SONUÇ	113
KAYNAKLAR	117
EKLER.....	121
EK-1. Topla-dağıt bulk sipariş toplama operasyonuna ilişkin yapılan zaman etüdü çalışması.....	122
EK-2. Eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama operasyonuna ilişkin yapılan zaman etüdü çalışması.....	124
EK-3. 11 toplayıcı ile bulk sipariş toplama stratejisi uygulandığında gruplama modelinin GAMS çözüm istatistiği ve özeti	126
EK-4. 12 toplayıcı ile bulk sipariş toplama stratejisi uygulandığında gruplama modelinin GAMS çözüm istatistiği ve özeti	127
EK-5. Alan büyüklüğü 1 koridor iken alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında gruplama modelinin GAMS çözüm istatistiği ve özeti.....	128
EK-6. Alan büyüklüğü 2 koridor iken alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında gruplama modelinin GAMS çözüm istatistiği ve özeti.....	129
EK-7. Alan büyüklüğü 3 koridor iken alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında gruplama modelinin GAMS çözüm istatistiği ve özeti.....	130
ÖZGEÇMİŞ	131

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Geleneksel nakliye yaklaşımı ile dış kaynak kullanımı arasındaki farklar	9
Çizelge 2.2. Bulk ve alan bazlı toplama stratejilerinin avantaj ve dezavantajlarının özeti.....	26
Çizelge 3.1. Literatürün sınıflandırılması	39
Çizelge 4.1. Mağaza bazlı günlük siparişlerin içerdiği ortalama ürün adedi.....	48
Çizelge 5.1. Mağaza ve kategori bazlı ortalama günlük siparişlerin içerdiği ortalama ürün adedi.....	59
Çizelge 5.2. Koridor başına günlük toplanması gereken ortalama ürün adedi ve kategori dağılımı	65
Çizelge 5.3. İyileştirilmiş adresleme planından sonra koridor başına günlük toplanması gereken ortalama ürün adedi ve kategori dağılımı	68
Çizelge 5.4. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 11 toplayıcının olduğu durumda optimum gruplama.....	75
Çizelge 5.5. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 11 toplayıcının olduğu toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları	76
Çizelge 5.6. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 12 toplayıcının olduğu durumda optimum gruplama.....	78
Çizelge 5.7. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 11 toplayıcının olduğu toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları	80
Çizelge 5.8. Alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı	82
Çizelge 5.9. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 18 alan olduğu durumda optimum gruplama.....	84
Çizelge 5.10. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 18 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları.....	86
Çizelge 5.11. Alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı	87

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.12. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 9 alan olduğu durumda optimum gruplama.....	91
Çizelge 5.13. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 9 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları.....	92
Çizelge 5.14. Alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı	93
Çizelge 5.15. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 6 alan olduğu durumda optimum gruplama.....	96
Çizelge 5.16. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 6 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları.....	98
Çizelge 5.17. Alternatif 1 için gereken toplama aracı sayısı	101
Çizelge 5.18. Alternatif 2 için gereken toplama aracı sayısı	103
Çizelge 5.19. Alternatif 3 için gereken toplama aracı sayısı	105
Çizelge 5.20. Alternatif 4 için gereken toplama aracı sayısı	108
Çizelge 5.21. Alternatif 5 için gereken toplama aracı sayısı	110
Çizelge 5.22. Alternatiflere ilişkin özet sonuç tablosu.....	111

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tedarik zinciri yapısı	3
Şekil 2.2. Tedarik zinciri çeşitleri	4
Şekil 2.3. Tedarik zinciri ve lojistiğin konumlandırılması	7
Şekil 2.4. Depo tasarımı ve depo operasyonlarına ilişkin genel bir bakış	10
Şekil 2.5. Temel depo operasyonları.....	11
Şekil 2.6. Ürün girişi genel iş akışı	12
Şekil 2.7. Sipariş çıkışı genel iş akışı.....	13
Şekil 2.8. Sipariş toplama sistemlerinin sınıflandırılması	15
Şekil 2.9. Manuel sipariş toplama sistemlerinin temel akışı.....	19
Şekil 2.10. Sipariş toplama operasyonel sürecine ait temel iş adımları.....	20
Şekil 3.1. Sipariş toplama sistem tasarımı için prosedür	30
Şekil 3.2. (a) Geri dönüş politikasının şematik gösterimi.....	33
Şekil 3.2. (b) S-şekilli politikasının şematik gösterimi.....	33
Şekil 3.2. (c) Orta nokta politikasının şematik gösterimi	33
Şekil 3.3. Sipariş toplama sistem metodolojisi	37
Şekil 4.1. Faaliyet alanlarına göre ciro dağılımı	41
Şekil 4.2. Çalışma statüsü kırılımında çalışan sayıları	42
Şekil 4.3. Sektörlere göre ciro dağılımı	42
Şekil 4.4. Tesislerin toplam kapalı alanları.....	43
Şekil 4.5. Firma ve müşterinin tedarik zinciri içindeki ilişkisi	44
Şekil 4.6. Katlı ürün stok alanı yerleşim planı.....	46
Şekil 4.7. Katlı tekstil ürünü toplama aracı.....	50

Şekil	Sayfa
Şekil 5.1. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı	52
Şekil 5.2. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 1	58
Şekil 5.3. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 2	58
Şekil 5.4. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 3	61
Şekil 5.5. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 4	61
Şekil 5.6. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 5	62
Şekil 5.7. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 6	62
Şekil 5.8. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 7	63
Şekil 5.9. Mevcut stok alanı yerleşim planının kategori kırılımı.....	64
Şekil 5.10. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 8	65
Şekil 5.11. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 9	66
Şekil 5.12. İyileştirilmiş adresleme planı ve koridorların toplam ağırlıkları.....	67
Şekil 5.13. İyileştirilmiş adresleme planına göre stok alanı yerleşim planının kategori kırılımı.....	68
Şekil 5.14. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 10	69
Şekil 5.15. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 11	70
Şekil 5.16. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 12	71
Şekil 5.17. Ayırıştırma işleminde kullanılan kayar raf sistemi.....	71

Şekil	Sayfa
Şekil 5.18. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 13	72
Şekil 5.19. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 14	72
Şekil 5.20. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 15	73
Şekil 5.21. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 16, 17, 18, 19	98
Şekil 5.22. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 20	99
Şekil 5.23. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 21	111

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

TL

Türk Lirası

Kısaltmalar

Açıklamalar

AS/RS

Otomatik yükleme boşaltma sistemleri

CSMP

Tedarik zinciri yönetimi profesyoneller kurulu

ERP

Kurumsal kaynak planlama

FMCG

Hızlı tüketim ürünleri

LODER

Lojistik derneği

RF

El terminali

SKU

Stok taşıma birimi

TZY

Tedarik zinciri yönetimi

UND

Uluslararası nakliyeciler derneği

VLM

Dikey asansör modülü

WMS

Depo Yönetim Sistemi

3PL

Üçüncü parti lojistik

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, küresel dünya ile bilginin kolay erişilebilirliği, yapılan ar-ge çalışmaları gibi pek çok nedenlerle rekabetçilik, giderek önem kazanan bir kavram haline gelmiştir. Firmalar, tedarik zincirinin en başından itibaren başlayan süreçlerden, son müşteriye kadar gerçekleştirdiği tüm faaliyetlerde maliyetlerini minimum düzeyde tutmakla birlikte, özellikle son müşterilere sunulan ürün ve hizmetin kalitesinde direkt etkiye sahip olan faaliyetlerde de belirli bir kalite düzeyine sahip olmak durumundadır.

Üretim maliyetlerinin düşürülmesi adına bugüne kadar yapılmış olan pek çok çalışma ile oldukça ilerleme kaydedilmiştir. Bunun yanında, önemli bir maliyet kalemi olan, ürün ve hizmet kalitesini etkileyen lojistik faaliyetler, rekabetçilikte belirleyici olma özelliği taşıyabilmektedir. Gu, Goetschalckx ve McGinnis'e (2007) göre, temel faaliyetleri ürün sezonsallığı nedeniyle meydana gelen değişkenlikler ile baş edebilmek için tedarik zinciri içindeki malzeme akışına tampon oluşturmak; müşterilere gönderilmek üzere, farklı tedarikçilerden gelen ürünleri konsolide etmek; etiketleme, ürünü özelleştirme gibi katma değerli hizmet üretmek olan depolar, tedarik zincirinin kritik bir bileşenidir.

Belirli bir müşteri talebine cevap verebilmek için stoklama alanından veya bekleme alanından ürünleri almak şeklinde tanımlanan sipariş toplama operasyonu, iş gücünün en yoğun kullanıldığı depo operasyonudur ve hemen hemen her depoda toplam depo işletme maliyetinin %55'lik bir kısmına sahiptir (De Koster, Le-Duc, Roodbergen, 2007). Açıkça görülmektedir ki; sipariş toplama operasyonlarında yapılacak bir iyileştirmenin maliyete etkisi, diğer depolama operasyonlarında yapılan maliyet iyileştirmelerine oranla daha yüksek etkiye sahip olacaktır. Ayrıca, sipariş toplama operasyonu, manuel toplama yapılan depolarda insan yoğun operasyon olduğundan oldukça yüksek bir hata yapma olasılığına sahiptir. Bu nedenle sipariş toplama operasyonlarında yapılacak bir iyileştirmenin, hizmet kalitesi üzerinde de etkisi olacaktır.

Bu araştırmada, lojistik faaliyet alanlarından ulusal ve uluslararası taşımacılık, depolama, elleçleme, gümrükleme, antrepo hizmetleri gibi alanlarda hizmet veren bir üçüncü parti lojistik firmasının Gebze lokasyonunda depolama hizmeti alan bir müşterisi için en uygun manuel sipariş toplama stratejisinin seçim problemi ele alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda

problemin çözümü için sipariş toplama sistemi bir bütün olarak ele alınmış ve sistem tasarımı için stratejik kararlar, operasyonel uygulama, değerlendirme ve seçim olmak üzere üç aşamadan oluşan, araştırmada ele alınan probleme özel bir metodoloji geliştirilmiştir. Söz konusu metodolojinin geliştirilmesinde Dallari, Marchet ve Melacini'nin 2009 yılında geliştirdiği metodolojiden ve sipariş toplama sistemi temel adımlarından faydalanılmıştır. Araştırmanın ana amacı olan lojistik firmasının müşterisi için gerçekleştirilen manuel sipariş toplama stratejilerinden en uygun olanının seçilmesi probleminin geliştirilen metodolojide aşama aşama olgunlaşması sağlanmış ve en son değerlendirme ve seçim bölümünde belirlenen her bir alternatif için maliyetler hesaplanarak en düşük maliyete sahip olan stratejinin seçimi sağlanmıştır. Çalışmada tanımlanmış olan probleme uygunluğu nedeniyle her bir alternatifin maliyetinin belirlenmesinde ise Parikh ve Meller'in (2008) geliştirmiş olduğu maliyet minimizasyonu amaçlı matematiksel modellerden faydalanılmıştır.

Çalışmanın amacına ulaşabilmesi için, Bölüm 2. de tedarik zinciri ve lojistik yönetimi, depo ve sipariş toplama ile ilgili temel kavramlara yer verilmiştir. Mevcut sipariş toplama stratejileri açıklanırken dikkate alınan probleme uygun olanlar ve olmayanlar gerekçeleriyle belirtilmiştir. Bölüm 3. de sipariş toplama stratejisi seçim problemi ile ilgili ayrıntılı bir literatür taraması ile gerçekleştirilen çalışmanın literatür içerisindeki yeri aydınlatılmıştır. Bölüm 4. de ele alınan üçüncü parti lojistik firması ile ilgili temel bilgilere ve problemin tanımına; Bölüm 5. önerilen çözüm yaklaşımı ve uygulamaya yer verilmiştir. Sonuç bölümünde, elde edilen sayısal sonuçların analizine ve firma için faydalarına yer verilmiştir.

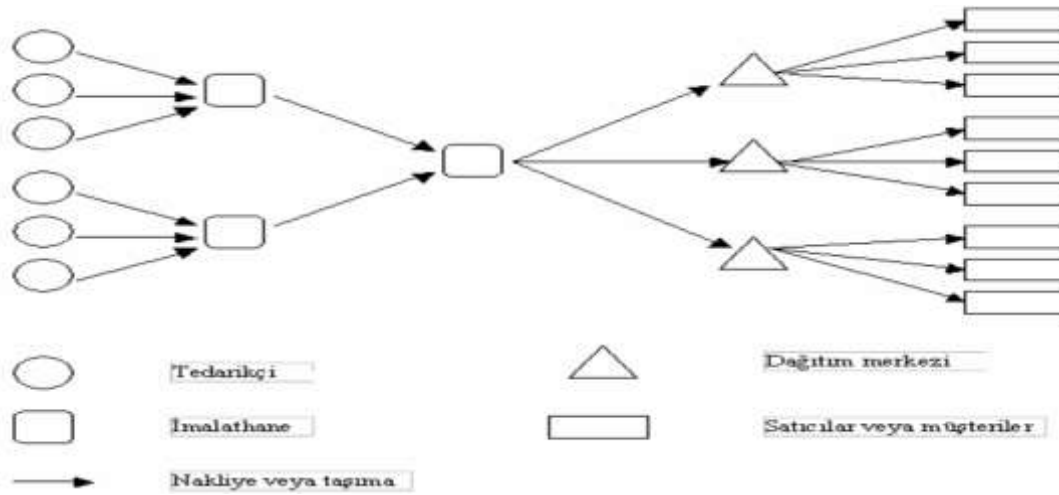
2. TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde, tedarik zinciri ve lojistik yönetimi ilişkisi ele alınmış; depo yönetimi ve temel depo operasyonları ile ilgili temel kavramlara ve sınıflandırmalara değinilmiş; sipariş toplama operasyonunun adımlarına, sipariş toplama stratejilerine ve toplama performansını etkileyen diğer strateji ve uygulamalar hakkında temel bilgilere yer verilmiştir.

2.1. Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi ile İlgili Temel Kavramlar

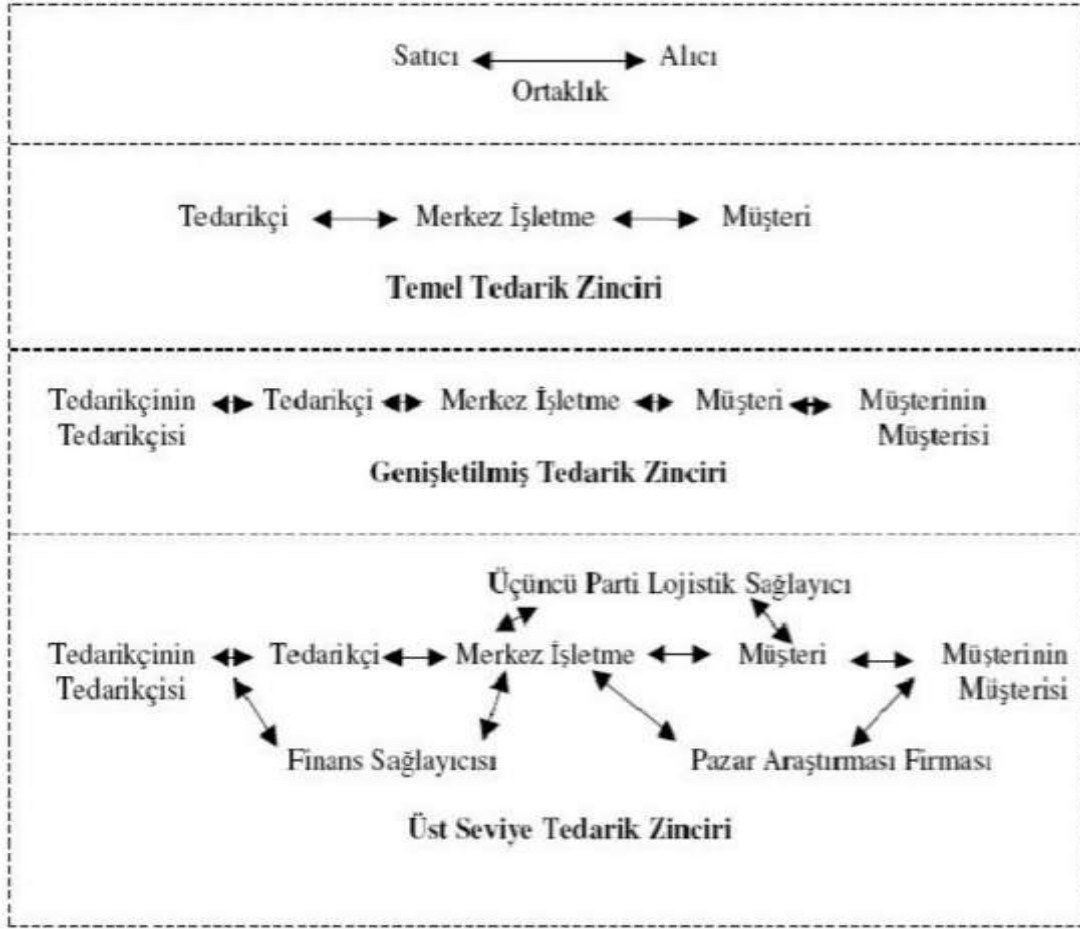
Tedarik zinciri, genel olarak hammaddelerin tedarik edilmesinden başlayarak, bunların yarı ürün ve bitmiş ürünlere dönüşümünden ve dağıtım kanalıyla satıcılara ve müşterilere ulaştırılan hizmet ve dağıtım seçeneklerinden oluşan bir şebekedir. Bu şebeke tedarikçiden müşteriye kadar uzanan fiziksel akış ve bilgi akışı olarak tanımlanabilir (Küçükçe, 2011).

Basit bir tedarik zinciri yapısı Şekil 2.1. de gösterilmiştir (Eymen, 2007).



Şekil 2.1. Tedarik zinciri yapısı (Eymen, 2007)

Tedarik zincirini; temel tedarik zinciri, genişletilmiş tedarik zinciri ve üst seviye tedarik zinciri olarak sınıflara ayırmak mümkündür ve tedarik zinciri çeşitleri şekil 2.2. de gösterilmiştir (Eymen, 2007).



Şekil 2.2. Tedarik zinciri çeşitleri (Eymen, 2007)

Şekil 2.2. de bahsi geçen üçüncü parti lojistik sağlayıcı bölüm 2.1.2. de detaylı olarak anlatılacaktır.

Tedarik zinciri yönetimi (TZY), tüketiciye ürünleri doğru miktarda, doğru yerde ve zamanda temin edebilmeyi sağlayan ürün ya da hizmetin üretilmesinde gerekli olan birimlerin etkin olarak entegre edilmesi ile tüm sistem boyunca verimlilik ve etkinlik sağlayarak müşteri hizmet gereklerini yerine getirebilmektir. TZY, ürün hammaddesinin kaynaktan elde edilmesinden son dağıtımla nihai tüketiciye ulaştırılmasındaki her basamağı ifade etmektedir ve aynı zamanda zincirdeki para, malzeme ve bilgi akışını kontrol etmektir.

Tedarik zinciri yönetiminin faydalarından bazıları aşağıda sıralanmıştır;

-Teslimat performansının iyileşmesi

- Stok seviyelerinin azalması
- Çevrim zamanlarının iyileşmesi
- Tahmin doğruluğunun artması ile daha etkin planlama yapılabilmesi
- Her seviyede verimlilik artışı
- Tedarik zinciri maliyetlerinin düşürülmesi
- Kapasite kullanım oranlarının artması

Tedarik zincirindeki işletmeler yani tedarikçi, üretici, dağıtıcı, taşıma, depolama ve sigortalama hizmeti veren hizmet sağlayıcıları lojistik birimleridir. Lojistik, kaynakların zamana bağlı olarak tedarik zincirinde konumlandırılmasıdır ve tedarikten nihai müşteriye kadar yönetimi içerir.

Lojistik kelimesi ilk olarak askeri alanda kullanılmıştır ve bu dönemdeki lojistik, muharip unsurlara strateji ve taktiğine uygun ve gerekli olan ikmal maddeleri ile hizmet desteğini sağlamak için yapılan faaliyetler olarak tanımlanabilmektedir. Bu tanımdan askeri lojistikte malzemenin yanı sıra asker, barınma, yiyecek-içecek, bakım-onarım ve diğer hizmetler de entegre bir şekilde vermeye çalışılmıştır. Sivil alanda ise, sevkiyat noktası veya noktaları ile teslim noktası veya noktaları arasındaki malzeme, bilgi ve hizmetlerin iki yönlü akışı şeklinde tanımlanabilir.

Tedarik zinciri yönetimi profesyoneller kuruluna göre lojistik yönetimi, müşteri gereksinimlerini karşılamak üzere, üretim noktası ve tüketim noktaları arasındaki mal, hizmet ve ilgili bilgilerin ileri ve geri yöndeki akışları ile depolanmalarının etkin ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolünü kapsayan tedarik zinciri süreci aşamasıdır.

Lojistik, tedarik lojistiği, üretim lojistiği ve dağıtım lojistiği olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir. Tedarik lojistiği, üretim öncesinde hammadde tedarikçisi ile üretim lokasyonu arasındaki akışı kapsamaktadır. Üretim lojistiği, iç lojistik olarak da adlandırılmaktadır ve üretim lokasyonu içindeki hammadde ve yarı ürünün ürüne dönüşmesi için gereken akışı kapsamaktadır. Dağıtım lojistiği ise, üretim sonrası yarı ürün ve bitmiş ürün ile müşteri arasındaki akışı kapsamaktadır. Değişimlere hızlı ve ekonomik tepki verebilmek için tedarik zinciri içinde tüm fonksiyon, süreç ve kaynakların entegre bir şekilde yönetimi gerekmektedir.

Lojistik yönetiminin amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Maliyetlerin düşürülmesi
- Kaynakların etkin kullanım oranlarının artırılması
- Müşteri ihtiyaçlarına zamanında ve doğru şekilde cevap verilmesi

Lojistik yönetimde performans ölçütlerini aşağıdaki örnekler ile açıklamak mümkündür;

- Maliyet
- Zamanında teslim oranı
- Teslim süresi
- Esneklik
- Veri güvenilirliği
- Veriye hızlı erişim
- Temel yetkinliğe odaklanma
- Toplam stok seviyesi
- Etkinlik, verimlilik
- Müşteri odaklılık

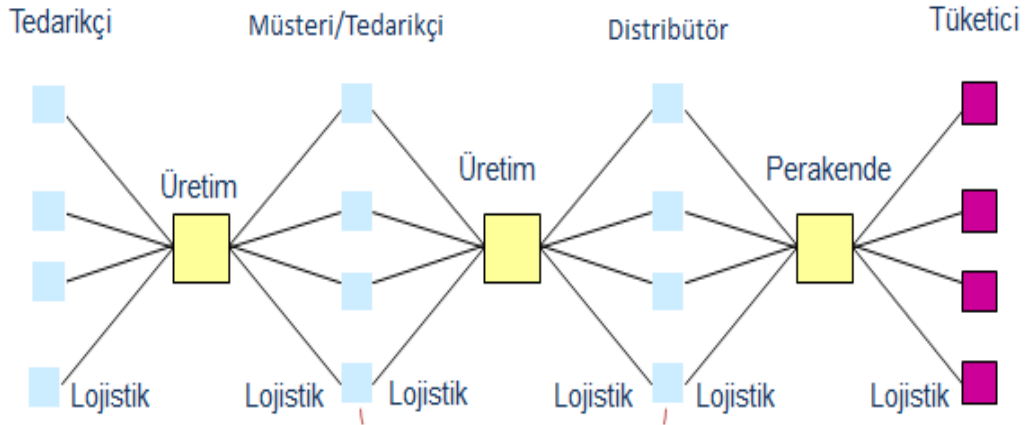
2.1.1. Tedarik zinciri ve lojistik yönetimi ilişkisi

Tedarik zinciri lojistik zinciri ile eş anlamlı iken tedarik zinciri yönetimi, lojistik yönetimi ile eş anlamı değildir. Lojistik yönetimi için belirlenen bir performans ölçütü iyilenirken diğerinde iyilenmeyebilir. Tedarik zinciri ve lojistik yönetimi birbirine yakın kavramlar olmakla birlikte birbirlerinden bazı özellikleri ile ayrılmaktadır. Tedarik zinciri ve lojistik arasındaki temel farklarından başlıcaları aşağıda belirtilmiştir;

- Lojistik, tedarik zincirinden daha küçüktür. Matematiksel ifade ile tedarik zinciri lojistiği kapsamaktadır
- Lojistik yönetimi üretimin nasıl, ne hacimde yapılacağı; kaynakların kimden ve ne kadar temin edileceği gibi sorular ile ilgilenmemektedir
- Lojistikte temel amaç, lojistik maliyetlerini en küçükleme iken tedarik zincirinde amaç; zincire dahil olan tüm firmaların performanslarını arttırmaktır. Zincirdeki en zayıf halka zincirin performansını belirlemektedir

-Lojistik, dağıtımı en iyilemeye çalışırken imalat bilgileri ile ilgilenmez

Tedarik zinciri yönetimi ve lojistik yönetimi arasındaki en belirgin farklılık üretimdir. Şekil 2.3. de lojistiğin konumlandırılmasına yer verilmiştir.



Şekil 2.3. Tedarik zinciri ve lojistiğin konumlandırılması

2.1.2. Lojistik sektöründe dış kaynak kullanımı

Dış kaynak kullanımı, özellikle lojistik ve bilgi teknolojileri alanlarında yaygın olarak görülmektedir. Lojistik Derneği (LODER) dış kaynak kullanımını, tedarik zinciri içindeki temel lojistik faaliyetlerinden ardışık olarak en az üç farklı faaliyetinin, konusunda uzman olan lojistik şirketleri tarafından üstlenilmesi olarak tanımlamıştır.

Günümüze kadar gelişen teknoloji ve yenilikler ile müşteriler bilinçlenmiştir ve artan rekabet koşullarında kendi beklentilerine göre özelleştirilmiş ürünlerin uygun miktar ve hızda sağlanmasını talep etmektedir. Bunun yanında küresel ekonomi ve ülke ekonomisindeki ani dalgalanmalar şirketler açısından önemli riskler oluşturmaktadır. Bu nedenle firmalar, yönetim ve üretim yapılarında radikal değişiklikler yapmaya başlamıştır. Değişim ve değişkenliğe uyum sağlayabilmek; dalgalanmalardan daha az etkilenmek; güncel ve en son teknolojilerden, bilgi birikiminden hızla yararlanabilmek amacıyla firmalar dış kaynak kullanımı yöntemini yaygın olarak kullanmaktadır.

Dış kaynak kullanımını satın almadan ayıran özellik, hizmeti satın alan firma ile tedarikçi arasında iş ortaklığı denebilecek stratejik bir ilişkinin söz konusu olmasıdır. Bahsi geçen

ilişkide yüksek performans ve/veya düşük maliyet hedefine yönelik olarak bağımsız iki firmanın ortak çabası söz konusudur. Ayrıca, dış kaynak kullanımı geleneksel satın almaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlıdır, standart hizmetlerden çok hizmet veren ile alanın ortaklaşa geliştirdiği özel çözümler içerir, işin nasıl yapılacağından çok iş sonuçlarına odaklanır. Riskin paylaşılıyor olması ise bu ilişkiyi geleneksel müşteri-tedarikçi ilişkisinden ayırmaktadır.

Dış kaynak kullanımı hizmetini alan firma, hizmeti sunan firmaya işin nasıl yapılacağını değil hangi iş sonuçlarına ulaşmak istediğini bildirir. İşin yapılma şekli hizmeti sunan firmanın uzmanlık alanıdır ve günümüzde dış kaynak kullanımı sadece maliyet azaltma amaçlı değil, operasyonel etkinliği arttırmak için de kullanılan stratejik bir iş yapma biçimi haline almıştır.

Dış kaynak kullanımında birden fazla hizmet tek bir hizmet sağlayıcı tarafından bir sözleşme kapsamında sağlanır. Bir hizmet sağlayıcının birbirinden bağımsız satın alınabilen ve birbiriyle ilişkilendirilmemiş; belirli hizmet seviyeleri tanımlanmamış; nakliye, depolama, sipariş işleme, malzeme taşıma hizmeti satın almaları dış kaynak kullanımını kapsamına girmemektedir. Burada bahsi geçen satın alma kavramı aynı sayfada açıklanan nedenlerden dolayı önemlidir. Geleneksel nakliyeciyi yaklaşımı ile dış kaynak kullanımının karşılaştırılması Çizelge 2.1. de verilmiştir.

LODER'e göre, dış kaynak kullanımında hizmet veren firma konumundaki, temel lojistik faaliyetlerinden ardışık olarak en az üç tanesini yapabilen ve konusunda uzman olan firmalara üçüncü parti lojistik firması (3PL) adı verilmektedir.

Günümüzde rağbet görmeye başlayan dördüncü parti tedarikçileri ise, tedarik zinciri yönetiminin içinde kalan ve zincirin halkalarını oluşturan tüm bileşenlerin bir arada veya parçalar halinde dış kaynak kullanımına açılması ve bu dış kaynak kullanımında, dış kaynak sağlayıcısının riskleri belli oranda paylaşacak şekilde, tedarikçi hizmetlerine yeni bir boyut kazandırmasıdır (Küçükçe, 2011).

Çizelge 2.1. Geleneksel nakliye yaklaşımı ile dış kaynak kullanımı arasındaki farklar

Geleneksel	Dış Kaynak Kullanımı
-Standarttır	-Müşteriye özeldir
-Genellikle yalnızca taşıma ya da yalnızca depolama gibi tek boyutludur	-Taşıma, depolama, ambar yönetimi gibi birbirini tamamlar biçimde bütünlük sistem yaklaşımı ile çok boyutludur
-Amaç, nakliye masraflarının en aza indirilmesidir	-Amaç, hizmet kalitesi ve esneklik gereksinimlerini de göz önüne alarak toplam sahip olma maliyetinin en uygun düzeye indirilmesidir
-1 ya da 2 yıllık sözleşmeler yapılmaktadır	-Üst ve orta yönetim düzeyinde tartışılan daha uzun süreli sözleşmeler yapılmaktadır
-Daha kısıtlı bir alanda uzmanlık gereksinimi vardır	-Daha geniş kapsamlı lojistik uzmanlığı ve analitik yeteneklere gereksinim vardır
-Sözleşme görüşmeleri daha kısa sürmektedir	-Sözleşme görüşmeleri uzun sürmektedir
-Firmalar arasındaki bağ daha zayıftır, hizmet sağlayıcı firmanın değiştirilmesi daha kolaydır	-Firmalar arasındaki bağ daha kuvvetlidir, hizmet sağlayıcı firmanın değiştirilmesi daha zor ve maliyetlidir

2.2. Depo ile İlgili Temel Kavramlar

Depo, yüksek yatırım maliyetine sahip olan ve aşağıda kurulum amacı listelenen açık veya kapalı alandır (De Koster ve diğerleri, 2007);

- Taşımacak olan ürünlerin konsolide edilmesi ile taşıma maliyetlerinin azaltılması
- Stok için üretim yapma politikası ile üretim maliyetlerinin düşürülmesi
- Sezonsallık, talep dalgalanmaları, rekabetçilik gibi nedenlerle değişen market koşullarının ve belirsizliklerin karşılanması
- Tedarikçi ve müşterilerin tam zamanında üretim programlarının desteklenebilmesi
- Ürünlerin konsolidasyonu ile müşterilerin birden fazla ürün çeşidine sahip siparişlerinin karşılanabilmesi
- Tersine lojistik faaliyetleri ile gelen iade vb. ürünlerin geçici olarak saklanması
- Aktarma merkezi görevinde bekleme alanı oluşturulması

2.2.1. Depoların sınıflandırılması

Berg ve Zijm'e (1999) göre temel olarak depolar üç sınıfa ayrılabilir:

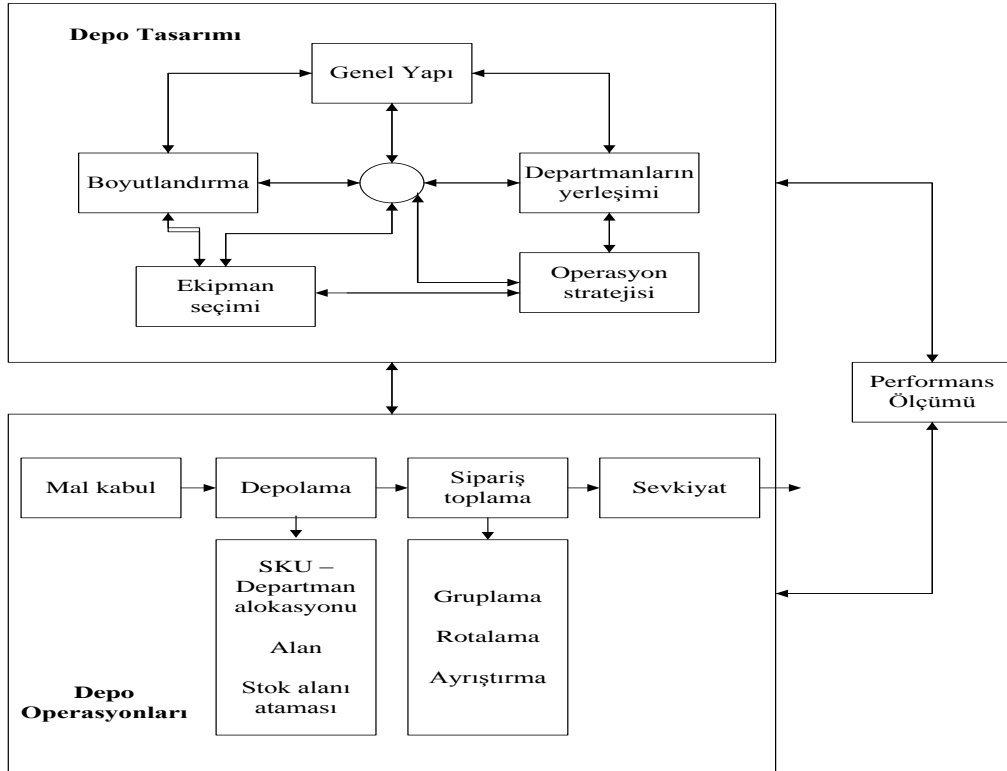
- Dağıtım Merkezleri
- Üretim Depoları
- Kontrat Lojistiği

Dağıtım (aktarma) merkezleri, müşterilerin siparişlerini karşılayabilmek amacıyla birden fazla tedarikçiden gelen ürünlerin toplandığı, sayıldığı, konsolide edilerek sevk edildiği depolardır.

Üretim depoları, üretim merkezlerinde bulunan ve hammadde, yarı ürün ve bitmiş ürünün uygun koşullarda saklandığı depolardır.

Kontrat lojistiği, birden fazla müşterinin farklı hammadde, bitmiş ürün ve yarı ürünlerinin depolandığı depolardır. Aynı zamanda bu depolarda birden fazla müşteri için katma değerli hizmet verilebilir. Kaynak ihtiyacındaki dalgalanmalar her bir müşteri için farklı olduğundan bu tarz depolarda esneklik oranı yüksektir ve maliyetler tek bir müşterinin ürünlerinin depolandığı depo tiplerine göre genellikle daha düşüktür. Bu çalışmada yer alan depo kontrat lojistiği sınıfına girmektedir. Analiz edilecek ve çözülecek olan söz konusu problem kontrat lojistiği sınıfına dahil olan bir deponun içerisinde yer alan tek bir müşterinin ihtiyacına yönelik olacaktır.

Şekil 2.4. de depo tasarımı ve depo operasyonlarına ilişkin genel bir bakış verilmiştir.



Şekil 2.4. Depo tasarımı ve depo operasyonlarına ilişkin genel bir bakış (Gu ve diğerleri, 2007)

2.2.2. Depo operasyonları ve iş akışı

Berg ve Zjim'e (1999) göre depo operasyonları mal kabul, depolama, sipariş toplama ve sevkiyat olmak üzere dört ana başlığa bölünebilir.



Şekil 2.5. Temel depo operasyonları (Gu ve diğerleri, 2007)

Dört temel operasyonu ürün girişi ve sipariş çıkışı olarak iki sınıfta incelemek mümkündür.

Ürün girişi

Ürünlerin fiziksel olarak depoya gelmesinden, uygun stoklama alanına yerleştirilmesine kadar olan süreç ürün girişi sınıfına dahil edilebilir. Mal kabul ve depolama işlemleri ürün girişi sınıfına dahildir.

Mal kabul

De Koster ve diğerlerine (2007) göre mal kabul süreçleri, ürünlerin gelen araçlardan boşaltılmasını, sistemden stok bilgilerinin güncellenmesini, gelen ürünlerin istenilen miktar ve kalitede olup olmadığının kontrol edilmesini kapsamaktadır.

Mal kabul işlemleri depo yönetim sistemi kullanan depolarda rampa işlemleri ve sistemsel mal kabul olarak ikiye ayrılabilir. Rampa işlemlerinde kap sayımı yapılırken; sistemsel mal kabul sürecinde fiziksel ürün sayımı ve kalite kontrol işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bahsi geçen depo yönetim sistemleri Bölüm 2.2.2. de “Depo Yönetim Sistemi (WMS)” alt başlığı altında anlatılacaktır.

Depolama

Depolama süreci, mal kabulü yapılan ürünlerin stok alanına transferini, depoda uygulanan adresleme politikasına göre stok alanına yerleştirilmesini ve yerleştirilen ürünlerin

sistemsel adreslenmesini kapsamaktadır. Adresleme işlemi, ürünlerin lokasyon adı verilen her bir bölümüne ayrı bir adres verilmiş olan stoklama alanlarına konması ve sistem üzerinden ürünün ilgili adrese atanması işlemidir. Bu şekilde gelen ürünlerin tamamının direkt stoğa alınması sürecine doğrudan yerleştirme de denebilir.

Bir tedarikçiden gelen ürünlerin mal kabullerinin yapıldıktan sonra birden çok merkeze dağıtılarak sevk edilmesi süreci olan aktarma işlemlerinde, depolama adımı atlanarak mal kabulden sonra sipariş çıkış aşamasına gelinmektedir. Bu tip ürünlerde ürünlerin sistemsel mal kabulleri yapılırken aynı zamanda çıkışları da yapılmış olmaktadır.

Bir tedarikçiden gelen ürünlerin mal kabullerinin yapıldıktan sonra bir kısmının birden çok merkeze dağıtılarak sevk edilmesi ve kalan kısmın depo stoğuna alınması süreci olan tortulu aktarma sürecinde de depolama süreci sadece tortu ismi verilen sipariş fazlası depoda kalan ürünler için uygulanmaktadır.

Mal kabul ve depolama temel adımlarından oluşan ürün girişinin genel hatlarıyla iş akışı Şekil 2.6. da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Ürün girişi genel iş akışı

Sipariş çıkışı

İç veya dış müşterilerden siparişin alınmasından ilgili siparişin sevk edilmesine kadar geçen süreçler sipariş çıkışı sınıfına dahil edilebilirler. Sipariş toplama ve sevkiyat işlemleri sipariş çıkışı sınıfına dahil edilebilirler.

Sipariş Toplama

Genel bir ifadeyle iç veya dış müşterilerden gelen ürün siparişlerinin stok alanından toplanması işlemine sipariş toplama denmektedir.

Aktarma ve tortulu aktarma süreçlerinde sipariş toplama adımı bulunmamaktadır.

Sipariş toplama süreçleri ile ilgili detaylı bilgilere Bölüm 2.3 de yer verilmiştir.

Sevkiyat

Sevkiyat süreci, toplanan siparişlerin paketlenmesi, kontrol edilmesi, irsaliye ve fatura çıkartılması, sevk etiketi ve çeki listesinin çıkartılarak ürünlerin depodan sevk edilmesi süreçlerini kapsamaktadır.

Sipariş toplama ve sevkiyat temel adımlarından oluşan sipariş çıkışının genel hatlarıyla iş akışı Şekil 2.7. de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Sipariş çıkışı genel iş akışı

Depo yönetim sistemi (WMS)

WMS, bir depoda gerçekleştirilecek tüm operasyonları etkin ve verimli şekilde yönetmek, operasyonların kâğıtsız, en kısa sürede, en az insan ve makina kaynağı ile hatasız tamamlanmasını sağlamak, karar vermeye yardımcı olmak, gerçekleştirilen operasyonları çevrimiçi izlemek ve gerçekleştirilmiş işlemlerin bilgilerini raporlar halinde sunmak üzere

tasarlanmış bir sistemdir. WMS, tek başına bir yazılım olabilmekle beraber bir kurumsal kaynak planlama (ERP) sisteminin modülü olarak da çalışabilir. Depo süreçleri, şirketlerin finans, satış gibi diğer süreçleriyle bağlantılı olduğundan WMS de diğer süreçlerde kullanılan otomasyon programlarıyla entegre çalışabilmektedir. Detayları verilmiş olan depo operasyonlarının yürütülebilmesi, ürünlerin doğru zamanda, doğru yerde, doğru şekilde depo hareketlerinin gerçekleştirilebilmesi için WMS son derece faydalı ve etkin olmaktadır. WMS sayesinde bir ürünün depoya girişinden sevkine kadarki tüm süreçlerinin takip edilebilmesi mümkündür. WMS'in sağladığı avantajlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Çok kullanıcıya yapıya imkân vermesi
- Her müşteri ve proje için farklı tasarıma imkân vermesi
- Esnek yapıya sahip olması
- Hızlı tepki süresine sahip olması
- Kullanıcı dostu ara yüze sahip olması ve ihtiyaç halinde eğitim olanağının kolaylığı
- Yüksek performansa sahip olması

2.3. Sipariş Toplama ile İlgili Temel Kavramlar

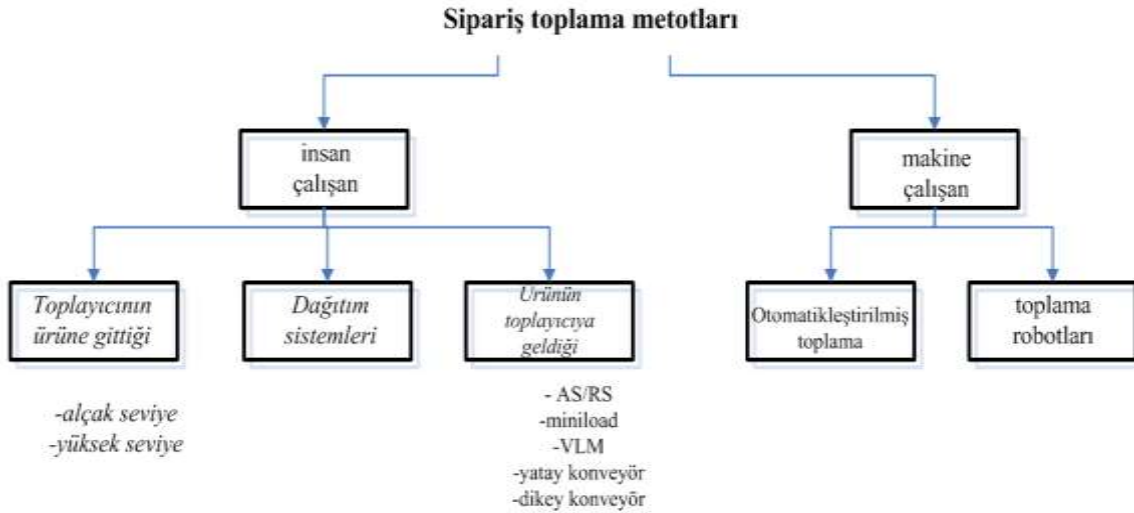
Sipariş toplama, müşteri siparişlerinin sınıflandırılması ve çizelgelenmesi, sipariş satırlarının stok lokasyonlarına atanması, stok lokasyonundan ürünlerin toplanması adımlarını kapsamaktadır (De Koster ve diğerleri, 2007).

Sipariş toplama operasyonu, insan yoğun ve direkt müşteri ile ilişkili olduğundan oldukça kritik öneme sahiptir. Servis zamanı ve servis kalitesi ile direkt ilişkilidir. Bu nedenle üretkenliği artırılması ile çevrim zamanının düşürülmesi ve hata oranının azaltılması sipariş toplama operasyonunun temel hedeflerindedir. Bu hedefler doğrultusunda çalışmalar yapılırken, malzeme, insan, sermaye gibi kullanılan kaynakların da kısıtlı olduğunun unutulmaması gerekmektedir.

2.3.1. Sipariş toplama sistemlerinin sınıflandırılması

Koster ve diğerlerine (2007) göre sipariş toplama sistemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

Şekil 2.8. sipariş toplama sistemlerini insan gücü ya da otomasyon kullanımına göre ayırmıştır. Depoların en belirgin insan gücü kullanımı sipariş toplama içindir. Bununla birlikte, toplayıcıların ürünleri toplamak için koridor boyunca yürüdükleri ya da araç kullandıkları toplayıcının ürüne gittiği sistemler, en yaygın olan sistemdir. Toplayıcının ürüne gittiği sistemleri, alçak-seviye ve yüksek-seviye toplama olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Alçak seviye toplama sistemlerinde toplayıcılar, istenen ürünleri depolama alanındaki koridorlar boyunca yürüyerek raflardan ya da kutulardan alır. Diğer sipariş toplama sistemi olan yüksek-seviye toplama sistemi, depolama raflarında çalışmaktadır ve toplayıcı toplama lokasyonlarını sipariş toplama aracı veya vinç üstünde dolaşarak gezmektedir. Vinç uygun toplama lokasyonunun önünde otomatik olarak durmaktadır ve toplayıcının toplama performansını beklemektedir. Bu tarz sistemler yüksek seviye toplama sistemleri olarak isimlendirilmektedir (De Koster ve diğerleri, 2007).



Şekil 2.8. Sipariş toplama sistemlerinin sınıflandırılması (De Koster ve diğerleri, 2007)

Dağıtım sistemleri erişim ve dağıtım süreçlerini içermektedir. İlk olarak, ürünün toplayıcıya gelmesi ya da toplayıcının ürüne gitmesi metoduyla ürünlere erişilir. İkinci olarak, toplayıcı tarafından toplanmamış ürünlerin olduğu taşıyıcıdan (genellikle kutu) ürünler müşteri siparişlerine dağıtılır (müşteri kolilerine koyma). Dağıtım sistemleri genellikle kısa zaman aralığında toplanması gereken fazla sayıda müşteri sipariş satırı olduğunda popülerdir ve iyi yönetilen sistemlerde küçük ürünler için adam saatte 500 ürün toplanabilir. Yeni gelişen sistemler ile adam saatte 1 000 ürün elleçlemek mümkündür (De Koster ve diğerleri, 2007).

Ürünlerin toplayıcıya geldiği sistemler, toplayıcının sabit olduğu ve toplanması gereken ürünlerin otomasyon sistemleri ile toplayıcının önüne geldiği sistemlerdir. Otomatik yükleme ve boşaltma sistemleri (AS/RS) bu yapıdaki sipariş toplama sistemlerinden biridir.

AS/RS, bir yükü (palet, sepet ya da koli) önceden tanımlı olan adreslere istifleyen ve istendiğinde yükü raftan indiren robotik sistemlerdir. AS/RS uygulamalarının sağladığı avantajlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

-Daha az koridor boşluğuna ihtiyaç duyularak daha yüksek raflarda depolamaya imkân sağlayan bu sistem ile birim alanda depolanan ürün miktarı geleneksel depolama yöntemlerine göre artmaktadır

-Bu sistem ile birlikte istifleme ve raftan indirme operasyonları tamamen otomatik yapıldığı için, geleneksel depolarda kullanılan istifleme operatörlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Ekipman ve operatör sayısının azalmasıyla birlikte iş kazaları riskleri de doğal olarak azalmaktadır

-Geleneksel sistemlerde kullanılan ekipmanların performanslarına kıyasla ürünlerin rafa yerleştirilmesi ya da raftan indirilmesi için ihtiyaç duyulan süreler bu sistemle azalmaktadır

-Sistem kurgusu yapıldıktan sonra, operasyon insan iradesinden doğabilecek risk ve hatalardan tamamen arındırılmaktadır ve bu sayede hem envanter doğruluğu hem de sipariş hazırlama doğruluk oranı %100 seviyelerine ulaşabilmektedir

-Sistem boş zamanlarda, tanımlanan algoritmalara bağlı olarak ürünlerin daha hızlı toplanabilmesi için, kendi içerisinde adres değişiklikleriyle çok hareket gören ürünleri çıkışa yakın adreslere getirmektedir

Dikey asansör modülü (VLM), her biri serbest hareket edebilen platformların (tepsilerin) istifleme aracı olarak kullanılmasına dayanmaktadır. Otomatik asansör sistemi sayesinde tepsiler dikey olarak depolanırken, tepsiler arasındaki boşluk da en aza indirilerek, depolama hacminin en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bu sistem de AS/RS gibi sipariş toplama esnasında toplanacak olan ürünleri operatörün önüne getirerek operatörün yürüme mesafesini en aza indirmektedir. Operasyon kalitesini arttırmak ve kaynak (alan ve insan gücü) kullanımını en aza indirmek için; ürün çeşitliliğinin yüksek

olduğu, güvenlik ve hijyen seviyesinin üst düzeyde olması gereken operasyonlarda VLM kullanılması faydalı olmaktadır.

Makine çalışan sınıfında bulunan otomatikleştirilmiş toplama sadece çok özel durumlarda kullanılmaktadır (De Koster ve diğerleri, 2007).

2.3.2. Sipariş toplama sistemlerinin temel adımları

Gu ve diğerlerine göre, sipariş toplama sistemlerinin her biri gruplama, sıralama ve rotalama ve ayrıştırma temel adımlarının tamamından ya da bazılarında oluşmaktadır (Gu ve diğerleri, 2007).

Gruplama

Gruplama problemi, toplanmak üzere gelen siparişleri belirli bir zaman aralığında ya da bir toplama dalgasında toplamak için kümelere bölmedir (Gu ve diğerleri, 2007). Müşterilerden gelen siparişler mevcut ihtiyaçlara ve kısıtlara uygun şekilde farklı şekillerde biriktirilebilir. Müşterilerden gelen ve harmanlama işlemine kadar birikmiş olan her bir sipariş oluşan toplama gruplarına atanmaya adaydır. Ürünleri toplamak için gereken süre belirlenen zaman aralığını ya da toplama dalgasını geçmemelidir; eğer bölge bazlı toplama yapılacaksa, toplama zamanını minimize etmenin yanında daha etkin ve verimli bir toplama operasyonu için grupları bölgelere dengeli dağıtmak gerekmektedir (Gu ve diğerleri, 2007).

Sıralama ve rotalama

Ürünler stok alanı içerisinde farklı raflarda, sepetlerde vb. bulunmaktadır ve her birinin belirli bir adresi vardır. Stok alanı içinde toplanması gereken ve farklı adreslerde bulunan ürünler için bir turda gidilmesi gereken belirli adreslere giderkenki izlenecek sıranın belirlenmesine sıralama ve rotalama denmektedir.

“Depolarda sipariş toplama rotasının belirlenmesi gezgin satıcı probleminin özel bir çeşidini gerektirmektedir ve amaç, belirlenen noktalara en kısa yoldan ulaşmaktır” (Tunç, Kutlu, Zincidi, Atmaca, 2008).

Adresleme politikasına göre ürünlerin yerleri ve bir ürünün aynı stok alanı içerisinde birden fazla farklı adreste bulunup bulunma durumları değişmektedir. Toplanacak bir ürünün birden fazla adreste bulunduğu durumlarda, rotalamanın amacı gereğince aynı turda toplanması gereken ürünler ile en kısa yürüme mesafesinde olan adresteki ürünler seçilerek rotalama yapılabilir. Diğer yandan stoklama alan kısıtı nedeniyle adres sıfırlama gibi mevcut ihtiyaçları da gözetecek şekilde farklı amaçlara göre hangi adresten ilgili ürünün alınması gerektiğine karar verildikten sonra seçilen adresin de dahil olduğu şekilde sıralama ve rotalama yapılabilir. Gelen müşteri sipariş satırlarındaki istenen ürünler ile bu ürünlerin stok adreslerindeki ürünler ile eşleştirilmesi işlemine alokasyon adı verilmektedir.

Ayrıştırma

Sipariş toplama sırasında aynı turda birden fazla müşteri siparişi birlikte toplandığında ürünlerin paketlenerek irsaliye kesilmesi ve sevk edilebilmesi için toplanan ürünlerin müşterileri bazında ayrıştırılması gerekmektedir. Ayrıştırma işlemi, toplama esnasında (toplarken dağıt) ya da toplama işleminin ardından (topla dağıt) yapılabilir. Birden çok müşteri gözüne sahip olan toplama aracı ya da buna benzer bir sistemle yapılan toplarken dağıt süreci, toplama performansını topla dağıtma göre düşürmekle birlikte toplamanın ardından ayrı bir dağıtma işlemi gerekliliğini ortadan kaldırır. Bunun yanında, toplarken dağıt ya da topla dağıt sistemlerinde hangisinin daha faydalı olduğu sorusunun cevabı toplanan toplama grubunun özelliklerine ve sistemin ihtiyaçlarına göre değişmektedir.

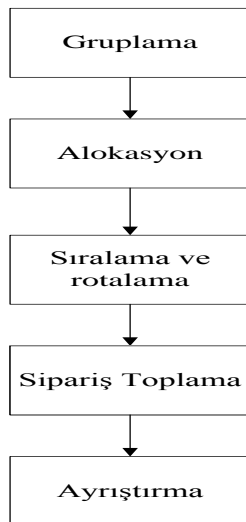
Manuel ve otomasyon desteği ile otomatik gibi farklı sınıflarda ayrıştırma sistemleri mevcuttur ve sınıfların altında da pek çok farklı ayrıştırma sistem alternatifleri bulunmaktadır. Işıklı dağıtım sistemi gibi otomasyon desteği olan ancak dağıtım, ayrıştırma işlemi manuel yapılan sistemler de mevcuttur.

2.3.3. Manuel sipariş toplama sistemlerinin temel iş akışı

Bu çalışmada yer alan müşterinin stok alanındaki ürünleri, yürüme yollu raf sistemlerinde bulunduğundan çalışmanın kapsamı toplayıcının ürüne gittiği alçak seviye sipariş toplama sistemleri ile sınırlandırılmıştır. Toplayıcının ürüne gittiği sistemler bu çalışmada manuel sistemler olarak da adlandırılmıştır.

Gelen müşteri siparişlerinin istenilen şekilde sevk edilebilmesi için temel olarak sırasıyla toplanması, paketlenmesi ve sevk edilmesi gerekmektedir. Ayrıştırma işlemi gerekiyor ise ihtiyaçlara ve yapılmış olan planlamalara göre toplarken dağıt ya da topla dağıt modeli kullanılarak ayrıştırma işleminden geçmesi gerekmektedir. Ancak, operasyonel olarak bu işlemler yapılmaya başlanmadan evvel Bölüm 2.3.2. de açıklanmış olan sipariş toplama sistemlerinin temel adımlarından ihtiyaçlara göre tamamının ya da bazılarının uygulanması gerekmektedir. Sonrasında da operasyonel düzeyde toplama ana sürecine ait olan alt süreçlerin planlanan şekli ile uygulanması ve ardından paketlenme, sevk gibi diğer ana süreçlerin de tamamlanarak siparişe konu olan ürünlerin müşteriye sevk edilmesi gerekmektedir.

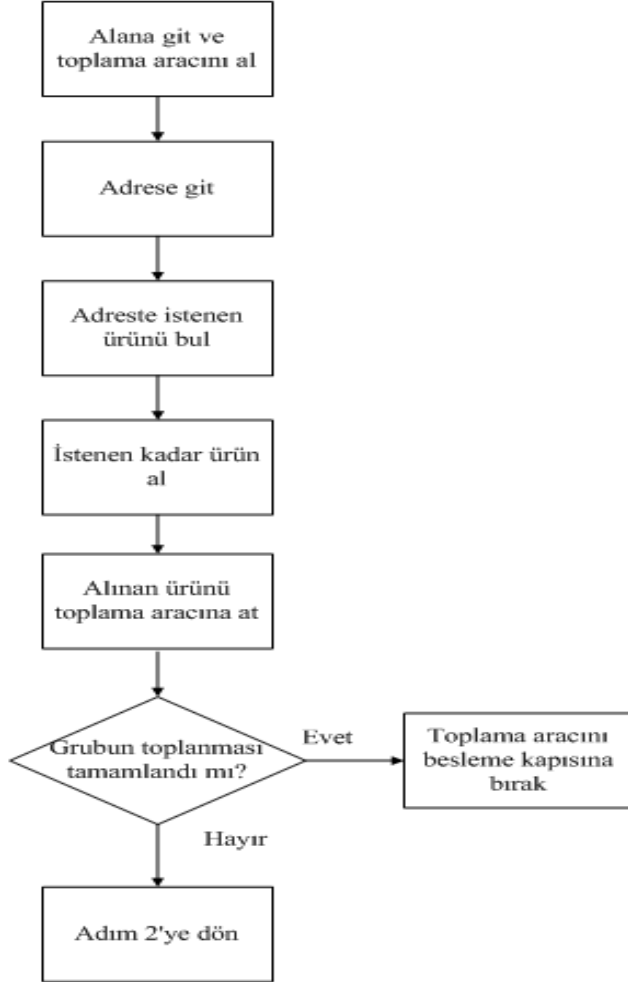
Şekil 2.9. da müşteri siparişleri depoya geldikten sonra paketlenme işlemine kadarki temel akış yer almaktadır. Mevcut yapı ve ihtiyaçlara göre bu adımların tamamının ya da bazılarının uygulanması gerekmektedir. Ayrıştırma işlemi sipariş toplamanın ardından gösterilmiştir ancak sipariş toplama işlemi sırasında da toplarken dağıt yapılabilir.



Şekil 2.9. Manuel sipariş toplama sistemlerinin temel akışı

Şekil 2.10. da alçak-seviye, toplayıcının ürüne gittiği sistemler için sipariş toplama işleminin operasyonel sürecine ait temel iş adımlarının akışı verilmiştir. Verilmiş olan temel akışın dışında, depo içerisindeki genel yerleşim planından kaynaklı ara taşımalar, vb. farklı adımlar söz konusu olabilmektedir. Bunun yanında şekilde verilen sipariş toplama işlemi, toplarken dağıt ya da topla dağıt olarak ayrı verilmemiştir. Toplarken dağıt süreci, “Alınan ürünü toplama aracına at” adımıyla müşteri bazında ayrı gözlemlere sahip olan

toplama aracına atılarak yapılmaktadır. Toplama işleminde adres yönlendirmeleri el terminalleri (RF) veya toplama listeleri ile yapılabilir.



Şekil 2.10. Sipariş toplama operasyonel sürecine ait temel iş adımları

“Toplayıcının bir turunu tamamlaması için gereken süreye proses zamanı denir ve bu süre; yürüme zamanı, arama zamanı, toplama zamanı ve hazırlık zamanından oluşmaktadır” (Henn ve Schmid, 2013).

Yürüme Zamanı

Sipariş toplama sırasında bir adresten diğer adrese ulaşmak için geçen zamanların toplamı yürüme zamanına eşittir. Sipariş toplama operasyonel sürecine ait iş adımlarında gösterilen ikinci adım yürüme zamanını göstermektedir: (Bkz. Şekil 2.10)

Arama Zamanı

Sipariş toplama sırasında istenen ürünü adreste bulmak için geçen süre arama zamanı olarak kabul edilmektedir. Sipariş toplama operasyonel sürecine ait iş adımlarında gösterilen üçüncü adım arama zamanını göstermektedir: (Bkz. Şekil 2.10)

Toplama Zamanı

Sipariş toplama sırasında istenen ürünü adreste bulduktan sonra istenen adet kadar alırken ve toplama aracına atarken geçen sürelerin toplamına toplama zamanı denir. Sipariş toplama operasyonel sürecine ait iş adımlarında gösterilen dördüncü ve beşinci adımlar, yürüme toplama göstermektedir: (Bkz. Şekil 2.10)

Hazırlık Zamanı

Her bir tur için sipariş toplama öncesinde ve sonrasında yapılan toplama aracını almak gibi hazırlıklar hazırlık zamanı olarak kabul edilir. Sipariş toplama operasyonel sürecine ait iş adımlarında gösterilen birinci ve sonuncu adımlar, hazırlık zamanını göstermektedir: (Bkz. Şekil 2.10)

Klasik dağıtım merkezlerinde toplam sipariş toplama zamanının %50 si yürüme zamanı, %20 si arama zamanı, %15 i toplama zamanı, %10 u hazırlık zamanı ve %5 i diğer zamanlardan oluşmaktadır (Thompkins, White, Bozer, Frazelle ve Tanchoco, 2003). Yürüme zamanı sıklıkla baskındır ve değer katmayan zamanlardır. Bu nedenle öncelikle iyileştirilmesi gereken alan lokasyonlar arasındaki mesafe ile doğru orantılı olan yürüme zamanıdır (De Koster ve diğerleri, 2007).

2.3.4. Manuel sipariş toplama stratejileri

Kesikli, bulk, alan bazlı, kova ekibi ve dalgalı olmak üzere depolarda genellikle kullanılan beş çeşit sipariş toplama stratejisi bulunmaktadır (Parikh ve Meller, 2008).

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.

Peterson II'ye (2000) göre kesikli toplamanın getirdiği avantajlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Siparişin bütünlüğü korunur
- Toplayıcının işini basitleştirir ve ayrıştırma, toplanan ürünlerin birleştirilmesi gibi işlemlere ihtiyaç olmadığından, ürünlerin yeniden elleçleme gereksinimlerini ortadan kaldırarak ekstra işlemler için zaman harcanma ihtiyacı gerektirmez
- Siparişin tamamından tek bir toplayıcı sorumlu olduğundan hata durumunda direkt tespiti kolaylaştırır ve toplayıcının sorumluluk duygusuna sahip olmasını sağlar
- Müşterilerin siparişlerini beklediği zamanlarda hızlı bir şekilde siparişin hazırlanmasını sağlar

Peterson II'ye (2000) göre kesikli toplamanın getirdiği dezavantajlar ise şöyle sıralanabilir;

- Tüm siparişi tek bir toplayıcı topladığından ve istenen ürünler stok alanının her bir yanına dağılmış olabileceğinden toplayıcı stok alanının büyük bir kısmında yürümek durumunda kalabilir
- Tek bir ürünün büyük miktarlarda istendiği durumlarda hızlı toplamaya izin vermez. Bu şekilde gelen siparişlerde, farklı bir strateji izlenerek kesikli toplamaya göre daha hızlı ve uygun bir toplama stratejisi seçilmesi gereklidir

Parikh ve Meller'e (2008) göre bu tip toplama, kolay implemente edilebilir 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.

Bulk toplama

Bulk toplama stratejisinde, gelen siparişler gruplanır ve toplayıcı tarafından bir turda birden fazla sipariştan oluşan grupta yer alan tüm sipariş satırlarının toplanması sağlanır (Parikh ve Meller, 2008). Operasyonel uygulama sırasında bulk toplama, kesikli toplamaya benzer. Toplayıcı, kendisine verilmiş olan grupta yer alan ilk lokasyona giderek ürünü aldıktan sonra bir sonraki lokasyona giderek işlemleri tekrarlar ve grubun toplanmasını tamamlar.

Bulk toplamanın getirdiği avantajlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

-Siparişler gruplandığından aynı adreste yer alan ürünlerin içinde olduğu siparişler aynı turda birleşmiş olabileceğinden her bir ürün için yürüme zamanını ve mesafesini kısaltabilmektedir

Bulk toplamanın getirdiği dezavantajlar ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

-Aynı grupta yer alan birden çok sipariş toplama sırasında karışmış olmaktadır. Ancak müşterilere sevk edilmesi için sipariş bazlı ya da müşteri bazlı ayrıştırılması gerekmektedir. Bu nedenle bu strateji kullanıldığında ayrıştırma işlemi için zaman, eleman, alan gibi ek kaynaklar gerekmektedir. Ayrıştırma işlemi toplarken ya da topladıktan sonra yapılabilmektedir

-Sipariş bütünlüğü bozulduğundan hata yapma potansiyeli artar (Petersen II, 2000)

-Toplayıcıların toplama esnasında serbest hareketlerinden tıkanıklık söz konusu olabilir. Bu durum bekleme ve toplayıcıların verimliliklerinin düşmesine sebep olur (Parikh ve Meller, 2008)

Toplarken dağıt

Bu stratejide toplayıcılar ürünleri toplarken aynı zamanda ayrıştırma gözlerine sahip toplama aracında ürünleri ilgili bölmelere koyarak ayrıştırma işlemini gerçekleştirmiş

olmaktadır. Bu şekilde ayrıca bir ayrıştırma işlemi gerektirmemesi ile birlikte ürünleri ilgili bölmelere atmak için kaybedilen arama zamanı nedeniyle toplama performansı topla dağıta göre düşmektedir (Parikh ve Meller, 2008). Ayrıca, ayrıştırılması gereken çok sayıda sipariş ya da müşteri olduğunda toplama aracının kapasitesi ayrıştırma işlemi için yeterli olmayabilir. Bu nedenle problem tanımı gereğince toplarken dağıt stratejisi bu çalışma için uygun değildir.

Topla dağıt

Bu stratejide toplayıcılar ürünleri öncelikle ayrıştırmadan aynı toplama aracının içine topladıktan sonra ayrıştırma işlemi yapılır. Toplama aracının tüm müşterilerin siparişlerini ayırabilecek yeterli kapasiteye sahip olmadığı durumlarda kullanılabilir. Bu toplama stratejisine uygun yapılan sipariş toplama sürecinde toplarken ayrıştırma işlemi yapılmadığından toplama performansı artar, ancak sonrasında otomatik veya manuel ayrıştırma işlemine ihtiyaç duyulur (Parikh ve Meller, 2008).

Alan bazlı toplama

Alan bazlı toplama, stoklama alanlarının bölgelere bölünerek her bir bölgeye ayrı bir toplayıcının atanmasından oluşmaktadır. Bu stratejide tek veya gruplanmış olan müşteri siparişlerinin birden fazla toplayıcı ile toplanması durumu meydana gelmektedir. Her bir toplayıcı kendi alanından sorumludur.

Alan bazlı 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 alan bazlı toplama stratejisi bulunmaktadır (Thompkins ve diğerleri, 2003).

Ardışık alan bazlı toplama

Ardışık toplama aynı zamanda topla-ve-geç olarak da bilinmektedir. Bu toplama stratejisinde, 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 ayrıştırma gereği bulunmamaktadır ancak bunun yanında toplayıcıların toplama performansını düşürmektedir (Parikh ve Meller, 2008). Yapısı gereği kesikli toplamanın birden çok toplayıcı ile alan bazlı toplanması durumuna benzeyen bu toplama stratejisinin aynı bölüm içinde yer alan kesikli toplama alt başlığı altında verilen bilgiler gereğince çok sayıda müşterinin olduğu ve orta, yüksek hacme sahip siparişlerde uygun olmadığı düşünüldüğünden problem tanımı gereğince ardışık alan bazlı toplama stratejisi bu çalışmada alternatif olarak değerlendirilmeyecektir.

Eş zamanlı alan bazlı toplama

Eş zamanlı alan bazlı toplama aynı zamanda senkronize alan bazlı toplama olarak da bilinmektedir. Bu stratejiye göre, bölüm 2.3.2. de anlatılmış olan 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).

Bulk toplama ve alan bazlı toplama stratejilerinin avantaj ve dezavantajları

Bulk ve alan bazlı toplama stratejilerine ait avantaj ve dezavantajlar sınıf bazlı olarak aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir;

Çizelge 2.2.'de verilmiş olan eş zamanlı alan bazlı toplama ve bulk toplama stratejilerinde Bölüm 2.3.2.'de anlatılan gruplama adımı uygulanmaktadır ve bu sayede aynı stoklama adresinden birden fazla müşteri siparişinde istenen ürünler gruplanmış olabileceğinden rotalama adımıyla avantaj elde edilmektedir.

Çizelge 2.2. Bulk ve alan bazlı toplama stratejilerinin avantaj ve dezavantajlarının özeti (Parikh ve Meller, 2008)

Strateji	Strateji çeşidi	Avantajları	Dezavantajları
Bulk toplama	Topla dağıt	-Toplama sırasında ayrıştırma yapılmadığından toplayıcıların toplama performansını artırır -İş yükü dengesizliklerinin görülme olasılığını düşürür	-Ayrıştırma sistemine ihtiyaç duyar -Tıkanıklık olasılığını artırır -Toplama turu uzun olduğundan toplayıcıların toplama performansını düşürür
	Toplarken dağıt	-İş yükü dengesizliklerinin görülme olasılığını düşürür -Ayrıştırma sistemine ihtiyaç duymaz	-Toplama sırasında ayrıştırma yapıldığından toplayıcıların toplama performansını düşürür -Toplama turu uzun olduğundan toplayıcıların toplama performansını düşürür -Tıkanıklık olasılığını artırır
Alan bazlı toplama	Ardışık toplama	-Toplama turu kısa olduğundan toplayıcıların toplama performansını artırır -Ayrıştırma sistemine ihtiyaç duymaz	-Toplayıcılar arasında iş yükü dengesizliği görülme olasılığını artırır
	Eş zamanlı toplama	-Tıkanıklık olma olasılığını yok eder	-Toplayıcılar arasında iş yükü dengesizliği görülme olasılığını artırır

Bulk toplama ve alan bazlı toplama stratejilerinden uygun olanın seçilmesi probleminde karar vericinin hesaplaması gereken, bulk toplama ve alan bazlı toplama bölümlerinde açıklanmış olan dört önemli faktör bulunmaktadır: toplama performansı, tıkanıklık, toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesi ve ayrıştırma (Parikh ve Meller, 2008). Bu dört adım verilen avantaj ve dezavantajlar özetinde de açıkça görülebilmektedir: (Bkz. Çizelge 2.2). Parikh ve Meller 2008 yılında bu seçim problemini bulk/alan bazlı toplama problemi olarak tanımlamıştır; bulk ve alan bazlı toplamanın maliyetini hesaplayabilmek için söz konusu dört faktörün de etkilerinin olduğu bir maliyet modeli kurmayı önermişlerdir. Bu çalışma kapsamında problem tanımına uyumu gereğince uygulama aşamasında bu modelden faydalanılacaktır.

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).

Alan bazlı 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. Bu nedenlerle bu çalışmanın problem tanımı gereğince uygulaması ve yönetmesi zor olan bu strateji alternatif sipariş toplama stratejisi olarak ele alınmayacaktır.

Dalgalı toplama

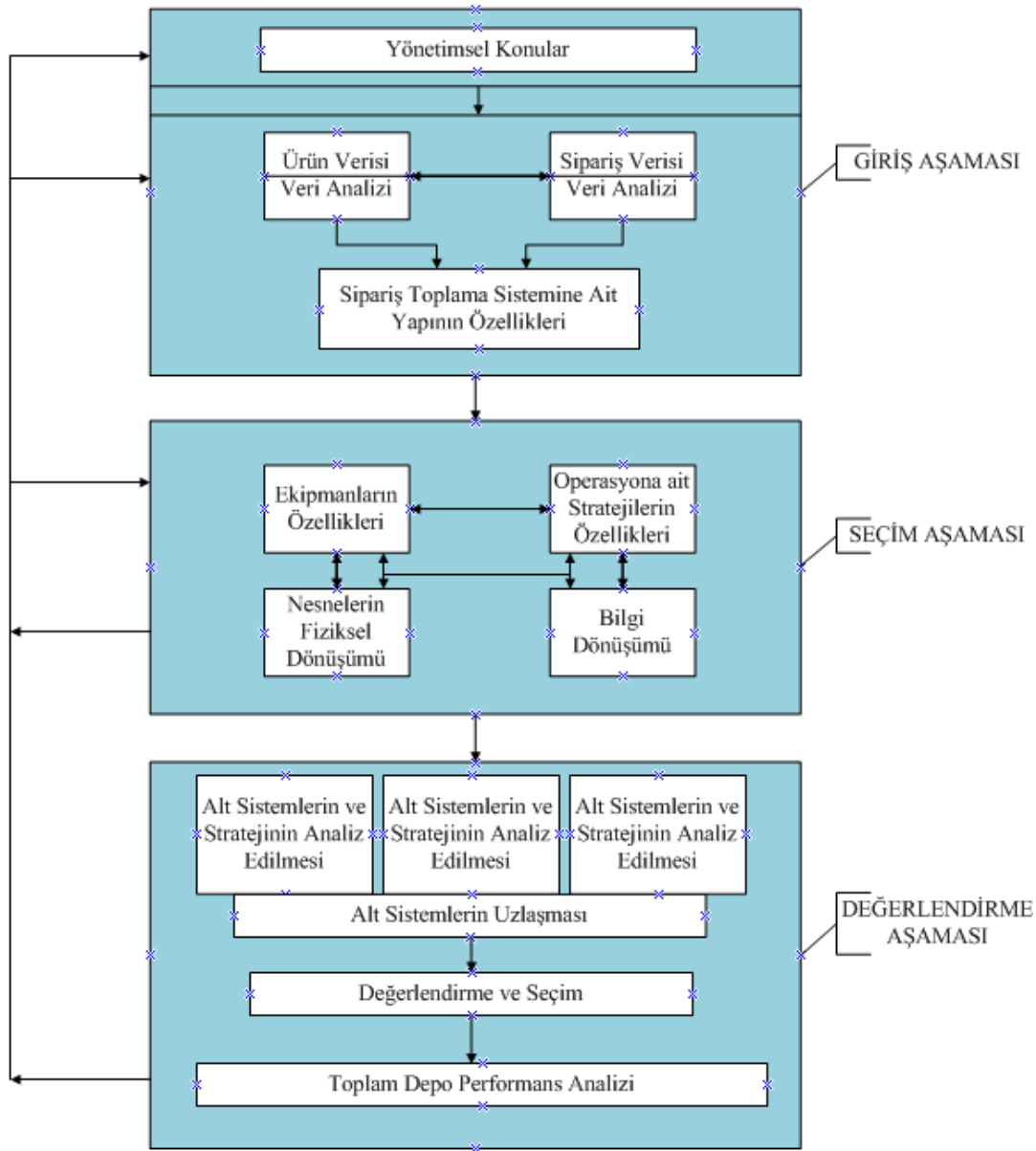
Bulk ya da alan bazlı toplamada sipariş veya siparişlerin önceden belirlenmiş zaman penceresinde toplanması gerekiyorsa, bu stratejiye dalgalı toplama; her bir zaman penceresine de dalga denmektedir (Parikh ve Meller, 2008).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, sipariş toplama operasyonu üzerine yapılan geniş kapsamlı bir literatür araştırmasına yer verilmiştir. Uluslararası hakemli dergileri ve bilimsel çalışmaları bir arada toplayan kaynak olan SCI (Science Citation Index)'da “order picking” kelimesi taranmıştır ve 258 makale bulunmuştur; “warehouse” kelimesi ile rafine edildiğinde makale sayısı 188'e düşmüştür. Kalan makalelerin özet kısımları ve isimleri incelenmiş, otomatik sipariş toplama sistemleri gibi sipariş toplama operasyonu ile direkt ilgili olmayan ve problem tanımına uygun olmayan yapıdaki çalışmalar elenmiş ve bu çalışmanın literatür araştırması bölümünde, kalan toplam 34 çalışmaya yer verilmiştir. Çizelge 3.1. de incelenen çalışmaların özellikleri kullanılan çözüm yöntemi, problem çözme süreci ile ilgili temel özellikler, dikkate alınan matematiksel model, problem ve dikkate aldıkları sipariş toplama stratejileri bazında özetlenerek tablo olarak gösterilmiştir.

1995 yılında Yoon ve Sharp kapsamlı örnek bir uygulama çalışması yapmış ve sipariş toplama sistem tasarımına ilişkin bir metodoloji belirlemiştir. Çalışma sırasında anket uygulamaları yapmış ve literatürden yararlanmışlardır. Söz konusu çalışmada belirlenmiş olan tasarım metodolojisi giriş, seçim, değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır ve yukarıdan aşağıya ayrıştırma, aşağıdan yukarıya uyarlama mekanizmasına göre çalışmaktadır. Şekil 3.1. de ilgili metodoloji gösterilmiştir. İlgili metodolojinin ilk aşamasında bütçe, proje ömrü gibi yönetsel konular; toplam kullanılabilir alan, vardiya gibi operasyonel kısıtlar; müşteri siparişi ve ürünlerle ilgili veri dönüşümü ele alınmıştır. Birinci aşama tamamlanırken alt sistemlerin sayısı gibi genel sipariş toplama sistemine ilişkin özelliklerle palet akışı, SKU sayısı, alt sipariş gibi alt sistemlerin ihtiyaçları belirlenmiştir. Seçim aşamasında karar vericinin her bir alt sistem için toplama aracının özellikleri gibi ekipman özelliklerini, stoklama ve geri toplama kuralları gibi operasyonel stratejileri seçmesi hedeflenmiştir. Bu analiz nesnelerin dönüşümü ve bilginin dönüşümü ile birlikte yer almıştır. Değerlendirme aşamasında ise farklı alt sistemlerin nesnel ve nicel özellikleri bulunmaktadır ve bu gelecekteki seçim ve özelliklere yol açmıştır.

Yoon ve Sharp'ın 1995 yılında geliştirmiş olduğu metodoloji bu kapsamda yapılan ilk çalışma olması ile daha sonra bu alanda yapılan sistem tasarımlarına ışık tutmuş ve ayrıca bu tez çalışması için de ilham kaynağı olmuştur.



Şekil 3.1. Sipariş toplama sistem tasarımı için prosedür (Yoon ve Sharp, 1995)

1997 yılında Tang ve Chew simülasyon yöntemini kullanarak küçük boyutta ve sipariş hacmi yüksek olan ürünler üstünde gruplama ve adresleme stratejilerini karşılaştırmışlardır.

1998 yılında Daniels, Rummel ve Schantz eş zamanlı olarak atama ve sıralamaya karar verebilmek adına bir model geliştirmişlerdir. Modelin kompleksitesinden dolayı gezgin satıcı probleminin bir versiyonu olan sezgisel bir model ve tabu arama sezgiselleri ile modeli çözmüşlerdir.

1999 yılında Lin ve Lu sipariş toplama stratejisi belirlemek adına bilgisayar tabanlı bir metodoloji geliştirmişlerdir. İlk aşamada sezgisel bir yaklaşım ile analitik bir metot kullanılarak siparişleri beş sınıfa ayırmış, ikinci aşamasında ise her bir tip sipariş toplama sistemi için uygun strateji simülasyon ile belirlenmiştir. Yapılan çalışmaya göre alan bazlı sipariş toplama stratejisi sipariş toplama performansını arttırmak için aday stratejilerden biri olmuştur. Ayrıca, toplayıcı sayısının sipariş toplama performansını etkileyen unsurlardan biri olduğunu göstermişlerdir.

Lin ve Lu'nun 1999 yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışma, ilk bakışta konu itibariyle bu tez çalışması ile tam olarak uyuyor gibi görünse de geliştirdikleri metodoloji bu çalışma için uygun görülmemiştir. Bu durumun en önemli sebebi, siparişleri sınıflandırma aşamasında kullandıkları 0 ile 1 aralığında bulunan karar katsayılarıdır. Araştırmacıların da kendi makalelerinde belirttikleri gibi bu katsayıların aralıkları değiştirildiğinde siparişlerin de dahil oldukları sınıflar otomatik olarak değişecektir ve bu durum sonucu doğrudan etkileyecektir.

Rouwenhorst ve diğerleri 2000 yılında depo tasarım ve kontrol problemleri ile ilgili olarak bir literatür taraması yapmışlardır. Depo tasarım ve kontrol problemlerini stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç düzeyde incelemişlerdir.

Petersen II, 2000 yılında e-ticaret sitelerinde satılan ürünlerin sipariş toplama operasyonu için en uygun stratejiyi belirlemeye çalışmış ve simülasyon ile problemi çözmüştür. Çalışmaya göre dalgalı toplama ve bulk toplama birlikte daha iyi performans göstermiştir. Petersen II'ye (2000) göre, uygun olan stratejinin efektif bir şekilde implemente edilmesinde en önemli faktör, firmanın iş stratejisi, yetenekleri, teknolojisi ve alan ihtiyaçlarını eşleştirmektir.

Roodbergen ve Koster 2001 yılında, ürün toplama sırasında toplayıcının yürüme mesafesini kısaltmak adına daha önceden literatürde var olan paralel-seri grafiklerde kullanılabilir olan rotalama algoritmasını geliştirerek paralel-seri olmayan grafiklerde de kullanılabilir hale getirmişlerdir.

2004 yılında Petersen ve Aaase toplama, depolama ve rotalama kararlarının toplayıcının yürüme süresinin üstündeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada simülasyon kullanılmıştır.

Çalışmaya göre sipariş hacminin küçük olduğu durumlarda gruplama en yüksek performans artışı sağlamıştır ve adresleme stratejisinin de doğru seçilmiş olması gruplama kadar performans artışı sağlamaktadır.

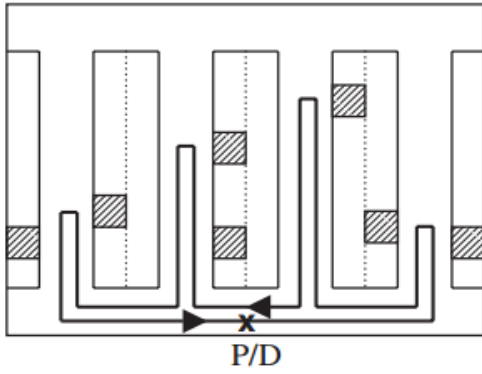
Hwang, Oh ve Lee 2004 yılında, geri dönüş, S-şekilli ve orta nokta olmak üzere üç adet rotalama politikasının performanslarını kıyaslamıştır. Performans değerlendirmeleri için toplayıcının yürüme mesafe uzunluğunu ölçen analitik bir model geliştirilmiş ve sonuçlar simülasyon çalışmaları ile desteklenmiştir. Çalışmaya göre, sipariş başına hacim indeksine göre sınıflandırılmış depolama politikasına göre adresleme yapıldığı varsayılırsa çok küçük (4) sipariş hacmi olduğunda geri dönüş stratejisi en iyi sonucu vermektedir ancak çok büyük sipariş hacmi olduğunda (64-80) S-şekilli sezgisel en iyi sonucu vermektedir. Bahsi geçen hacim indeksine göre sınıflandırılmış depolama politikasında, ürünlerin depolanmak için ihtiyaç duyduğu hacim ya da alanın talep frekansına bölünmesiyle hesaplanan indekse göre bir yerleşim politikası izlenmektedir (Heskett, 1964). Bu politikada hesaplanan indeks değeri küçük olan ürünler, toplama/bırakma noktasına yakın olan bölgelere yerleştirilerek taşımalarda avantaj sağlanması hedeflenmektedir.

Hwang ve diğerlerinin 2004 yılında üstünde çalıştıkları rotalama politikaları çalışmalarında belirttikleri şekilde Şekil 3.2. de şematik olarak gösterilmiştir ve aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır. Şekillerde belirtilen P/D noktası toplama/bırakma noktasını ifade etmektedir.

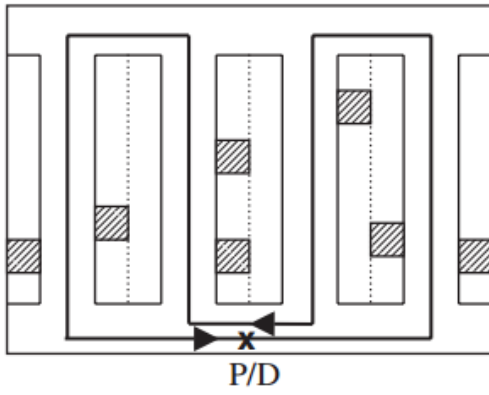
-Geri dönüş politikası, Şekil 3.2. de P/D noktası olarak gösterilmiş olan bir toplama/bırakma noktasından başlayarak her bir koridordaki gidilecek olan en son noktaya gittikten sonra ürünleri toplayarak geri döndüğü ve bir sonraki koridora geçtiği politikadır. Bu şekilde son koridordan da tüm ürünler toplandıktan sonra tekrar toplama/bırakma noktasına dönülür.

-S-şekilli politikasına göre, yine toplama/bırakma noktasından başlamak üzere ilk koridora gidilerek tüm koridor boyunca ürünler toplanarak ilerlenir ve koridor tamamlandığında bir sonraki koridora geçilir ve bu kez girilen koridor bir önceki koridordaki ilerleme yönünün tersi istikamette ilerlenerek devam edilir. Tüm koridorlar tamamlanana kadar bu şekilde devam edilir ve son koridordan da ürünler toplandığında toplama/bırakma bitiş noktasına gelinerek toplama işlemi tamamlanmış olur.

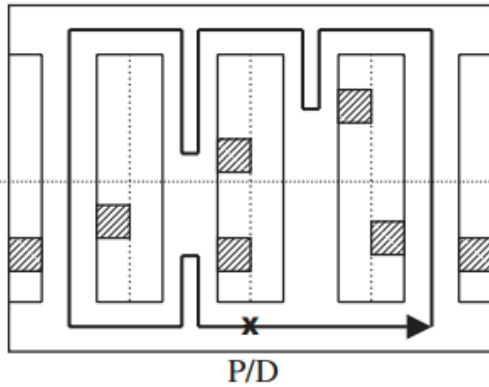
-Orta nokta politikasında ise, stok alanının tam ortasından bir çizgi geçtiği varsayılır ve toplayıcı toplama/bırakma noktasından başlayarak ilk koridora girer ve orta noktaya kadar olan ürünleri topladıktan sonra geri döner ve bir sonraki koridora girer ve son koridora kadar aynı adımı tekrar eder ve son koridorda çizginin karşı tarafındaki ürünleri toplamak için koridor sonuna kadar ilerler ve bu kez aynı adımları karşı taraf için tekrarlar. Son ürünü topladıktan sonra toplama/bırakma noktasına geri döner.



Şekil 3.2. (a) Geri dönüş politikasının şematik gösterimi



Şekil 3.2. (b) S-şekilli politikasının şematik gösterimi



Şekil 3.2. (c) Orta nokta politikasının şematik gösterimi

Hwang ve diğerklerinin 2004 yılında yapmış oldukları çalışmada belirttiklerine göre, Roodbergen ve Koster'in 2001 yılında yapmış oldukları çalışma da dahil olmak üzere literatürde bulunan farklı çeşitlerdeki pek çok rotalama algoritmalarına kıyasla geri dönüş, S-şekilli ve orta nokta politikaları implementasyon açısından daha uygun olduğu için gerçek hayat problemlerinde en çok kullanılan rotalama politikalarıdır. Roodbergen ve Koster'in 2001 yılında geliştirmiş oldukları algoritma, tez çalışmasına konu olan stok alanının yapısına uygun görünmesine rağmen söz konusu algoritma lojistik firmasında çalışan yazılımcılar ve proje uzmanları ile tartışılmış ve uygulanabilirlik olarak çalışmanın yapıldığı lojistik firması için kısa vadede kullanılabilir olmadığına karar verilmiştir. Bununla birlikte, Hwang ve diğerklerinin (2004) yapmış olduğu çalışma ile büyük hacimli siparişler için S-şekilli politikasının iyi sonuç verdiğini göstermesi ve firma için uygulanabilir özellikte olması nedeniyle bu tez çalışmasında söz konusu rotalama politikası uygulama adımında değerlendirilecektir.

Jane ve Laih 2005 yılında eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisine uygun olarak toplama operasyonunun yürütülmesi sırasında toplayıcılar arasındaki iş yükünü dengelemek ve beklmeleri azaltmak için sezgisel bir algoritma geliştirmiştir.

Won ve Olafsson 2005 yılında müşteri servis düzeyini de arttırmak için sipariş gruplama ve toplama stratejilerini birlikte ele almış ve geliştirdiği modeli sezgisel ile çözmüştür.

Ho ve Chien 2006 yılında alan bazlı toplama stratejisinin uygulanması için toplayıcıların takip etmeleri gereken alan sıralaması üstünde çalışmışlardır. Aynı yıl Ho ve Tseng sipariş gruplama stratejileri üstünde sezgisel yöntemler kullanarak çalışma yapmıştır.

Gue, Meller ve Skufca 2006 yılında sipariş yoğunluğunun 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.

Gu ve diğerkleri 2007 yılında depo operasyonları üzerine bir literatür taraması yapmış ve depo operasyon planlama problemlerini mal kabul, depolama, sipariş toplama, sevkiyat gibi temel depo operasyonlarını baz alarak sınıflandırmışlardır.

Ho, Su, ve Shi 2008 yılında yaptıkları çalışmada, iki çapraz koridorlu depolarda toplama operasyonu için sipariş gruplama metotları geliştirmeye odaklanmışlardır.

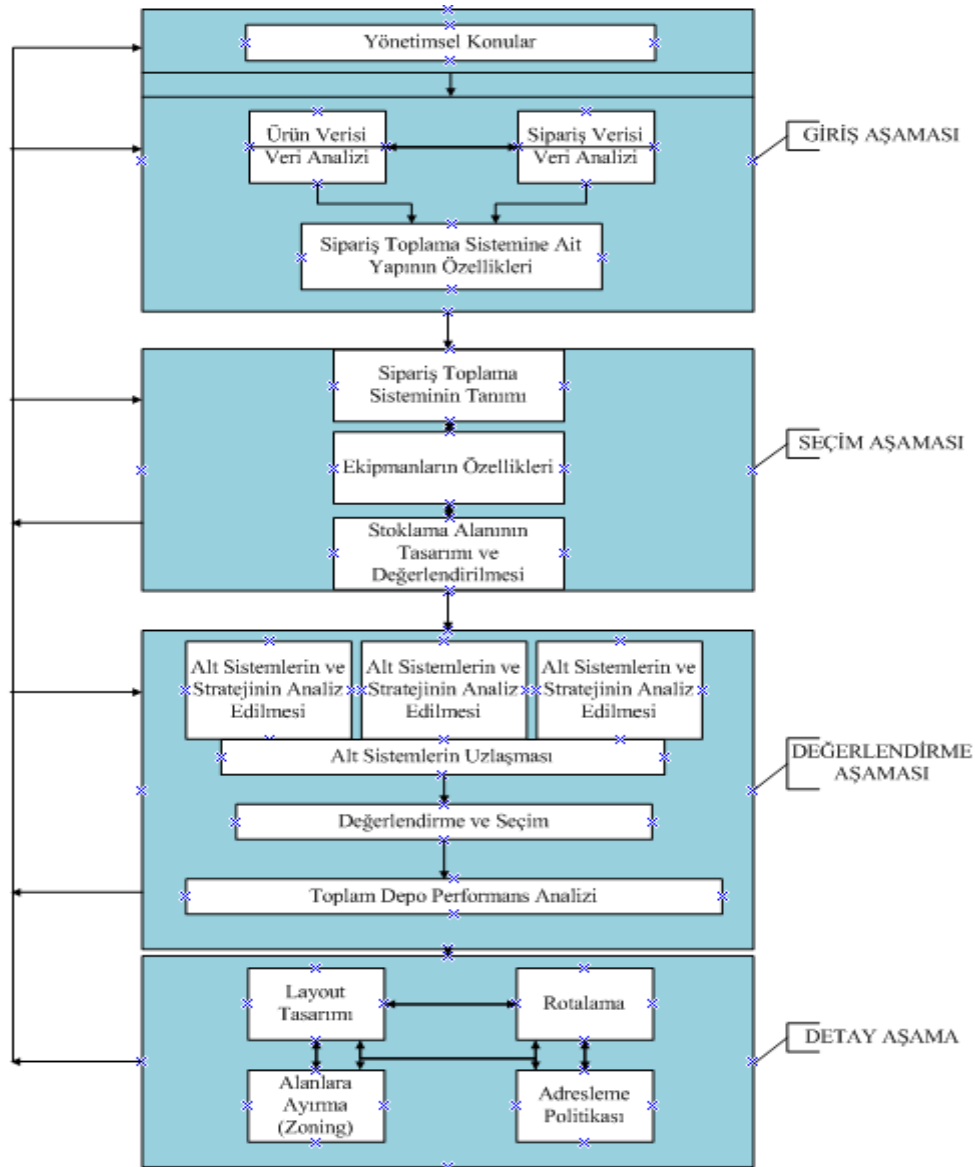
Parikh ve Meller 2008 yılında bulk ve alan bazlı sipariş toplama stratejilerinden uygun olanını seçmek için minimum maliyet amaç fonksiyonuna sahip olan bir matematiksel model kurmuş ve çözmüştür. Literatür incelendiğinde sipariş toplama seçim problemi ağırlıklı olarak sezgisel yöntemler ile çözülmüştür. Parikh ve Meller'in (2008) modeli dışında, bu şekilde tez çalışmasının problem tanımını birebir karşılayacak şekilde çeşitli sipariş toplama stratejileri içinden en uygun olanının seçilmesi için geliştirilen bir analitik model bulunmamaktadır. Sezgisel yaklaşımlar, optimal sonucu garanti etmek yerine problemin kabul edilebilir bir zamanda çözümünün olacağını garanti etmektedir. Parikh ve Meller'in (2008) sipariş toplama seçimi için geliştirmiş oldukları matematiksel modeller ise problem verileri ile optimal garanti ederek çözülebildiği için ve probleme uygunluğu nedeniyle bu çalışmada ana makale olarak kullanılmıştır.

Tsai, C-Y., Liou, J.J.H., Huang 2008 yılında maliyetin yanında termin zamanlarına göre erken ya da geç toplama cezalarını da göz önünde bulundurarak bulk toplama operasyonu üzerinde çalışmıştır.

Tunç ve diğerleri 2008 yılında bir firmada sipariş toplama sistemi üstünde iyileştirme sağlamak adına sistem üstünde incelemeler yapmış, rotalama için sezgisel bir algoritma geliştirmişlerdir. Bozer ve Kile ise aynı yılda sipariş gruplama üstünde çalışmış ve sezgisel yaklaşımlarla problemi çözmüşlerdir.

Dallari, Marchet ve Melacini ise 2009 yılında İtalya'da bulunan 68 dağıtım merkezi üstünde sipariş toplama sistemleri ile ilgili derin bir araştırma yapmıştır ve sipariş toplama tasarımı yapan kişileri desteklemek amacıyla Yoon ve Sharp'ın (1995) yapmış olduğu ve Şekil 3.1. de gösterilen metodolojide farklı sınıflandırmalar yaparak yeni bir metodoloji geliştirmişlerdir. Dallari ve diğerleri (2009) seçim aşamasının derinleştirilmesi gerektiğini ve değerlendirilecek çözümlerin özelliklerinin açık olmadığını belirtmişlerdir. Bir yandan kayda değer alternatifleri kaçırmamaya özen gösterirken bir yandan da alternatif sayısının artması değerlendirme açısından zaman ve maliyet artışına neden olmakta olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle daha detaylı tanımın riski azaltabileceğini öne sürmüşlerdir. Dallari ve arkadaşları 2009 yılında giriş, seçim, değerlendirme, detay aşama olmak üzere

sipariş toplama sistem tasarım prosedürünü dört ana aşama olarak geliştirmişlerdir. İlgili prosedür Şekil 3.3. de gösterilmiştir. Geliştirmiş oldukları yeni metodolojide seçim aşaması tüm alt sistemlerden oluşmuştur. Sipariş toplama sistemi, ihtiyaç duyulan ekipman tipleri ve vardiyalardaki toplayıcı sayıları, stok alanı büyüklüğü gibi stoklama alanı tasarımından oluşmuştur. Bu analizler daha önceden verilmiş kararların değişmesine neden olabilmektedir. Sipariş toplama sisteminin tanımı, toplayıcının ürüne gittiği, topla-dağıt gibi alt sistemleri için en uygun sipariş toplama sisteminin belirlenmesidir. Dallari ve diğerlerine (2009) göre araştırmalar, sipariş toplama sisteminin büyük siparişler ve küçük siparişler olmak üzere iki durumdan oluştuğunu göstermektedir. 1 000'in üstünde ürün sayısı içeren siparişler büyük siparişler sınıfına girmektedir. Dallari ve diğerlerinin (2009) yapmış olduğu araştırmalara göre büyük siparişler için en uygunu toplayıcının ürüne gittiği sistemlerdir. Sipariş miktarı büyüdükçe bu yöntemin avantajları artmaktadır. Alan bazlı toplama gibi stratejiler ile bu sistemin optimize duruma getirilebileceğini öne sürmüşlerdir. Ekipmanların özellikleri ise, en uygun olan sipariş toplama sistemi tanımlandıktan sonra özel ekipmanların belirlenmesi şeklinde tanımlanmıştır. Bu seçim alt sistemlerin kapasitesi, günlük çıkış miktarı gibi teknik detaylara göre belirlenen malzeme taşıma ve elleçleme ekipmanları olabilmektedir. Sipariş toplama sistem tanımı ve ekipman belirlenmesinin ardından toplama lokasyon sayısı ve toplama alanının büyüklüğü gibi alt sistemlerin büyüklüklerinin ve sipariş yanıt süresi, toplama hızı ve toplayıcı sayısı gibi performans ölçütlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında, Yoon ve Sharp (1995)'in yanı sıra Dallari ve diğerlerinin (2009) çalışmasından da ilham alınarak dikkate alınan sistem için bir süreç geliştirilmiştir.



Şekil 3.3. Sipariş toplama sistem metodolojisi (Dallari ve diğerleri, 2009)

Yu ve Koster 2009 yılında yaklaşım modeli ve simülasyon ile sipariş gruplama ve alanlara ayırma işlemlerinin sipariş toplama performansı üstündeki etkilerini araştırmıştır.

Chen, Gong, Koster, ve Nunen 2010 yılında farklı adresleme ve toplama stratejilerinin kombinasyonunda simülasyon yöntemi ile performans ölçüm çalışması yapmıştır. Theys, Braysy, Dullaert ve Raa 2010 yılında rotalama problemi için gezgin satıcı probleminden yola çıkarak sezgisel bir algoritma geliştirmiştir.

Melacini, Perotti ve Tumino 2011 yılında topla-geç sipariş toplama stratejisi özelinde sistem tasarımı yaratmışlardır. Aynı yıl Hsieh ve Huang, çalışmaları ile sipariş toplama

sistem performansını arttırmak amacıyla iki yeni yapısal sezgisel geliştirmiş ve simülasyon tekniği ile geliştirmiş oldukları algoritmaları doğrulamışlardır.

Koster, Duct ve Zaerpour 2012 yılında matematiksel modelleme ile alan bazlı toplama stratejisinin uygulanmasında karşılaşılan alt problem olan alan sayısının belirlenmesi problemini çözmüştür.

Hong, Johnson ve Peters (2012a), toplayıcıların koridorlarda sıkışmasını kontrol altına almak için strateji geliştirmeye çalışmışlardır. Henn ve Wascher aynı yıl manuel sipariş toplama sisteminin gruplama adımı için bir sezgisel tabu arama algoritması geliştirmişlerdir. Hong, Johnson ve Peters ise (2012b) büyük hacimli siparişler için gruplama algoritması geliştirmişlerdir. Yine aynı yıl Henn, müşteri siparişlerinin zamana bağlı olarak değişmesinin mümkün olduğu dinamik ortamlarda belirli bir süre içinde gelen müşteri siparişlerinin tamamlanmalarına ilişkin azami sürenin minimize edilmesi üzerine çalışmıştır. Bu amaçla statik ortamlarda kullanılan sezgisel yaklaşımların dinamik ortamlara göre nasıl modifiye edilebileceğini göstermiştir.

Çizelge 3.1. incelenmiş olan literatürü sınıflandırarak özetlemektedir.

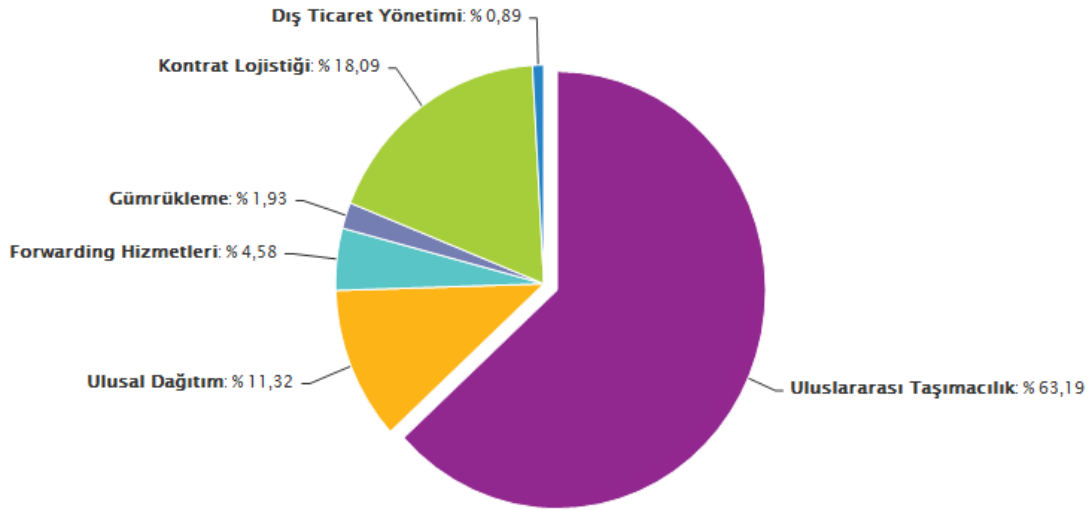
Çizelge 3.1. Literatürün sınıflandırılması

Sıra	Referans	Çözüm Yöntemi	Sipariş Toplama Stratejileri ve Strateji Belirleme	Sipariş Toplama Operasyonları Temel Adımları	Sipariş Toplama Sistem Tasarımı	Uygulama Alanı Problem	Kullanılan Matematiksel Model	Kullanılan Sipariş Toplama Stratejisi
1	Yoon, C.S., Sharp, G.P., "Example applications of the cognitive design procedure for an order pick system: Case study", (1995)	-			x			
2	Tang, L.C., Chew, E.P., "Order picking systems: Batching and storage assignment strategies", (1997)	Simülasyon		x				
3	Dunnels, R.L., Rummel, J.L., Schantz, R., "A model for warehouse order picking", (1998)	Gezgin Satıcı Seçimleri - Tabu Arama Seçimi		x			Gezgin Satıcı Modeli (NP-Zor)	
4	Lin, C-H, Lu, I-H, "The procedure of determining the order picking strategies in distribution center", (1999)	Simülasyon	x					Kesikli Toplama - Alan Bazlı Toplama
5	Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahn, V., Houran, G.J., Mastel, R.J., Zinn, W.H.M., "Warehouse design and control: Framework and literature Survey", (2000)	Literatür Taraması						
6	Petersen II, C.G., "An evaluation of order picking policies for mail order companies", (2000)	Simülasyon	x					Kesikli Toplama - Aralık Alan Bazlı Toplama - Bulku Toplama - Dalgalı Toplama
7	Roodbergen, K.J., Koster, R.D., "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle", (2001)	Seçimsel		x				
8	Petersen, C.G., Aase, G., "A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking", (2004)	Simülasyon	x			x		Kesikli Toplama, Bulku Toplama
9	Hwang, H., Oh, Y.H., Lee, Y.K., "An evaluation of routing policies for order picking operations in low-level picker-to-part system", (2004)	Anıtlık Yürütme Modeli - Simülasyon		x				
10	Jane, C-C, Laih, T-W, "A clustering algorithm for item assignment in a synchronized zone order picking system", (2005)	Seçimsel				x	Doğal Kümeleme Modeli (NP-Zor)	Eş Zamanlı Alan Bazlı Toplama
11	Wou, J., Ouffissan, S., "Test order batching and order picking in warehouse operations", (2005)	Seçimsel	x	x			Büyük Paketleme Modeli - Gezgin Satıcı Modeli (NP-Zor)	
12	Hu, Y-C, Chen, S-P, "A comparison of two zone-visitation sequencing strategies in a distribution centre", (2006)	En Yavaş Kompleks Algoritması - Benzerleşim Tavlanması - Simülasyon		x				Bulku Toplama
13	Hu, Y-C, Tseng, Y-Y, "A study on order-batching methods of order-picking in a distribution centre with two cross-aisles", (2006)	Toplama-Sipariş Seçim Kuralı - Eşlik eden - Sipariş Seçim Kuralı		x				
14	Gue, K., Meller, R.D., Saxena, J.D., "The effects of pick density on order picking areas with narrow aisles", (2006)	Simülasyon				x		Bulku Toplama
15	Gu, J., Geenschaetck, M., McGinnis, L.F., "Research on warehouse operations: A comprehensive review", (2007)	Literatür Taraması						
16	De Koster, R., Le-Duc, T., Roodbergen, K.J., "Design and control of warehouse order picking: A literature review", (2007)	Literatür Taraması						
17	Parkhi, P.J., Meller, R.D., "Selecting between batch and zone order picking strategies in a distribution center", (2008)	Anıtlık	x	x			Dual Bileşen Paketleme Modeli	Bulku Toplama - Alan Bazlı Toplama
18	Tunc, S., Karlı, B., Zencir, A., Atmaca, E., "Depo sistemlerinde sipariş toplama stratejilerinin değerlendirilmesi", (2008)	Değişken Programlama		x		x	Stoklar Gezgin Satıcı Modeli	
19	Beez, Y.A., Kile, J.W., "Order batching in walk-and-pick order picking systems", (2008)	Seçimsel		x			Sınırlı Gezgin Satıcı Modeli - Kapasite Sınırlı Araç Rotasyonu Modeli (NP-Zor)	
20	Ho, Y-C, Su, T-S, Shu, Z-B, "Order batching methods for an order-picking warehouse with two cross aisles", (2008)	Toplama-Sipariş Seçim Kuralı - Eşlik eden - Sipariş Seçim Kuralı - Simülasyon		x				
21	Tan, C-Y, Luo, J.T.H., Huang, T-M, "Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: considering travel distance and order due time", (2008)	Genetik Algoritma		x				
22	Dalbati, F., Marchet, G., Melacini, M., "Design of order picking system", (2009)					x		
23	Yu, M., Koster, R.B.M., "The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance", (2009)	Simülasyon	x	x				Alan Bazlı Toplama
24	Koo, P-H., "The use of bucket brigades in zone order picking systems", (2009)	Simülasyon	x					Kıvrak Etkili Toplama - Alan Bazlı Toplama
25	Chen, C-M, Gong, Y., Koster, R.B.M., Nansen, J.A.E.E., "A flexible evaluation framework for order picking systems", (2010)	Veri Zarflama Analizi - Simülasyon	x			x		Bulku Toplama (Toplamdan dağıt)
26	Theys, C., Braysy, O., Dullaert, W., Raa, B., "Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses", (2010)	Lin-Kemiglan-Belgeon Gezgin Satıcı Seçimi - Yerel Çözümün Diğer Tanımlanmış Seçimleri		x			Basit Gezgin Satıcı Modeli (NP-Zor)	
27	Melacini, M., Perotti, S., Tunesi, A., "Development of a framework for pick-and-pass order picking system design", (2011)	Anıtlık				x		
28	Hsieh, L-F., Huang, T-C., "New batch construction heuristics to optimize the performance of order picking systems", (2011)	K-means Gruplama ve Self-Organizing Map Gruplama Yönelim Seçimleri - Simülasyon		x		x		
29	Koster, R.B.M., Doct, T.I., Zaepfel, N., "Determining the number of zones in a pick-and-sort order picking system", (2012)	Anıtlık				x	Çizim Rotaları Atanması Modeli	Eş Zamanlı Alan Bazlı Toplama
30	Hong, S., Johnson, A.L., Peters, B.A., "Batch picking in narrow-aisle order picking systems with consideration for picker blocking", (2012)	Karışık Tanımlanmış Programlama - Benzerleşim Tavlanması		x		x	Etkisizliğin Gruplama Modeli	
31	Henn, S., "Algorithms for on-line order batching in an order picking warehouse", (2012)	Seçimsel		x				
32	Henn, S., Wascher, G., "Tabu search heuristics for the order batching problem in manual order picking systems", (2012)	Tabu Arama Seçimi		x			Tanımlanmış Programlama (NP-Zor)	
33	Hong, S., Johnson, A.L., Peters, B.A., "Large-scale order batching in parallel-aisle picking systems", (2012)	Seçimsel - Simülasyon		x			Rota Seçim Sipariş Gruplama Modeli (Tanımlanmış Programlama) (NP-Zor)	
34	Henn, S., Schrad, V., "Metaheuristics for order batching and sequencing in manual order picking systems", (2013)	Meta-seçimsel		x			Küme Bileme Modeli (NP-Zor)	

4. FİRMA VE PROBLEM TANIMI

4.1. Firmanın Tanıtımı

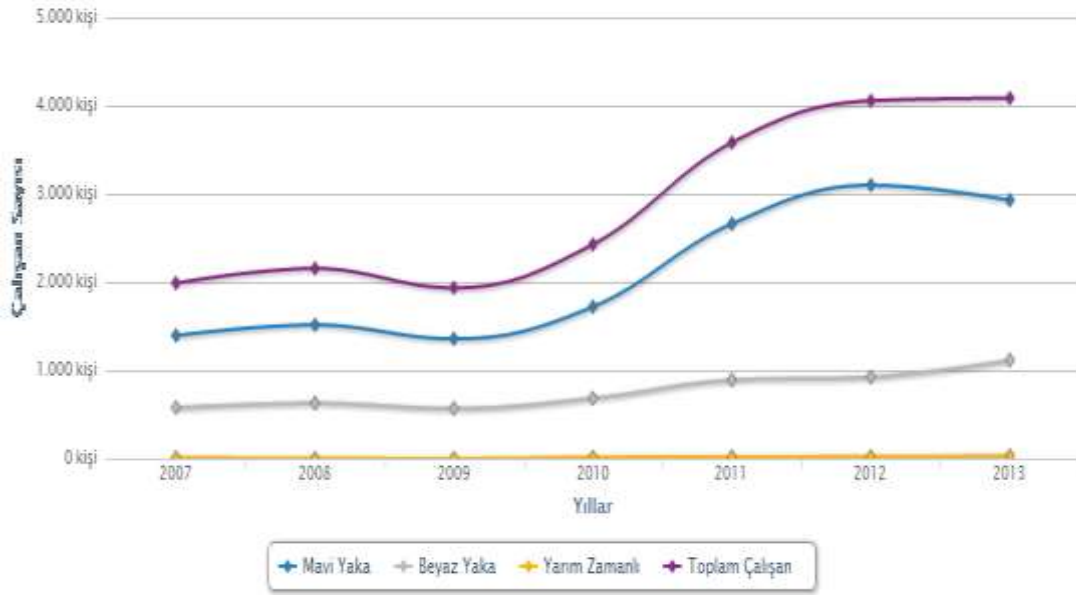
Çalışmanın yapılacağı firma Bölüm 2.1.1 de LODER’e göre tanımlanmış olan üçüncü parti lojistik firma sınıflandırmasına girmektedir. 1990 yılında kurulan firma, dış ticaret ve lojistik faaliyetlerden kara, deniz, hava, demiryolu taşıma modları ve intermodal olarak uluslararası taşımacılık, kontrat lojistiği, ulusal dağıtım, fuar lojistiği ve gümrükleme hizmetlerini vermektedir. Öz mal araçlar ve diğer nakliyeciler firmaların araçları kiralanarak yapılan kara taşıma modu ve intermodal taşımacılık “uluslararası taşımacılık”; öz mal olmayan başka firmalara ait araçlar ile organizasyonu tarifeli seferler ile yapılan deniz, hava ve demiryolu taşıma modu ile yapılan uluslararası taşımacılık “forwarding hizmetleri” olarak adlandırılmakta ve firmanın hizmetleri kapsamında yer almaktadır. Firmanın son yıllarda 200 000 000 €’nin üstüne çıkan cirosunun faaliyet alanlarına göre dağılımı Şekil 4.1. de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Faaliyet alanlarına göre ciro dağılımı

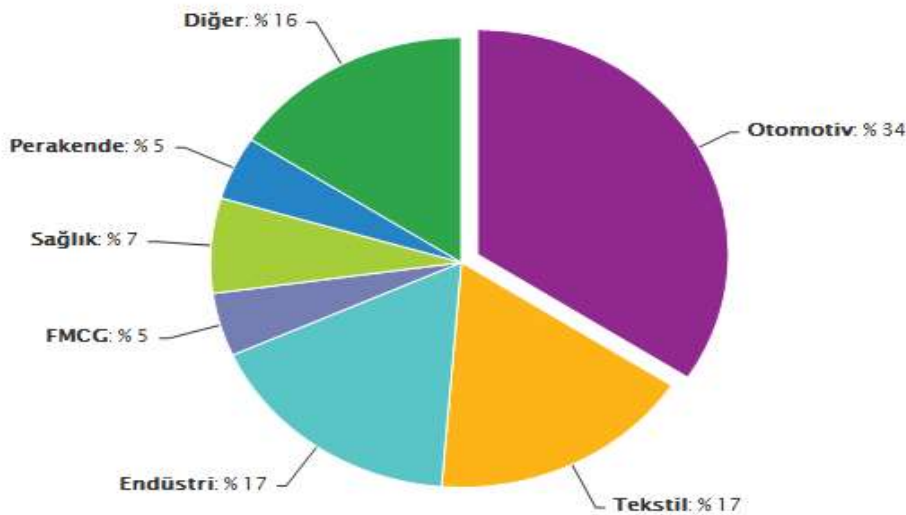
Firmada, 4 087’si Türkiye’de 1 200’ü yurtdışı şubelerinde olmak üzere toplam 5 287 çalışan bulunmaktadır. Türkiye’deki çalışanların yıllara göre çalışma statüsü kırılımı Şekil 4.2. de gösterilmiştir. Çalışanların, %79’u erkek; %21’i kadındır. Çalışanların %44’ü 26-35 yaş arasında; %29’u 18-25 yaş arasında; %21’i 36-45 yaş arasında ve %6’sı 46 yaş

üstüdür. Ortalamada ise, çalışan yaş ortalaması 31'dir. Bu oranlara taşeron çalışanlar ve şoförler dahil değildir.



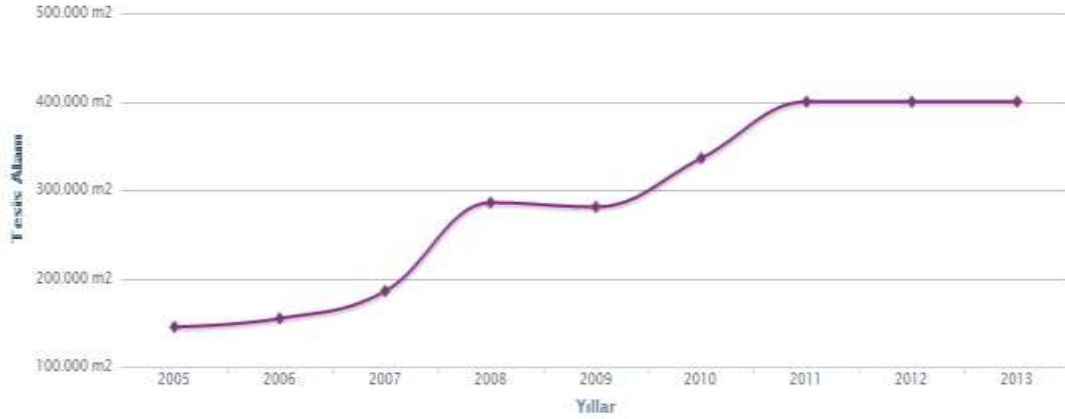
Şekil 4.2. Çalışma statüsü kırılımında çalışan sayıları

Firma; Otomotiv, Hızlı Tüketim Ürünleri, Gıda, Sağlık, Perakende, Tekstil, Endüstri, Yapı & Dekorasyon ve Teknoloji sektörlerine özel çözümler üreterek hizmet vermektedir. Firmanın sektörlere göre ciro oranı Şekil 4.3. de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Sektörlere göre ciro dağılımı

Firmanın Türkiye içinde İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Adana, Denizli ve Mersin’de tesisleri bulunmaktadır. Türkiye’deki tesislerin depo ve antrepo hizmetleri için var olan toplam kapalı alanlarının yıllara göre değişimi Şekil 4.4. de gösterilmiştir. Toplam alanın %89’u depo; %11’i antrepo olarak kullanılmaktadır.



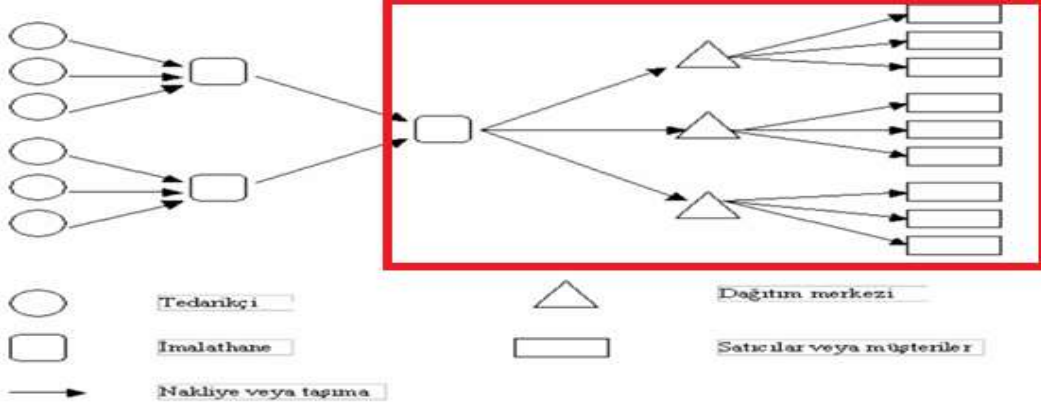
Şekil 4.4. Tesislerin toplam kapalı alanları

Firmanın, ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi; ISO 10002:2004 Müşteri Memnuniyeti ve Müşteri Şikâyetlerini Ele Alma Yönetim Sistemi; OHSAS 18001:2007 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi; ISO 14001:2004 Çevre Yönetim Sistemi; ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi belgeleri bulunmaktadır.

Firmada kurumsal kaynak planlaması yazılımları kullanılmaktadır. Tüm iş alanlarında sürecin en başından en sonuna kadar finans dahil kontrol ve yönetim mümkündür. Depo ve antrepo operasyonlarında Bölüm 2.2.2. de anlatılan WMS sistemi kullanılmaktadır.

Çalışmaya konu olan tesis Gebze’de bulunmaktadır ve tesiste depolama, ulusal dağıtım İstanbul dışı aktarma, İstanbul içi aktarma ve ihracat depo faaliyetleri yürütülmektedir. Depo, Bölüm 2.2.1. de anlatılmış olan depo sınıflandırmasında dağıtım merkezi ve kontrat lojistiği depo sınıflarına dahildir. Depo faaliyetlerinde 29 beyaz yaka, 209 mavi yaka olmak üzere toplam 238 çalışan bulunmaktadır. Depolama hizmetleri verilen müşteriler otomotiv, hızlı tüketim ürünleri ve tekstil sektörlerine dahildir. Tesis içinde geleneksel paletli depolama rafları, askılı raflar, VLM sistemi, yürüme yollu raf sistemleri bulunmaktadır.

Firmanın tedarik zincirinin hangi bölümüne dahil olduğu müşterilerin hammadde, yedek parça, bitmiş ürün gibi dış kaynak kullanımına açtığı bölüme ve müşterinin kendi içindeki dinamiklerine göre değişkenlik göstermektedir. Şekil 4.5. de Şekil 2.1. de verilen genel tedarik zinciri yapısı üzerinde çalışmanın yapılacağı müşteri ile firmanın tedarik zinciri içindeki ilişkisi ve yapısı kırmızı kutucuk içerisinde vurgulanmıştır.



Şekil 4.5. Firma ve müşterinin tedarik zinciri içindeki ilişkisi

4.2. Problemin Tanımı

Çalışmaya konu olan müşteri, ağırlıklı tekstil sektöründe perakende satış yapan ve mağazalar zincirine sahip olan bir firmadır.

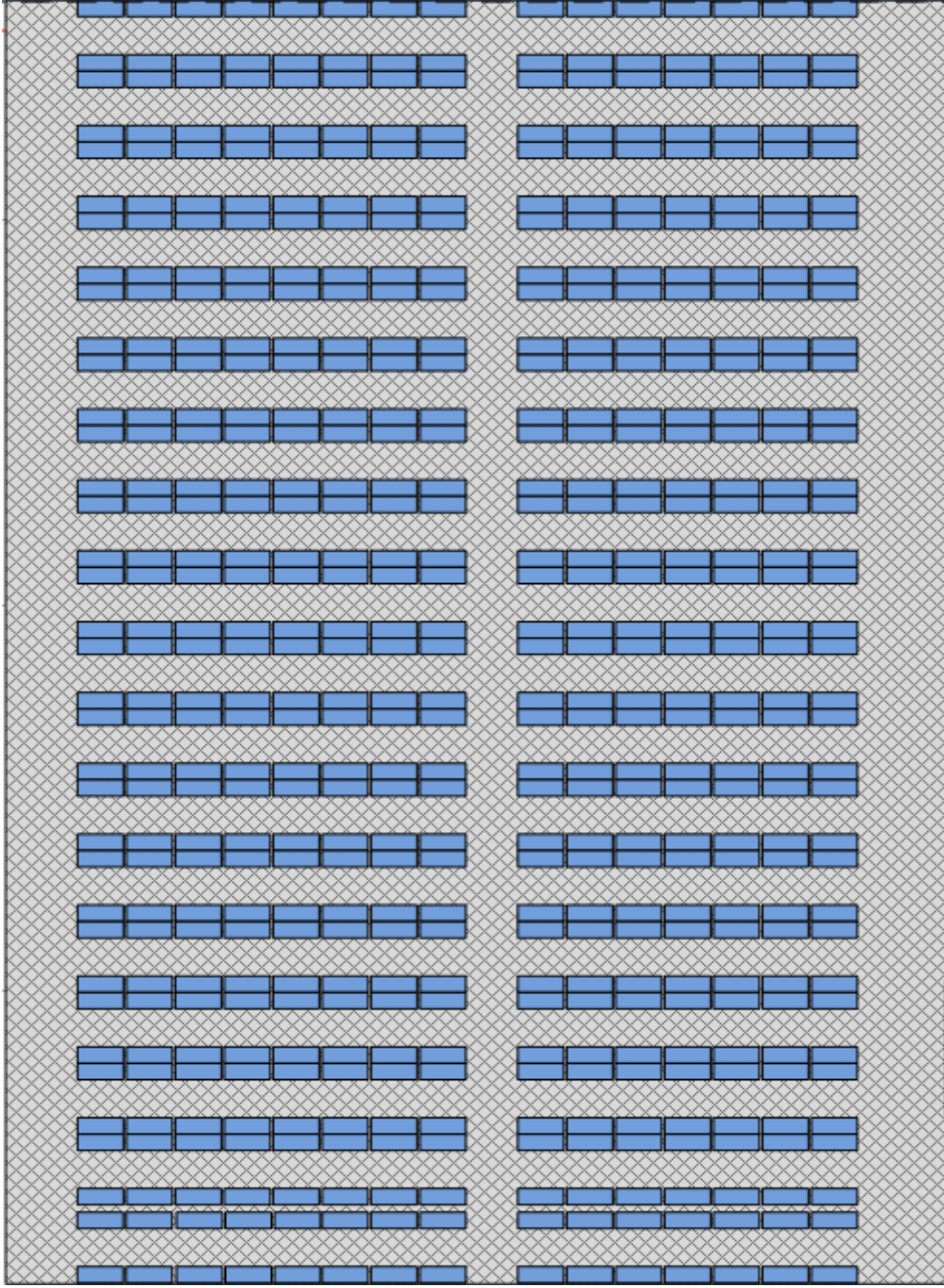
Müşteri firma, ürünlerin bir kısmını bitmiş ürün olarak tedarik etmekte, bir kısmını kendisi üretmektedir. Her iki durumda da bitmiş ürünler çalışmanın yapılacağı firmanın deposuna gelmektedir ve buradan müşterinin müşterisine ulaştırılmak üzere müşteri mağazalarına dağıtılmaktadır. Depoya gelen ürünler, Bölüm 2.2.2. depolama alt başlığında tanımı verilen doğrudan yerleştirme, tortulu aktarma veya aktarma yapısındadır. Tekrar etmek gerekirse, aktarma ve tortulu aktarma süreçlerinde sipariş toplama adımı bulunmamaktadır. Doğrudan yerleştirme kapsamında dört farklı ürün sınıfı mevcuttur. Bunlar sırasıyla katlı tekstil, askılı tekstil, ev ürünleri ve ayakkabı sınıfını kapsamaktadır. Her sınıf için stoklama alanı ve ihtiyaç duyulan stratejiler farklılık göstermektedir.

2014 senesine kadar katlı ürünlerin %30'u aktarma; %70'i doğrudan yerleştirme olmakla birlikte müşteri 2014 yılında stoklama stratejisini değiştirerek hacminin %70'ini aktarma, %30'unu doğrudan yerleştirilecek yapıda uygulamaya karar vermiştir. Önceki yapıda

müşterinin mağazalarından gün içinde gelen siparişleri, gruplanarak toplanmaktaydı. Ancak, toplama işlemi ürün olarak değil içinden ürün istenen sepetin tamamı şeklinde gerçekleştirilerek dağılım alanına gönderilmekteydi. Sonrasında sepetlerdeki ürünler kayar raflarda mağaza bazlı dağıtılarak sepette kalan az sayıda stok ürünleri tekrar stok alanına adreslenmekteydi. Müşteriden gelen doğrudan yerleştirilecek sipariş yapısı değişime uğrayacağından müşteri için 2014 yılında operasyonda da yeni yapının ihtiyaçlarına cevap veren düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Bu düzenlemelerin en başında da yeni yapıya uygun sipariş toplama stratejisinin belirlenmesi gelmektedir. Bu nedenle bu çalışma, müşterinin katlı tekstil ürün grubunun stok alanından ürün toplanması için uygulanacaktır.

Müşterinin stok alanı değerlendirildiğinde, Bölüm 2.3.1. de belirtilen sipariş toplama metodlarının sınıflandırılması içerisinde “insan çalışan”, “insanın ürüne gittiği alçak-seviye” yapısındadır. Ürünler, müşterinin 2014 senesi için bildirmiş olduğu hacme göre belirlenen, kapalı alanı 1 536 metrekare olan yürüme yollu raf sistemlerinde stoklanmaktadır. Şekil 4.6. da söz konusu katlı ürün stok alanının yerleşim planı bulunmaktadır. Şekildeki her bir kutucuk ürünlerin stoklandığı 5 katlı raflardan oluşmaktadır ve her bir kat 0,6x1,6 m² alana sahiptir. Rafların her bir katı bir adres olduğundan her bir kutucuk 5 adresi temsil etmektedir.

Lokasyon adresleri, koridor başında 1’den başlamak üzere koridorda ilerledikçe adres numarası artacak şekilde 15’e kadar devam etmektedir. Aynı koridorun karşılıklı raflarının adres numaraları aynıdır ancak sağ, sol olarak isimlendirilmektedir. Mevcut durumda aynı noktadan bakıldığında numaraları artan şekilde ilerleyen bir koridorun yanındaki koridorda bulunan adres numaraları azalan şekilde sıralanmaktadır. Toplam 18 koridor bulunmaktadır. Koridor genişlikleri yan yana iki toplama aracı ve toplayıcının geçebileceği şekilde 1,4 metredir. Orta koridor boşluğu ise 1,8 metredir. Ürünler, her adreste en fazla 4 adet olmak üzere stok alanına adreslenmiş sepetlerin içinde bulunmaktadır ve stokların %85’i için her sepet içinde tek SKU bulunmaktadır.



Şekil 4.6. Katlı ürün stok alanı yerleşim planı

Depoya gelecek olan ürünler için öncelikle müşteri, kendi ERP sisteminden depoya gelecek olan ürünlerin bilgilerini de içeren bir iş emri açar. Açılan bu iş emirleri müşteri sistemi ile entegre olan WMS sistemine düşmektedir. Bu iş emrinde kap sayısı, artikel sayısı, ürün adedi gibi gelecek ürünlere ilişkin bilgiler bulunmaktadır. Gelen ürünlerin doğrudan mı yerleştirileceği veya aktarma şeklinde mi olacağı gibi süreçlerden hangisine dahil olacağı yine gelen iş emrinde belirtilmektedir. Giriş için iş emirleri sisteme düştükten sonra ürünleri getirecek olan müşterinin tedarikçisi ile iletişime geçilir ve depoya gelmesi

için gün ve saat olarak randevu verilir. Araç ürünleri getirip rampaya yanaştıktan sonra sistemden rampa işlemleri yapılır ve kap sayımı ile ürünler depoya alınır. Sonrasında ürünler, doğrudan yerleştirme vb. yapısına göre uygun mal kabul alanına çekilir ve adet bazında kontrolleri yapılarak sisteme alınır. Doğrudan yerleştirilecek yapıya sahip olanlarda sistemde stok kaydı oluşur. Aktarma yapısına sahip olan ürünlerde sistemde stok yapısı oluşmaz ürünler sisteme girişi yapılırken eş zamanlı çıkışı da sistem tarafından yapılır ve ürünler paketlenmiş statüsüne geçer. Sistemsel kontrol ve giriş işlemleri tamamlandıktan sonra doğrudan yerleştirilecek ürünler stok alanına götürülür ve ürün kategorisine dikkat edilerek boş olan raflara adreslemeleri yapılır.

Depodan çıkışı yapılacak ürünler için müşteri kendi sisteminden sipariş girmektedir ve girilen siparişler WMS sistemine yansımaktadır. Siparişlerde girişteki iş emirlerinde olduğu gibi ürün ve sevkiyata dair bilgiler yer almaktadır. Siparişler sisteme düştükten sonra gruplama, alokasyon, sıralama ve rotalama, toplama ve ayrıştırma adımları gerçekleşir. Mevcut durumda öncelikle sisteme düşen siparişler belirli bir süre bekletilir ve sonrasında gruplanır. Ardından sistemden alokasyon yapılır ve sıralama, rotalamadan sonra temel adımlar uygulanarak toplama işlemi gerçekleştirilir (Bkz. Şekil 2.10.).

Lojistik firmasının müşterisi rutin olarak siparişe ilişkin hacmi, yapısı gibi belirli özellikleri için yıllık öngörülerini lojistik firması ile paylaşmaktadır. Gelen öngörüler aylık değişen hacimlerden oluşmakla birlikte yıl boyunca sipariş yapısı ve özellikleri değişmediğinden ortalama değerler üzerinden tüm yılı kapsayacak bir hesaplama yapmak strateji seçiminde yanlıtıcı olmayacaktır. Buna göre, müşterinin stok alanından toplanarak yapılacak olan günlük çıkış adedi 20 000 adet ürün olarak planlanmaktadır ve 20 000 adeti geçen siparişlerin sevkiyatı ertesi gün yapılacaktır. Müşterinin, firmanın deposundan dağıtım yapılan 88 mağazası bulunmaktadır. 20 000 adet ürün ve 88 mağaza verileri müşterinin depodaki tüm ürün gruplarına ait toplam verilerdir. Çalışmanın kapsadığı katlı ürün grubundan yapılacak olan günlük çıkış adedi 14 000 dir. Bu ürün grubuna sipariş veren mağaza sayısı 64 dür. Her mağaza her gün sipariş geçmektedir ve günlük olarak depodan çıkışı sağlanmalıdır. Müşterinin firmaya vermiş olduğu tahmine göre mağaza bazlı günlük geçilecek olan siparişlerin ortalama ürün adetleri Çizelge 4.1. de gösterilmektedir. Ürün sayısı daha az olan Anadolu Bölgeleri'nde ulaştırma için sayı maliyet kısıtına göre yeterli olmazsa taşımacı firmanın aktarma merkezinde bir gün bekletilebilmektedir ancak anlaşma gereği günlük çıkış gelen tüm ürünlerin depodan sevk

edilmesi gerekmektedir. Yeni yapıda, bir mağaza gün içinde birden fazla sipariş geçebilmektedir. Ancak, ürünlerin depodan çıkışı sırasında aynı mağazaya ait siparişlerin bir araya getirilerek sevk edilmesinde müşteri açısından bir sorun olmadığından mağazaların siparişleri sistemde biriktirilir ve günlük olarak toplanacak mağazalar için sistem, aynı mağazaya ait siparişleri bir araya getirerek tek sipariş gibi işlem görmesini sağlar. Bu çalışmada da bundan sonra her bir mağazaya ait olan sipariş gruplarından tek sipariş olarak bahsedilecektir. Bulk toplama ve eş zamanlı alan bazlı toplama stratejileri için gruplama adımı farklı mağaza siparişlerinin bir araya getirilerek toplama gruplarının oluşturulması işlemi gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 4.1. Mağaza bazlı günlük siparişlerin içerdiği ortalama ürün adedi

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi	Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi	Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi	Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi
1	620	17	120	33	130	49	180
2	480	18	180	34	140	50	160
3	420	19	90	35	260	51	230
4	450	20	150	36	280	52	190
5	420	21	210	37	50	53	140
6	280	22	180	38	60	54	230
7	530	23	190	39	190	55	180
8	340	24	250	40	90	56	160
9	260	25	260	41	140	57	170
10	280	26	90	42	160	58	90
11	240	27	190	43	230	59	160
12	220	28	250	44	240	60	180
13	410	29	220	45	230	61	130
14	360	30	230	46	230	62	180
15	160	31	270	47	100	63	160
16	150	32	260	48	40	64	130
TOPLAM							14000

Yapılmış olan operasyonel vardiya planlamasına göre 08:00 – 18:00 vardiyası içerisinde sipariş toplama işlemi tamamlanmalıdır. Yemek molası bir saattir ve buna göre her biri dört buçuk saatten oluşan iki adet zaman penceresi bulunmaktadır.

Toplayıcıların toplama hızlarının tespit edilebilmesi için zaman etüdü çalışmaları yapılmıştır. Söz konusu zaman etüdü çalışmaları karşılaştırılacak olan topla-dağıt bulk

toplama işlemi ve eş zamanlı alan bazlı toplama işlemi için gerçekleştirilmiştir. Her iki strateji için yapılan zaman etüdünde toplama adımları küçük parçalara bölünmüş ve birden fazla toplayıcıdan her adım için yeterli sayıda zamanlar alınmıştır. Adımların ölçümleri her seferinden tekrarlanan birimlere göre yapılmış ve birimlere göre o adımın tüm ürünler içinde yüzde kaçında uygulandığına dair yüzdeler verilmiştir. Sonrasında birimlerin ürün dönüşümleri yapılarak her adım için ürün başına birim zaman çıkartılarak bir ürünün bir toplayıcı tarafından toplanması için birim zaman ve buna göre bir adam saatte toplanabilecek ürün sayısı elde edilmiştir. Bulk toplama için tek bir çalışma yapılırken, alan bazlı toplama için alan büyüklüğü 1 koridor, 2 koridor ve 3 koridor olmak üzere üç ayrı çalışma yapılmıştır. Tüm çalışmalarda değişen tek adım bir sonraki adrese gitmek üzere yürüme zamanı olduğundan bulk toplama için zaman etüdü yapılmış, diğer çalışmalar için zamanlar sadece bu adım için yeniden alınmıştır. Söz konusu çalışmalara Ek 1. ve Ek 2. de yer verilmiştir. Buna göre topla-dağıt bulk sipariş toplama operasyonu için 145 ürün/adam*saat; eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama operasyonu alan büyüklüğü 1 koridor olduğunda 171 ürün/adam*saat, 2 koridor olduğunda 163 ürün/adam*saat, 3 koridor olduğunda 156 ürün/adam*saat verileri elde edilmiştir.

Bir personelin ortalama aylık maliyeti 3 120 TL ve saatlik maliyeti 13 TL'dir. Günlük çıkılması planlanan tüm siparişlerin tamamlanması gerekmektedir. Bu nedenle iş yükü dengesizliğinden dolayı tamamlanamayan ürünlerin tamamlanması için toplayıcıların, paketlemecilerin, ayırıştırıcıların, sevkiyatçıların vb. fazla mesai yapmaları gerekmektedir. Bu durumda bir personele ödenecek olan saatlik fazla mesai maliyeti 19,5 TL'dir.

Sipariş toplama operasyonu sırasında kullanılan ve en büyük maliyet kalemi olan ekipman yürüme yollu raf sistemidir ancak topla-dağıt bulk sipariş toplama ya da alan bazlı sipariş toplama stratejisine göre değişiklik olmadığından strateji bazlı maliyet hesaplama ve kıyaslama adımlarında bu ekipmanın maliyeti ihmal edilecektir. Bunun yanında diğer ekipmanların cinsi de topla-dağıt bulk toplamada ya da eş zamanlı alan bazlı toplamada değişmemekle birlikte kullanılan ekipmanların sayıları değişmektedir. Her iki stratejide de önce sadece toplama sonra dağıtma uygulanması gerektiğinden toplama arabalarında farklılık söz konusu değildir ve ortalama 250 adet katlı ürün kapasitesine sahiptir. Söz konusu toplama aracı Şekil 4.7. de gösterilmiştir ve bir adet toplama aracının yıllık amortisman bedeli 24 TL'dir. Depo yönetim sistemi ile sipariş toplama işlemini gerçekleştirebilmek için toplayıcıların kullandıkları el terminallerinin yıllık amortisman

bedeli ise 300 TL'dir ve her bir toplayıcı bir adet el terminali kullanmaktadır. Toplanan ürünleri dağılım alanına taşımak için kullanılan ekipmanlar ve sayıları ise yine iki toplama stratejisinde de aynı olduğundan maliyetleri ihmal edilecektir.



Şekil 4.7. Katlı tekstil ürünü toplama aracı

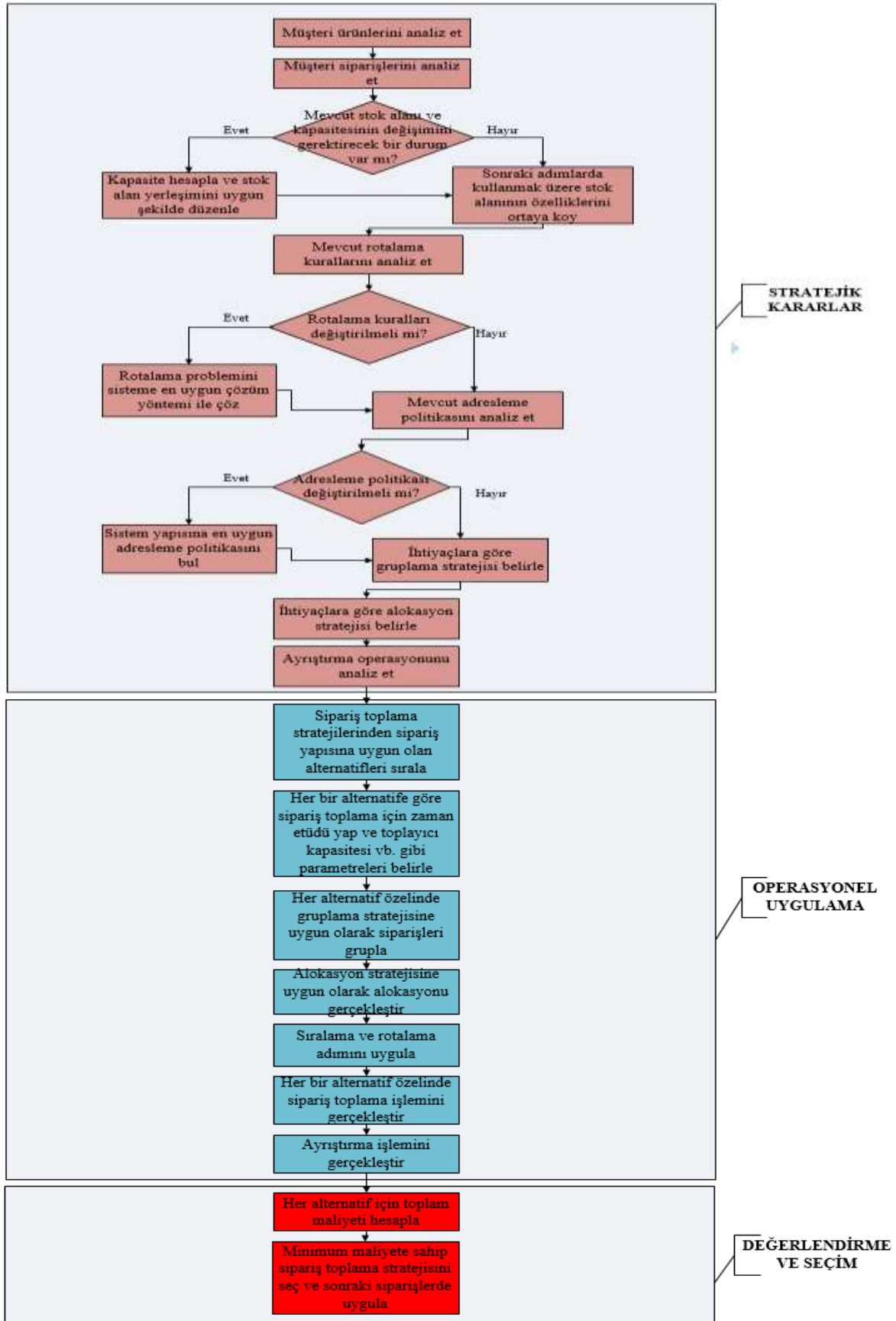
5. ÖNERİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI VE UYGULAMA

5.1. Önerilen Çözüm Yaklaşımı

Bu bölümde, sipariş toplama sistem tasarımına ilişkin literatürdeki yöntemlerden yararlanılarak, problem tanımına en uygun şekilde bir süreç akışı (Şekil 5.1) belirlenmiş; süreç içerisinde yer alan ve çalışmanın odak noktası olan sipariş toplama stratejisi seçim problemine ilişkin stratejilerin değerlendirilmesi ve ölçülmesi için matematiksel modelleme bazlı çözüm yöntemine detaylı olarak yer verilmiştir.

Sipariş toplama operasyonu tüm depo faaliyetleri içinde oldukça kritik öneme sahiptir ve verimlilik, maliyet üzerinde yüksek etkiye sahiptir. Bu nedenle sipariş toplama operasyonunun bir bütün olarak ele alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, problem verilerine en uygun sipariş toplama stratejisi seçilebilmesi için sipariş toplama operasyonu bir bütün olarak ele alınmış ve sistem tasarımı için problem tanımına özel süreç akışı belirlenerek bu akış üzerinden problemin çözülmesi sağlanmıştır. Geliştirilen süreç akışı Şekil 5.1. de gösterilmiştir. Söz konusu akışın belirlenmesinde Bölüm 3. de detaylı olarak verilen Dallari, Marchet ve Melacini'nin 2009 yılında geliştirdiği metodolojiden ve sipariş toplama sistemi temel adımlarında faydalanılmıştır.

Şekil 5.1. de gösterilen süreç akışı temel olarak stratejik kararlar, operasyonel uygulama ve değerlendirme ve seçim olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Stratejik kararlar, lojistik firması ile müşteri verileri ve yapılarında köklü değişiklikler olmadığı sürece değişmeyecek olan ve uygulama aşamasında sınırları çizecek olan temel kararları kapsamaktadır. Operasyonel uygulama aşaması, sipariş yapısında köklü değişiklikler olduğunda adımların yeniden tekrarlanması ihtiyacı duymaktadır. Lojistik firmasının müşterisi rutin olarak siparişe ilişkin hacmi, yapısı gibi belirli özellikleri için yıllık öngörülerini lojistik firması ile paylaşmaktadır. Gelen öngörüler aylık değişen hacimlerden oluşmakla birlikte yıl boyunca sipariş yapısı ve özellikleri değişmediğinden ortalama değerler üzerinden tüm yılı kapsayacak bir hesaplama yapmak strateji seçiminde yanıltıcı olmayacaktır. Bu çalışmada, operasyonel uygulama aşaması müşteriden gelen ortalama öngörü değerleri ile yapılacaktır. Değerlendirme ve seçim aşaması ise, söz konusu hesaplamalar ışığında en uygun sipariş toplama stratejisinin seçildiği bölümdür.



Şekil 5.1. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı

Bu çalışmada bulunan problem verilerine göre topla-dağıt bulk toplama ve eş zamanlı alan bazlı toplama stratejilerinin alternatif olarak değerlendirilmesi uygundur. Alternatif olarak bu iki stratejinin kabul edilmesinin temel nedeni, mağaza sayısının büyüklüğü gereğince günlük toplam sipariş sayısının fazla olması; günlük ürün çıkış adedinin yüksek olması; sipariş yapısının orta ve büyük sipariş kategorisine girmesi ve müşteri mağaza sayısının toplarken ayrıştırılmayacak seviyede olmasıdır.

Uygulama aşamasında, geliştirilmiş olan metodoloji Bölüm 5.2. de adım adım gerçekleştirilecektir. Stratejik kararlar bölümünde izlenmesi gereken ürüne, siparişe, stok alanına, rotalamaya, adreslemeye, alokasyona ve ayrıştırmaya ilişkin adımlar sipariş toplama sisteminde alternatif toplama stratejilerinden bağımsız olarak sistem ihtiyaçları gözetilerek değerlendirilecektir. Gruplama stratejisi belirleme adımı, operasyonel uygulama adımında her bir alternatif özelinde farklılık göstermesi gerekliliğinin yanında stratejik kararlar bölümünde amacının ve çizgilerinin, farklı stratejilere göre nasıl uygulanması gerektiğinin belirlenmesi şeklinde yer almaktadır. Bu adımda, problem için uygun olan Parikh ve Meller'in (2008) ürünlerin alanlara uygun bir şekilde dağıtıldığı varsayımı altında gruplamadan kaynaklanan toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliğini azaltacak şekilde, maksimum ürün toplanabilmesi için geliştirdikleri matematiksel modeller kullanılacaktır.

Parikh ve Meller'in (2008), bulk toplama stratejisine göre sipariş gruplama ile optimum iş yükü dengesinin elde edilmesini amaçlayan notasyonlar ve model aşağıdaki şekildedir.

İndeksler

i = siparişler için indeks; $i = 1, \dots, D$,

j = toplayıcılar için indeks; $j = 1, \dots, P$,

k = zaman pencereleri için indeks; $k = 1, \dots, W$,

Parametreler

d_i = i siparişinde bulunan toplam ürün sayısı,

M^b = bulk toplama stratejisine göre bir toplayıcının bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı,

Değişkenler

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & i \text{ siparişi } k \text{ zaman penceresinde } j \text{ toplayıcısına atansıysa,} \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases}$$

b_{jk} = bir toplayıcının bir zaman penceresinde topladığı ürün sayısı

Model

$$\text{En büyükle } z = \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_i x_{ijk} \quad (5.1)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^D d_i x_{ijk} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5.2)$$

$$b_{jk} \leq M^b \quad \forall j, k, \quad (5.3)$$

$$\sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5.4)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, k, \quad (5.5)$$

$$d_i, b_{jk}, M^b \geq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (5.6)$$

Eş. 5.2 kullanılarak her bir toplayıcıya her bir zaman penceresinde atanan ürün sayısı elde edilmektedir. Eş. 5.3 ile bir toplayıcıya toplayıcının kapasitesinden fazla sayıda ürün atanmaması garantilenmektedir. Eş. 5.4 ile ise bir siparişin herhangi bir zaman penceresinde birden fazla toplayıcıya atanması engellenmektedir. Amaç fonksiyonu ise çizelgelenen zaman dilimi içinde maksimum ürünün toplanmasını sağlamaktadır. Söz konusu modelin çözülmesi ile bir zaman penceresinde bir toplayıcıya verilecek olan iş yükü bulunmaktadır. Her i, j, k için x_{ijk} değeri sıfıra eşit olan bir sipariş hiç bir toplayıcıya atanmamış demektir ve çizelgelenen zaman içinde toplanmayacağı ile eş anlamlıdır.

Parikh ve Meller (2008), aynı hesaplamaları alan bazlı toplama stratejisi için aşağıdaki ifade ve model ile yapmışlardır. Onlara göre, bulk ve alan bazlı toplama modellerinde iki temel farklılık vardır; bir siparişteki ürün sayısı ve alan bazlı toplamada ürünlerin alanlara dağılımı ile ilgilenilmesi ve bir siparişin bir zaman penceresine atanması otomatik olarak tüm alanlara ve ilgili toplayıcılara atanması demek anlamına geldiğinden alan bazlı toplama stratejisine göre uyarlanan modelde sadece siparişin zaman penceresine atanıp atanmadığı ile ilgilenilmesidir.

İndeksler

i = siparişler için indeks; $i = 1, \dots, D$,

j = alanlar için indeks; $j = 1, \dots, Z$,

k = zaman pencereleri için indeks; $k = 1, \dots, W$,

Parametreler

d_{ij} = i siparişinin j alanından toplanan ürün sayısı,

M^z = alan bazlı toplama stratejisine göre bir toplayıcının bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı,

Değişkenler

$x_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ siparişi } k \text{ zaman penceresine atandıysa,} \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases}$

b_{jk} = bir alandan bir zaman penceresinde toplanan ürün sayısı

Model

$$\text{En büyük } z = \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^W d_{ij} x_{ik} \quad (5.7)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^D d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5.8)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (5.9)$$

$$\sum_{k=1}^W x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5.10)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall i, k, \quad (5.11)$$

$$d_{ij}, b_{jk}, M^z \geq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (5.12)$$

Eş. 5.8 de bir zaman penceresinde her bir alana atanan ürünlerin sayısını göstermektedir.

Eş. 5.9 bir alana kapasitesinden fazla sayıda ürün atanmasını önlemektedir. Eş. 5.10 bir siparişin birden fazla zaman penceresine atanmasını önlemektedir. Amaç fonksiyonu ise, tamamlanan ürün sayısını en büyükmektedir.

Geliştirilmiş olan metodolide yer alan değerlendirme ve seçim bölümünde alternatiflerin değerlendirilmesi ve seçiminde amaç fonksiyonu minimum maliyettir. Parikh ve Meller (2008) sadece her bir farklı stratejiye göre değişmesi gereken parametreleri değiştirerek minimum maliyet fonksiyonuna göre, sistemin ihtiyaçlarını karşılayan model kurarak sipariş toplama stratejisi seçim problemini çözmüşlerdir. Onlara göre söz konusu maliyetler iş gücü, ekipman, iş yükü dengesizliği, ayırıştırma maliyetleridir. Bu çalışmada da modellerin sisteme olan uygunluğu nedeniyle, stratejilerin değerlendirilmesi ve seçimi konusunda onların modellerinden faydalanılmıştır. Değerlendirilen her iki stratejide de dağılım operasyonu aynı şekilde olması gerektiğinden dolayı dağılım maliyetleri her ikisi için de aynı olacaktır. Aynı şekilde paketleme operasyonunda da karşılaştırılan her iki strateji için farklılık olmayacağından ve amaç maliyet hesaplama değil maliyetleri karşılaştırmak olduğundan Parikh ve Meller'in (2008) geliştirmiş olduğu maliyet fonksiyonunda bulunan dağılım maliyeti ve paketleme maliyeti bu çalışma için hesaplamalara dahil edilmeyecektir. Bu durumda bu çalışmanın değerlendirme ve seçim bölümünde yer alan her bir alternatif özelinde maliyet hesaplama adımı Parikh ve Meller'in modelinden faydalanılarak aşağıdaki model kullanılacaktır.

$$C^b = P^b C_p + C_e^b + U^b C_u \quad (5.13)$$

$$C^z = P^z C_p + C_e^z + U^z C_u \quad (5.14)$$

Bu durumda söz konusu probleme ait matematiksel model aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$\text{En küçük } C = \min \{ C^b, C^z \} \quad (5.15)$$

Kısıtlayıcılar:

$$C^b = P^b C_p + C_e^b + U^b C_u \quad (5.16)$$

$$C^z = P^z C_p + C_e^z + U^z C_u \quad (5.17)$$

$$C^b, C^z, P^b, C_p, C_e^b, U^b, C_u, P^z, C_e^z, U^z \geq 0 \quad (5.18)$$

P^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında gereken toplayıcı sayısı

P^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında gereken toplayıcı sayısı

C_p = Bir toplayıcının yıllık maliyeti

C_e^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında katlanması gereken yıllık ekipman maliyeti

C_e^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında katlanılması gereken yıllık ekipman maliyeti

U^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında iş yükü dengesizliğinden kaynaklı tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı

U^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında iş yükü dengesizliğinden kaynaklı tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı

C_u = İş yükü dengesizliğinden dolayı tamamlanamayan ürünlerin tamamlanması için toplayıcıların, paketlemecilerin, ayırıştırıcıların, sevkiyatçıların vb. fazla mesailerini de içerecek şekilde katlanılması gereken yıllık birim maliyet

Parikh ve Meller'e (2008) göre, Eş. 5.13 ve Eş. 5.14 de görülen maliyet bileşenlerinin bir kısmı doğrudan çıkartılabilirken bir kısmının belirlenmesi daha zordur. Örneğin, personel, ekipman maliyetlerinin hesaplanması kolayken; iş yükü dengesizliğinin maliyetinin hesaplanması daha zordur. Bu durumda, onlara göre iş yükü dengesizliğinin maliyeti gruplama modelinden faydalanılarak aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir.

$$U^z = \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^Z d_{ij} - \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^W d_{ij} x_{ik} \quad (5.19)$$

$$U^b = \sum_{i=1}^D d_i - \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^W d_i x_{ijk} \quad (5.20)$$

5.2. Uygulama ve Elde Edilen Sonuçlar

Bu bölümde, çalışmanın yapıldığı lojistik firmasının bir müşterisi için Bölüm 5.1. de detaylı olarak verilmiş olan ve bu probleme özel olarak literatürdeki çalışmalardan yararlanılarak sipariş toplama sistem tasarımı için geliştirilen adımların uygulanmasına ve sonucunda en uygun sipariş toplama stratejisinin seçimine yer verilmiştir.

Şekil 5.1. de gösterilmiş olan süreç akışı temel olarak stratejik kararlar, operasyonel uygulamalar, değerlendirme ve seçim olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Stratejik kararlar, veri ve politikaların analiz edilmesi ile sonraki aşamalar için temel çizgilerin çizilmesini amaçlamaktadır. Operasyonel uygulama aşaması ise toplama operasyonu için alternatiflerin belirlenmesi ve belirlenen politikalara göre operasyonel sürecin her alternatif için uygulanarak ölçülmesini kapsamaktadır. Değerlendirme ve seçim

ise alternatiflere ilişkin ölçümlerlerin ve hesaplamaların kıyaslanması ve en uygun olanının seçilmesinden oluşmaktadır.

Stratejik kararlar

Müşteri ürünlerini analiz et

Şekil 5.2. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 1

Müşterinin lojistik firmasında depolanan ürünleri ev grubu, askılı tekstil ürün grubu, katlı tekstil ürün grubu ve ayakkabıdan oluşmaktadır. Her bir ürün grubunun depo içerisinde farklı bir stoklama alanı vardır ve gerek sipariş yapısı gerekse operasyonel uygulamalar açısından farklılıklara sahiptir. Bu tez çalışması katlı tekstil grubu üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Katlı tekstil ürün grubu da dahil olmak üzere tüm ürün grupları kendi içerisinde ürün çeşitlerine göre kategori adı verilen alt gruplara ayrılmaktadır. Katlı tekstil ürün grubu, kadın, erkek, çocuk, genç ve spor olmak üzere beş kategoriden oluşmaktadır. Stok bulunan ürünlerinin hacimsel olarak yaklaşık %20'si çocuk, %30'u kadın, %25'i erkek, %10'u spor ve %15'i genç kategorisine ait ürünlerden oluşmaktadır.

Müşteri siparişlerini analiz et

Şekil 5.3. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 2

Mağazalara toplu gönderimler tedarikçi tarafından depoya gelen ürünlerin aktarımı ile gerçekleşmektedir. Bunun dışında günlük satılan ürünlerin ikamesi ise daha önceden müşteri firmanın satın alması sonucu tedarikçilerin depoya gönderdikleri doğrudan yerleştirme yolu ile depo stoğuna girmiş olan ürünlerden karşılanmaktadır. Tez çalışmasına konu olan tüm siparişler satılan ürün ikamesi olduğundan ürün çeşitliliği bu siparişlerde daha fazladır ve ortalama olarak sipariş toplama sırasında stoklama alanındaki bir adresten alınan ürün sayısı dördür.

Müşterinin katlı tekstil grubu için depodan gönderim yapılan 64 mağazası bulunmaktadır ve ürün çıkışı için bu mağazalar aracılığıyla depoya sipariş gönderilmektedir. Her bir mağaza her gün sipariş geçmektedir ve 14 000 ürün adedine kadar 24 saat içinde depodan çıkışı sağlanmalıdır. Gün içinde mağazalar siparişlerini geçmektedir ve gelen tüm siparişler saat 23:00'a kadar bekletilmektedir ve bu saatten sonra gece çalışan program ile ürün adedi 14 000'i aşmayan son siparişe kadar gelen siparişleri mağaza bazlı birleştirerek toplamda 64 adetlik sipariş elde edilmektedir. 14 000 ürün adedini aşmayan siparişler ilk gelen ilk çıkar kuralına göre belirlenmekte, 14 000 ürün adedini aşan dışarıda kalan siparişler ise bir sonraki günün siparişleri olarak kabul edilir.

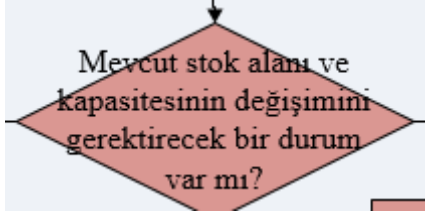
Mağaza bazlı günlük geçilecek olan siparişlerin ortalama ürün adetleri Çizelge 4.1. de gösterilmektedir. Müşteri, sene içerisinde gelecek olan siparişlerinin tahminini firmaya verirken kategori kırımını yapmamıştır. Ancak, stok ürünleri müşteri tarafından mağazalardan gelecek olan siparişlerinin öngörüsü ile satın alındığı için stok kategorilerinin yüzdeleri ile siparişlerin kategori yüzdelerinin doğru orantılı olduğu varsayılabilir. Bu varsayım müşteri tarafından da onaylanmaktadır. Stok alanındaki kategori yüzdeleri kullanılarak hesaplanan mağaza ve kategori bazlı günlük ortalama sipariş ürün adetleri Çizelge 5.1. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Mağaza ve kategori bazlı ortalama günlük siparişlerin içerdiği ortalama ürün adedi

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Katlı Ürün					
	Adedi	Kadın	Erkek	Çocuk	Genç	Spor
1	620	186	155	124	93	62
2	480	144	120	96	72	48
3	420	126	105	84	63	42
4	450	135	112	90	67	45
5	420	126	105	84	63	42
6	280	84	70	56	42	28
7	530	159	133	106	80	53
8	340	102	85	68	51	34
9	260	78	65	52	39	26
10	280	84	70	56	42	28
11	240	72	60	48	36	24
12	220	66	55	44	33	22
13	410	123	102	82	61	41
14	360	108	90	72	54	36
15	160	48	40	32	24	16
16	150	45	38	30	23	15
17	120	36	30	24	18	12

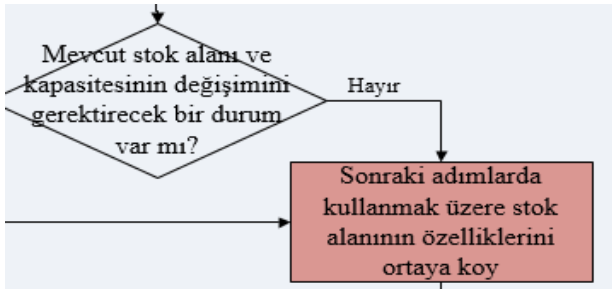
Çizelge 5.1. (devam) Mağaza ve kategori bazlı ortalama günlük siparişlerin içerdiği ortalama ürün adedi

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Katlı Ürün Adedi	Kategori				
		Kadın	Erkek	Çocuk	Genç	Spor
18	180	54	45	36	27	18
19	90	27	22	18	13	9
20	150	45	38	30	23	15
21	210	63	52	42	31	21
22	180	54	45	36	27	18
23	190	57	47	38	29	19
24	250	75	63	50	37	25
25	260	78	65	52	39	26
26	90	27	22	18	14	9
27	190	57	48	38	28	19
28	250	75	62	50	38	25
29	220	66	55	44	33	22
30	230	69	58	46	34	23
31	270	81	67	54	41	27
32	260	78	65	52	39	26
33	130	39	33	26	19	13
34	140	42	35	28	21	14
35	260	78	65	52	39	26
36	280	84	70	56	42	28
37	50	15	12	10	8	5
38	60	18	15	12	9	6
39	190	57	48	38	28	19
40	90	27	22	18	14	9
41	140	42	35	28	21	14
42	160	48	40	32	24	16
43	230	69	58	46	34	23
44	240	72	60	48	36	24
45	230	69	57	46	35	23
46	230	69	58	46	34	23
47	100	30	25	20	15	10
48	40	12	10	8	6	4
49	180	54	45	36	27	18
50	160	48	40	32	24	16
51	230	69	57	46	35	23
52	190	57	48	38	28	19
53	140	42	35	28	21	14
54	230	69	57	46	35	23
55	180	54	45	36	27	18
56	160	48	40	32	24	16
57	170	51	43	34	25	17
58	90	27	22	18	14	9
59	160	48	40	32	24	16
60	180	54	45	36	27	18
61	130	39	33	26	19	13
62	180	54	45	36	27	18
63	160	48	40	32	24	16
64	130	39	33	26	20	13
TOPLAM	14000	4200	3500	2800	2100	1400



Şekil 5.4. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 3

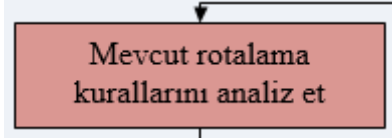
Müşterinin lojistik firmasına vermiş olduğu yıllık verilere göre 2014 senesi için gerekli stok kapasitesi hesaplanmış ve depo içerisinde Şekil 4.11. de gösterilen stok alanı oluşturulmuştur. Stok alanı yeni verilere göre belirlenmiş olduğundan değişim yapılması gerekmemektedir. Bu nedenle süreç akışında “Hayır” oku takip edilecektir.



Şekil 5.5. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 4

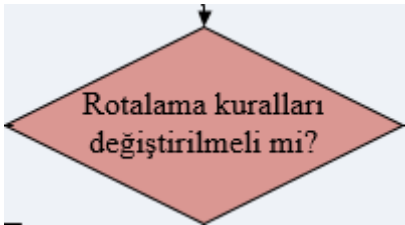
Depo içerisinde müşteri için ayrılmış stok alanı, Bölüm 2.3.1. de verilmiş olan sipariş toplama metotlarından insan çalışan, insanın ürüne gittiği alçak-seviye yapısındadır. Ürünler, müşterinin 2014 senesi için bildirmiş olduğu hacme göre belirlenen, kapalı alanı 1 536 metrekare, yaklaşık 216 000 ürün kapasiteli olan yürüme yollu raf sistemlerinde stoklanmaktadır. Şekil 4.6. da söz konusu katlı ürün stok alanının yerleşim planı bulunmaktadır.

Stok alanı içinde toplam 18 koridor bulunmaktadır. Koridor genişlikleri yan yana iki toplama aracı ve toplayıcının geçebileceği şekilde 1,4 metredir. Orta koridor boşluğu ise 1,8 metredir. Ürünler, stok alanına adreslenmiş sepetlerin içinde bulunmaktadır ve bir adreste 4 sepet bulunmaktadır. Her bir sepetin taşıyıcı barkodu bulunmaktadır.



Şekil 5.6. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 5

Stok alanında bulunan lokasyon adresleri, koridor başında 1’den başlamak üzere koridorda ilerledikçe adres numarası artacak şekilde 15’e kadar devam etmektedir. Aynı koridorun karşılıklı raflarının adres numaraları aynıdır ancak sağ, sol olarak isimlendirilmektedir. Mevcut durumda aynı noktadan bakıldığında numaraları artan şekilde ilerleyen bir koridorun yanındaki koridorda bulunan adres numaraları azalan şekilde sıralanmaktadır. WMS sistemi, tanımlı olan algoritmaya göre toplayıcının bir koridora girdikten sonra ürünleri karşılıklı raflardan sağ sol şeklinde alarak koridor sonuna doğru ilerlemesini sağlar. Bulunduğu koridordan toplanacak ürünler toplandıktan sonra yan koridorun adres numaralarının ilerleme yönü bulunduğu koridora göre tersi olduğu için toplayıcı, yeni girdiği koridorda bir önceki yürüme yolunun tersi istikametinde yine sağ sol şeklinde ürünleri toplayarak ilerlemektedir. Bu şekilde “S” çizerek gerçekleşen toplama işlemi, Bölüm 3. de tanımlanmış olan ve şematik olarak Şekil 3.2.(b) de gösterilmiş olan S-şekilli rotalama politikası olarak literatürde yer almaktadır.



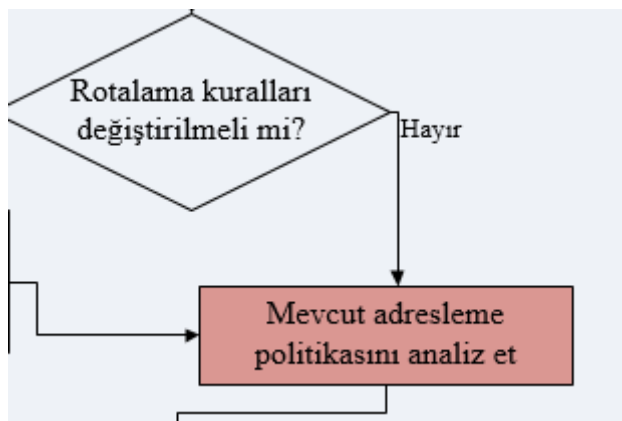
Şekil 5.7. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 6

Bölüm 3. de belirtildiği gibi literatürde var olan analitik modeller uygulanabilirlik açısından firmanın yazılım ekibi ve proje uzmanları ile değerlendirilmiş ve kısa vadede uygulanabilir olmadığına karar verilmiştir. Hwang ve diğerlerinin 2004 yılında yapmış oldukları çalışmada belirttiklerine göre, literatürde bulunan farklı çeşitlerdeki pek çok rotalama algoritmalarına kıyasla geri dönüş, S-şekilli ve orta nokta politikaları implementasyon açısından daha uygun olduğu için gerçek hayat problemlerinde en çok kullanılan rotalama politikalarıdır. Hwang ve diğerleri 2004 yılında yapmış oldukları çalışmada söz konusu bu üç politikanın performanslarını kıyaslamış ve sonucunda sipariş

başına hacim indeksine göre sınıflandırılmış depolama politikasına göre adresleme yapıldığı varsayılırsa çok büyük hacimli siparişler için S-şekilli politikasının iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği katlı tekstil ürün grubu düşünüldüğünde, ürünlerin birim hacmi ve kapladığı alan bakımından farklılıkların bulunmadığı kabul edilebilir. Bunun yanında kategorilere ait olan stok seviyeleri ile günlük gelen sipariş miktarlarının aynı oranda olduğunun kabul edildiği aynı bölümde bulunan adım 2 de detaylı olarak anlatıldığından tüm kategorilerin sipariş başına hacim indeksinin aynı olduğu düşünülebilir.

Sipariş hacmi gereğince toplayıcıların her koridora girmeleri gerekmektedir. Gelen siparişlerde her kategoriye gelen siparişlerin kendi kategori alanları içinde koridorlarda eşit olarak dağıldığı ve her bir adresten ortalama adres başına düşen ürün adedi olan 4 ürün alındığı varsayılırsa, toplayıcılar her bir toplama esnasında, her koridorda bulunan tüm adreslerin yaklaşık %64,8'ine uğramak durumunda bulunmaktadır. Buradan da açıkça görülmektedir ki S-şekilli rotalama politikası uygulandığında yeterli sonuç elde edilecektir.

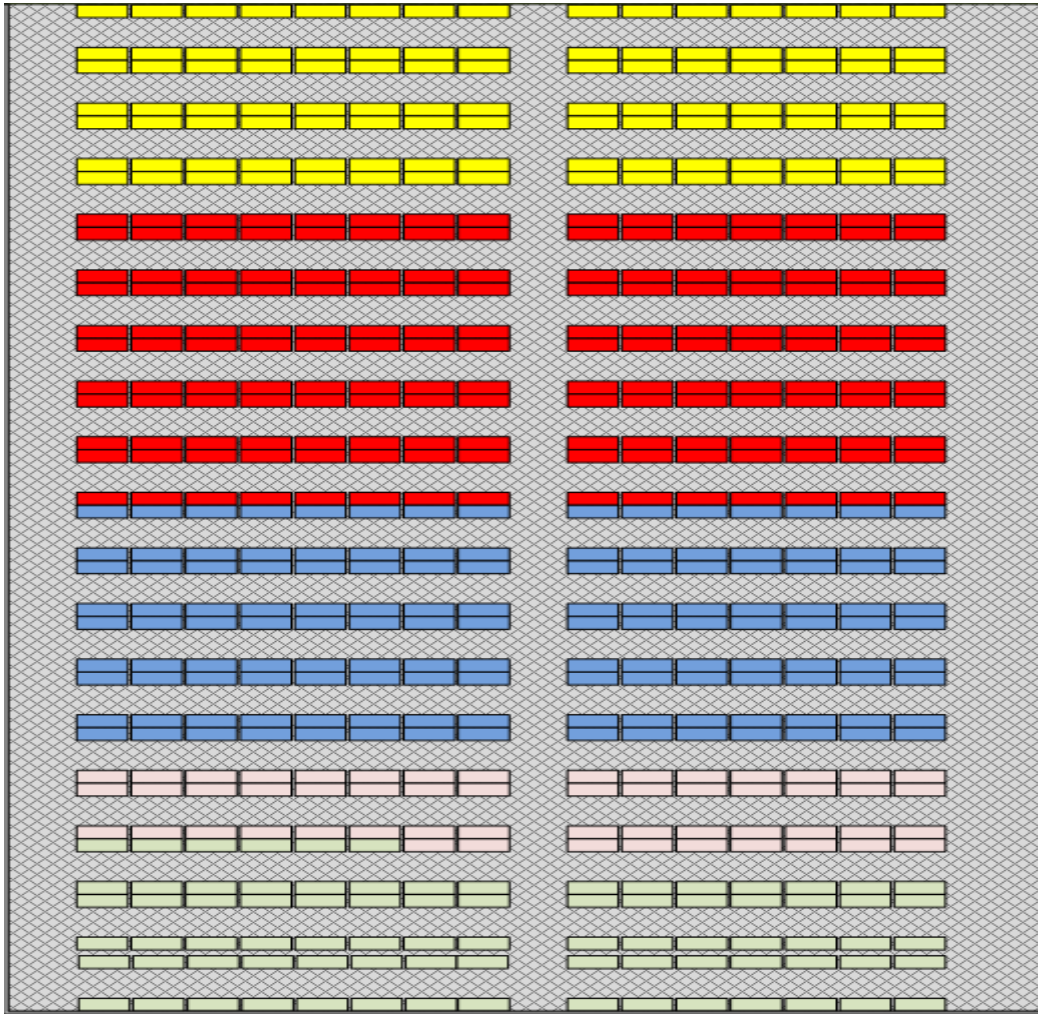
Firma, tez çalışmasına konu olan müşterisinin sipariş toplama operasyonu için de S-şekilli rotalama politikasını kullanmaktadır. Söz konusu rotalama politikasının, firma için uygulanabilir ve yönetilebilir özellikte olması ve literatürde problem tanımında belirtilen sipariş yapısı için uygun olduğunun desteklenmesi ve hesaplanan koridor başına düşen ortalama uğranılması gereken adres yüzdesinin de bu bilgileri desteklemesi nedeniyle rotalama kurallarında değişiklik yapmaya gerek yoktur. Bu durumda, süreç akışında “Hayır” oku izlenecektir.



Şekil 5.8. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 7

Müşterinin, lojistik firmasından aralıklı fiziki stok sayım talebi olmaktadır. Senede bir kere olmak üzere tüm ürün grubu ve kategorilerini kapsayacak şekilde fiziki stok sayımı yapılmaktadır. Bunun yanında müşteri tarafından belirtilen değişken zamanlarda bir veya birden fazla kategoriye kapsayacak şekilde kategori özelinde fiziki stok sayımı da gerçekleştirilmektedir. Kategori bazlı bir sayımın gerçekleştirilebilmesi için ürünler stok alanında kategorilere göre Şekil 5.9. da gösterildiği gibi sınıflandırılarak depolanmaktadır. İlgili şekilde sarı renk çocuk kategorisini, kırmızı renk kadın kategorisini, mavi renk erkek kategorisini, pembe renk spor kategorisini ve yeşil renk genç kategorisini simgelemektedir.

Şekil 5.9. da gösterilen yerleşim planına göre, gelen siparişlerde toplanacak ürün adetlerinin tüm koridorlarda kategorilerin kendi içindeki dağılım oranlarının eşit olduğu varsayılırsa koridor başına günlük toplanması gereken ortalama ürün adedi ve kategori dağılımı Çizelge 5.2. de gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Mevcut stok alanı yerleşim planının kategori kırılımı

Çizelge 5.2. Koridor başına günlük toplanması gereken ortalama ürün adedi ve kategori dağılımı

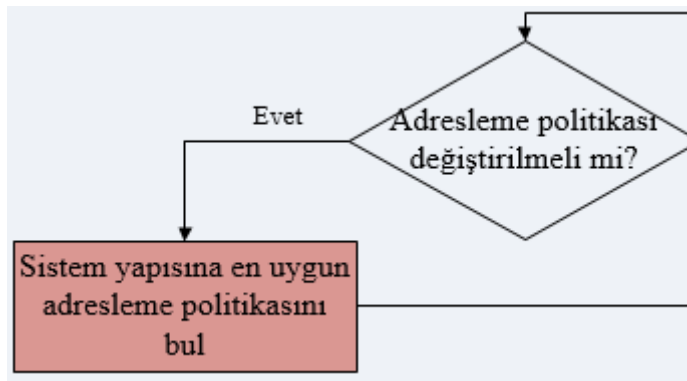
Koridor	Koridordan Toplanacak Günlük Ortalama Ürün Adedi					
		Kadın	Erkek	Çocuk	Genç	Spor
1	800	-	-	800	-	-
2	800	-	-	800	-	-
3	800	-	-	800	-	-
4	785	385	-	400	-	-
5	763	763	-	-	-	-
6	763	763	-	-	-	-
7	763	763	-	-	-	-
8	763	763	-	-	-	-
9	763	763	-	-	-	-
10	777	-	777	-	-	-
11	777	-	777	-	-	-
12	777	-	777	-	-	-
13	777	-	777	-	-	-
14	781	-	392	-	-	389
15	778	-	-	-	-	778
16	777	-	-	-	544	233
17	778	-	-	-	778	-
18	778	-	-	-	778	-



Şekil 5.10. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 8

Şekil 5.9. da gösterilmiş olan yerleşim planına göre, 16. koridorda iki kategori, diğer tüm koridorlarda ise tek kategori bulunmaktadır. Çizelge 5.2. de gösterildiği gibi kategorilere ait stoklanan ürün adetleri ile kategorilere ilişkin gelen sipariş ürün adetleri aynı oranda olduğundan, bu durum koridorlar arasında ciddi bir iş yükü dengesizliğine neden olmamakla birlikte, kategorilerin sipariş ürün adetlerine oranla koridorlara dağıtılarak adreslendiği bir yapı ile iyileştirilebilir özelliktedir. Mevcut durumda iş yükü en yüksek olan koridor ile iş yükü en düşük olan koridor arasındaki ürün adet farkı 37'dir. Bu fark, bulk sipariş toplama stratejisine ilişkin yapılmış olan zaman etüdüne göre koridorlar

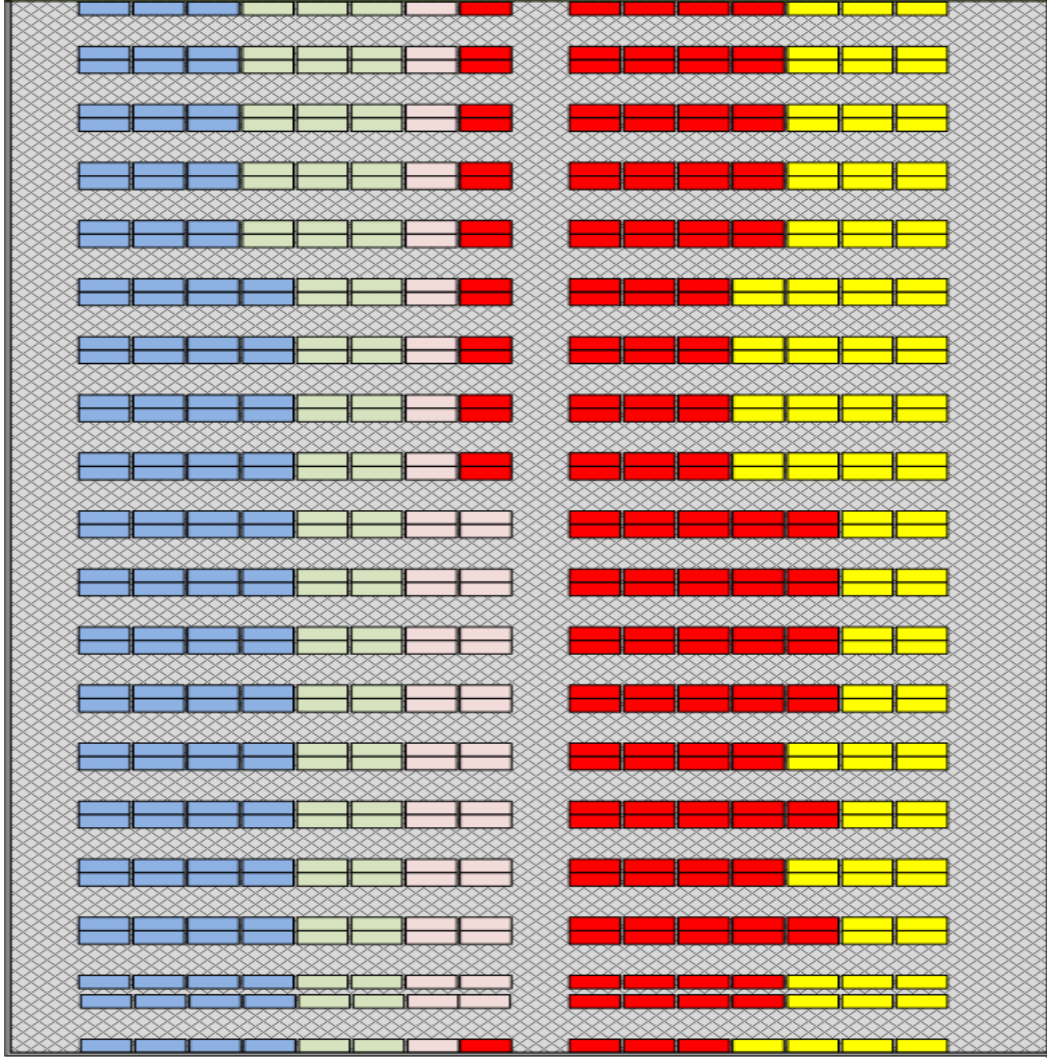
arasında teorik olarak 15,3 dakika, alan bazlı sipariş toplama stratejisine ilişkin yapılmış olan zaman etüdüne göre de alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda teorik olarak 13 dakika, alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda teorik olarak 13,6 dakika, alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda ise teorik olarak 14,2 dakikalık fark oluşmasına sebep olmaktadır. Bulk sipariş toplama stratejisi söz konusu olduğunda koridorlar arasındaki iş yükü dengesizliği çok önemli olmasa da alan bazlı sipariş toplama stratejisinde iş yükü dengesizliğinin maliyet üzerinde direkt etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle süreç akışında evet oku izlenecektir.



Şekil 5.11. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 9

Bir önceki paragrafta da açıklandığı gibi kategorilerin sipariş yüzdeleri dikkate alınarak kategorileri kendi içinde ayırmadan aynı koridora birden fazla kategoriye adresleyerek koridorlar arasında iş yükünü dengesi anlamında iyileştirme elde edilebilir. Bunun için, her bir kategori için gerekli olan raf sayısı hesaplanmış ve sipariş yüzdeleri ilgili rafın ağırlığı olarak kabul edilmiştir. Söz konusu ağırlıklar dikkate alınarak kategorilere ait raflar stok alanı içerisine koridor ağırlıklarının toplamı dengelenmeye çalışılarak yerleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda ortaya çıkan şematik yerleşim planı Şekil 5.12. de gösterilmiştir.

Yapılmış olan planlamanın sonucunda ortaya çıkacak olan kategori kırılımının stok yerleşim planı üzerinde gösterimi Şekil 5.13. de gösterilmiştir. Şekil 5.12. ve Şekil 5.13. de sarı renk çocuk kategorisini, kırmızı renk kadın kategorisini, mavi renk erkek kategorisini, pembe renk spor kategorisini ve yeşil renk genç kategorisini simgelemektedir.



Şekil 5.13. İyileştirilmiş adresleme planına göre stok alanı yerleşim planının kategori kırılımı

Şekil 5.13. de gösterilen yerleşim planının kategori kırılımına göre, gelen siparişlerde toplanacak ürün adetlerinin tüm koridorlarda kategorilerin kendi içindeki dağılım oranlarının eşit olduğu varsayılırsa koridor başına günlük toplanması gereken ortalama ürün adedi ve kategori dağılımı Çizelge 5.3. de gösterilmiştir.

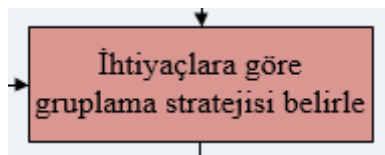
Çizelge 5.3. İyileştirilmiş adresleme planından sonra koridor başına günlük toplanması gereken ortalama ürün adedi ve kategori dağılımı

Koridor	Koridordan Toplanacak Günlük Ortalama Ürün Adedi	Kategori Dağılımı				
		Kadın	Erkek	Çocuk	Genç	Spor
1	778	254	156	160	156	52
2	778	254	156	160	156	52
3	777	254	155	160	156	52

Çizelge 5.3. (devam) İyileştirilmiş adresleme planından sonra koridor başına günlük toplanması gereken ortalama ürün adedi ve kategori dağılımı

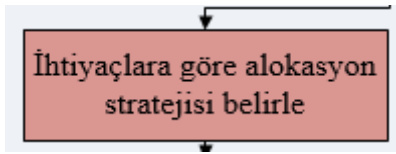
Koridor	Koridordan Toplanacak Günlük Ortalama Ürün Adedi					
		Kadın	Erkek	Çocuk	Genç	Spor
4	778	254	156	160	156	52
5	777	229	181	187	128	52
6	778	204	205	214	104	51
7	778	204	207	214	102	51
8	778	204	205	214	103	52
9	778	229	207	160	104	78
10	777	255	208	106	104	104
11	777	255	208	106	104	104
12	778	255	208	107	104	104
13	778	229	208	133	104	104
14	778	229	208	133	104	104
15	778	229	208	133	104	104
16	778	229	208	133	104	104
17	778	229	208	133	104	104
18	778	204	208	187	103	76

Çizelge 5.2. den de açıkça görülmektedir ki aynı kategoriye ait ürünlerin koridor içerisinde birlikte yerleştirilmesi kısıtına riayet edilerek kategorileri farklı koridorlara sipariş ağırlıkları dikkate alınarak dağıtmak koridorlar arası iş yükü dengesinde iyileştirme sağlamaktadır. Bu durumda iş yükü en yüksek olan koridor ile iş yükü en düşük olan koridor arasındaki ürün adet farkı 37'den 1'e düşmüştür. Söz konusu 1 ürünlük fark, bulk sipariş toplama stratejisine ilişkin yapılmış olan zaman etüdüne ve alan bazlı sipariş toplama stratejisine ilişkin yapılmış olan zaman etüdüne göre alan büyüklüğü 1, 2 ve 3 koridor olduğu durumlarda teorik olarak 0,4 dakikalık fark oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durumda, ürünlerin koridorlara koridorlar arasında iş yükü dengesizliği olmayacak şekilde uygun bir biçimde atandığı kabul edilebilir.



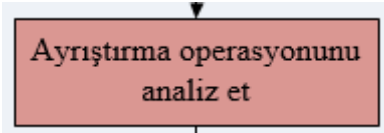
Şekil 5.14. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 10

Müşterinin mağazalarından depoya günlük olarak 64 sipariş gelmektedir. Toplama operasyonunun gerçekleştirilmesi için manuel sipariş toplama operasyonunun temel adımlarından gruplama işlemi gerçekleştirilecektir. Toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliği sonrasında fazla mesai, müşteri kaybı ve buna benzer maliyet kalemleri anlamına gelmektedir ve Parikh ve Meller'e (2008) göre iş yükü dengesizliğinin ürünlerin koridorlara uygun şekilde atanmaması ve siparişlerin uygun şekilde gruplanmaması olmak üzere iki nedeni vardır. Çizelge 5.3. den de görüldüğü gibi adresleme politikasında yapılan iyileştirme ile koridorlar arasında iş yükü dengesizliği olmayacak şekilde uygun bir biçimde ürünlerin atanması gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle siparişlerin gruplanması sırasında iş yükü dengesinin sağlanması son derece önemlidir. Bu amaçla, siparişlerin gruplanması sırasında Bölüm 5.1. de detaylı olarak anlatılan ürünlerin alanlara uygun bir şekilde dağıtıldığı varsayımı altında maksimum ürün toplanabilecek şekilde siparişlerin gruplanmasını sağlayan matematiksel modeller kullanılacaktır.



Şekil 5.15. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 11

Bölüm 2.3.2. de detaylı olarak anlatılmış olan ve özetle sipariş içerisinde istenen ürünün stok alanında rezerve edilmesi işlemi olan alokasyon işlemi rotalamaya yardımcı olacak şekilde ya da stok alan kullanımını destekleyecek şekilde farklı politikalara sahip olabilir. Bölüm 4.2. de detaylı olarak belirtildiği gibi çalışmanın yapıldığı lojistik firmasının müşterisinin yapısını değiştirmesi ile birlikte stok alanında bulunan ürünler mağazalarda günlük satılan ürünlerin ikamesi konumunda olduğundan hareketli stok konumuna gelmiştir. Sipariş hacimlerinin de yüksek olması ile birlikte sipariş toplama sırasında her koridora girilmek durumundadır. Rotalama politikalarının analiz edildiği süreç adımında detaylı bilgi bulunmaktadır. Bunun yanında ürünlerin stok alanında kategori bazlı tutulma zorunluluğu bazı durumlarda stok alanının tam kapasite kullanılamamasına sebep olabilmektedir. Bu nedenlerle alokasyon sırasında stok alan ihtiyacı rotalamadan daha önemli konumdadır. Alokasyonun stok alan kullanımına yardımcı olacak şekilde bir politikaya sahip olması açısından firmada izlenen alokasyon algoritması, bir ürünün birden fazla adreste olması durumunda içinde ürünün bulunduğu sepetlerin iç adetleri sistem tarafından karşılaştırılır ve iç adedi düşük olan sepetten alokasyon yapılır.



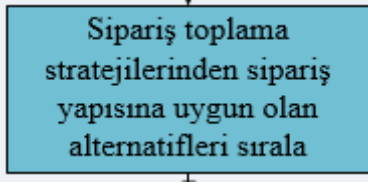
Şekil 5.16. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 12

Bölüm 2.3.2. de de detaylı olarak anlatıldığı gibi sipariş toplama esnasında birden fazla siparişin aynı anda toplanması söz konusu ise ayrıştırma işlemi gerekmektedir. Ayrıştırma işlemi toplama esnasında ürünleri fiziksel olarak sipariş bazında toplama aracının ayrı gözlerine koyarak yapılabildiği gibi toplamanın ardından otomatik ya da manuel olarak da yapılabilmektedir. Sipariş hacmi ve sayısı çok olduğu durumlarda toplama aracının kapasite kısıtı nedeniyle toplarken dağıtma süreci çok uygun değildir. Problem tanımında da detaylı olarak bahsedildiği gibi sipariş hacmi ve yapısı gereği bu çalışmada topla-dağıt süreci uygulanmaktadır. Çalışmanın yapılacağı depoda ayrıştırma işlemi Şekil 5.17. de gösterilen kayar raflar sistemi ile yapılmaktadır. Kayar rafın her bir gözü bir mağazayı temsil etmektedir. Kayar rafların bir ucundan ürünler gözlere dağıtılırken diğer ucunda bulunan paketleme masalarında da ürünler paketlenmektedir.



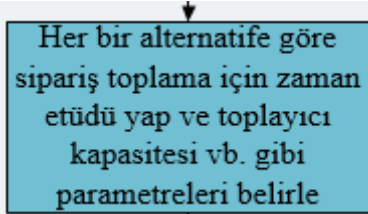
Şekil 5.17. Ayrıştırma işleminde kullanılan kayar raf sistemi

Operasyonel uygulama



Şekil 5.18. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 13

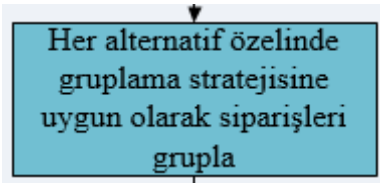
Bölüm 2.3.4. de detaylı olarak verilen sipariş toplama stratejilerinden bu çalışmada bulunan problem verilerine göre alternatif olarak topla-dağıt bulk toplama ve eş zamanlı alan bazlı toplama alternatifleri uygundur. Alternatif olarak bu iki stratejinin kabul edilmesinin temel nedeni, mağaza sayısının büyüklüğü gereğince günlük toplam sipariş sayısının fazla olması; günlük ürün çıkış adedinin yüksek olması; sipariş yapısının orta ve büyük sipariş kategorisine girmesi ve müşteri mağaza sayısının toplarken ayrıştırılmayacak seviyede olmasıdır. Diğer manuel sipariş toplama stratejilerinin neden alternatif olarak kabul edilmediği yine Bölüm 2.3.4. de her bir alternatif özellikleri verilirken detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 5.19. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 14

Topla-dağıt bulk toplama işlemi ve eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama işlemi için zaman etüdü çalışmaları ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Her iki strateji için yapılan zaman etüdünde toplama adımları küçük parçalara bölünmüş ve birden fazla toplayıcıdan her adım için yeterli sayıda zamanlar alınmıştır. Adımların ölçümleri her seferinden tekrarlanan birimlere göre yapılmış ve birimlere göre o adımın tüm ürünler içinde yüzde kaçında uygulandığına dair yüzdeler verilmiştir. Sonrasında birimlerin ürün dönüşümleri yapılarak her adım için ürün başına birim zaman çıkartılarak bir ürünün bir toplayıcı tarafından toplanması için birim zaman ve buna göre bir adam saatte toplanabilecek ürün sayısı elde edilmiştir. Bulk toplama için tek bir çalışma yapılırken, alan bazlı toplama için alan büyüklüğü 1 koridor, 2 koridor ve 3 koridor olmak üzere üç ayrı çalışma yapılmıştır. Tüm

çalışmalarda değişen tek adım bir sonraki adrese gitmek üzere yürüme zamanı olduğundan bulk toplama için zaman etüdü yapılmış, diğer çalışmalar için zamanlar sadece bu adım için yeniden alınmıştır. Söz konusu çalışmaların detaylarına Ek 1. ve Ek 2. de yer verilmiştir. Buna göre topla-dağıt bulk sipariş toplama operasyonu için 145 ürün/adam*saat; eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama operasyonu alan büyüklüğü 1 koridor olduğunda 171 ürün/adam*saat, 2 koridor olduğunda 163 ürün/adam*saat, 3 koridor olduğunda 156 ürün/adam*saat verileri elde edilmiştir.



Şekil 5.20. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 15

Toplam 64 adet mağaza vardır ve günlük olarak sistemde her mağazaya ait bir sipariş olduğundan toplam 64 adet sipariş bulunmaktadır. Mağaza bazlı günlük siparişlerin içerdiği ortalama ürün adedi Çizelge 4.1. de verilmiştir ve toplam ürün adedi 14 000'dir.

Bulk toplama stratejisi için yapılmış olan zaman ölçümüne göre bir adam saatte teorik olarak toplanabilecek ürün sayısı 145 ürün/adam*saattir. Bölüm 4.2. de de verildiği gibi sipariş toplama için tanımlanan zaman pencereleri 4,5 saatlik iki zaman diliminden oluşmaktadır. Bu durumda sipariş toplama için bir personel günlük net 9 saat çalışmaktadır. Günlük toplanması gereken sipariş adedi 14 000 olduğundan bulk sipariş toplama stratejisi uygulandığından ürünlerin toplanabilmesi için teorik olarak 96,5 adam/saat gerekmekte ve bu değer 11 sabit personel anlamına gelmektedir. Bir personelin bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı ise 653'dür.

Bölüm 4.2. de verilmiş olan problem tanımına ve verilere göre bulk toplama stratejisi için kullanılacak olan matematiksel model aşağıdaki şekilde olacaktır.

İndeksler

i = siparişler için indeks; $i = 1, \dots, 64$,

j = toplayıcılar için indeks; $j = 1, \dots, 11$,

k = zaman pencereleri için indeks; $k = 1, \dots, 2$,

Parametreler

d_i = i siparişinde bulunan toplam ürün sayısı için sayısal değerler Çizelge 4.1. de bulunmaktadır,

M^b = bulk toplama stratejisine göre bir toplayıcının bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı, 653,

Değişkenler

$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & i \text{ siparişi } k \text{ zaman penceresinde } j \text{ toplayıcısına atansıysa,} \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases}$

b_{jk} = bir toplayıcının bir zaman penceresinde topladığı ürün sayısı

Model

$$\text{En büyükle } z = \sum_{i=1}^{64} \sum_{j=1}^{11} \sum_{k=1}^2 d_i x_{ijk} \quad (5.21)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^{64} d_i x_{ijk} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5.22)$$

$$b_{jk} \leq M^b \quad \forall j, k, \quad (5.23)$$

$$\sum_{j=1}^{64} \sum_{k=1}^2 x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5.24)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, k, \quad (5.25)$$

$$d_i, b_{jk}, M^b \geq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (5.26)$$

Söz konusu modelin GAMS programı ile çözümü sağlanmıştır ve programın vermiş olduğu model istatistiklerine ve sonuç özetine Ek 3. de yer verilmiştir.

Söz konusu veriler ile belirlenen kısıtlar altında 11 toplayıcının olduğu durumda 1 numaralı ve 7 numaralı mağazalara ait siparişler herhangi bir zaman penceresinde herhangi bir toplayıcıya atanmamıştır ve bu durumda toplam 12 850 adet ürün çıkışı

sağlanabileceği görülmüştür. Optimum çözüme göre siparişler, Çizelge 5.4. de verildiği şekli ile gruplanmalıdır.

Çizelge 5.4. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 11 toplayıcının olduğu durumda optimum gruplama

Sipariş	Ürün Adedi	Toplayıcı	Zaman Penceresi
1	620	-	-
2	480	6	1
3	420	3	2
4	450	5	2
5	420	6	2
6	280	3	1
7	530	-	-
8	340	9	2
9	260	8	2
10	280	7	2
11	240	2	1
12	220	1	2
13	410	8	1
14	360	9	1
15	160	11	1
16	150	4	1
17	120	4	1
18	180	5	2
19	90	3	1
20	150	1	2
21	210	4	2
22	180	4	2
23	190	4	2
24	250	3	1
25	260	10	1
26	90	10	1
27	190	7	1
28	250	7	2
29	220	1	1
30	230	1	2
31	270	7	1
32	260	10	2
33	130	2	2
34	140	6	2
35	260	5	1
36	280	9	2
37	50	11	2
38	60	11	2
39	190	7	1
40	90	2	1
41	140	10	2
42	160	6	1
43	230	3	2
44	240	11	2

Çizelge 5.4. (devam) Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 11 toplayıcının olduğu durumda optimum grupta

Sipariş	Ürün Adedi	Toplayıcı	Zaman Penceresi
45	230	11	1
46	230	2	1
47	100	11	2
48	40	2	1
49	180	10	2
50	160	2	2
51	230	2	2
52	190	9	1
53	140	5	1
54	230	11	1
55	180	1	1
56	160	10	1
57	170	1	1
58	90	4	1
59	160	8	2
60	180	8	1
61	130	5	1
62	180	8	2
63	160	4	1
64	130	10	1

11 toplayıcıya 2 zaman penceresinde siparişler Çizelge 5.4. de verilen şekli ile gruplanarak atandığında toplayıcıların her bir zaman penceresinde toplayacakları toplam ürün sayısı ve kapasite kullanım oranları Çizelge 5.5. de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 11 toplayıcının olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
1	1	570	653	87,3%
1	2	600	653	91,9%
2	1	600	653	91,9%
2	2	520	653	79,6%
3	1	620	653	94,9%
3	2	650	653	99,5%
4	1	520	653	79,6%
4	2	580	653	88,8%
5	1	530	653	81,2%
5	2	630	653	96,5%
6	1	640	653	98,0%
6	2	560	653	85,8%

Çizelge 5.5. (devam) Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 11 toplayıcının olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
7	1	650	653	99,5%
7	2	530	653	81,2%
8	1	590	653	90,4%
8	2	600	653	91,9%
9	1	550	653	84,2%
9	2	620	653	94,9%
10	1	640	653	98,0%
10	2	580	653	88,8%
11	1	620	653	94,9%
11	2	450	653	68,9%

Çizelge 5.5. de görüldüğü gibi toplayıcıların kapasite kullanım oranlarının ortalaması %89,4 dur ve toplayıcıların kapasite kullanım oranları %68,9 seviyelerine kadar düşmüştür. Bunun sonucunda iki sipariş atanamamış ve 1 150 adet ürün toplanamamıştır. Normal şartlar altında yapılan zaman etüdüne göre teorik olarak 11 toplayıcı ile 14 000 adet ürünün toplanması tamamlanabilecekken toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliği sebebiyle 1 150 adet ürün için fazla mesai yapılması zorunluluğu oluşmuştur. Bir başka alternatif ise, toplayıcı sayısını arttırmaktır. Bulk sipariş toplama stratejisi için bir diğer alternatif olarak 12 toplayıcının olduğu ancak diğer şartların aynı olduğu ikinci bir alternatife göre model aynı şekilde aşağıdaki şekilde çözümlenmiştir.

İndeksler

i = siparişler için indeks; $i = 1, \dots, 64$,

j = toplayıcılar için indeks; $j = 1, \dots, 12$,

k = zaman pencereleri için indeks; $k = 1, \dots, 2$,

Parametreler

d_i = i siparişinde bulunan toplam ürün sayısı için sayısal değerler Çizelge 4.1. de bulunmaktadır,

M^b = bulk toplama stratejisine göre bir toplayıcının bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı, 653,

Değişkenler

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & i \text{ siparişi } k \text{ zaman penceresinde } j \text{ toplayıcısına atansıysa,} \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases}$$

b_{jk} = bir toplayıcının bir zaman penceresinde topladığı ürün sayısı

Model

$$\text{En büyükle } z = \sum_{i=1}^{64} \sum_{j=1}^{12} \sum_{k=1}^2 d_i x_{ijk} \quad (5.27)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^{64} d_i x_{ijk} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5.28)$$

$$b_{jk} \leq M^b \quad \forall j, k, \quad (5.29)$$

$$\sum_{j=1}^{64} \sum_{k=1}^2 x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5.30)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, k, \quad (5.31)$$

$$d_i, b_{jk}, M^b \geq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (5.32)$$

Söz konusu modelin aynı şekilde GAMS programı ile çözümü ve programın vermiş olduğu model istatistiklerine ve sonuç özetine Ek 4. de yer verilmiştir.

12 toplayıcının olduğu durumda 20 numaralı mağazaya ait sipariş herhangi bir zaman penceresinde herhangi bir toplayıcıya atanamamıştır ve bu durumda toplam 13 850 adet ürün çıkışı sağlanabileceği görülmüştür. Optimum çözüme göre siparişler, Çizelge 5.6. da verildiği şekli ile gruplanmalıdır.

Çizelge 5.6. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 12 toplayıcının olduğu durumda optimum gruplama

Sipariş	Ürün Adedi	Toplayıcı	Zaman Penceresi
1	620	8	2
2	480	10	1
3	420	12	1
4	450	6	1
5	420	2	2
6	280	3	2
7	530	9	1

Çizelge 5.6. (devam) Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 12 toplayıcının olduğu durumda optimum graplama

Sipariş	Ürün Adedi	Toplayıcı	Zaman Penceresi
8	340	9	2
9	260	5	2
10	280	3	1
11	240	1	2
12	220	1	2
13	410	12	2
14	360	5	2
15	160	1	1
16	150	11	2
17	120	1	1
18	180	7	2
19	90	4	1
20	150	-	-
21	210	5	1
22	180	5	1
23	190	5	1
24	250	11	1
25	260	7	1
26	90	3	1
27	190	3	2
28	250	7	1
29	220	3	1
30	230	6	2
31	270	7	2
32	260	2	1
33	130	10	2
34	140	2	2
35	260	6	2
36	280	10	2
37	50	4	2
38	60	4	2
39	190	8	1
40	90	2	2
41	140	3	2
42	160	7	2
43	230	8	1
44	240	10	2
45	230	12	2
46	230	2	1
47	100	4	2
48	40	4	2
49	180	4	2
50	160	2	1
51	230	8	1
52	190	1	2
53	140	4	1
54	230	11	2

Çizelge 5.6. (devam) Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 12 toplayıcının olduğu durumda optimum grupta

Sipariş	Ürün Adedi	Toplayıcı	Zaman Penceresi
55	180	6	1
56	160	10	1
57	170	1	1
58	90	4	1
59	160	9	2
60	180	4	2
61	130	7	1
62	180	1	1
63	160	4	1
64	130	4	1

12 toplayıcıya 2 zaman penceresinde siparişler Çizelge 5.6. da verilen şekli ile gruplanarak atandığında toplayıcıların her bir zaman penceresinde toplayacakları toplam ürün sayısı ve kapasite kullanım oranları Çizelge 5.7. de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 12 toplayıcının olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
1	1	630	653	96,5%
1	2	650	653	99,5%
2	1	650	653	99,5%
2	2	650	653	99,5%
3	1	590	653	90,4%
3	2	610	653	93,4%
4	1	610	653	93,4%
4	2	610	653	93,4%
5	1	580	653	88,8%
5	2	620	653	94,9%
6	1	630	653	96,5%
6	2	490	653	75,0%
7	1	640	653	98,0%
7	2	610	653	93,4%
8	1	650	653	99,5%
8	2	620	653	94,9%
9	1	530	653	81,2%
9	2	500	653	76,6%
10	1	640	653	98,0%
10	2	650	653	99,5%
11	1	250	653	38,3%
11	2	380	653	58,2%
12	1	420	653	64,3%

Çizelge 5.7. (devam) Bulk sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 12 toplayıcının olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
12	2	640	653	98,0%

Zaman etüdüne göre hesaplanan toplayıcı sayısından 1 toplayıcı fazla çalıştığı için Çizelge 5.7. de görüldüğü gibi toplayıcıların kapasite kullanım oranlarının ortalaması 11 toplayıcının olduğu duruma göre 1 puan azalarak %88,4'e gerilemiş ve toplayıcıların kapasite kullanım oranları %64,3 seviyelerine kadar düşmüştür. Normal şartlar altında yapılan zaman etüdüne göre teorik olarak 11 toplayıcı ile 14 000 adet ürünün toplanması tamamlanabilecekken toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliği sebebiyle toplayıcı sayısı 12'ye çıkartılarak yeni bir alternatif elde edilmeye çalışılmış ancak bu durumda da toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliği nedeniyle 150 adet ürün için fazla mesai yapılması zorunluluğu oluşmuştur.

Alan bazlı sipariş toplama stratejisi için yapılmış olan zaman ölçümüne göre, bir adam saatte teorik olarak toplanabilecek ürün sayısı alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda 171 ürün/adam*saat, alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda 163 ürün/adam*saat ve alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda 156 ürün/adam*saattir. Bölüm 4.2. de de verildiği gibi sipariş toplama için tanımlanan zaman pencereleri 4,5 saatlik iki zaman diliminden oluşmaktadır ve bir personelin bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı, alan büyüklüğü bir koridor olduğu durumda 770, iki koridor olduğu durumda 734 ve üç koridor olduğu durumda 702'dir.

Şekil 5.13. de verilen adresleme politikası izlendiğinde ve gelen siparişlerde kategorilere ilişkin ürün adetlerinin dengeli bir biçimde dağıldığı varsayılırsa alan bazlı sipariş toplama stratejisi kullanıldığında ve alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı Çizelge 5.8. de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	620	34	34	34	34	35	35	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34
2	480	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	26	26	26	26	26	26
3	420	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24
4	450	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
5	420	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24
6	280	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15
7	530	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29
8	340	19	19	19	19	19	19	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
9	260	15	15	15	14	14	15	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15
10	280	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15
11	240	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	13	13	15	15	15	15	15	15
12	220	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13
13	410	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	22	22	23	23	23	23	22	22
14	360	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15	160	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9
16	150	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	8	8	9	9
17	120	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6
18	180	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
19	90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	150	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	8	8	9	9
21	210	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	12	12	11	11
22	180	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	190	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10
24	250	14	14	13	14	13	13	13	13	14	14	14	14	15	14	14	14	15	15
25	260	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14	15	15	14	14	14	14	14	14
26	90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
27	190	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10
28	250	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15
29	220	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12
30	230	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12
31	270	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
32	260	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14	15	15	14	14	14	14	14	14
33	130	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8
34	140	7	7	7	7	7	7	8	8	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9
35	260	15	15	14	14	15	15	14	14	14	14	15	15	15	15	14	14	14	14
36	280	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15
37	50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
38	60	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
39	190	10	11	10	10	11	11	11	11	11	11	10	10	11	12	10	10	10	10
40	90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
41	140	7	7	7	7	8	8	8	8	7	7	7	7	8	8	9	9	9	9
42	160	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
43	230	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12
44	240	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15
45	230	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	13	13	13	13	13	12	12
46	230	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12

Çizelge 5.8. (devam) Alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Katlı Ürün Adedi																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
47	100	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5
48	40	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
49	180	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	10
50	160	9	9	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
51	230	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12
52	190	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10
53	140	8	8	7	7	7	7	8	8	7	7	8	8	8	8	9	9	8	8
54	230	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12
55	180	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
56	160	9	9	9	9	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	9	9	9	9
57	170	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
58	90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
59	160	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
60	180	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
61	130	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8
62	180	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
63	160	9	9	8	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
64	130	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8
TOPLAM	14000	778	778	777	778	777	778	778	778	778	777	777	778	778	778	778	778	778	778

Bölüm 4.2. de verilmiş olan problem tanımına ve verilere göre alan bazlı sipariş toplama stratejisinde alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda kullanılacak olan matematiksel model aşağıdaki şekilde olacaktır.

İndeksler

i = siparişler için indeks; $i = 1, \dots, 64$,

j = alanlar için indeks; $j = 1, \dots, 18$,

k = zaman pencereleri için indeks; $k = 1, \dots, 2$,

Parametreler

d_{ij} = i siparişinin j alanından toplanan ürün sayısı, Çizelge 5.8. de verilmiştir,

M^z = alan bazlı toplama stratejisine göre bir toplayıcının bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı, 770,

Değişkenler

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ siparişi } k \text{ zaman penceresine atandıysa,} \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases}$$

b_{jk} = bir alandan bir zaman penceresinde toplanan ürün sayısı

Model

$$\text{En büyükle } z = \sum_{i=1}^{64} \sum_{j=1}^{18} \sum_{k=1}^2 d_{ij} x_{ik} \quad (5.33)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^{64} d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5.34)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (5.35)$$

$$\sum_{k=1}^2 x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5.36)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall i, k, \quad (5.37)$$

$$d_{ij}, b_{jk}, M^z \geq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (5.38)$$

Söz konusu modelin GAMS programı ile çözümü ve programın vermiş olduğu model istatistiklerine ve sonuç özetine Ek 5. de yer verilmiştir.

Söz konusu veriler ile belirlenen kısıtlar altında ve alan sayısı 18 olduğu durumda her alanda bulunan toplayıcı sayısı 1 olduğundan toplam 18 toplayıcı vardır ve tüm siparişler 1. veya 2. zaman penceresine atanmaktadır. Tüm siparişlerin herhangi bir zaman penceresine atanması aynı zamanda alanlara ve toplayıcılara atanması anlamına gelmektedir ve bu durumda 14 000 adet ürünün de çıkışının sağlanabileceği görülmüştür. Bu durumda siparişler birinci zaman penceresine atananlar ve ikinci zaman penceresine atananlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır ve optimum çözüme göre Çizelge 5.9. da verildiği şekli ile gruplanmalıdır.

Çizelge 5.9. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 18 alan olduğu durumda optimum gruplama

Sipariş	Ürün Adedi	Zaman Penceresi
1	620	1

Çizelge 5.9. (devam) Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 18 alan olduğu durumda optimum gruplama

Sipariş	Ürün Adedi	Zaman Penceresi
2	480	2
3	420	2
4	450	2
5	420	2
6	280	1
7	530	1
8	340	1
9	260	1
10	280	1
11	240	1
12	220	1
13	410	2
14	360	1
15	160	1
16	150	2
17	120	2
18	180	1
19	90	2
20	150	2
21	210	1
22	180	1
23	190	1
24	250	1
25	260	1
26	90	1
27	190	1
28	250	1
29	220	1
30	230	1
31	270	1
32	260	1
33	130	2
34	140	2
35	260	1
36	280	1
37	50	1
38	60	2
39	190	1
40	90	1
41	140	1
42	160	1
43	230	1
44	240	1
45	230	1
46	230	1
47	100	2
48	40	2

Çizelge 5.9. (devam) Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 18 alan olduğu durumda optimum gruplama

Sipariş	Ürün Adedi	Zaman Penceresi
49	180	1
50	160	1
51	230	1
52	190	1
53	140	2
54	230	1
55	180	1
56	160	1
57	170	1
58	90	1
59	160	1
60	180	1
61	130	1
62	180	1
63	160	1
64	130	1

18 alanda bulunan 18 toplayıcıya 2 zaman penceresinde siparişler Çizelge 5.9. de verilen şekli ile gruplanarak atandığında toplayıcıların her bir zaman penceresinde toplayacakları toplam ürün sayısı ve kapasite kullanım oranları Çizelge 5.10. da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 18 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
1	1	595	770	77,3%
1	2	183	770	23,8%
2	1	595	770	77,3%
2	2	183	770	23,8%
3	1	595	770	77,3%
3	2	182	770	23,6%
4	1	596	770	77,4%
4	2	182	770	23,6%
5	1	596	770	77,4%
5	2	181	770	23,5%
6	1	597	770	77,5%
6	2	181	770	23,5%
7	1	595	770	77,3%
7	2	183	770	23,8%
8	1	595	770	77,3%
8	2	183	770	23,8%

Çizelge 5.10. (devam) Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 18 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
9	1	597	770	77,5%
9	2	181	770	23,5%
10	1	596	770	77,4%
10	2	181	770	23,5%
11	1	594	770	77,1%
11	2	183	770	23,8%
12	1	595	770	77,3%
12	2	183	770	23,8%
13	1	593	770	77,0%
13	2	185	770	24,0%
14	1	593	770	77,0%
14	2	185	770	24,0%
15	1	592	770	76,9%
15	2	186	770	24,2%
16	1	592	770	76,9%
16	2	186	770	24,2%
17	1	592	770	76,9%
17	2	186	770	24,2%
18	1	592	770	76,9%
18	2	186	770	24,2%

Çizelge 5.10. da görüldüğü gibi toplayıcıların kapasite kullanım oranlarının ortalaması %50,5 dir ve toplayıcıların kapasite kullanım oranları %23,5 seviyelerine kadar düşmüştür. Bu durumda tüm siparişler gün içinde toplanabilmesine rağmen toplayıcılar neredeyse mesainin yarısında boş kalmaktadır.

Şekil 5.13. de verilen adresleme politikası izlendiğinde ve gelen siparişlerde kategorilere ilişkin ürün adetlerinin dengeli bir biçimde dağıldığı varsayılırsa alan bazlı sipariş toplama stratejisi kullanıldığında ve alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı Çizelge 5.11. de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Katlı Ürün Adedi									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	620	68	68	70	70	70	70	68	68	68
2	480	54	54	54	54	54	54	52	52	52

Çizelge 5.11. (devam) Alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırımını

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	420	46	46	46	46	46	46	48	48	48
4	450	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	420	46	46	46	46	46	46	48	48	48
6	280	30	32	32	32	32	32	30	30	30
7	530	58	58	60	60	60	60	58	58	58
8	340	38	38	38	36	38	38	38	38	38
9	260	30	29	29	28	28	28	28	30	30
10	280	30	32	32	32	32	32	30	30	30
11	240	26	26	24	24	24	26	30	30	30
12	220	24	24	24	24	24	24	24	26	26
13	410	46	46	46	46	46	44	46	46	44
14	360	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15	160	18	18	18	18	18	18	16	18	18
16	150	16	16	16	16	16	18	18	16	18
17	120	14	14	14	14	14	14	12	12	12
18	180	20	20	20	20	20	20	20	20	20
19	90	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	150	16	16	16	16	16	18	18	16	18
21	210	24	24	24	24	24	22	22	24	22
22	180	20	20	20	20	20	20	20	20	20
23	190	22	22	22	22	22	20	20	20	20
24	250	28	27	26	26	28	28	29	28	30
25	260	30	30	30	28	28	30	28	28	28
26	90	10	10	10	10	10	10	10	10	10
27	190	22	22	22	22	22	20	20	20	20
28	250	26	26	28	28	28	28	28	28	30
29	220	24	24	24	26	26	24	24	24	24
30	230	26	26	26	26	26	26	26	24	24
31	270	30	30	30	30	30	30	30	30	30
32	260	30	30	30	28	28	30	28	28	28
33	130	14	14	14	14	14	14	14	16	16
34	140	14	14	14	16	14	16	16	18	18
35	260	30	28	30	28	28	30	30	28	28
36	280	30	32	32	32	32	32	30	30	30
37	50	6	6	6	6	6	6	6	4	4
38	60	6	6	6	6	6	6	8	8	8
39	190	21	20	22	22	22	20	23	20	20
40	90	10	10	10	10	10	10	10	10	10
41	140	14	14	16	16	14	14	16	18	18
42	160	18	18	16	18	18	18	18	18	18
43	230	26	26	26	26	26	26	26	24	24
44	240	26	26	26	26	26	26	26	28	30
45	230	26	26	26	26	25	25	26	26	24
46	230	26	26	26	26	26	26	26	24	24
47	100	12	12	12	12	12	10	10	10	10
48	40	6	6	4	4	4	4	4	4	4

Çizelge 5.11. (devam) Alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırılımı

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	180	20	20	19	20	20	20	20	21	20
50	160	18	18	18	16	18	18	18	18	18
51	230	26	26	26	26	26	26	26	24	24
52	190	22	22	22	22	22	20	20	20	20
53	140	16	14	14	16	14	16	16	18	16
54	230	25	26	26	26	26	26	26	25	24
55	180	20	20	20	20	20	20	20	20	20
56	160	18	18	16	16	18	18	20	18	18
57	170	20	20	20	20	18	18	18	18	18
58	90	10	10	10	10	10	10	10	10	10
59	160	18	18	16	18	18	18	18	18	18
60	180	20	20	20	20	20	20	20	20	20
61	130	14	14	14	14	14	14	14	16	16
62	180	20	20	20	20	20	20	20	20	20
63	160	18	17	17	18	18	18	18	18	18
64	130	14	14	14	14	14	14	14	16	16
TOPLAM	14000	1556	1555	1555	1556	1555	1555	1556	1556	1556

Bölüm 4.2. de verilmiş olan problem tanımına ve verilere göre alan bazlı sipariş toplama stratejisinde alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda kullanılacak olan matematiksel model aşağıdaki şekilde olacaktır.

İndeksler

i = siparişler için indeks; $i = 1, \dots, 64$,

j = alanlar için indeks; $j = 1, \dots, 9$,

k = zaman pencereleri için indeks; $k = 1, \dots, 2$,

Parametreler

d_{ij} = i siparişinin j alanından toplanan ürün sayısı, Çizelge 5.11. de verilmiştir,

M^z = alan bazlı toplama stratejisine göre bir toplayıcının bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı, 734,

Değişkenler

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ siparişi } k \text{ zaman penceresine atandıysa,} \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases}$$

b_{jk} = bir alandan bir zaman penceresinde toplanan ürün sayısı

Model

$$\text{En büyükle } z = \sum_{i=1}^{64} \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^2 d_{ij} x_{ik} \quad (5.39)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^{64} d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5.40)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (5.41)$$

$$\sum_{k=1}^2 x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5.42)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall i, k, \quad (5.43)$$

$$d_{ij}, b_{jk}, M^z \geq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (5.44)$$

Söz konusu modelin GAMS programı ile çözümü sağlanmıştır ve programın vermiş olduğu model istatistiklerine ve sonuç özetine Ek 6. da yer verilmiştir.

Söz konusu veriler ile belirlenen kısıtlar altında ve alan sayısı 9 olduğu durumda her alanda bulunan toplayıcı sayısı 1 olduğundan toplam 9 toplayıcı vardır ve bu durumda 21, 29, 33, 34 ve 64 numaralı mağazaların siparişleri hiç bir zaman penceresine atanamamaktadır. Bir siparişin herhangi bir zaman penceresine atanması aynı zamanda alanlara ve toplayıcılara atanması anlamına gelmektedir ve bu durumda toplam 13 170 adet ürünün çıkışının sağlanabileceği görülmüştür. Bu durumda siparişler birinci zaman penceresine atananlar ve ikinci zaman penceresine atananlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır ve optimum çözüme göre Çizelge 5.12. de verildiği şekli ile gruplanmalıdır.

Çizelge 5.12. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 9 alan olduğu durumda optimum grupta

Sipariş	Ürün Adedi	Zaman Penceresi
1	620	1
2	480	2
3	420	2
4	450	1
5	420	1
6	280	1
7	530	1
8	340	1
9	260	2
10	280	2
11	240	1
12	220	2
13	410	2
14	360	1
15	160	2
16	150	2
17	120	1
18	180	2
19	90	2
20	150	1
21	210	-
22	180	2
23	190	1
24	250	2
25	260	1
26	90	1
27	190	1
28	250	2
29	220	-
30	230	2
31	270	1
32	260	2
33	130	-
34	140	-
35	260	2
36	280	2
37	50	1
38	60	1
39	190	2
40	90	2
41	140	2
42	160	1
43	230	2
44	240	1
45	230	2
46	230	2
47	100	1

Çizelge 5.12. (devam) Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 9 alan olduğu durumda optimum grupta

Sipariş	Ürün Adedi	Zaman Penceresi
48	40	2
49	180	1
50	160	2
51	230	2
52	190	1
53	140	1
54	230	1
55	180	2
56	160	1
57	170	2
58	90	1
59	160	2
60	180	1
61	130	1
62	180	1
63	160	2
64	130	-

9 alanda bulunan 9 toplayıcıya 2 zaman penceresinde siparişler Çizelge 5.12. de verilen şekli ile gruplanarak atandığında toplayıcıların her bir zaman penceresinde toplayacakları toplam ürün sayısı ve kapasite kullanım oranları Çizelge 5.13. de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 9 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
1	1	733	734	99,9%
1	2	733	734	99,9%
2	1	734	734	100,0%
2	2	731	734	99,6%
3	1	731	734	99,6%
3	2	734	734	100,0%
4	1	732	734	99,7%
4	2	730	734	99,5%
5	1	734	734	100,0%
5	2	729	734	99,3%
6	1	734	734	100,0%
6	2	731	734	99,6%
7	1	734	734	100,0%
7	2	732	734	99,7%
8	1	734	734	100,0%

Çizelge 5.13. (devam) Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 9 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
8	2	724	734	98,6%
9	1	734	734	100,0%
9	2	726	734	98,9%

Çizelge 5.13. de görüldüğü gibi toplayıcıların kapasite kullanım oranlarının ortalaması %99,7'dir ve toplayıcıların kapasite kullanım oranının en düşük seviyesi %98,9'dur.

Şekil 5.13. de verilen adresleme politikası izlendiğinde ve gelen siparişlerde kategorilere ilişkin ürün adetlerinin dengeli bir biçimde dağıldığı varsayılırsa alan bazlı sipariş toplama stratejisi kullanıldığında ve alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırımını Çizelge 5.14. de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kırımını

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Katlı Ürün Adedi	Alan Kırılımı					
		1	2	3	4	5	6
1	620	102	104	105	105	102	102
2	480	81	81	81	81	78	78
3	420	69	69	69	69	72	72
4	450	75	75	75	75	75	75
5	420	69	69	69	69	72	72
6	280	46	48	48	48	45	45
7	530	87	89	90	90	87	87
8	340	57	57	55	57	57	57
9	260	45	43	42	42	43	45
10	280	46	48	48	48	45	45
11	240	39	37	36	38	45	45
12	220	36	36	36	36	37	39
13	410	69	69	69	67	69	67
14	360	60	60	60	60	60	60
15	160	27	27	27	27	25	27
16	150	24	24	24	26	26	26
17	120	21	21	21	21	18	18
18	180	30	30	30	30	30	30
19	90	15	15	15	15	15	15
20	150	24	24	24	26	26	26
21	210	36	36	36	34	34	34

Çizelge 5.14. (devam) Alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda siparişlere ilişkin ortalama ürün adetlerinin alan kısırlımı

Mağaza Kodu	Sipariş Edilen Günlük Ortalama Kath Ürün Adedi						
		1	2	3	4	5	6
22	180	30	30	30	30	30	30
23	190	33	33	33	31	30	30
24	250	41	40	40	42	43	44
25	260	45	45	42	44	42	42
26	90	15	15	15	15	15	15
27	190	33	33	33	31	30	30
28	250	39	41	42	42	42	44
29	220	36	36	39	37	36	36
30	230	39	39	39	39	38	36
31	270	45	45	45	45	45	45
32	260	45	45	42	44	42	42
33	130	21	21	21	21	22	24
34	140	21	21	23	23	25	27
35	260	44	44	42	44	44	42
36	280	46	48	48	48	45	45
37	50	9	9	9	9	8	6
38	60	9	9	9	9	12	12
39	190	31	32	33	31	33	30
40	90	15	15	15	15	15	15
41	140	21	23	23	21	25	27
42	160	27	25	27	27	27	27
43	230	39	39	39	39	38	36
44	240	39	39	39	39	40	44
45	230	39	39	39	37	39	37
46	230	39	39	39	39	38	36
47	100	18	18	18	16	15	15
48	40	9	7	6	6	6	6
49	180	30	29	30	30	30	31
50	160	27	27	25	27	27	27
51	230	39	39	39	39	38	36
52	190	33	33	33	31	30	30
53	140	23	21	23	23	25	25
54	230	38	39	39	39	39	36
55	180	30	30	30	30	30	30
56	160	27	25	25	27	29	27
57	170	30	30	29	27	27	27
58	90	15	15	15	15	15	15
59	160	27	25	27	27	27	27
60	180	30	30	30	30	30	30
61	130	21	21	21	21	22	24
62	180	30	30	30	30	30	30
63	160	26	26	27	27	27	27
64	130	21	21	21	21	22	24
TOPLAM	14000	2333	2333	2334	2332	2334	2334

Bölüm 4.2. de verilmiş olan problem tanımına ve verilere göre alan bazlı sipariş toplama stratejisinde alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda kullanılacak olan matematiksel model aşağıdaki şekilde olacaktır.

İndeksler

i = siparişler için indeks; $i = 1, \dots, 64$,

j = alanlar için indeks; $j = 1, \dots, 6$,

k = zaman pencereleri için indeks; $k = 1, \dots, 2$,

Parametreler

d_{ij} = i siparişinin j alanından toplanan ürün sayısı, Çizelge 5.14. de verilmiştir,

M^z = alan bazlı toplama stratejisine göre bir toplayıcının bir zaman penceresinde toplayabileceği maksimum ürün sayısı, 702,

Değişkenler

$x_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ siparişi } k \text{ zaman penceresine atandıysa,} \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases}$

b_{jk} = bir alandan bir zaman penceresinde toplanan ürün sayısı

Model

$$\text{En büyükle } z = \sum_{i=1}^{64} \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^2 d_{ij} x_{ik} \quad (5.45)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^{64} d_{ij} x_{ik} = b_{jk} \quad \forall j, k, \quad (5.46)$$

$$b_{jk} \leq M^z \quad \forall j, k, \quad (5.47)$$

$$\sum_{k=1}^2 x_{ik} \leq 1 \quad \forall i, \quad (5.48)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall i, k, \quad (5.49)$$

$$d_{ij}, b_{jk}, M^z \geq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (5.50)$$

Söz konusu modelin GAMS programı ile çözümü sağlanmıştır ve programın vermiş olduğu model istatistiklerine ve sonuç özetine Ek 7. de yer verilmiştir.

Söz konusu veriler ile belirlenen kısıtlar altında ve alan sayısı 6 olduğu durumda her alanda bulunan toplayıcı sayısı 1 olduğundan toplam 6 toplayıcı vardır ve bu durumda 7, 8, 9, 12, 13, 21, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 39, 41, 43, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 57, 59, 61, 63 ve 64 numaralı mağazaların siparişleri hiç bir zaman penceresine atanmamaktadır. Bir siparişin herhangi bir zaman penceresine atanması aynı zamanda alanlara ve toplayıcılara atanması anlamına gelmektedir ve bu durumda toplam 8 400 adet ürünün çıkışının sağlanabileceği görülmüştür. Bu durumda siparişler birinci zaman penceresine atananlar ve ikinci zaman penceresine atananlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır ve optimum çözüme göre Çizelge 5.15. de verildiği şekli ile gruplanmalıdır.

Çizelge 5.15. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 6 alan olduğu durumda optimum gruplama

Sipariş	Ürün Adedi	Zaman Penceresi
1	620	2
2	480	1
3	420	1
4	450	2
5	420	2
6	280	2
7	530	-
8	340	-
9	260	-
10	280	1
11	240	1
12	220	-
13	410	-
14	360	2
15	160	1
16	150	1
17	120	1
18	180	2
19	90	2
20	150	1
21	210	-
22	180	2
23	190	1
24	250	1
25	260	-
26	90	2

Çizelge 5.15. (devam) Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 6 alan olduğu durumda optimum grupta

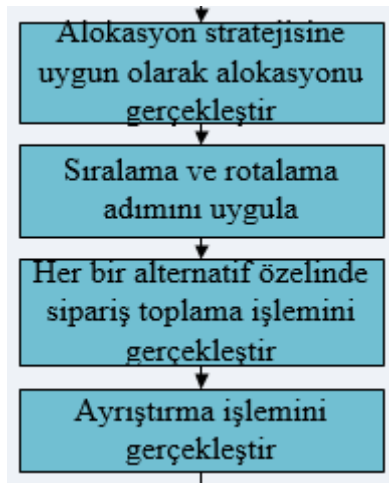
Sipariş	Ürün Adedi	Zaman Penceresi
27	190	1
28	250	-
29	220	2
30	230	-
31	270	-
32	260	2
33	130	-
34	140	-
35	260	1
36	280	1
37	50	1
38	60	2
39	190	-
40	90	2
41	140	-
42	160	1
43	230	-
44	240	1
45	230	1
46	230	2
47	100	-
48	40	2
49	180	-
50	160	-
51	230	-
52	190	1
53	140	-
54	230	-
55	180	2
56	160	1
57	170	-
58	90	2
59	160	-
60	180	2
61	130	-
62	180	2
63	160	-
64	130	-

6 alanda bulunan 6 toplayıcıya 2 zaman penceresinde siparişler Çizelge 5.15. de verilen şekli ile gruplanarak atandığında toplayıcıların her bir zaman penceresinde toplayacakları toplam ürün sayısı ve kapasite kullanım oranları Çizelge 5.16. da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Alan bazlı sipariş toplama stratejisi seçildiğinde ve 6 alan olduğu durumda toplayıcılara atanan iş yükü ve kapasite kullanım oranları

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı
1	1	702	702	100,0%
1	2	700	702	99,7%
2	1	699	702	99,6%
2	2	702	702	100,0%
3	1	698	702	99,4%
3	2	702	702	100,0%
4	1	702	702	100,0%
4	2	702	702	100,0%
5	1	700	702	99,7%
5	2	698	702	99,4%
6	1	699	702	99,6%
6	2	696	702	99,1%

Çizelge 5.16. da görüldüğü gibi toplayıcıların kapasite kullanım oranlarının ortalaması %99,7'dir ve toplayıcıların kapasite kullanım oranının en düşük seviyesi %99,4'dür. Toplayıcıların kapasite kullanım oranları bu derece yüksekken 5 600 adet ürünün toplanamamasının sebebi toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliğinin yanında alan sayısı az olduğu için toplayıcı sayısının da yetersiz olmasıdır.



Şekil 5.21. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 16, 17, 18, 19

Şekil 5.21 de gösterilen alokasyon, sıralama ve rotalama, sipariş toplama işleminin gerçekleştirilmesi ve ayrıştırma işleminin gerçekleştirilmesi manuel sipariş toplama sürecinin temel adımlarından bir kısmının uygulama kısmıdır. Süreç akışının stratejik

kararlar kısmında tanımlanmış olan çizgilere göre işlemlerin gerçekleştirilmesini ifade etmektedir.

Değerlendirme ve seçim

▼
**Her alternatif için toplam
 maliyeti hesapla**
 ▼

Şekil 5.22. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 20

Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışında gruplama adımının uygulaması olan ve Şekil 5.20. de gösterilen 15. Adımda bulk sipariş toplama ve alan bazlı sipariş toplama stratejilerinin farklı veriler ile 5 adet alternatif gruplaması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu alternatifler aşağıdaki şekilde listelenebilir;

- Alternatif 1: Topla-dağıt bulk sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve 11 toplayıcının olduğu durumda
- Alternatif 2: Topla-dağıt bulk sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve 12 toplayıcının olduğu durumda
- Alternatif 3: Eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve alan büyüklüğü 1 koridor olduğunda
- Alternatif 4: Eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve alan büyüklüğü 2 koridor olduğunda
- Alternatif 5: Eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve alan büyüklüğü 3 koridor olduğunda

Bölüm 5.1. de detaylı olarak anlatıldığı gibi alternatiflerin değerlendirilmesi ve seçiminde amaç fonksiyonu minimum maliyettir. Bu adımda da bir sonraki adımda karşılaştırmak üzere aşağıdaki maliyet denklemleri kullanılarak yukarıda belirtilen beş adet alternatifin maliyetleri hesaplanacaktır.

$$C^b = P^b C_p + C_e^b + U^b C_u \quad (5.51)$$

$$C^z = P^z C_p + C_e^z + U^z C_u \quad (5.52)$$

Eş. 5.51 de C^b bulk toplama stratejisi uygulandığındaki toplam maliyeti; Eş. 5.52 de C^z alan bazlı toplama stratejisi uygulandığındaki toplam maliyeti ifade etmektedir. Eşitliklerde kullanılan ifadelerin tanımları aşağıda verilmiştir.

P^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında gereken toplayıcı sayısı

P^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında gereken toplayıcı sayısı

C_p = Bir toplayıcının yıllık maliyeti

C_e^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında katlanması gereken yıllık ekipman maliyeti

C_e^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında katlanması gereken yıllık ekipman maliyeti

U^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında iş yükü dengesizliğinden kaynaklı tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı

U^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında iş yükü dengesizliğinden kaynaklı tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı

C_u = İş yükü dengesizliğinden dolayı tamamlanamayan ürünlerin tamamlanması için toplayıcıların, paketlemecilerin, ayırıştırıcıların, sevkiyatçıların vb. fazla mesailerini de içerecek şekilde katlanması gereken yıllık birim maliyet

Alternatif 1'in maliyetinin hesaplanması

Bulk sipariş toplama stratejisi söz konusu olduğunda ve 11 toplayıcının olduğu durumda toplam maliyeti hesaplayabilmek için Eş. 5.51. kullanılacaktır. Buna göre eşitlikte yer alan ifadelerin değerleri ayrı ayrı hesaplanarak toplam yıllık maliyet değerine ulaşılabacaktır.

P^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında gereken toplayıcı sayısı tanımda da verildiği gibi 11'dir. Bu değer, günlük toplanması gereken 14 000 adet ürünün bulk toplama stratejisi uygulanarak yapılan zaman etüdüne göre elde edilen 145 ürün/adam*saat değerine bölünmesinden elde edilen gereken adam saat değerinden türetilmektedir. Bir personel günlük net 9 saat çalışacağından gereken adam*saat değerinin 9'a bölünmesi ile 11 toplayıcı sayısı elde edilmektedir.

C_p = Bir toplayıcının yıllık maliyeti, problem tanımında verilmiş olan bir personelin aylık ortalama ücreti ile 12'nin çarpılması ile elde edilmektedir. Bu durumda, bir personelin yıllık maliyeti $3\,120 * 12 = 37\,440$ TL'dir.

C_e^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında katlanılması gereken yıllık ekipman maliyetinin hesaplanmasında Bölüm 4.2. de detaylı olarak açıklandığı üzere sadece alternatife göre maliyeti değişen ekipmanlar dikkate alınacaktır. Toplama araçları ve el terminalleri farklı alternatiflere göre değişmemesine rağmen alternatiflere göre adetleri değişebildiğinden ekipman maliyetinde dikkate alınacaktır. Bir toplama aracının yıllık amortisman bedeli 24 TL ve kapasitesi ortalama 250 ürün, bir adet el terminalinin yıllık amortisman bedeli 300 TL olarak verilmiştir. Çizelge 5.17. de gereken toplama aracı sayısının hesaplanması verilmiştir.

Çizelge 5.17. Alternatif 1 için gereken toplama aracı sayısı

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Toplama Aracı Kapasitesi	Gereken Toplama Aracı Sayısı
1	1	570	250	3
1	2	600	250	3
2	1	600	250	3
2	2	520	250	3
3	1	620	250	3
3	2	650	250	3
4	1	520	250	3
4	2	580	250	3
5	1	530	250	3
5	2	630	250	3
6	1	640	250	3
6	2	560	250	3
7	1	650	250	3
7	2	530	250	3
8	1	590	250	3
8	2	600	250	3
9	1	550	250	3
9	2	620	250	3
10	1	640	250	3
10	2	580	250	3
11	1	620	250	3
11	2	450	250	2
TOPLAM				65

Çizelge 5.17. den de görüldüğü gibi toplam 65 adet toplama aracı gerekmektedir ve bu durumda toplama aracının yıllık maliyeti 1 560 TL'dir. 11 toplayıcı olduğundan ve her

toplayıcı 1 adet el terminali kullandığından el terminalinin yıllık maliyeti 3 300 TL'dir. Bu durumda toplam ekipman maliyeti $1\ 560 + 3\ 300 = 4\ 860$ TL olacaktır.

U^b = Tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı Bölüm 5.1. de verilen Eş. 5.20. de toplam ürün sayısından siparişlerin gruplanması adımıyla uygulanan optimal modele göre toplam atanan ürün sayısının çıkartılması ile elde edilmektedir. Alternatif 1'e uygulandığında toplanabilecek ürün sayısı 12 850 ve toplam hazırlanması gereken 14 000 adet ürün olduğundan, U^b değeri 1 150'dir.

C_u = Tamamlanamayan ürünler, fazla mesai yapılarak tamamlanacaktır ve problem tanımında saatlik fazla mesai ücreti 19,5 TL olarak verilmiştir. Yapılmış olan zaman etüdüne göre, 1 adet ürünün toplanması 0,01 saat zaman almaktadır. Bu durumda bir ürünün fazla mesai ile toplanmasının maliyeti 0,20 TL dir. Bu maliyetin yıllık karşılığı ise haftada 6 çalışma günü olduğundan 62,4 TL'dir.

Hesaplanan tüm maliyet bileşenlerinin toplanması ile Alternatif 1'e ait toplam maliyet aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$\text{Alternatif 1 Maliyeti} = (11 * 37\ 440) + 4\ 860 + (1\ 150 * 62,4) \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.53})$$

$$\text{Alternatif 1 Maliyeti} = 488\ 460 \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.54})$$

Alternatif 2'nin maliyetinin hesaplanması

Bulk sipariş toplama stratejisi söz konusu olduğunda ve 12 toplayıcının olduğu durumda toplam maliyeti hesaplayabilmek için Eş. 5.51. kullanılacaktır. Buna göre eşitlikte yer alan ifadelerin değerleri ayrı ayrı hesaplanarak toplam yıllık maliyet değerine ulaşılabilecektir.

P^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında gereken toplayıcı sayısı tanımda da verildiği gibi 11'dir. Bu değer, günlük toplanması gereken 14 000 adet ürünün bulk toplama stratejisi uygulanarak yapılan zaman etüdüne göre elde edilen 145 ürün/adam*saat değerine bölünmesinden elde edilen gereken adam saat değerinden türetilmektedir. Bir personel günlük net 9 saat çalışacağından gereken adam*saat değerinin 9'a bölünmesi ile 11 toplayıcı sayısı elde edilmektedir. Ancak, Alternatif 1'in gruplama adımıyla çok sayıda

ürünün fazla mesai ile toplatılması gerekliliği olduğundan toplayıcı sayısının 1 artırılarak maliyet avantajı sağlanıp sağlanamayacağı test edilmek istenmiştir. Bu nedenle, ikinci bir alternatif olarak toplayıcı sayısı 12 olduğu durumdaki senaryo ele alınmıştır.

C_p = Bir toplayıcının yıllık maliyeti, problem tanımında verilmiş olan bir personelin aylık ortalama ücreti ile 12'nin çarpılması ile elde edilmektedir. Bu durumda, bir personelin yıllık maliyeti $3\ 120 * 12 = 37\ 440$ TL'dir.

C_e^b = Bulk toplama stratejisi uygulandığında katlanılması gereken yıllık ekipman maliyetinin hesaplanmasında Bölüm 4.2. de detaylı olarak açıklandığı üzere sadece alternatife göre maliyeti değişen ekipmanlar dikkate alınacaktır. Toplama araçları ve el terminalleri farklı alternatiflere göre değişmemesine rağmen alternatiflere göre adetleri değişebildiğinden ekipman maliyetinde dikkate alınacaktır. Bir toplama aracının yıllık amortisman bedeli 24 TL ve kapasitesi ortalama 250 ürün, bir adet el terminalinin yıllık amortisman bedeli 300 TL olarak verilmiştir. Çizelge 5.18. de gereken toplama aracı sayısının hesaplanması verilmiştir.

Çizelge 5.18. Alternatif 2 için gereken toplama aracı sayısı

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Toplama Aracı Kapasitesi	Gereken Toplama Aracı Sayısı
1	1	630	250	3
1	2	650	250	3
2	1	650	250	3
2	2	650	250	3
3	1	590	250	3
3	2	610	250	3
4	1	610	250	3
4	2	610	250	3
5	1	580	250	3
5	2	620	250	3
6	1	630	250	3
6	2	490	250	2
7	1	640	250	3
7	2	610	250	3
8	1	650	250	3
8	2	620	250	3
9	1	530	250	3
9	2	500	250	2
10	1	640	250	3
10	2	650	250	3
11	1	250	250	1

Çizelge 5.18. (devam) Alternatif 2 için gereken toplama aracı sayısı

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Toplama Aracı Kapasitesi	Gereken Toplama Aracı Sayısı
11	2	380	250	2
12	1	420	250	2
12	2	640	250	3
TOPLAM				66

Çizelge 5.18. den de görüldüğü gibi toplam 66 adet toplama aracı gerekmektedir ve bu durumda toplama aracının yıllık maliyeti 1 584 TL'dir. 12 toplayıcı olduğundan ve her toplayıcı 1 adet el terminali kullandığından el terminalinin yıllık maliyeti 3 600 TL'dir. Bu durumda toplam ekipman maliyeti $1\ 584 + 3\ 600 = 5\ 184$ TL olacaktır.

U^b = Tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı Bölüm 5.1. de verilen Eş. 5.20. de toplam ürün sayısından siparişlerin gruplanması adımında uygulanan optimal modele göre toplam atanan ürün sayısının çıkartılması ile elde edilmektedir. Alternatif 2'ye uygulandığında toplanabilecek ürün sayısı 13 850 ve toplam hazırlanması gereken 14 000 adet ürün olduğundan, U^b değeri 150'dir.

C_u = Tamamlanamayan ürünler, fazla mesai yapılarak tamamlanacaktır ve problem tanımında saatlik fazla mesai ücreti 19,5 TL olarak verilmiştir. Yapılmış olan zaman etüdüne göre, 1 adet ürünün toplanması 0,01 saat zaman almaktadır. Bu durumda bir ürünün fazla mesai ile toplanmasının maliyeti 0,20 TL dir. Bu maliyetin yıllık karşılığı ise haftada 6 çalışma günü olduğundan 62,4 TL'dir.

Hesaplanan tüm maliyet bileşenlerinin toplanması ile Alternatif 2'ye ait toplam maliyet aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$\text{Alternatif 2 Maliyeti} = (12 * 37\ 440) + 5\ 184 + (150 * 62,4) \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.55})$$

$$\text{Alternatif 2 Maliyeti} = 463\ 824 \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.56})$$

Alternatif 3'ün maliyetinin hesaplanması

Alan bazlı sipariş toplama stratejisi söz konusu olduğunda ve alan büyüklüğü 1 koridor olduğu durumda toplam maliyeti hesaplayabilmek için Eş. 5.52. kullanılacaktır. Buna göre

eşitlikte yer alan ifadelerin değerleri ayrı ayrı hesaplanarak toplam yıllık maliyet değerine ulaşılacaktır.

P^z = Alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve alan büyüklüğü 1 koridor olduğunda toplam 18 koridor olduğundan stok alanı 18 alana bölünmektedir. Alan bazlı sipariş toplama stratejisinin özelliği olarak her alana bir toplayıcı atandığından bu durumda toplam 18 toplayıcı çalışmaktadır.

C_p = Bir toplayıcının yıllık maliyeti, problem tanımında verilmiş olan bir personelin aylık ortalama ücreti ile 12'nin çarpılması ile elde edilmektedir. Bu durumda, bir personelin yıllık maliyeti $3\ 120 * 12 = 37\ 440$ TL'dir.

C_e^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında katlanılması gereken yıllık ekipman maliyetinin hesaplanmasında Bölüm 4.2. de detaylı olarak açıklandığı üzere sadece alternatiflere göre maliyeti değişen ekipmanlar dikkate alınacaktır. Toplama araçları ve el terminalleri farklı alternatiflere göre değişmemesine rağmen alternatiflere göre adetleri değişebildiğinden ekipman maliyetinde dikkate alınacaktır. Bir toplama aracının yıllık amortisman bedeli 24 TL ve kapasitesi ortalama 250 ürün, bir adet el terminalinin yıllık amortisman bedeli 300 TL olarak verilmiştir. Çizelge 5.19. de gereken toplama aracı sayısının hesaplanması verilmiştir.

Çizelge 5.19. Alternatif 3 için gereken toplama aracı sayısı

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Toplama Aracı Kapasitesi	Gereken Toplama Aracı Sayısı
1	1	595	250	3
1	2	183	250	1
2	1	595	250	3
2	2	183	250	1
3	1	595	250	3
3	2	182	250	1
4	1	596	250	3
4	2	182	250	1
5	1	596	250	3
5	2	181	250	1
6	1	597	250	3
6	2	181	250	1
7	1	595	250	3
7	2	183	250	1
8	1	595	250	3
8	2	183	250	1

Çizelge 5.19. (devam) Alternatif 3 için gereken toplama aracı sayısı

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Toplama Aracı Kapasitesi	Gereken Toplama Aracı Sayısı
9	1	597	250	3
9	2	181	250	1
10	1	596	250	3
10	2	181	250	1
11	1	594	250	3
11	2	183	250	1
12	1	595	250	3
12	2	183	250	1
13	1	593	250	3
13	2	185	250	1
14	1	593	250	3
14	2	185	250	1
15	1	592	250	3
15	2	186	250	1
16	1	592	250	3
16	2	186	250	1
17	1	592	250	3
17	2	186	250	1
18	1	592	250	3
18	2	186	250	1
TOPLAM				72

Çizelge 5.19. dan da görüldüğü gibi toplam 72 adet toplama aracı gerekmektedir ve bu durumda toplama aracının yıllık maliyeti 1 728 TL'dir. 18 toplayıcı olduğundan ve her toplayıcı 1 adet el terminali kullandığından el terminalinin yıllık maliyeti 5 400 TL'dir. Bu durumda toplam ekipman maliyeti $1\ 728 + 5\ 400 = 7\ 128$ TL olacaktır.

U^z = Tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı Bölüm 5.1. de verilen Eş. 5.19. da toplam ürün sayısından siparişlerin gruplanması adımıyla uygulanan optimal modele göre toplam atanan ürün sayısının çıkartılması ile elde edilmektedir. Alternatif 3'e uygulandığında toplanabilecek ürün sayısı 14 000 ve toplam hazırlanması gereken 14 000 adet ürün olduğundan, U^z değeri 0'dır.

C_u = Tamamlanamayan ürünler, fazla mesai yapılarak tamamlanacaktır ve problem tanımında saatlik fazla mesai ücreti 19,5 TL olarak verilmiştir. Yapılmış olan zaman etüdüne göre, 1 adet ürünün toplanması 0,01 saat zaman almaktadır. Bu durumda bir ürünün fazla mesai ile toplanmasının maliyeti 0,20 TL dir. Bu maliyetin yıllık karşılığı ise haftada 6 çalışma günü olduğundan 62,4 TL'dir.

Hesaplanan tüm maliyet bileşenlerinin toplanması ile Alternatif 3'e ait toplam maliyet aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$\text{Alternatif 3 Maliyeti} = (18 * 37\,440) + 7\,128 + (0 * 62,4) \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.57})$$

$$\text{Alternatif 3 Maliyeti} = 681\,048 \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.58})$$

Alternatif 4'ün maliyetinin hesaplanması

Alan bazlı sipariş toplama stratejisi söz konusu olduğunda ve alan büyüklüğü 2 koridor olduğu durumda toplam maliyeti hesaplayabilmek için Eş. 5.52. kullanılacaktır. Buna göre eşitlikte yer alan ifadelerin değerleri ayrı ayrı hesaplanarak toplam yıllık maliyet değerine ulaşılabılır.

P^z = Alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve alan büyüklüğü 2 koridor olduğunda toplam 18 koridor olduğundan stok alanı 9 alana bölünmektedir. Alan bazlı sipariş toplama stratejisinin özelliği olarak her alana bir toplayıcı atandığından bu durumda toplam 9 toplayıcı çalışmaktadır.

C_p = Bir toplayıcının yıllık maliyeti, problem tanımında verilmiş olan bir personelin aylık ortalama ücreti ile 12'nin çarpılması ile elde edilmektedir. Bu durumda, bir personelin yıllık maliyeti $3\,120 * 12 = 37\,440 \text{ TL}$ 'dir.

C_e^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında katlanılması gereken yıllık ekipman maliyetinin hesaplanmasında Bölüm 4.2. de detaylı olarak açıklandığı üzere sadece alternatiflere göre maliyeti değişen ekipmanlar dikkate alınacaktır. Toplama araçları ve el terminalleri farklı alternatiflere göre değişmemesine rağmen alternatiflere göre adetleri değişebildiğinden ekipman maliyetinde dikkate alınacaktır. Bir toplama aracının yıllık amortisman bedeli 24 TL ve kapasitesi ortalama 250 ürün, bir adet el terminalinin yıllık amortisman bedeli 300 TL olarak verilmiştir. Çizelge 5.20. de gereken toplama aracı sayısının hesaplanması verilmiştir.

Çizelge 5.20. Alternatif 4 için gereken toplama aracı sayısı

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Toplama Aracı Kapasitesi	Gereken Toplama Aracı Sayısı
1	1	733	250	3
1	2	733	250	3
2	1	734	250	3
2	2	731	250	3
3	1	731	250	3
3	2	734	250	3
4	1	732	250	3
4	2	730	250	3
5	1	734	250	3
5	2	729	250	3
6	1	734	250	3
6	2	731	250	3
7	1	734	250	3
7	2	732	250	3
8	1	734	250	3
8	2	724	250	3
9	1	734	250	3
9	2	726	250	3
TOPLAM				54

Çizelge 5.20. den de görüldüğü gibi toplam 54 adet toplama aracı gerekmektedir ve bu durumda toplama aracının yıllık maliyeti 1 296 TL'dir. 9 toplayıcı olduğundan ve her toplayıcı 1 adet el terminali kullandığından el terminalinin yıllık maliyeti 2 700 TL'dir. Bu durumda toplam ekipman maliyeti $1\ 296 + 2\ 700 = 3\ 996$ TL olacaktır.

U^z = Tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı Bölüm 5.1. de verilen Eş. 5.19. da toplam ürün sayısından siparişlerin gruplanması adımında uygulanan optimal modele göre toplam atanan ürün sayısının çıkartılması ile elde edilmektedir. Alternatif 4'e uygulandığında toplanabilecek ürün sayısı 13 170 ve toplam hazırlanması gereken 14 000 adet ürün olduğundan, U^z değeri 830'dur.

C_u = Tamamlanamayan ürünler, fazla mesai yapılarak tamamlanacaktır ve problem tanımında saatlik fazla mesai ücreti 19,5 TL olarak verilmiştir. Yapılmış olan zaman etüdüne göre, 1 adet ürünün toplanması 0,01 saat zaman almaktadır. Bu durumda bir ürünün fazla mesai ile toplanmasının maliyeti 0,20 TL dir. Bu maliyetin yıllık karşılığı ise haftada 6 çalışma günü olduğundan 62,4 TL'dir.

Hesaplanan tüm maliyet bileşenlerinin toplanması ile Alternatif 4'e ait toplam maliyet aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$\text{Alternatif 4 Maliyeti} = (9 * 37\,440) + 3\,996 + (830 * 62,4) \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.59})$$

$$\text{Alternatif 4 Maliyeti} = 392\,748 \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.60})$$

Alternatif 5'in maliyetinin hesaplanması

Alan bazlı sipariş toplama stratejisi söz konusu olduğunda ve alan büyüklüğü 3 koridor olduğu durumda toplam maliyeti hesaplayabilmek için Eş. 5.52. kullanılacaktır. Buna göre eşitlikte yer alan ifadelerin değerleri ayrı ayrı hesaplanarak toplam yıllık maliyet değerine ulaşılabılır.

P^z = Alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında ve alan büyüklüğü 3 koridor olduğunda toplam 18 koridor olduğundan stok alanı 6 alana bölünmektedir. Alan bazlı sipariş toplama stratejisinin özelliği olarak her alana bir toplayıcı atandığından bu durumda toplam 6 toplayıcı çalışmaktadır.

C_p = Bir toplayıcının yıllık maliyeti, problem tanımında verilmiş olan bir personelin aylık ortalama ücreti ile 12'nin çarpılması ile elde edilmektedir. Bu durumda, bir personelin yıllık maliyeti $3\,120 * 12 = 37\,440 \text{ TL}$ 'dir.

C_e^z = Alan bazlı toplama stratejisi uygulandığında katlanılması gereken yıllık ekipman maliyetinin hesaplanmasında Bölüm 4.2. de detaylı olarak açıklandığı üzere sadece alternatiflere göre maliyeti değişen ekipmanlar dikkate alınacaktır. Toplama araçları ve el terminalleri farklı alternatiflere göre değişmemesine rağmen alternatiflere göre adetleri değişebildiğinden ekipman maliyetinde dikkate alınacaktır. Bir toplama aracının yıllık amortisman bedeli 24 TL ve kapasitesi ortalama 250 ürün, bir adet el terminalinin yıllık amortisman bedeli 300 TL olarak verilmiştir. Çizelge 5.21. de gereken toplama aracı sayısının hesaplanması verilmiştir.

Çizelge 5.21. Alternatif 5 için gereken toplama aracı sayısı

Toplayıcı	Zaman Penceresi	Atanan Toplam Ürün Sayısı	Toplama Aracı Kapasitesi	Gereken Toplama Aracı Sayısı
1	1	702	250	3
1	2	700	250	3
2	1	699	250	3
2	2	702	250	3
3	1	698	250	3
3	2	702	250	3
4	1	702	250	3
4	2	702	250	3
5	1	700	250	3
5	2	698	250	3
6	1	699	250	3
6	2	696	250	3
TOPLAM				36

Çizelge 5.21. den de görüldüğü gibi toplam 36 adet toplama aracı gerekmektedir ve bu durumda toplama aracının yıllık maliyeti 864 TL'dir. 6 toplayıcı olduğundan ve her toplayıcı 1 adet el terminali kullandığından el terminalinin yıllık maliyeti 1 800 TL'dir. Bu durumda toplam ekipman maliyeti $864 + 1\ 800 = 2\ 664$ TL olacaktır.

U^Z = Tamamlanamayan günlük tahmini ürün sayısı Bölüm 5.1. de verilen Eş. 5.19. da toplam ürün sayısından siparişlerin gruplanması adımıyla uygulanan optimal modele göre toplam atanan ürün sayısının çıkartılması ile elde edilmektedir. Alternatif 5'e uygulandığında toplanabilecek ürün sayısı 8 400 ve toplam hazırlanması gereken 14 000 adet ürün olduğundan, U^Z değeri 5 600'dür.

C_u = Tamamlanamayan ürünler, fazla mesai yapılarak tamamlanacaktır ve problem tanımında saatlik fazla mesai ücreti 19,5 TL olarak verilmiştir. Yapılmış olan zaman etüdüne göre, 1 adet ürünün toplanması 0,01 saat zaman almaktadır. Bu durumda bir ürünün fazla mesai ile toplanmasının maliyeti 0,20 TL dir. Bu maliyetin yıllık karşılığı ise haftada 6 çalışma günü olduğundan 62,4 TL'dir.

Hesaplanan tüm maliyet bileşenlerinin toplanması ile Alternatif 5'e ait toplam maliyet aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$\text{Alternatif 5 Maliyeti} = (6 * 37\ 440) + 2\ 664 + (5\ 600 * 62,4) \text{ TL} \quad (\text{Eş. 5.61})$$

Alternatif 5 Maliyeti = 576 744 TL

(Eş. 5.62)

Minimum maliyete sahip sipariş toplama stratejisini seç ve sonraki siparişlerde uygula

Şekil 5.23. Probleme özel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için geliştirilen süreç akışı – Adım 21

Bölüm 5.1. de detaylı olarak verilen çözüm yöntemi gereğince tüm alternatifler sıralanmış ve alternatiflere göre parametrelerin değerleri değiştirilerek Eş. 5.51 ve 5.52 den uygun olanı kullanılarak her bir alternatife ilişkin yıllık maliyetler hesaplanmıştır. Alternatiflere ilişkin özet sonuç tablosu Çizelge 5.22. de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Alternatiflere ilişkin özet sonuç tablosu

Alternatif	Yıllık Maliyet	Toplayıcı Sayısı	Alan Büyüklüğü	Toplayıcıların Kapasite Kullanım Oran Ortalaması
Alternatif 1	488 460 TL	11	-	89,4%
Alternatif 2	463 824 TL	12	-	88,4%
Alternatif 3	681 048 TL	18	1 Koridor	50,5%
Alternatif 4	392 748 TL	9	2 Koridor	99,7%
Alternatif 5	576 744 TL	6	3 Koridor	99,7%

Çizelge 5.21. den de açıkça görüldüğü gibi alan büyüklüğü 2 koridor olan alan bazlı sipariş toplama stratejisi en düşük maliyete sahip olan strateji olduğundan firmanın müşterisi için gelen siparişlerin toplanma operasyonu için bu alternatif seçilmiştir ve bundan sonraki siparişlerde bu strateji uygulanacaktır. Söz konusu alternatifte ayrıca, toplayıcıların kapasite kullanım oranları da yeterli seviyededir.

6. SONUÇ

Tedarik zinciri yönetimi ve lojistik maliyetler son dönemlerde artan rekabet koşullarından dolayı oldukça kritik hale gelmiştir. Depolar, tedarik zincirinin ve lojistik yönetiminin önemli bir parçasıdır ve sipariş toplama operasyonu da toplam depo performansının artmasında potansiyeli en yüksek olan bölümdür.

Yapılmış olan tez çalışmasında, söz konusu lojistik firmasının bir müşterisi için firmanın ve müşterinin yapısına ve ihtiyaçlarına cevap veren minimum maliyetli ve uygulanabilir olan bir manuel sipariş toplama stratejisi belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, sipariş toplama stratejisi seçim problemi ortaya konulmuş ve sipariş toplama operasyonu, sistem yaklaşımı ile bir bütün olarak ele alınarak manuel sipariş toplama sistem tasarımı ve strateji seçimi için Dallari, Marchet ve Melacini'nin 2009 yılında geliştirdiği metodolojiden ve sipariş toplama sistemi temel adımlarından yararlanılarak bir metodoloji geliştirilmiştir. Söz konusu metodoloji, temel olarak stratejik kararlar, operasyonel uygulama, değerlendirme ve seçim olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Stratejik kararlar, lojistik firması ile müşteri verileri ve yapılarında köklü değişiklikler olmadığı sürece değişmeyecek olan ve uygulama aşamasında sınırları çizecek olan temel kararları kapsamaktadır. Operasyonel uygulama aşaması, müşteriden gelen yıllık ortalama öngörü verileri kullanılarak gerçekleştirilen probleme ilişkin operasyonel uygulama adımları olup sipariş yapısında köklü değişiklikler olduğunda aynı adımların yeni verilere göre yeniden tekrarlanması ihtiyacı duymaktadır. Değerlendirme ve seçim aşaması ise, problem çözümünde alternatif olarak kabul edilen her bir sipariş toplama stratejisine göre ilk iki aşamada elde edilen veriler ışığında yıllık maliyetlerin hesaplanması ve minimum maliyete sahip olan stratejinin seçiminden oluşmaktadır.

Problemin çözümü için, literatürde var olan manuel sipariş toplama stratejileri analiz edilmiş ve problem verilerine göre topla-dağıt bulk sipariş toplama stratejisi ve eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejileri aday strateji olarak ele alınmıştır. Yapılan zaman etüdüne göre, topla-dağıt bulk sipariş toplama stratejisi uygulandığında teorik olarak 11 toplayıcı ile söz konusu siparişlerin tamamlanabileceği görüldüğünden ilk alternatif olarak 11 toplayıcılı topla-dağıt bulk sipariş toplama stratejisi ele alınmıştır. Tüm alternatiflerin sipariş gruplama adımı Parikh ve Mellerin (2008) dual bidon paketleme problemine

benzeterek oluşturdukları matematiksel model kullanılmış ve GAMS ile optimum sonuçlar elde edilmiştir. İlk alternatifte siparişlerin gruplanmasından kaynaklı olarak toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliğinden dolayı gelen siparişlerin ürün adedi olarak %8,2'sinin tamamlanabilmesi için fazla mesai yapılması zorunluluğu oluşmuştur. Fazla mesai ile tamamlanması gereken ürün adedi fazla olduğundan ikinci bir alternatif olarak aynı stratejinin uygulandığı durumda toplayıcı sayısı bir arttırılmıştır. Bu durumda iş yükü dengesizliği sebebiyle tamamlanamayan ürün yüzdesi 7,1 puan düşerek %1,1 seviyelerine gerilemiştir ancak tamamen sıfırlanamamıştır. Eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisinde ise, alan büyüklüğünün 1 koridor, 2 koridor ve 3 koridor olduğu durumlar için üç ayrı alternatif değerlendirilmiştir.

Alan bazlı sipariş toplama stratejisi söz konusu olduğunda siparişlerin koridorlara dengeli bir şekilde dağılmaması da toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesizliğini arttıran faktörlerden olmasına karşılık depoya gelen ürünlerin stok alanında adreslenmesi adımı yapılmış olan iyileştirme ve stok ürünlerinin yapısı gereği hareketli olması sebebiyle siparişlerin koridorlara eşit dağıldığı kabul edilmiştir. Alan bazlı sipariş toplama stratejisinde her alana bir toplayıcı atandığından toplayıcıların kapasite kullanım oranları da gruplanmadan kaynaklanan iş yükü dengesizliğinin yanında maliyet üzerinde dolaylı bir etkiye sebep olmuştur.

Geliştirilmiş olan metodolojinin her bir adımı uygulanmış ve alan büyüklüğünü 2 koridor olarak belirleyerek eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisini uygulamanın söz konusu problem için en uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Seçilmiş olan alternatif kendisine maliyet olarak en yakın olan 12 toplayıcı bulku sipariş toplama stratejisine göre %15,3 maliyet avantajı sağlamıştır.

Önceki yapıda müşterinin mağazalarından gün içinde gelen siparişleri, mağaza bazlı birleştirilmeden sipariş bazlı toplanmaktaydı. Ancak, toplama işlemi ürün olarak değil içinden ürün istenen sepetin tamamı şeklinde gerçekleştirilerek dağılım alanına gönderilmekteydi. Sonrasında sepetlerdeki ürünler kayar raflarda mağaza bazlı dağıtılarak sepette kalan az sayıda stok ürünleri tekrar stok alanına adreslenmekteydi. Yeni yapıda lojistik firmasının müşterisine ait doğrudan yerleştirme ve aktarma ürün yüzdeleri değiştiği için depodaki stok alanı, mağazadaki ürünleri satıldıkça ikame etme görevi üstlendiğinden eski yapıya göre toplama sırasında bir adresten alınan ortalama ürün adedi 20'den 4'e

düşmüştür. Bu durumda, yeni sistemde sepet toplama işlemi ardından çok sayıda tortu kalacak ve verimsizliklere sebep olacağından yeni veriler ışığında elde edilen sonuçlara göre karar verilen stratejinin uygulanması ile eski düzen uygulandığında karşılaşılabilecek verimsizlikler bertaraf edilmiş ve yeni veriler ile en verimli strateji seçilmiştir.

Sipariş toplama sistemine ilişkin geliştirilmiş olan metodoloji firmanın müşterisi için tanımlanmış probleme özel geliştirilmiş olsa da sipariş toplama sisteminin temel adımlarını barındırması sebebiyle stratejik, operasyonel, ve değerlendirme aşamalarını kapsayacak şekilde bütünsel bir iyileştirme istenen, insanın ürüne gittiği manuel sistemlerde kullanılabilir özelliktedir. Farklı uygulamalar için kullanılmak istendiğinde tüm adımlar gözden geçirilerek yeni sisteme uyarlanması için adımlar üstünde küçük uyarlamalar yapılabilir. Firma içinde de lojistik firmasının bir müşterisi için yapılmış olan bu çalışma, insan çalışan ve insanın ürüne gittiği manuel sipariş toplama sistemine sahip diğer müşteriler için de pilot çalışma olarak kabul edilerek uygulanabilecek bir yapıya sahiptir. Ancak, internetten satış yapan müşterilerin siparişlerinin bekletilerek biriktirilmesi konusu daha hassas olduğu için bu tarz projelerde aynı adımlar kullanılabilir olmasına karşılık uygulama sırasında değişik metotlar izlenmesi gerekebilmektedir.

Lojistik firmasının müşterisi firma ile yıllık olarak sipariş ve mal kabule ilişkin tahmin verileri paylaşmaktadır ve bu çalışma, 2014 yılı için verilen tahmin verileri ışığında gerçekleştirilmiştir. Söz konusu yıllık veriler altında elde edilen en uygun sipariş toplama stratejisi, sistemin yapısında yeniden köklü değişiklikler olana kadar geçerli konumdadır. Müşterinin önceki yıllardaki yapısı incelendiğinde bu tarz köklü değişikliklerin en az iki sene geçerli olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda müşterinin siparişleri için en uygun strateji olduğuna karar verilen alan büyüklüğünün iki koridor olduğu eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama stratejisinin aynı şekilde 2015 yılının sonuna kadar uygulanabilir olduğu düşünülmektedir. Tanımlanmış olan söz konusu parametrelerde oluşabilecek değişiklikler sonucunda ise strateji seçimi amacıyla geliştirilmiş olan metodolojinin adımları aynı kalacaktır ve her bir adımı yeni veriler altında yeniden tekrarlanarak yeni yapıya uygun olan stratejinin seçimi sağlanacaktır.

Mevcut durumda, kullanıcıların WMS'de GAMS için gerekli verileri direkt alabilecekleri rapor ekranları yapılarak ve GAMS için de hazır bir kod şablonu oluşturularak kullanıcıların kod bilme gerekliliği olmadan süreçler kolaylıkla uygulanabilmektedir.

Geleceğe yönelik çalışma olarak söz konusu süreçlerin WMS destekli uygulanabilmesi için GAMS ile WMS sisteminin beraber çalıştığı bir arayüz tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

- Berg, J.P., Zijm and W.H.M. (1999). "Models for warehouse management: Classification and examples", *International Journal of Production Economics*, 59,519-528.
- Bozer, Y.A. and Kile, J.W. (2008). "Order batching in walk-and-pick order picking systems", *International Journal of Production Research*, 46,1887-1909.
- Chen, C-M., Gong, Y., Koster, R.B.M. and Nunen, J.A.E.E. (2010). "A flexible evaluative framework for order picking systems", *Production and Operations Management Society*, 19,70-82.
- Dallari, F., Marchet, G. and Melacini, M. (2009). "Design of order picking system", *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 42,1-12.
- 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*, 182,481-501.
- Eymen, U.E. (2007). *Tedarik Zinciri Yönetimi*. Ankara: Kalite Ofisi Yayınları, 8-13.
- Gu, J., Goetschalckx, M. and McGinnis, L.F. (2007). "Research on warehouse operation: A comprehensive review", *European Journal of Operational Research*, 177,1-21.
- 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.
- Henn, S. (2012). "Algorithms for on-line order batching in an order picking warehouse", *Computers & Operations Research*, 39,2549-2563.
- Henn, S. and Schmid, V. (2013). "Metaheuristics for order batching and sequencing in manual order picking systems", *Computers & Industrial Engineering*, 66,338-351.
- Henn, S. and Wascher, G. (2012). "Tabu search heuristics for the order batching problem in manual order picking systems", *European Journal of Operational Research*, 222,484-494.
- Heskett J.L. (1964). "Putting the Cube-Per-Order Index to Work in Warehouse Layout", *Transport and Distribution Management*, 4,23-30.
- 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.
- Ho, Y-C., Su, T-S. and Shi, Z-B. (2008). "Order batching methods for an order-picking warehouse with two cross aisles", *Computers & Industrial Engineering*, 55,321-347.

- Ho, Y-C. and Tseng, Y-Y. (2006). "A study on order-batching methods of order-picking in a distribution centre with two cross-aisles", *International Journal of Production Research*, 17,3391-3417.
- Hong, S., Johnson, A.L. and Peters, B.A. (2012a). "Batch picking in narrow-aisle order picking systems with consideration for picker blocking", *European Journal of Operational Research*, 221,557-570.
- Hong, S., Johnson, A.L. and Peters, B.A. (2012b). "Large-scale order batching in parallel-aisle picking systems", *IIE Transactions*, 44,88-106.
- Hsieh, L-F. and Huang, Y-C. (2011). "New batch construction heuristics to optimise the performance of order picking systems" *International Journal of Production Economics*, 131,618-630.
- Hwang, H., Oh, Y.H. and Lee, Y.K. (2004). "An evaluation of routing policies for order-picking operations in low-level picker-to-part system", *International Journal of Production Research*, 42,3873-3889.
- Jane, C-C. and Laih, Y-W. (2005). "A clustering algorithm for item assignment in a synchronized zone order picking system", *European Journal of Operational Research*, 166,489-496.
- Koo, P.-H. (2009). "The use of bucket brigades in zone order picking systems", *OR Spectrum*, 31,759-774.
- 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.
- Küçükçe, Y.S. (2011). "Bir Kamu Kuruluşunda Satın Alma Faaliyeti İçin Tedarikçi Seçimi – Değerlendirme Problemi ve Çözümü", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 4-10.
- 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.
- Melacini, M., Perotti, S. and Tumino, A. (2011). "Development of a framework for pick-and-pass order picking system design", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53,841-854.
- Parikh, P.J. and Meller, R.D. (2008). "Selecting between batch and zone order picking strategies in a distribution center", *Transportation Research Part E*, 44,696-719.
- Petersen II, C.G. (2000). "An evaluation of order picking policies for mail order companies", *Production and Operations Management*, 9 (4).

- Petersen, C.G. and Aase, G. (2004). "A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking", *International Journal of Production Economics*, 92,11-19.
- Roodbergen, K.J. and Koster, R.D. (2001). "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle", *European Journal of Operational Research*, 133,32-43.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Houtum, G.J., Mantel, R.J. and Zijm, W.H.M. (2000). "Warehouse design and control: Framework and literature review", *European Journal of Operational Research*, 122,515-533.
- Tang, L.C. and Chew, E-P. (1997). "Order picking systems : Batching and storage assignment strategies", *Computers & Industrial Engineering*, 33,817-820.
- Theys, C., Braysy, O., Dullaert, W. and Raa, B. (2010). "Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses", *European Journal of Operational Research*, 200,755-763.
- Thompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H. and Tanchoco, J.M.A. (2003). "Facilities Planning", *John Wiley & Sons, NJ*.
- 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.
- Won, J. and Olaffsson, S. (2005). "Joint order batching and order picking in warehouse operations", *International Journal of Production Research*, 43,1427-1442.
- 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.
- Yu, M. and Koster, R.B.M. (2009). "The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance", *European Journal of Operational Research*, 198,480-490.

EKLER

EK-1. Topla-dağıt bulk sipariş toplama operasyonuna ilişkin yapılan zaman etüdü çalışması

Bu bölümde, topla-dağıt bulk sipariş toplama stratejisi izlendiğinde toplayıcıların toplama kapasitelerinin belirlenebilmesi amacıyla gerçekleştirilmiş olan zaman etüdüne yer verilmiştir. Söz konusu çalışma gereği, sipariş toplama süreci birbirini tekrarlayan birimlere göre ölçülebilen en küçük adımlara bölünmüştür. Şekil 1.1. de yer alan iş tanımı alanında bölünmüş olan bu adımlar sıralanmaktadır.

Stok ürünlerinin adreslenmiş olduğu stokta iki tür sepet bulunmaktadır. Mavi sepetler, içinde tek çeşit SKU bulunan sepetlerdir. Sarı sepetler ise içinde birden fazla SKU bulunan karışık sepetlerdir. Bu nedenle, sarı sepetten ürün toplama süreci söz konusu olduğunda istenen SKU'nun aranması süreci eklendiğinden mavi sepetten ürün alma ile sarı sepetten ürün almanın birim zamanları birbirinden farklıdır. Sipariş toplama sürecine ilişkin belirlenmiş adımlarda sarı sepet ise ürünün aranması ve istenilen kadar alınıp ürün ve sepetin okutularak toplama aracına atılması ve mavi sepet ise istenilen kadar ürün alınıp ürün ve sepet okutularak toplama aracına atılması adımları iki ayrı adım olarak ölçülmüştür. Ancak, her bir ürün için söz konusu iki adımdan sadece biri tekrarlandığından toplam standart zaman hesaplanırken bu iki adım için tekrarlanma yüzdeleri belirlenmiş ve bu yüzdeler dikkate alınarak ağırlıklı ortalama ile hesaplanması sağlanmıştır.

Belirlenen adımlardan, boş toplama aracının alınması ve ilk adrese gidilmesi, toplanacak olan her bir ürün başına gerçekleşen bir adım değildir, alınmış olan toplama aracı dolduktan sonra yeni bir toplama aracı almak için tekrarlanan bir adımdır. Lokasyon adresinin okutulmasına ve bir sonraki adrese gidilmesine ilişkin gerçekleştirilen adımlar toplama sırasında uğranmak durumunda kalınan adres sayısı kadardır. Toplama aracının besleme alanına götürülmesi adımı ise yine dolan toplama aracı başına gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.1. de yer alan birim alanında her bir adımın tekrarlandığı birim gösterilmektedir. Adımlar, birimler başına tekrarlanıyor olsa da çalışmanın en sonucunda adam*saat başına gerçekleşecek olan teorik üretkenliğin ürün cinsinden bilgisine ulaşılmak istendiğinden Şekil 1.2. de gösterilen birimlerin ifade ettiği ortalama ürün değerleri hesaplanmış ve elde edilen zaman etüdü sonucunda adıma ilişkin elde edilen birim sürenin birimin ifade ettiği ürün değerine bölünmesi ile adımın ürün başına birim süresi bulunmuştur. Söz konusu birim sürelerin işin oranı ile çarpımlarının toplamından da bulk sipariş toplama stratejisi izlendiğinde adam*saat başına teorik üretkenlik değeri elde edilmiştir.

EK-1. (devam) Topla-dağıt bulk sipariş toplama operasyonuna ilişkin yapılan zaman etüdü çalışması

İşin Oranı(Birime göre)	Birim Süre	İş Tanımı	Birim	Birim Süre	n %
100,0%	0,2	Boş pickcar al ve ilk adrese git.	Pick-Car Sayısı	49	95%
15,0%	46,2	Sarı sepet ise ürünü ara ve istenilen kadar alıp ürün ve sepeti okutarak pickcara at.	Ürün Sayısı	46	99%
85,0%	13,0	Mavi sepet ise istenilen kadar ürün alıp ürün ve sepeti okutarak ve pickcara at.	Ürün Sayısı	13	96%
100,0%	1,2	Lokasyon adresini okut.	Adres Sayısı	5	92%
100,0%	5,3	Bir sonraki adrese git.	Adres Sayısı	21	98%
100,0%	0,1	Pickcarı besleme alanına götür	Pick-Car Sayısı	36	99%

Şekil 1.1. İş adımlarına ilişkin değerler

Üst Birim	Ürün Dönüşümü
	TOPLAMA
Pick-Car Sayısı	250
Ürün Sayısı	1
Adres Sayısı	4

Şekil 1.2. Ürün dönüşümünde kullanılan değerler

	Topla-Dağıt Bulk Sipariş Toplama Teorik Üretkenlik
TOPLAMA	115 Item/Man*hour

* Item ürün adedini göstermektedir

Şekil 1.3. Teorik üretkenlik

EK-2. Eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama operasyonuna ilişkin yapılan zaman etüdü çalışması

Bu bölümde, alan bazlı sipariş toplama stratejisi izlendiğinde toplayıcıların toplama kapasitelerinin belirlenebilmesi amacıyla gerçekleştirilmiş olan zaman etüdüne yer verilmiştir. Söz konusu çalışma gereği, sipariş toplama süreci birbirini tekrarlayan birimlere göre ölçülebilen en küçük adımlara bölünmüştür. Şekil 2.1. de yer alan iş tanımı alanında bölünmüş olan bu adımlar sıralanmaktadır.

Stok ürünlerinin adreslenmiş olduğu stokta iki tür sepet bulunmaktadır. Mavi sepetler, içinde tek çeşit SKU bulunan sepetlerdir. Sarı sepetler ise içinde birden fazla SKU bulunan karışık sepetlerdir. Bu nedenle, sarı sepetten ürün toplama süreci söz konusu olduğunda istenen SKU'nun aranması süreci eklendiğinden mavi sepetten ürün alma ile sarı sepetten ürün almanın birim zamanları birbirinden farklıdır. Sipariş toplama sürecine ilişkin belirlenmiş adımlarda sarı sepet ise ürünün aranması ve istenilen kadar alınıp ürün ve sepetin okutulması olarak toplama aracına atılması ve mavi sepet ise istenilen kadar ürün alınıp ürün ve sepet okutulması adımları iki ayrı adım olarak ölçülmüştür. Ancak, her bir ürün için söz konusu iki adımdan sadece biri tekrarlandığından toplam standart zaman hesaplanırken bu iki adım için tekrarlanma yüzdeleri belirlenmiş ve bu yüzdeler dikkate alınarak ağırlıklı ortalama ile hesaplanması sağlanmıştır.

Belirlenen adımlardan, boş toplama aracının alınması ve ilk adrese gidilmesi, toplanacak olan her bir ürün başına gerçekleşen bir adım değildir, alınmış olan toplama aracı dolduktan sonra yeni bir toplama aracı almak için tekrarlanan bir adımdır. Lokasyon adresinin okutulmasına ve bir sonraki adrese gidilmesine ilişkin gerçekleştirilen adımlar toplama sırasında uğranmak durumunda kalınan adres sayısı kadardır. Toplama aracının besleme alanına götürülmesi adımı ise yine dolan toplama aracı başına gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.1. de yer alan birim alanında her bir adımın tekrarlandığı birim gösterilmektedir. Adımlar, birimler başına tekrarlanıyor olsa da çalışmanın en sonucunda adam*saat başına gerçekleşecek olan teorik üretkenliğin ürün cinsinden bilgisine ulaşılmak istendiğinden Şekil 2.2. de gösterilen birimlerin ifade ettiği ortalama ürün değerleri hesaplanmış ve elde edilen zaman etüdü sonucunda adıma ilişkin elde edilen birim sürenin birimin ifade ettiği ürün değerine bölünmesi ile adımın ürün başına birim süresi bulunmuştur. Söz konusu birim sürelerin işin oranı ile çarpımlarının toplamından da adam*saat başına teorik üretkenlik değeri elde edilmiştir.

EK-2. (devam) Eş zamanlı alan bazlı sipariş toplama operasyonuna ilişkin yapılan zaman etüdü çalışması

İşin Oranı(Birime göre)	Birim Süre	İş Tanımı	Birim	Birim Süre	n %
ALAN BÜYÜKLÜĞÜ = 1 KORİDOR					
100,0%	0,2	Boş pickcar al ve ilk adrese git	Pick-Car Sayısı	49	95%
15,0%	46,2	Sarı sepet ise ürünü ara ve istenilen kadar alıp ürün ve sepeti okutarak pickcara at	Ürün Sayısı	46	99%
85,0%	13,0	Mavi sepet ise istenilen kadar ürün alıp ürün ve sepeti okutarak ve pickcara at	Ürün Sayısı	13	96%
100,0%	1,2	Lokasyon adresini okut	Adres Sayısı	5	92%
100,0%	1,5	Bir sonraki adrese git	Adres Sayısı	6	97%
100,0%	0,1	Pickcan besleme alanına götür	Pick-Car Sayısı	36	99%
ALAN BÜYÜKLÜĞÜ = 2 KORİDOR					
100,0%	0,2	Boş pickcar al ve ilk adrese git	Pick-Car Sayısı	49	95%
15,0%	46,2	Sarı sepet ise ürünü ara ve istenilen kadar alıp ürün ve sepeti okutarak pickcara at	Ürün Sayısı	46	99%
85,0%	13,0	Mavi sepet ise istenilen kadar ürün alıp ürün ve sepeti okutarak ve pickcara at	Ürün Sayısı	13	96%
100,0%	1,2	Lokasyon adresini okut	Adres Sayısı	5	92%
100,0%	2,5	Bir sonraki adrese git	Adres Sayısı	10	97%
100,0%	0,1	Pickcan besleme alanına götür	Pick-Car Sayısı	36	99%
ALAN BÜYÜKLÜĞÜ = 3 KORİDOR					
100,0%	0,2	Boş pickcar al ve ilk adrese git	Pick-Car Sayısı	49	95%
15,0%	46,2	Sarı sepet ise ürünü ara ve istenilen kadar alıp ürün ve sepeti okutarak pickcara at	Ürün Sayısı	46	99%
85,0%	13,0	Mavi sepet ise istenilen kadar ürün alıp ürün ve sepeti okutarak ve pickcara at	Ürün Sayısı	13	96%
100,0%	1,2	Lokasyon adresini okut	Adres Sayısı	5	92%
100,0%	3,6	Bir sonraki adrese git	Adres Sayısı	15	92%
100,0%	0,1	Pickcan besleme alanına götür	Pick-Car Sayısı	36	99%

Şekil 2.1. İş adımlarına ilişkin değerler

Üst Birim	Ürün Dönüşümü
	TOPLAMA
Pick-Car Sayısı	250
Ürün Sayısı	1
Adres Sayısı	4

Şekil 2.2. Ürün dönüşümünde kullanılan değerler

	Teorik Üretkenlik
TOPLAMA (1 KORİDOR)	171,0 İtem/Man*hour
TOPLAMA (2 KORİDOR)	163,0 İtem/Man*hour
TOPLAMA (3 KORİDOR)	156,0 İtem/Man*hour

* İtem ürün adedini göstermektedir

Şekil 2.3. Teorik üretkenlik

EK-6. Alan büyüklüğü 2 koridor iken alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında gruplama modelinin GAMS çözüm istatistiği ve özeti

Model İstatistiği

```

BLOCKS OF EQUATIONS      5  SINGLE EQUATIONS      119
BLOCKS OF VARIABLES      3  SINGLE VARIABLES      147
NON ZERO ELEMENTS      2,615  DISCRETE VARIABLES      128
GENERATION TIME    =    0.016 SECONDS    4 Mb WIN235-235 Jul 2, 2010
EXECUTION TIME    =    0.016 SECONDS    4 Mb WIN235-235 Jul 2, 2010
GAMS Rev 235 WEX-VS8 23.5.1 x86/MS Windows

```

Çözüm Özeti

```

MODEL alan          OBJECTIVE z
TYPE MIP           DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CPLEX       FROM LINE 88
**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS  8 Integer Solution
**** OBJECTIVE VALUE      13170.0000
RESOURCE USAGE, LIMIT    0.053  1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT  168  2000000000
IBM ILOG CPLEX Jul 4, 2010 23.5.1 WIN 18414.18495 VS8 x86/MS Windows
Cplex 12.2.0.0, GAMS Link 34
GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.
MIP status(102): integer optimal, tolerance
Fixed MIP status(1): optimal
Solution satisfies tolerances.
MIP Solution:13170.000000(168 iterations, 0 nodes)
Final Solve: 13170.000000          Best possible: 13212.000000
Absolute gap: 42.00000          Relative gap: 0.003189

```

EK-7. Alan büyüklüğü 3 koridor iken alan bazlı sipariş toplama stratejisi uygulandığında gruplama modelinin GAMS çözüm istatistiği ve özeti

Model İstatistiği

BLOCKS OF EQUATIONS 5 SINGLE EQUATIONS 101
 BLOCKS OF VARIABLES 3 SINGLE VARIABLES 141
 NON ZERO ELEMENTS 1,829 DISCRETE VARIABLES 128
 GENERATION TIME = 0.062 SECONDS 4 Mb WIN235-235 Jul 2, 2010
 EXECUTION TIME = 0.062 SECONDS 4 Mb WIN235-235 Jul 2, 2010
 GAMS Rev 235 WEX-VS8 23.5.1 x86/MS Windows 05/25/14 13:29:00 Page 5

Çözüm Özeti

MODEL alan OBJECTIVE z
 TYPE MIP DIRECTION MAXIMIZE
 SOLVER CPLEX FROM LINE 88
 **** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
 **** MODEL STATUS 8 Integer Solution
 **** OBJECTIVE VALUE 8400.0000
 RESOURCE USAGE, LIMIT 0.039 1000.000
 ITERATION COUNT, LIMIT 143 2000000000
 IBM ILOG CPLEX Jul 4, 2010 23.5.1 WIN 18414.18495 VS8 x86/MS Windows
 Cplex 12.2.0.0, GAMS Link 34
 GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.
 MIP status(102): integer optimal, tolerance
 Fixed MIP status(1): optimal
 Solution satisfies tolerances.
 MIP Solution: 8400.000000 (143 iterations, 0 nodes)Final Solve: 8400.000000
 Best possible: 8424.000000 Absolute gap: 24.000000
 Relative gap: 0.002857

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : CAN, Ayşenur
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 05.01.1988, İskenderun
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (530) 2033154
E-Posta : aysnr_olgnr@windowslive.com



Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Gaziantep Üniversitesi/Endüstri	2011
Lise	Adana Anadolu Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2011-Halen	Lojistik	İş Geliştirme

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Sinema, Müzik, Tiyatro

A

Abstract · v
Alan bazlı toplama · 10, 24, 25,
26, 27, 34, 36, 38, 48, 49, 53,
54, 55, 56, 57, 72, 83, 89, 95,
100, 105, 107, 109

B

Bulk toplama · 23, 25, 26, 31, 35,
48, 49, 53, 56, 57, 72, 73, 74,
77, 100, 101, 102, 103

D

Doğrudan yerleştirme · 12, 44,
47, 58, 114
Dalgalı toplama · 27, 31

E

EKLER · 121

G

Giriş · 1

K

Kesikli toplama · 22, 23, 25
Kova ekibi toplama · 26

L

Literatür araştırması · 29

Ö

Özet · iv
Özgeçmiş · 149

P

Problem tanımı · 41

S

Sipariş toplama stratejileri · 2, 3,
22, 29, 35, 72, 99, 113

T

Teşekkür · vi

U

Uygulama ve elde edilen sonuçlar
· 57



GAZİ GELECEKTİR...