İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE FARKLI ALGORİTMALARIN SEVKİYAT PERFORMANSINA ETKİSİ: CAM SEKTÖRÜ UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Görkem CANPOLAT

İşletme Anabilim Dalı

İşletme Yüksek Lisans Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE FARKLI ALGORİTMALARIN SEVKİYAT PERFORMANSINA ETKİSİ: CAM SEKTÖRÜ UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Görkem CANPOLAT
(403161010)

İşletme Anabilim Dalı

İşletme Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Raziye SELİM

HAZİRAN 2019

İTÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün 403161010 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Görkem CANPOLAT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE FARKLI ALGORİTMALARIN SEVKİYAT PERFORMANSINA ETKİSİ: CAM SEKTÖRÜ UYGULAMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Raziye Selim** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Ferhan Çebi** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Gül Temur Bahçeşehir Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 03 Mayıs 2019
Savunma Tarihi : 17 Haziran 2019

ÖNSÖZ

Günümüzde, tedarik zinciri kavramı şirketlar arası rekabette referans noktası olma özelliğini günden güne arttırmaktadır. Müşteri taleplerindeki farklılıklar, sürekli değişen pazar dinamikleri ve maliyet azaltma hedefleri şirketleri çevik tedarik zinciri organizasyonları kurmaya zorlamaktadır. Tez çalışması kapsamında uygulama alanı olarak seçilen Trakya Cam firmasının depo yönetim sisteminin günümüz müşteri talepleri karşısında daha etkin sonuç alabilen bir yapıya kavuşma ihtiyacı tez konusu seçimimde önemli bir rol oynadı.

Yoğun çalışma temposu içerisinde bana vakit ayıran tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Raziye Selim'e, eğitim süresi boyunca derslerini aldığım diğer hocalarıma, değerli aileme ve yüksek lisans eğitimim boyunca beni sürekli olarak destekleyen sevgili nişanlım Burcu Aydın'a teşekkür ediyor, minnetlerimi ve saygılarımı sunuyorum

Haziran 2019 Görkem Canpolat

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ…… vi
KISALTMALAR x
TABLO LİSTESİ xii
ŞEKİL LİSTESİ xiv
ÖZET…… xvi
SUMMARY xx
1. GİRİŞ 1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ 5
2.1 Tedarik Zinciri Nedir? 5
2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi Nedir? 6
2.3 Tedarik Zinciri Yönetimi Felsefesi ve Uygulayıcı Faaliyetler 7
2.4 Tedarik Zinciri Entegrasyonu 8
2.5 Tedarik Zinciri Yönetimi Faydaları 9
3. DEPO YÖNETİM SİSTEMİ 12
3.1 Depo Yönetimi Nedir? 12
3.2 Depo Yönetim Sistemi Nedir? 13
3.3 Depo Yönetim Sistemi Kurgulanması 13
3.4 Depo Yönetimi Sistemi İhtiyacı Nedenleri 14
3.5 Depo Yönetim Sistemi Optimizasyonu 14
3.6 Depo Yönetim Sistemi Fonksiyonları 14
3.7 Depo Yönetim Sistemlerinde Anahtar Performans Göstergeleri 16
4. RFID 19
4.1 RFID Nedir? 19
4.2 RFID Türleri ve Çalışma Prensibi 20
4.3 RFID – WMS Entegrasyonu 21
4.4 İşletmelerde RFID – WMS Entegrasyonu Uygulamaları 23
5. SİMÜLASYON 26
5.1 Simülasyon Nedir? 26
5.2 Tedarik Zincirinde Simülasyon Çalışmaları 26
5.3 Excel VBA Programında Simülasyon Modellemesi 28
6. TEDARİK ZİNCİRİ RFID DESTEKLİ DEPO YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMASI: DÜZCAM ENDÜSTRİSİ 31
6.1 Düzcam Üretimi 31
6.1.1 Harman 32
6.1.2 Fırın 32
6.1.3 Banyo 33
6.1.4 Tavlama 33
6.1.5 Kesme 34

6.1.6 Ambar – Sevkiyat 34
6.1.7 Düzcam Ürün Çeşitleri 35
6.2 Simülasyon Modeli 36
6.2.1 Trakya Cam RFID Destekli Ambar Yönetim Sistemi 36
6.2.2 Ürün Grupları ve Stok Adres Grupları Belirlenmesi 40
6.2.3 Mevcut Adresleme Algoritma Seti 41
6.2.4 Mevcut Sevkiyat Algoritma Seti 41
6.2.5 Önerilen Yeni Sevkiyat Algoritma Seti 41
6.2.6 Mersin Fabrikası Mevcut Durum Analizi 42
6.2.7 Simülasyon Modelinin Oluşturulması 43
6.2.8 Farklı Algoritma Setlerinin Simüle Edilmesi 45
6.2.9 Ekonomik Fayda Analizi 47
7. SONUÇ 50
KAYNAKLAR 53
57
ÖZGEÇMİŞ 57

KISALTMALAR

WMS : Ambar Yönetim Sistemi
RFID : Radyo Frenkaslı Tanımlama Teknolojisi
VBA : Visual Basic Programı
SKU : Birim Ürün Sayısı
MSP : Mersin Uluslararası Limanı
IT : Bilişim Teknolojisi
TZY : Tedarik Zinciri Yönetimi
APICS : Amerikan Üretim ve Envanter Kontrol Birliği
LIFO : Son Giren İlk Çıkar
FIFO : İlk Giren İlk Çıkar
KPI : Anahtar Performans Göstergesi
LPI : Lojistik Performans İndeksi

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Tedarik Zinciri Faaliyet Alanları 7
Tablo 5.1: Depoda Çalışan Forklift Sayıları ve Çalışma Alanları..... 27
Tablo 6.1: Simülasyon Programı Üretim Datası 44
Tablo 6.2: Simülasyon Programı Sevk Datası..... 44
Tablo 6.3: Mevcut Durum Sonuç Analizi 45
Tablo 6.4: Önerilen Algoritma Sonuç Analizi..... 46
Tablo 6.5: Ekonomik Fayda 48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Tedarik Zinciri Çeşitleri (Mentzer, 2001) 6
Şekil 2.2: Tedarik Zinciri Yönetimi Modeli (Mentzer, 2001) 9
Şekil 3.1: Tipik Depo Fonksiyonları (Ramaa, 2012) 12
Şekil 3.2: Depo Yönetim Sistemleri'nin Temel Unsurları ve Depo Operasyonlarındaki Rolü (Hompel, 2007) 15
Şekil 4.1: Farklı RFID etiketleri (Want, 2006) 19
Şekil 4.2: Pasif RFID Örneği 20
Şekil 4.4: RFID Destekli Depo Yönetim Sistemi Örnek Operasyonel Süreçleri 22
Şekil 6.1: Düzcam Float Üretim Hattı 32
Şekil 6.2: Düzcam Üretiminde Yüzdürme Yönetimi (M.P. Groover, 2002) 33
Şekil 6.4: Sideloader Forkliftler 35
Şekil 6.5: Simülasyon Modeli İş Akış Şeması 36
Şekil 6.6: RFID Düzcam Ürün Etiketi 37
Şekil 6.7: RFID Stok Adresi Etiketi 38
Şekil 6.8: Üretim Hattından Stok Adresine Ürün Yerleştirilme Süreç Akış Şeması 39
Şekil 6.9: Düzcam Ürünü Sevkiyat Süreç Akış Şeması 40
Şekil 6.10: Merin Fabrikası 28.12.2019 Ürün Stokları 42
Şekil 6.11: 2018 Yılı Düzcam Talep Grafiği 47

DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE FARKLI ALGORİTMALARIN SEVKİYAT PERFORMANSINA ETKİSİ: CAM SEKTÖRÜ UYGULAMASI

ÖZET

Hammaddelerin tedariki ile başlayıp bunların yarı mamul ve mamule dönüştürülmesi ile devam eden ve bitmiş ürünlerin dağıtım kanalları ile müşterilere ulaştırılmasıyla son bulan; paydaşları arasında malzeme, para ve bilgi akışının gerçekleştiği karmaşık ağın bütünü tedarik zinciri olarak tanımlanabilir.

Tüm bu karmaşık sistemin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için tedarik zinciri yönetimi (TZY) kavramı öne çıkmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçi ile firma arasındaki, hammaddeler ile bitmiş ürünlerin son tüketimi arasında yer alan süreçlerdir, bir başka deyişle ürün ve hizmetlerin müşterilere sunulması için değer zincirini harekete geçiren firma içi ve dışı fonksiyonlardır (Blackstone, 2004). Steven'ın da (1989) dediği gibi, tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerden müşterilere ürün akışı ile maksimum müşteri hizmet seviyesi, düşük envanter yönetimi ve düşük birim üretim maliyetleri hedeflerinin senkronize bir şekilde dengelenerek yönetilmesidir. Şirketlerin tedarik zinciri yönetiminden sorumlu yöneticiler satınalma, lojistik, envanter yönetimi ve planlama olmak üzere dört temel fonksiyonun etkin bir şekilde yönetilmesinden sorumludurlar.

Bu fonksiyonlardan envanter yönetimi kavramı doğru ürünün doğru miktarda, doğru zamanda üretilmesi, stoklanması ve sevk edilmesi sürecinin bütüncül olarak yönetimini ifade etmektedir. Bitmiş ürün depolarında envanter yönetiminin verimliliğini arttırmak, insan etkisini ortadan kaldırmak amacıyla depo yönetim sistemleri (WMS) kullanılmaktadır. Şirketlerin envanter yönetimi hedefleri ve stoklarını değerlendirme yönetmleri göz önüne alınarak depo yönetim sistemi algoritma setleri belirlenir. Bu noktada işletmeler stok değerini belirlemede en çok FIFO (İlk giren ilk çıkar) ve LIFO (Son giren ilk çıkar) ya da ortalama maliyet yöntemlerinden birini seçmek durumundadırlar (Lambert, 1998).

FIFO yönetimi, ilk üretilen ürünün önce sevk edilmesini hedefler ve enflasyonist bir ortamda satılan malın maliyetini düşük, stok miktarını ise yüksek değerleyeceğinden

şirketlerin karını maksimize etmektedir. Bunun yanında bitmiş ürünlerin son kullanma tarihlerinin geçmeden sevk edilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır.

LIFO yönetimi, son üretilen ürünün önce sevk edilmesini amaçlar ve enflasyonist bir ortamda satılan malın maliyetini yüksek, stok miktarını ise düşük değerleyeceğinden şirketlerin bilançolarını olumsuz etkileyebilir.

Tez çalışması kapsamında; tek yönlü ürün stoklaması yapılan endüstriler için sevkiyat kapasitesini arttırmak amacıyla depo yönetim sisteminde yeni sevkiyat algoritma seti geliştirilmiştir.

Mevcut durumda, FIFO kuralının uygulanması hedefiyle kurgulanan depo yönetim sistemi, doğası gereği sevkiyat aşamasında stok adreslerinde arka sıralarda bulunan ürünlere ulaşabilmek için aktarma hareketi yapılmasını mecbur kılmaktadır. Ancak sevkiyat kapasitesinin talebi karşılamakta yetersiz kaldığı dönemde, aktarma hareketleri fazla mesai ihtiyacına ve fırsat maliyetine neden olmaktadır.

Trakya Cam'ın bitmiş ürün depolarında kurulu olan RFID destekli depo yönetim sistemi (WMS) altyapısı sayesinde tüm düzcam ürünlerinin hangi stok adresinde ve kaçıncı sırada olduğu bilgisi kayıt altında tutulmaktadır. Bu bilgi ışığında, dönemsel olarak FIFO kuralının yerine stok adresinde ön sırada bulunan ürünlerin önce sevk edilmesi ve bu sayede sevkiyat kapasitesinin arttırılması amacıyla yeni bir algoritma seti geliştirilmiştir.

Trakya Cam'a ait Mersin Fabrikası'nın 28.12.2018 – 28.02.2019 tarihleri arasındaki tüm ürün hareketleri mevcut ve önerilen algoritma setleri ile Excel VBA programında simüle edilmiştir. Araştırma sonucunda depo yönetim sistemi, önerilen yeni sevkiyat algoritması ile çalıştırılması halinde **%6** daha az aktarma hareketi yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Stok adresleri arasındaki ürün aktarma hareketlerinin azalmasıyla stok adreslerindeki ortalama SKU çeşitliliğinin de **%16** oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; tek yönlü ürün stoklaması yapılan endüstrilerde envanter yönetimi hedefini sağlamak adına sevk edilecek ürünlerde FIFO kuralının uygulanması esas olmakla birlikte siparişin sevkiyat kapasitesinin üzerinde olduğu dönemde yeni sevkiyat algoritmasının kullanılması ile sevkiyat kapasitesinin arttırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan geliştirilen yeni algoritma setinin Türkiye gibi enflasyon oranının yüksek olduğu ülkelerde satılan malın maliyetini arttıracak olması

ve stok değerlerini düşük göstereceği için şirketlerin bilançosunda bir miktar olumsuz görünüme sebep olacağı değerlendirilmektedir.

THE COMPARE OF SHIPMENT PERFORMANCES BY USING DIFFERENT ALGORITHMS ON WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM: AN APPLICATION OF GLASS INDUSTRY

SUMMARY

Starting with the procurement of raw materials and converting them into semi-finished and finished products ending with the delivery of finished products to customers by means of distribution channels; the complex network of materials, money and information flow between stakeholders can be defined as the supply chain.

The concept of supply chain management (SCM) stands out in order to manage this complex system effectively. Supply chain management is the process that takes place between the supplier and the company, between the raw materials and the final consumption of the finished products. In other words, it is the internal and external functions for company that activate the value chain for providing products and services to customers. (Blackstone, 2004) As Steven (1989) suggested, supply chain management is the ability to manage maximum customer service level with product flow from suppliers to customers, low inventory management and low unit product costs goals in a synchronous manner. Managers responsible for supply chain management of companies are responsible for the efficient management of the four basic functions of procurement, logistics, inventory management and planning.

The concept of inventory management from these functions refers to the holistic management process of the right quantity of the right product at the right time to be produced, stocked, and shipped. Warehouse management systems (WMS) are used in order to increase the efficiency of inventory management and eliminate human impact in the finished product warehouses. Warehouse management system algorithm sets are determined by considering the inventory management targets and stocks evaluation of companies. At this point, enterprises have to choose one of the methods of the FIFO (first in first out) and LIFO (last in first out) or average cost in determining the stock value (Lambert, 1998).

FIFO management aims to deliver the first produced product first and maximizes the profits of the companies because the cost of goods sold in an inflationary environment

is low and the stock amount is high. Besides, it plays an important role in delivering the expiry dates of the finished products.

LIFO management aims to deliver the last produced product first and may adversely affect the balance sheets of the company because of the high cost of the goods sold in an inflationary environment and the low amount of inventory.

Within the scope of the thesis study, the comparision of shipment performance between the existing algorithm set and the proposed algorithm set in Trakya Cam's warehouse management system was detailed.

In the current situation, the warehouse management system, which is designed with the aim of implementing the FIFO rule, necessitates the transfer movement in order to reach the products that are in the back row in the inventory addresses during the shipment phase. However, in the period when the shipment capacity is insufficient to meet the demand, the transfer movements cause overtime and opportunity cost.

Thanks to the RFID-supported warehouse management system (WMS) infrastructure installed in the finished product warehouses of Trakya Cam, all the information on the stock address and the stock order of all the flat glass products are recorded. In light of this information, a new set of algorithms has been developed to increase the shipment capacity by applying the LIFO rule periodically.

All product movements of the Mersin Plant of Trakya Cam between 28.12.2018 and 28.02.2019 are simulated in the Excel VBA program with the current and proposed algorithm sets. As a result of the research, it is concluded that if the warehouse management system is operated with the proposed new shipping algorithm, **6%** less transfer movement can be made. It was found that the average SKU diversity in stock addresses decreased by **16%** due to the decrease in product transfer movements between stock addresses.

In conclusion; although it is essential to implement the FIFO rule in the products to be shipped to ensure the target of the inventory management of Trakya Cam, it is concluded that the shipment capacity can be increased by using the new shipping algorithm in the period when the order is above the shipping capacity. Also, a new set of algorithms will cause negative outlook on companys' balance sheet, since it will increase the cost of goods sold in countries like Turkey where there is high inflation rates and show stock values low.

1. GİRİŞ

1950'lerden sonraki dönemde üreticiler, birim üretim maliyetlerini düşürmek amacıyla ürün çeşitliliği ve üretim süreç esnekliğine az önem vererek kitle üretimi yapmaya yoğunlaşmışlardı. Günümüzde, müşteri ihtiyaçlarını önemsemeden yalnızca üretim miktarını arttırmaya odaklı şirketler yerlerini, tedarik zinciri organizasyonlarını bütüncül bir yapıyla ve yüksek verimlilikle yönetmeye odaklanmış işletmelere bırakmak zorunda kalmaktadırlar.

Şirketler, tedarik zinciri yapılarını operasyonel mükemmellik odaklı yaklaşımla yönetebilmek ve artan rekabet ortamında rakiplerinden olumlu yönde ayrışabilmek amacıyla tedarik zinciri yönetimi (TZY) kavramına büyük önem vermektedir. TZY'nin tüm faaliyetlerine esas teşkil eden hedefleri şu şekilde sıralanabilir:

- Etkin satınalma ve dağıtım fonksiyonları,
- Ticari ortaklarla uzun dönemli ilişkilere odaklanma,
- Tedarik zinciri boyunca operasyonel mükemmellik odaklı optimizasyon süreçlerinin yürütülmesi,

Şirketler, maksimum müşteri hizmet seviyesini düşük envanter maliyeti ve düşük birim üretim maliyeti ile karşılayabilecek tedarik zinciri altyapıları kurma yönünde mesai harcamaktadırlar.

Farklılaşan müşteri talepleri nedeniyle artan SKU'ları (Stoklanan birim ürün) doğru zamanda ve doğru stok adresinde stoklamak, doğru sıra ile sevk etmek ve karmaşık tedarik zinciri ağını en verimli şekilde yönetilebilmek için şirketler, bitmiş ürün depolarında depo yönetim sistemleri (WMS) kullanmaktadırlar. Depo yönetim sistemleri (WMS), şirketlerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş algoritmalar ile depolama süreçlerinin tamamen sistemsel olarak yönetilmesini sağlamaktadır. Depolama iş süreçlerinin tamamen belirlenen algoritamalar çerçevesinde sistemsel olarak yönetilmesi ile insan etkisinin en aza indirilmesi ve her koşulda en verimli kararların alınması hedeflenmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan envanter yönetimi modellerinden ilk üretilen ürünün önce sevk edilmesi anlamına gelen FIFO

ve son üretilen ürünün önce sevk edilmesini ifade eden LIFO yaklaşımlarına göre depo yönetim sistemi algoritma setleri farklılık göstermektedir.

Enflasyonun pozitif olduğu dönemlerde FIFO, satılan malın maliyetini düşük, stok miktarını ise yüksek değerleyeceğinden şirketlerin karını maksimize etmektedir. FIFO veya LIFO esaslarına uygun olarak envanteri yönetmek, finansal açıdan farklı sonuçlar doğurmakla birlikte son kullanma tarihi olan veya stokta zayi olma ihtimali olan ürünlerde son derece kritik öneme sahip TZY karar noktalarından biridir. Bu nedenle şirketler, ağırlıkla envanterlerini FIFO kuralına uygun olarak yönetmeyi tercih etmektedirler (Blackstone, 2004). Bu karmaşık sistemin insan tarafından manuel olarak yönetiminin imkansıza yakın olması nedeniyle depo yönetim sistemleri şirketler açısından stratejik öneme sahiptir.

Hammadde tedarikinden son ürünün müşteriye ulaştırılmasına kadar olan tüm süreçlerin etkin bir şekilde planlanması ve yürütülmesi amacıyla tedarik zinciri organizasyonlarında bilgi teknolojileri kullanım oranları günden güne artmaktadır. Son dönemde, depo yönetim sistemlerinin etkinliklerini arttırmak, üretimden sevkiyata kadar tüm ürün hareketlerini izlenebilir kılmak amacıyla RFID (Radyo Frekanslı Tanımlama Teknolojisi) ürün ve stok adresi etiketleri kullanılmaktadır. Her ürününün tekil tanımlı RFID etiketlere sahip olması stok görünürlüğünü, tedarik zincirinin tüm aşamalarında ürünün izlenebilirliğini, veri güvenirliğini arttırmakta ve otomatik envanter sayımı, mal kabul ve sevkiyat işlemlerinin yapılmasının yanında fire miktarının da düşürülmesinde rol oynamaktadır (Ngai, 2008).

Şirketler, RFID teknolojisinin sağladığı avantajlar ile depolarının verimliliğini arttırabilmek ve en az iş gücü kullanımı ile en fazla çıktıyı elde edebilmek amacıyla depo yönetim sistemlerinde algoritma geliştirme çalışmaları yürütmektedirler. Tez çalışması kapsamda; ürün adresine önce stoklanan ürünlerin stok adresinden çıkartılabilmesi için sonradan stok adresine yerleştirilen ürünlerin stoktan alınmasının ve önünün boşaltılmasının gerekli olduğu endüstrilerde sevkiyat kapasitesini arttırmaya yönelik olarak yeni bir sevkiyat algoritma seti geliştirilmiştir. RFID ürün ve stok adres etiketlerinin okuma istasyonlarında okunduğu zaman bilgisinin SAP sisteminde kayıt altında tutulması ile ürünlerin stok adresindeki sıra bilgisi depo yönetim sistemi (WMS) tarafından bilinebilir olacaktır.

Sevkiyat kapasitesini arttırabilmek için sipariş listesinde bulunan ilgili SKU'ların ilk sırada veya ilk sıraya en yakın sıralarda yer aldığı stok adreslerindeki ürünlerin önce sevkedilmesi önerilmektedir.

Yapılan algoritma geliştirme çalışmasına uygulama alanı olarak düzcam üretimi yapan ve stok adreslerine ilk yerleştirilen ürünün en son alınabildiği – tek yönlü stoklama ve toplama yapılabilen stok adresi- Trakya Cam firması seçilmiştir. Trakya Cam Mersin Fabrikası'nın 28.12.2018 – 28.02.2019 tarihleri arasındaki tüm üretim ve sevkiyat verileri kullanılarak mevcut algoritma seti ile önerilen yeni algoritma setinin sevkiyat performansına etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda; üretim ve sevkiyat dataları mevcut algoritma seti ve önerilen algoritma seti aktifken Excel VBA programında simüle edilmiştir.

Lojistik sektöründe depo yönetimlerinde anahtar performans göstergesi (KPI) olarak kabul gören aktarma hareketi sayısı, boş stok adresi sayısı ve stok adreslerindeki ortalama SKU çeşitliliği sayısı sevkiyat performansına direkt etki eden üç parametre olarak kabul edilmiştir. Simülasyon sonuçları, yazılımcıların simülsyon çalışmasının kodlarını doğru ve eksiksiz yazdığı kabul edilerek değerlendirilmiştir.

Farklı sektörlerde faaliyet göstermelerine karşın Şirketler envanter yönetimlerinde ağırlıklı olarak FIFO kuralını uygulamaya gayret göstermektedirler. Kullandıkları depo yönetim sistemleri de bu yönde oluşturulan algoritma setleri ile çalışmaktadır. Kurgulanan model çoğunlukla yıl genelinde istenilen performansı sağlamada yeterli olmasının yanında ürünlerin son kullanma tarihi geçmeden sevk edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Ancak sezonsallığın yüksek olduğu endüstrilerde sipariş sayısının arttığı dönemlerde zaman zaman sevkiyat kapasitesi talebi karşılamakta yetersiz kalmakta ve fazla mesai ve satış kaçırma maliyetlerine sebep olmaktadır. Bunun önlenebilmesi için; talebin yüksek olduğu dönemde uygulanmak üzere RFID teknolojisinden de yararlanılarak stok adreslerinin en önünde bulunan ürünlerinin ilk önce sevk edilmesi ile birim sevkiyat süresinin ve aktarma hareketi sayısının azaltılması sonucunda ek sevkiyat kapasitesi yaratılması sağlanmaktadır. Önerilen yeni algoritma seti ile talebin yüksek olduğu aylarda daha az fazla mesai ihtiyacı ve yüklemesi yapılamayan araç olacağı değerlendirilmektedir. Geliştirilen çözümün benzer stoklama düzenine sahip tüm endüstriler için kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

.

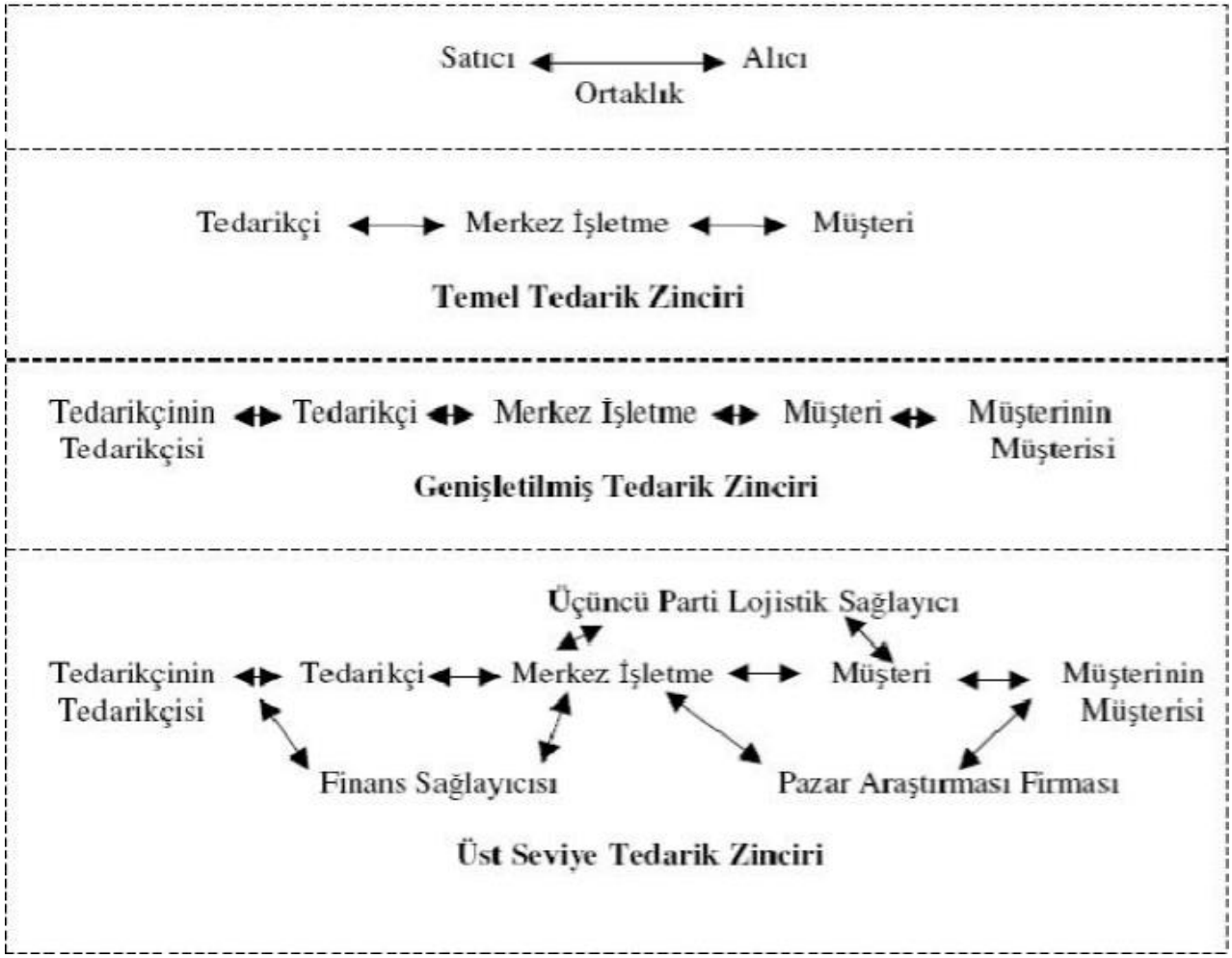
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

2.1 Tedarik Zinciri Nedir?

Tedarik zinciri kavramı en basit haliyle; tedarikçilerden hammadde tedariki ile başlayan bitmiş ürünün tüketiciye ulaştırılması ile son bulan süreçlerin bütünüdür. Tedarik zincirini oluşturan tedarikçi, üretici, distribütör, hizmet sağlayıcısı firmalar ve müşteriler arasında bilgi, para ve malzeme akışı bulunmaktadır. Tedarik zincirini "Temel Tedarik Zinciri", "Genişletilmiş Tedarik Zinciri", "Üst Seviye Tedarik Zinciri" olmak üzere üçe ayırmak mümkündür (Mentzer, 2001).

Temel tedarik zinciri, **Şekil 2.1**'de görüldüğü gibi bir şirket, tedarikçi ve müşterinin; ürün, hizmet, finansman ve bilgi akışının yukarı (tedarik) veya aşağı (dağıtım) kısmına dahil olmasından oluşur.

Genişletilmiş tedarik zincirinde ise ürün, hizmet, finansman ve bilgi akışının tamamında tedarikçinin tedarikçilerinin ve müşterinin müşterilerinin dahil olduğu süreç bulunmaktadır. Üst seviye tedarik zinciri, nihai tedarikçiden nihai müşteriye kadar olan ürün hizmet, finansman ve bilgilerin tüm yukarı ve aşağı akışlarına dahil olan organizasyonları içerir (Mentzer, 2001).



Şekil 2.1: Tedarik Zinciri Çeşitleri (Mentzer, 2001)

2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi Nedir?

Satın alma ile taşımacılık ve dağıtım kavramlarını, stratejik olarak birleştiren tedarik zinciri yönetimi (TZY) anlayışı, giderek artan bir değere sahiptir. Rekabetin yoğun olduğu günümüzde bu anlayışın ürettiği, avantaj sağlayabilecek uygulamaları hayata geçirmek, tedarik zinciri yönetimini tam olarak anlamaktan geçer.

Tedarik zinciri yönetimi kavram olarak ilk kez 1980'li yıllarda ortaya çıkmıştır fakat yönetimde tedarik zinciri konsepti 20. Yüzyıl öncesinde montaj hattının kurulması, bilgi paylaşımı yöntemleri ve bilgi için envanter değişim fikirleriyle beraber zaten temelleri oluşan bir anlayıştı (Jinesh, 2010). Yıllar içinde gelişen teknoloji ve değişen ihtiyaçlarla tedarik zinciri yönetiminin etken unsurları yön değiştirmiş ve çeşitlilik göstermiştir. Üretim akışının sağlanmasına izin veren teknolojik altyapının gelişmesiyle beraber müşteri odağı ön plana çıkmıştır. Jinesh'in de (2010) belirttiği gibi önceden tedarik zinciri'ne yön veren güç üreticilerken, bugün üreticiler

müşterilerin ürün teslimatı için özel taleplerini karşılayarak rekabette avantaj yakalama hedefi peşindedirler.

İşletmelerin benzersiz ve bireyselleştirilmiş müşteri değeri yaratmak için tedarik zinciri yönetimi felsefesini uygulama ihtiyacı giderek artmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi, iş birimlerinin ve tüm paydaşların faaliyetlerinin bütünleştirici bir felsefeyle uyum içerisinde yürütülmesini sağlar (Mentzer, 2001). Bu kapsamda tedarik zinciri yönetiminin faaliyet alanları **Tablo 2.1**'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1: Tedarik Zinciri Faaliyet Alanları

TZY Faaliyet Alanları
Bütüncül Davranış
Karşılıklı Bilgi Paylaşımı
Karşılıklı Risk ve Ödül Paylaşımı
İşbirliği
Müşterilere Hizmet Etmeye Odaklı Ortak Hedefler
Entegre Edilmiş Süreçler
Uzun Dönemli Ortaklık Yapılarının Oluşturulması

2.3 Tedarik Zinciri Yönetimi Felsefesi ve Uygulayıcı Faaliyetler

Tedarik zinciri yönetiminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi, süreçler ile iş birimleri arasındaki ilişkilerin yalın kurgulanması ve bu doğrultudaki gerekliliklerin doğru belirlenmesi ile mümkündür. Tedarik zinciri yönetimi felsefesinin temelinde karşılıklı bilgi paylaşımı, işbirliği, rekabet avantajı sağlayan risklerin ve ödüllerin paylaşımı esas olarak bulunmaktadır.

Tedarik zinciri üyeleri arasında karşılıklı olarak bilgi paylaşımı, özellikle planlama ve takip süreçleri için kritik öneme sahiptir (Mentzer, 2001). Stok seviyeleri, tahminler, satış ve pazarlama stratejileri gibi stratejik ve taktiksel boyuttaki verilerin açık bir şekilde üyeler arasında paylaşılması, belirsizliği azaltarak performansın artmasını sağlar. Uygulama örneği olarak DHL ve rakipleri, sevkiyat verilerini müşterileri ile paylaşırlar. Bu şekilde hem şirket genelinde tedarik zinciri izlenebilirliğine hem de daha etkin yönetim ve planlama konusunda tedarik zincirine bütün olarak katkı sağlamışlardır (Lechmacher, 2017).

Tedarik zinciri üyeleri arasında işbirliği, diğer önemli gerekliliklerden biridir. Tek başına güçlü bir faktör olan işbirliği, işletmelerin ortak eylem ve faaliyetlerinin koordineli bir şekilde yürütülmesini ifade eder.

Mentzer (2001) işbirliğinin TZY için önemini şu şekilde belirtir: "Ortak bir planlama ile başlayan işbirliği, tedarik zinciri üyelerinin yanı sıra bir bütün olarak tedarik zincirinin performansını değerlendirmek için ortak kontrol faaliyetleriyle sona erer." İşletmelerin mevcut devam eden süreçleri ve faaliyetlerinin yanı sıra yeni ürün geliştirme ve ürün portföyü gibi ileriye dönük stratejik kararlar için de birlikte çalışılması işbirliği kapsamında düşünülmelidir.

Ayrıca etkin tedarik zinciri yönetimi için işbirliği ile beraber oluşan tedarik zinciri üyelerine rekabet avantajı sağlayan risklerin ve ödüllerin, uzun vadede karşılıklı olarak paylaşımının yapılması gerekir. Üyeler arasında aynı amaç ve aynı odak ile müşteriye hizmet verme politikasının belirlenmesiyle sonuçların paylaşımı da çok yönlü olacaktır.

2.4 Tedarik Zinciri Entegrasyonu

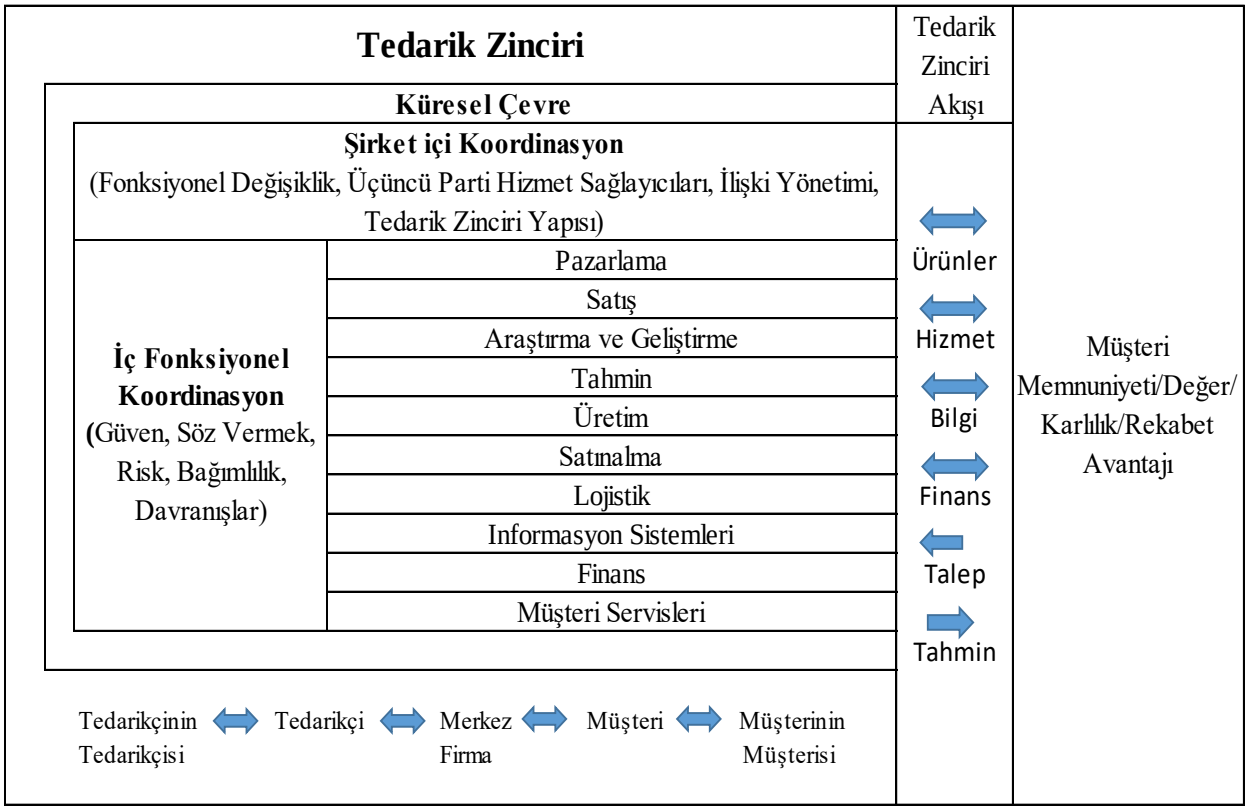
Tedarik zinciri yönetimi uygulaması için satın alma, üretim, lojistik, ve geri dönüşüme kadar tüm süreçlerin entegre edilmesi gerekir (Cooper, 1997). Mentzer (2001) makalesinde bu entegrasyon sürecini detaylandırarak çeşitli aşamalardan geçirmiştir.

Öncelikle işletme içindeki ayrık operasyonel işlemler ile bağımsız ve uyumsuz süreçlerin analizi yapılır ve maliyet azaltma ana hedefiyle tekrardan kurgulanarak şirket içi entegrasyona ulaşılır (Jiensh, 2010). Tüm üyeler dahil edilmeden süreçlerin birleştirilmesi mümkün olmadığı için tek başına iç entegrasyonun sağlanması da etkin bir TZY için yeterli değildir.

İç entegrasyonun devamında satın alma ve planlama süreçlerinde verimliliğin üzerinde durulması ve müşterilere reaktif yaklaşımı gözeterek güçlü bağlantılarla elektronik desteğin genişletilerek kullanılması sonucu entegrasyonu kapsamı şirket dışını kapsamış olur. Hem tedarikçiler hem müşterilerle bu entegrasyon kapsamı genişletildiğinde bütüncül bir tedarik zinciri entegrasyonu sağlanmış olur (Jinesh, 2010).

TZY entegrasyonunun gerçek hayata uygulanırken aynı zamanda farklı seviyelerde karar alan yöneticilerin alternatif stratejilerle birlikte şirketin performansına etkisini değerlendirme sürecinin sağlam araçlarla desteklenmesi gerekir (Lambiase, 2013).

Farklı stratejilerin performansa etkisini etkin bir şekilde gözlemlemenin ve yorumlamanın yolu modelleme yapılması ile açılmaktadır. Sistem modellemesi, tedarik zinciri optimizasyonu matematik veya simülasyon yolu ile yapılabilir. Stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere üç kapsamda planlama yapılması ve aynı anda birbiriyle çelişen hedefleri karşılayan kararların ve çözümlerin tanımlanmasını sağlamak tedarik zinciri modellemesinin asıl amacını oluşturur. Mentzer'e ait örnek TZY modeli aşağıdaki **Şekil 2.2**'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Tedarik Zinciri Yönetimi Modeli (Mentzer, 2001)

2.5 Tedarik Zinciri Yönetimi Faydaları

Doğru araçlar, verilerin kararlara yön gösterecek şekilde yorumlanabilmesi ve akabinde süreçlerin entegrasyonu ile tedarik zinciri yönetimi, sadece maliyetlerin azaltılması ve müşteri odağının sağlanması hedeflerini değil, farklı faydaları da beraberinde getirir.

Etkin bir tedarik zinciri yönetimi, farklı iş fonksiyonları ya da uzak bölgelerdeki çalışanlar arasında işbirliğinin beraberinde takım çalışmasının güçlenmesini de sağlar (Mentzer, 2001).

TZY'nin sonuçlarını sadece üyeler arasında oluşabilecek çıktılar olarak görmemek gerekir. Mentzer (2001) yazısında TZY'nin tüm dünyaya faydasına değinmiştir. Tedarik zinciri izlenebilirliği sayesinde kötü davranışların, yolsuzlukların ve diğer cezai eylemlerin oluşması giderek daha zor hale gelecektir.

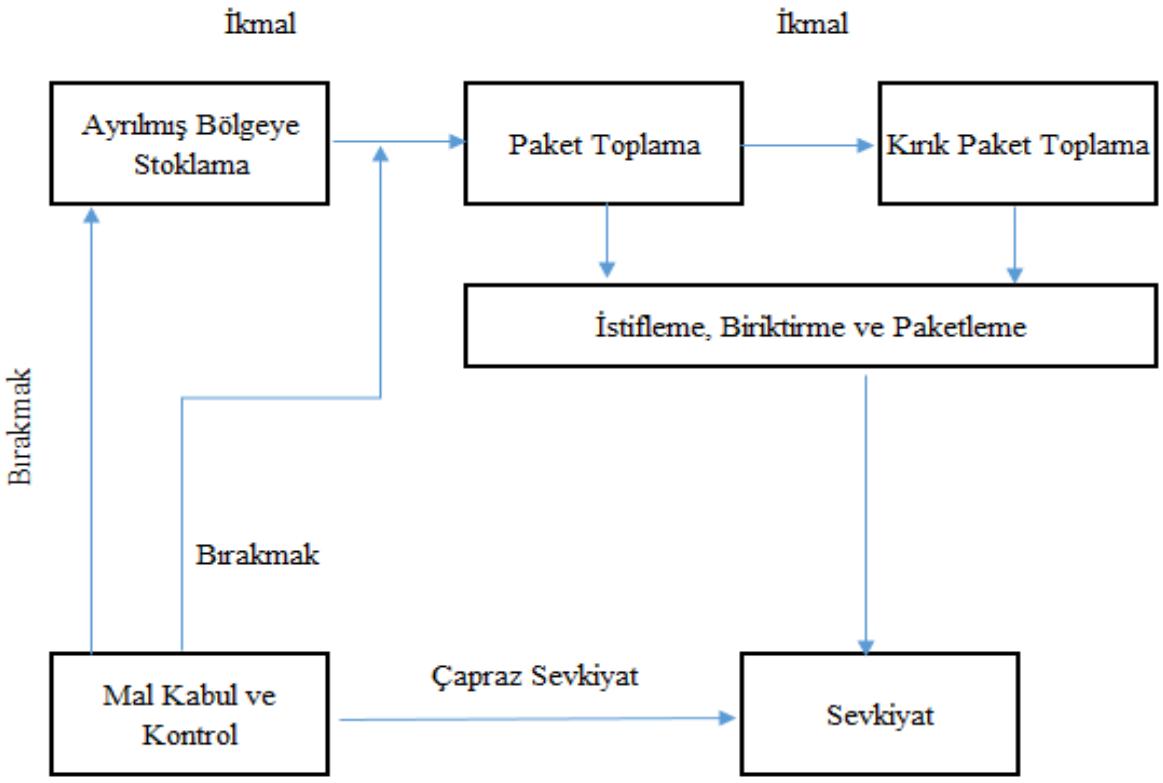
Ayrıca büyük verilerin analizi için bile güçlü araçlar sayesinde trendleri ve tehditleri tanımlama fırsatı doğmuştur (Mentzer, 2001).

Günümüzde şirketler tedarik zinciri yönetiminde **maliyet odaklı değer yaratma** hedefine odaklanmışladır. Bu bağlamda, bitmiş ürün depolarını etkin yönetmek ve ürün hareketlerinde optimizasyon sağlamak için Depo yönetim sistemleri (WMS) kullanılmaktadır.

3. DEPO YÖNETİM SİSTEMİ

3.1 Depo Yönetimi Nedir?

Depo yönetimi genel olarak karmaşık depo ve dağıtım sistemlerinin kontrolü ve etkin şekilde kullanımı anlamına gelir. Tedarik zinciri akışında müşteriye direk etkisi olan ilk süreç olarak akla gelmemesine rağmen depolar ve ürün taşıma sistemleri, üretici ve tüketici arasındaki bağlantıyı oluşturan ana unsurlardır (Hompel, 2007). Şirketlerin, müşteriler için özel hizmetler sunabileceği hatta katma-değer yaratabileceği bir süreç olarak düşünülebilir. Ramaa (2012), bitmiş ürün depolarındaki depo fonksiyonları ve bunlar arasındaki ürün hareketlerini **Şekil 3.1**'deki akış şemasında göstermektedir.



Şekil 3.1: Tipik Depo Fonksiyonları (Ramaa, 2012)

Depolar, üretim depoları (Ambar) ve dağıtım merkezi olarak iki ayrı şekilde sınıflandırılabilir. Tedarik zincirindeki rollerine göre ise hammadde depoları, yarı-mamul depoları, bitmiş ürün depoları, müşteri talebine doğrudan bağlı yerel depolar ve dağıtım depoları olarak çeşitlenmektedirler (Ramaa, 2012).

Bu çeşitliliğe sahip depoların farklı süreç ve işleyişleri bulunmaktadır fakat çoğu tesellüm, sipariş toplama, yerleştirme, adresleme, sıralama, paketleme, yükleme, nakliye gibi süreçleri içerir.

3.2 Depo Yönetim Sistemi Nedir?

Depo yönetim sistemi (WMS), kesintileri yönlendirerek depo verimliliğini artırmak ve depo işlemlerini gerçek zamanlı olarak kaydederek doğru stoku yönetmek için oluşturulmuş veri tabanlı bir bilgisayar uygulamasıdır (Ramaa, 2012).

Öncelikli amaç depo içindeki malzemelerin hareketinin ve depolanmasının kontrolünü sağlamak; nakliye, toplama, yerleştirme, adresleme, paketleme gibi depo ile ilişkili işlemleri yürütmektir.

Depolarda farklı süreçler arasındaki ürün hareketlerinin istenildiği şekilde yönetilebilmesi için depo yönetim sistemi yazılımları kullanılmaktadır.

Depo yönetim sistemleri, belirlenen algoritma setleri ve algortimaların önem sıralarına göre ilgili depo içerisinde yapılması gereken tüm ürün hareketlerinin sistemsel ve etkin bir şekilde yönetilmesine imkan vermektedir.

Depo yönetim sistemleri, genellikle mobil bilgisayarlar, barkod tarayıcıları, kablosuz LAN'lar (Yerel Alan Ağı) ve radyo frekansı tanımlama (RFID) gibi Auto ID Data Capture (AIDC) teknolojisi kullanır (Ramaa, 2012).

3.3 Depo Yönetim Sistemi Kurgulanması

Kontrol ve yönetim sisteminin tasarımı ve uygulanması depo yönetim sistemi açısından en kritik öneme sahip olan noktadır. Sistem kontrolü, sistem tasarımı ve uygulamasının tüm yönleriyle birlikte depo ve dağıtım işletimi sırasındaki sürekli sevkiyat olgusunu da değerlendirme kapsamına almak zorundadır.

Bunun yanı sıra teknik ya da mekanik bileşenler bir kerelik bir optimizasyon kapsamında planlanır (Hompel, 2007).

Depo yönetim sisteminden üretkenliği ve verimliliği arttırarak maliyetleri azaltma faydası sağlayabilmek için depo kaynaklarını etkili bir şekilde konumlandırmak gerekir. Etkili depo yönetim sistemi kurgulanmasında aşağıdaki hususlar doğrultusunda çözüm elde edilebilir (Ramaa, 2012).

- Depodaki binlerce ürün için uygun stoklama yerlerin belirlenmesi

- Depo içi operasyonlara uygun tesisin seçilmesi
    - Yükleme kapasitesinin belirlenmesi
    - Alan gerekliliklerinin belirlenmesi
- Dağıtım algoritmasının kurgulanması (FIFO, LIFO, rasgele, yığın)
- Sipariş toplama yönteminin belirlenmesi

3.4 Depo Yönetimi Sistemi İhtiyacı Nedenleri

Birçok firma verimlilik oranını ve stok devir hızını arttırmak ve depolama yönetiminde maliyetleri optimize edebilmek için depolama işlemlerini otomatikleştirmeye yönelmektedir (Ramaa, 2012).

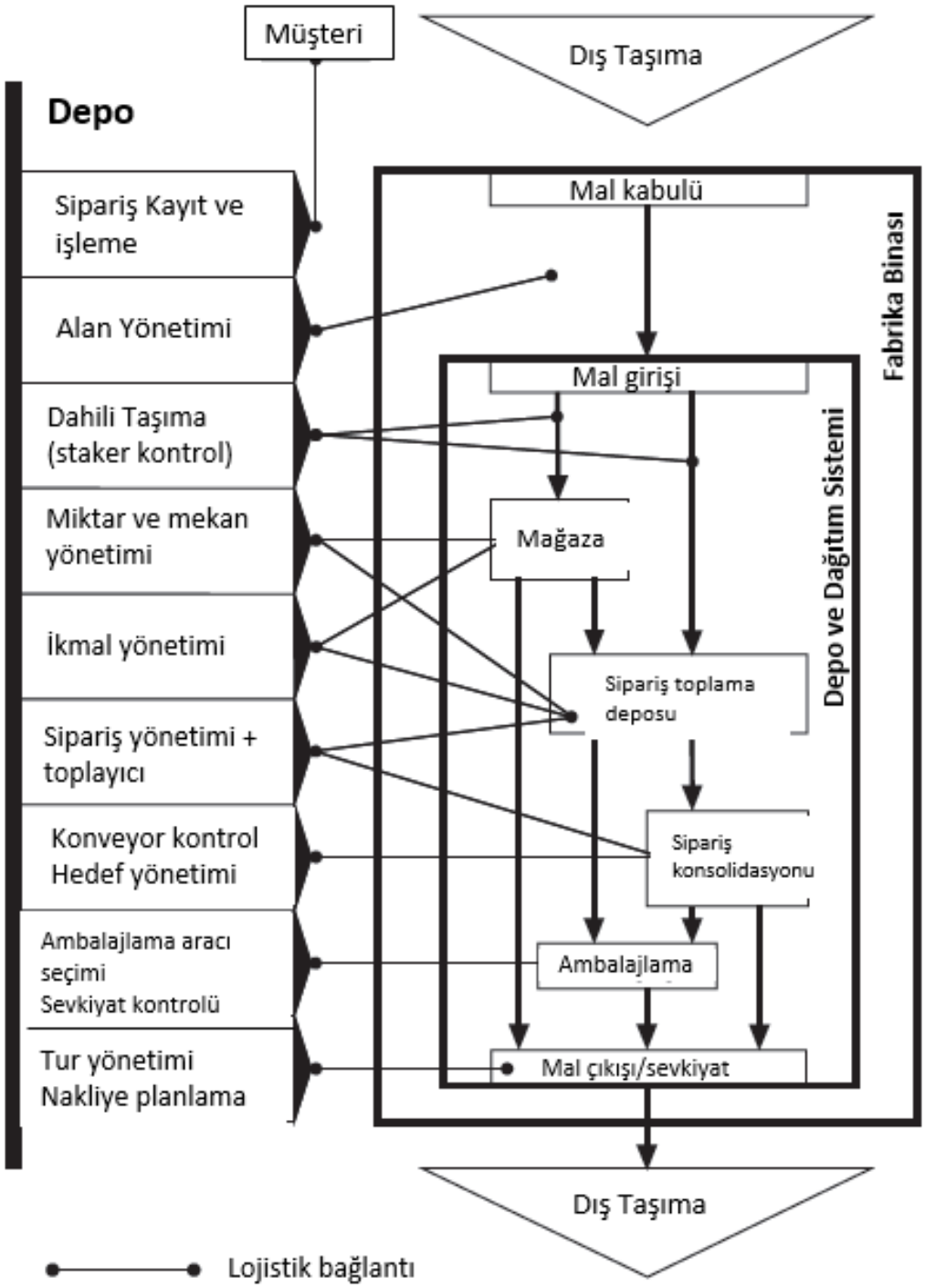
Lojistik performansın etkin ve optimal şekilde kullanılmasını sağlamak, taşıma maliyetini azaltmak, verimsiz zamanı önlemek, üretim sürecinde oluşabilecek düzensizlikleri ya da sezonsal dalgalanmaları absorbe edecek bir çözüm arayışı ve müşteriye ek hizmetler sunabilmek önemli nedenler olarak sayılmaktadır (Hompel, 2007). Şirketler, depo merkezini verimli şekilde işleterek pazarda kendine yer sağlayabilir ya da konumlarını geliştirebilirler.

3.5 Depo Yönetim Sistemi Optimizasyonu

Her WMS'in amacı güvenlik ve kesin veri işleme olmalıdır. Tedarik zinciri yönetiminin bir parçası olarak depo yönetim sistemi için de şeffaflık sürekli bir optimizasyon için temeli oluşturur. Örneğin, gereksiz yere yüksek emniyet stokuna (safety stock) eksik veritabanı, belirli bir siparişin durumu gibi belirsizlikler neden olur. Tedarik zinciri yönetimi esasında olduğu gibi sürecin takip edilebilir, izlenebilir olmasını sağlayacak şeffaf bir sistem ile bu belirsizlikler minimuma indirilir (Hompel, 2007). TZY anlayışı ile etkin ve ihtiyaca uygun depo yönetim sistemi kurgulanması ayrı değerlendirilemez.

3.6 Depo Yönetim Sistemi Fonksiyonları

Dağıtım Merkezi kullanım amacı ihtiyaca yönelik kurgulanması kapsamında çeşitlilik göstermesine rağmen tedarik zincirinde alt bir bağlantı olduğu için standart süreçler içermektedir. Bu süreçlere bağlı tüm fonksiyonlar depo yönetim sisteminin işlevlerini, sonuçlarını ve performans göstergelerini ortaya koymaktadır. **Şekil 3.2**'de depo yönetim sistemlerinin temel fonksiyonları ve rolü gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Depo Yönetim Sistemleri'nin Temel Unsurları ve Depo Operasyonlarındaki Rolü (Hompel, 2007)

3.7 Depo Yönetim Sistemlerinde Anahtar Performans Göstergeleri

Günümüzde şirketler performans ölçütleri belirleyerek performanslarını arttırmayı hedeflemekte ancak çoğu şirket ölçüm sistematiğini yanlış belirlemektedir. Aynı zamanda şirketler hatalı bir şekilde tüm performans ölçümlerini KPI olarak tanımlamaktadır. Aslında performans ölçümlerini sonuç göstergeleri ve performans göstergeleri olarak iki ana kategoriye ayırmak mümkündür (Carl, 2018)

Sonuç göstergeleri, tek bir ekibin ya da departmanın performansını göstermek yerine bütüncül bir bakışla ekiplerin toplam performansının izlenebilirliğini sağlamaktadırlar. Bu nedenle sonuç göstergeleri yöneticilerin düşük performansın sebeplerini bulmalarına imkan vermezler. Aynı şekilde organizasyon içerisinde yer alan ekiplerden hangilerinin başarılı hangilerinin başarısız performans gösterdiğini açıklamakta yetersiz kalmaktadırlar (Parmenter, 2015).

Performans göstergeleri spesifik olarak bir ekibin ya da aynı amaç için çalışan ekiplerin performanslarının ölçümlenmesine imkan vermektedir. Bu sayade, başarılı ya da başarısız performanstan sorumlu ekiplerin performanslarının net bir şekilde ölçümlenmesi mümkündür (Parmenter, 2015).

Tabi ki her gösterge önemli olmakla birlikte bazı göstergeler diğerlerinden daha fazla önem taşıdıkları için anahtar performans göstergesi (KPI) olarak adlandırılmaktadırlar (Carl, 2018).

Depo yönetim sistemleri için anahtar performas göstergelerinden en önemlisi depoda yapılan aktarma hareketi sayısıdır. Depo içi operasyonlarda verimliliği arttırabilmek için aktarma hareketi sayısının azaltılması gerekmektedir. Sevkiyat esnasında yapılan bir birim aktarma hareketi bir birim sevkiyat hareketine eşit kabul edilebilir (Tanyaş, 2017). Depoda yapılan verimsiz ürün hareketleri birim zaman ve iş gücü maliyetini arttırmaktadır. Depo yönetim sistemlerinde bir diğer önemli performans göstergesi stok adresindeki SKU çeşitliliğidir. Şirketler, depo yönetim sistemleri aracılığıyla stok adreslerindeki karışıklığı gidermek ve operasyonlarını yalınlanştırmayı hedeflemektedirler. Stok adreslerindeki SKU çeşitliliğinin azalması ile depo içerisinde istenmeyen aktarma hareketi sayısının azalması arasında doğrudan bir bağıntı bulunmaktadır. Bu nedenle işletmeler mümkün olduğu kadar stok adreslerinde ürün çeşitliliğinin az olmasını amaçlamaktadırlar. Ek olarak özellikle sürekli üretim yapan ve depolarında yüksek ürün stoku bulunan işletmeler için boş stok adresi yaratılması önem taşımaktadır. Boş stok adresi, üretilen ürünler için uygun stok adresi

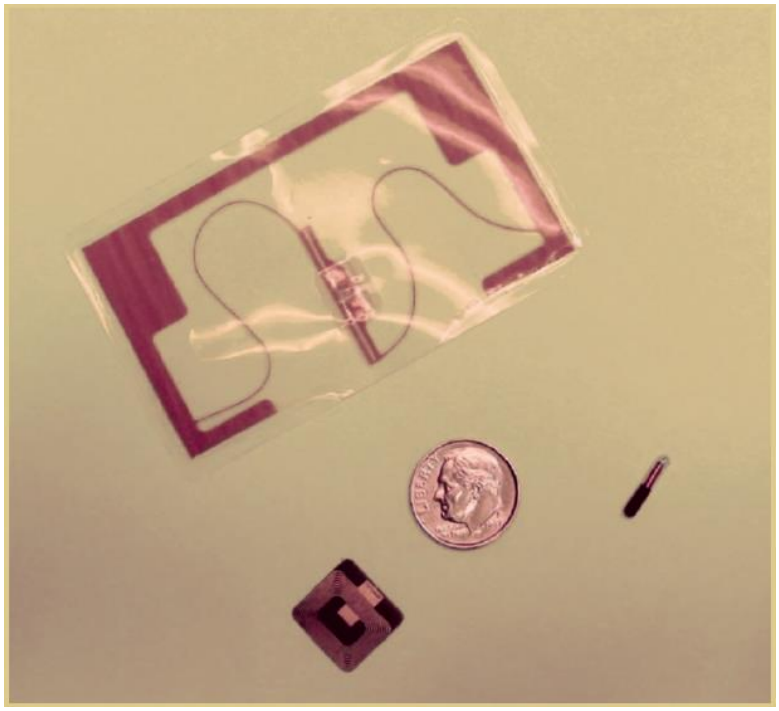
bulunmadığında stok adreslerindeki SKU çeşitliliğinin artmasının önüne geçilmesine imkan vermektedir.

İşletmeler, depo yönetim sistemlerinin verimliliğini takip etmek ve sistem darboğazlarını tespit ederek geliştirilmesi gereken süreçleri belirleyebilmek için anahtar performans göstergelerini dikkatle izlemelidirler.

4. RFID

4.1 RFID Nedir?

RFID (Radyo Frekansı Tanımlama), bir okuyucu ile nesnelere iliştirilmiş elektronik etiketler arasında veri alışverişinde bulunmak için radyo dalgalarını kullanır ve belirli bir uzaklıktan tanımlama yapmayı sağlar (Chen, 2013).



Şekil 4.1: Farklı RFID etiketleri (Want, 2006)

RFID etiketleri barkod tekniğinden farklı olarak üretici, ürün tipi, çevresel faktörler gibi ek verileri de içerecek şekilde insan yardımı olmadan bir tanımlama yapar. Barkod teknolojisinde baskılı bir etiket optik bir okuyucu tarafından okunurken, RFID teknolojisinde yarı iletken bir etiketin okuma işlemi radyo frekansı yardımıyla yapılır. Bu sayede barkod teknolojisinin aksine RFID sisteminde etiketin okunması için optik bir sisteme ihtiyaç yoktur. Bir barkod okuyucunun okuma işlemini yapabilmesi için barkodu görebilmesi gerekirken RFID etiketlerinde buna ihtiyaç yoktur. **Şekil 4.1'** de farklı RFID etiketlerine örnek verilmiştir. Wal-Mart, Tesco ve ABD Savunma Bakanlığı RFID kullanımını teşvik etmektedir.

Her biri stok, satış ve sipariş takibini kolaylaştırarak operasyonel maliyetleri düşürmek için RFID kullanarak daha rekabetçi fiyatlandırma sunmayı amaçlamaktadır (Want, 2006).

4.2 RFID Türleri ve Çalışma Prensibi

RFID aktif ve pasif olarak iki ayrı şekilde sınıflandırılır. Aktif etiketler, güç kaynağı gerektirir; entegre bir bataryada depolanan enerjiyi kullanırlar ya da bir altyapıya bağlıdırlar. Araba çalındığında yerini tespit edebilmek için arabaya bağlı hücresel teknoloji ve GPS içeren LoJack cihazı örnek aktif RFID etiketleridir (Want, 2006). Pasif RFID etiketleri, batarya ya da pil gerektirmez ve sınırsız bir kullanım ömrüne sahiptir. Bu açıdan aktif etiketlere göre daha çok ilgi çekmektedir. **Şekil 4.2**'de görüdüğü gibi pasif etiketler de anten, mikroçip, ve kılıf bölümleri mevcuttur, aktif etiketlerde bu bölümlere ek olarak batarya vardır.



Şekil 4.2: Pasif RFID Örneği

Etiketin boyutları ve şekli, kullanılan antene, kullanım alanına ve frekans değerlerine göre değişiklik göstermektedir. 1 mm'den daha küçük boyutlarda RFID etiketleri olabileceği gibi ortalama bir kitap boyutlarında da etiketler kullanılabilmektedir. Mikroçiplerin yanı sıra bazı etiketler de hafıza desteği sunmaktadır; bu etiketler ölçümler arasında kayıt yapabilmekte ve ürünlerin seri numaralarını hafızalarında saklayabilmektedirler.

RFID etiketlerin çalışma prensibi şu şekildedir: okuma ünitesi bir elektromanyetik alan oluşturur, oluşan EM alan etiketin anten bölgesinde bir akım oluşumuna sebep olur. Bu akım mikroçipi çalıştırmak için gereken enerjiyi sisteme sağlar (Want, 2006).

Pasif etiketlerde bu akım aynı zamanda bir kondensörü şarj eder; bu sayede mikroçip için kullanılacak gücün sürekliliği sağlanır.

Aktif etiketlerde ise kondensör yerine bir çeşit batarya mevcuttur. RFID etiketi okuma ünitesinden sinyali alır ve seri numarasını ya da istenilen başka bir bilgiyi cevap olarak gönderir.

RFID, geleneksel etiketleme teknolojileri kadar ucuz değildir, ancak katma değer sunar ve şu anda tüketici perakende ürünlerini yönetmek için geniş çapta

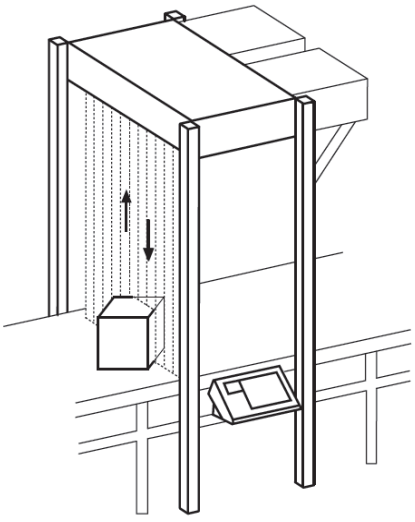
benimsemesini sağlayabilecek kritik bir fiyat noktasındadır. RFID sistemlerinin hızlı gelişimiyle birlikte geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Giriş kontrolü için havaalanı güvenliği, askeri uygulamalar, okul kartları, e-pasaportlar, kütüphaneler, elektronik eşya izleme (EAS), bagaj takibi, otopark sistemleri, araç hız-yön kontrolü, otoyol ve köprü geçiş sistemleri, bilet yönetimi, akıllı ev sistemleri, envanter takibi, bagaj taşıma ve lojistik yönetimi alanlarında kullanılmaktadır.

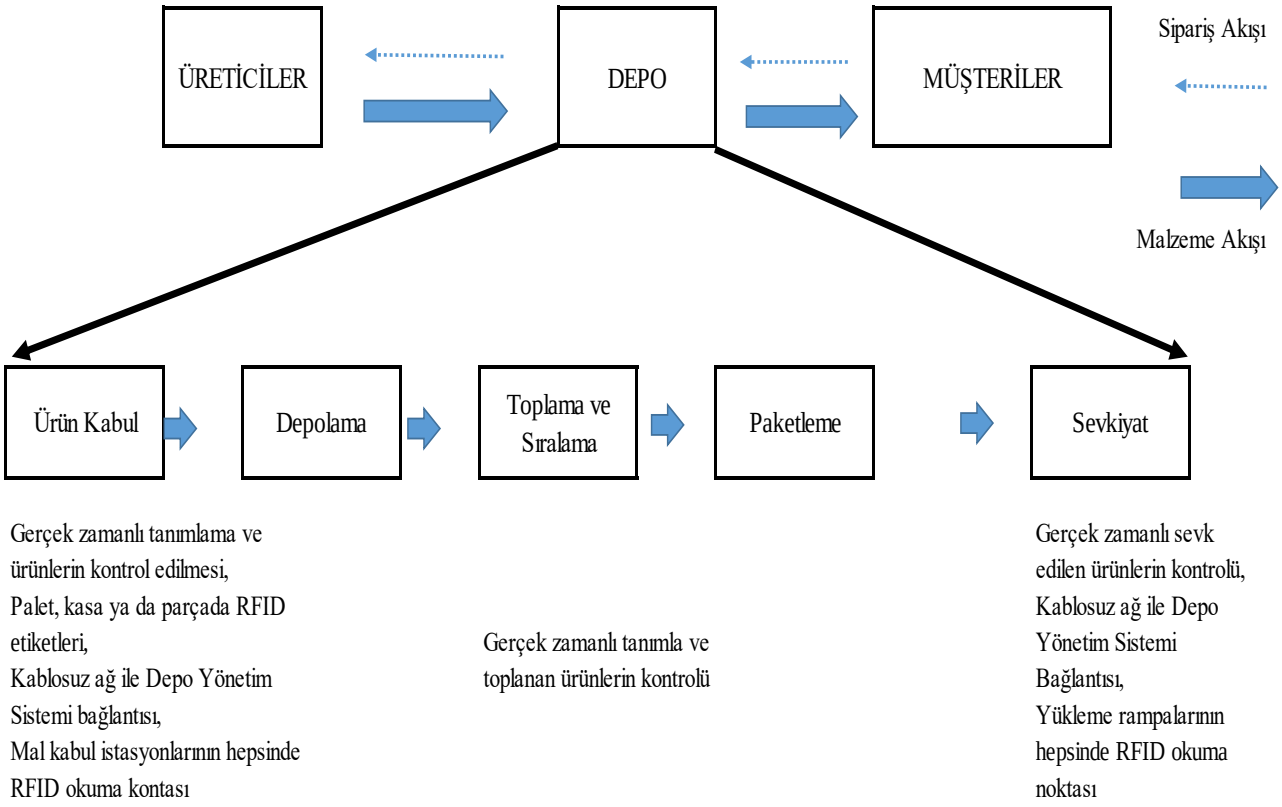
4.3 RFID – WMS Entegrasyonu

Modern depo yönetim sistemleri'nde, RFID teknolojisinin kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. RFID sistemi; ürün girişi, seçimi, kontrolü ve sevkiyatı gibi birçok operasyon için gerekli datayı otomatik olarak toplayıp ERP sistemleri aracılığıyla ambar yönetim sistemine entegre bir şekilde çalışabilmektedir. RFID sisteminin WMS için kullanılması daha efektif bir ambar yönetimine destek olur.

RFID entegrasyonu ürünlerin tedariki, stoklanması, seçimi, eşlenmesi, stoktan alınması, forkliftlerde taşınması ve sevkiyat aşamalarında geçen süreleri ve mesafeleri optimize etmeye yardımcı olur. **Şekil 4.3**'de örnek olarak gösterildiği gibi RFID kullanılarak yapılan otomatik tanıma sistemlerinin WMS altyapısı ile entegrasyonu sayesinde malzeme giriş-çıkış işlemleri, stoktaki ürünlerin kontrolü, sevkiyat aşamasında fabrika içerisinde ürünlerin çizdiği rotalar gibi verilere manuel işlemlere göre daha yüksek doğrulukla daha kısa sürede ulaşılması sağlanır.



Şekil 4.3: Birim Boyutlarının Otomatik Olarak Denetlenmesi (Hompel, 2007)



Şekil 4.4: RFID Destekli Depo Yönetim Sistemi Örnek Operasyonel Süreçleri

RFID ve WMS entegrasyonu ile çalışan örnek depo yönetim sistemi operasyonel süreçleri **Şekil 4.4**'de gösterilmektedir. Depoda paletler / kutular, RFID yeniden kullanılabilir etiketlerle tanımlanmaktadır. Her alma/toplama ve nakliye/dağıtım istasyonuna portal görevi gören bir RFID okuyucusu yerleştirilmiştir.

Barkod kodları okunabilen paletlerin / kutuların bilgileri gerçek zamanlı olarak kablosuz ağ üzerinden WMS'e iletilir. Veriler, geleneksel barkod kullanan operatörler tarafından elle toplanırken, şimdi RFID sistemi tarafından otomatik olarak toplanmaktadır. RFID teknolojisi mal giriş sürecinde; sayma ve veri girişi gibi manuel aktivitlere ihtiyaç duymaz (Hompel, 2007).

4.4 İşletmelerde RFID – WMS Entegrasyonu Uygulamaları

Günümüzde farklı alanlarda faaliyet gösteren işletmeler ürün depolarını yönetirken RFID teknolojisinden faydalanmaktadırlar. RFID ürün ve adres etiketlerinden okunan bilgiler depo yönetim sistemi programına girdi olarak alınmakta ve depoların yönetimi insan faktörü ortadan kaldırılarak sadece sistem üzerinden gerçekleştirilmektedir.

E-ticaret alanında faaliyet gösteren Amazon, sipariş emrinde yer alan ürünlerin stok adreslerinden toplanması, paletlenmesi ve sevk alanına taşınmasını işlemini Kiva sistemin geliştirdiği robotlar vasıtasıyla gerçekleştirmektedir. Firma, devasa büyüklükteki depoda uygun stok adresi ve ürünün belirlenmesi için RFID teknolojisinden faydalanmaktadır. Kiva robotlar sipariş hazırlamadıkları zamanda deponun düzenlenebilmesi ve stok adreslerindeki SKU çeşitliliğinin azaltılması için en az hareket gören ürünlerin ayrılması ve en fazla talep gören ürünlerin yükleme alanına yakın stok adreslerine taşınması görevini yürütmektedirler. Tüm süreçlerin depo yönetim sistemi (WMS) tarafından yönetildiği depoda iş verimliliği insanlı çalışmaya kıyasla **%20 ~ % 40** oranında iyileşme göstermiştir (Shung Cho, 2018).

Amerikan merkezli test ve ölçüm sistemleri üreticisi Waters, 2017 yılında Global Dağıtım Merkezi'ni açmıştır. 56.000 m^2'lik kapalı alana kurulu olan depo, çeşitli türlerde stok adreslerine –soğutuculu, dikey, yatay raflı, standart kutulu ve donduruculu- sahiptir. Depoda, **20.000** adet stok adresi ve yaklaşık **11.000** adet SKU bulunmakadır. Depo'dan yapılan yurtiçi ve yurtdışı sevkiyatların hacmi ve sevk edilen ürünler dönemsel olarak farklılık göstermektedir. Boş kutular bant sistemi ile taşınmakta ve yüklemesi yapılacağı zaman operatörün butuna basması ile hidrolik sistem hareket etmektedir. Operatörün bir önceki iş emrini bitirmesi ile butona basması arasında geçen sürede zaman kaybı yaşanmaktadır. Üretim hattına entegre edilen RFID teknolojisi ile daha önce operatörün butona basması ile başlayan kutulama prosesi, RFID teknolojisi sayesinde depo yönetim sistemi tarafından otomatik olarak başlatılmasıyla zaman kaybının önüne geçilmiştir (Batra, 2017).

Endonezya hükümeti şu anda lojistik altyapısını geliştirme faaliyetlerine odaklanmış durumdadır. Lojistik performans indeksi (LPI) ülkelerin gelişmişlik düzeyinin ve küresel anlamda rekabetçilik seviyesinin önemli bir göstergesi olarak kritik öneme sahiptir. 2016 yılı verilere göre lojistik performans indeksinde Almanya 4.23 puanla birinci sırada yer alırken 1.60 puanla Suriye son sırada ve Endonezya da **2.98** puanla **63.** Sırada yer almaktadır. Endonezya lojistik altyapısını güçlendirebilmek ve depo içi

ürün hareketlerinde verimliliği arttırabilmek için yapılan sistem geliştirme çalışmalarına destek vermektedir. Bu kapsamda; depo içi süreçlerin insan kontrolünde yönetildiği ve konveyör bant sistemi ile ürün toplaması yapılan bir depoda RFID ürün etiketi ve depo yönetim sistemi uygulaması yapılmıştır. Yapılan süreç iyileştirme çalışması ile depo içi ürün hareketlerinde verimlilik elde edilmesinin yanında envanter doğruluğu **%99** seviyesine ulaşmıştır (Azhari, 2019)

1952 yılında Sao Paulo'da kurulan Güney Amerika'nın en büyük oyuncak üreticisi firmanın 30.097 m^2'lik fabrikasında yarı mamul olarak yaklaşık **2.500** farklı SKU bulunmaktadır. Yarı mamuller metalurjik proses, boyama, enjeksiyon ve şişirme işlemlerinden birine ya da birkaçına girmekte ve tüm bu işlemlerin sonunda yarı mamullerin ürüne dönüşme süresi ortalama **4** saati bulmaktadır. Üretim süresinin büyük bir bölümünü yarı mamullerin stoklandığı stok adreslerinin bulunması ve ürünlerin stok adreslerinden montaj hattına taşınması için geçen süre oluşturmaktadır. Firma, zaman zaman montaj hattında ihtiyaç duyulan yarı mamullerin stokunun tükenmesi nedeniyle üretimi durdurmak zorunda kalabilmektedir. Firma, 2017 yılında aldığı kararla yarı mamul stoklarını anlık olarak takip edebilmek ve depo yönetiminde operasyonel verimliliğini arttırabilmek amacıyla RFID destekli ambar yönetim sistemi yatırımı yapmıştır. Sistemin devreye girmesi ile birlikte yarı mamullerin montaj hattına getirilme süresi ortalama **%37** oranında azalmış ve yarı mamullerin ürüne dönüşme süresi ortalama **2:30** saate düşürülmüştür. Aynı şekilde; yarı mamul stokları anlık takip edilmeye başlanmış ve stoksuz kalma riskinin önüne geçilmiştir (Mazur, 2017).

Yapılan literatür taraması ve sektörel bilgiler ışığında düzcam üretim sektöründe RFID destekli depo yönetim sisteminin kullanımı ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır.

RFID teknolojisinin gün geçtikçe kullanım alanı gelişmektedir. Şirketler, depo yönetim sistemlerinin verimliliğini arttırmak, süreçlerin izlenebilirliğini genişletmek ve yönetimde insan etkisini mümkün olduğu kadar ortadan kaldırmabilmek için RFID teknolojisi gibi yenilikçi çözümleri tercih etmektedirler.

5. SİMÜLASYON

5.1 Simülasyon Nedir?

Latince kökenli bir kelimeden türeyen simülasyon kelimesi, etimolojisi incelendiğinde "taklit, benzer" anlamına gelmektedir. Simülasyon; teorik ya da fiziksel bir sistemin, bilgisayar ortamında modellendikten sonra bu model ile sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi, bu sistemlerin özelliklerini ve davranışlarını bilgisayar aracılığıyla değerlendiren bir tekniktir (Batra, 2017).

Simülasyon, bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ile beraber sayısal analizlerde daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem sayesinde, bir sistemin matematiksel bir model yardımıyla bilgisayar ortamında test edilmesi mümkün olmaktadır. Oluşturulan model ile belirli değişkenlerin performansa etkisi karşılaştırılabilmektedir.

Simülasyon modelleri, yeterli data sağlanabildiği sürece hemen hemen tüm iş kollarında farklı alanlarda performans karşılaştırması yapmak ve fiili ya da teorik sistemlerin nasıl çalıştığını gözlemleyebilmek için kullanılmaktadır.

5.2 Tedarik Zincirinde Simülasyon Çalışmaları

Şirketler, tedarik zinciri organizasyonlarında maliyet azaltma ve operasyonel verimlilik artışı sağlamak üzere karar aşamalarında çoğunlukla simülasyon çalışmalarından faydalanmaktadırlar.

Güney Asya'da faaliyet gösteren gemi işletmecisi firmaların kazançlarını maksimize edecek rotaların belirlenebilmesi için 2018 yılında bir simülasyon çalışması yürütülmüştür. Simülasyon modeli altı farklı ülkede yer alan on sekiz adet liman için oluşturulmuş ve seferler sürelerine göre kısa (3-4 gün) orta (6-8 gün) ve uzun (8 günden fazla) olmak üzere üçe ayrılmıştır. MATLAB programı kullanılarak oluşturulan model ile gemi işletmecilerine en fazla geliri getirecek kısa, orta ve uzun sefer kategorileri için ideal rotalar belirlenmiştir (Sun, 2018).

Bir firmanın ürün depolarında çalışan forkliftlerin doluluk oranlarının belirlenmesi ve forklift sayısının azaltılması amacıyla bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Depoda iki vardiyada toplam yedi adet forklift ile çalışma yapılmaktadır. **Tablo 5.1**'de vardiyada çalışan forklift sayısı gösterilmektedir (Saderova, 2018)

Tablo 5.1: Depoda Çalışan Forklift Sayıları ve Çalışma Alanları

Vardiya	Çalışan Forklift Sayısı	Çalışma Alanları
I	7	-Sipariş toplama -Ürün yerleştirme -Hammadde boşaltma -Prosesler arası taşıma
II	3	-Sipariş toplama -Ürün yerleştirme -Atık yükleme

Forkliftlerin operasyon zamanları, çalışma ve durma süreleri, taşıma kapasiteleri, taşıma mesafeleri ve iş yükü dikkate alınarak kurulan model sonucunda depoda çalışan forkliftlerin doluluk oranlarının **%50**'den az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre depoda kullanılan forklift sayısının dörde düşürülmesi halinde operasyonel süreçlerin aksamadan devam edeceği değerlendirilmektedir (Saderova, 2018).

Firmalar, depo kuracakları lokasyonu belirlemeden, depo içi yerleşim planının nasıl olacağına kadar pek çok farklı konuda doğru karar verebilmek için simülasyon çalışmalarından faydalanmaktadırlar. Simülasyon çalışmalarının gerçekçi sonuçlar verebilmesinin yanında sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için modelin kavramsal tasarımının mümkün olduğunca detaylı olarak yapılması gerekmektedir (Batra, 2017)

2019 yılında PickupSimulo programı kullanılarak ideal depo boyutunun belirlenmesi ve sipariş toplama alternatiflerinin sevkiyat kapasitesine nasıl etki ettiğini analiz etmek üzere bir sümilasyon çalışması yürütülmüştür.

Depoda **558** farklı SKU bulunmakta olup, farklı boyutlarda kutulu stoklama yapılmaktadır. Firma, aşağıda özetlenen iki farklı sevkiyat alternatifinden sevkiyat kapasitesi yüksek olanı tercih etmek üzere bir model oluşturmuştur.

- Ön Hazırlıklı Yükleme : Ertesi gün sevk edilecek ürünlerin yüklemenin olmadığı gece vardiyasında, ürün stoklarına yakın bir bölgede belirlenen alanlarda hazırlanması ve yükleme vardiyasında paletlerin araçlara yüklenmesi
- Yükleme Rampasında Yükleme : Yüklemesi yapılacak araçlar fabrikaya geldiklerinde yüklenecek ürünlerin forklift ile stok adreslerinden alınarak araçların üzerine konulan paletlere yüklemesinin yapılması

Her iki alternatif için sevkiyat sırasında taşıma mesafesini düşürmek üzere ürünler SKU bazında ABC gruplarına ayrılmış ve belirlenen stok adreslerinde stoklandığı kabul edilmiştir. Ancak ön hazırlıklı yüklemede taşıma mesafesini düşürmek için stok adreslerinin ön hazırlık alanına uzaklığı baz alınırken, rampada yükleme senaryosunda stok adreslerinin yükleme rampasına olan uzaklıkları baz alınmıştır.

Yapılan çalışma neticesinde; ön hazırlıklı yükleme senaryosunun yükleme rampasında yükleme senaryosuna göre kutu bazında **%12** daha fazla yükleme kapsitesi yarattığı belirlenmiştir. Ancak depo içerisinde ön hazırlık yapılabilmesi için ayrılacak alan nedeniyle ön hazırlıklı yükleme sistemi ile çalışılması halinde **%8** stok alanı kaybı yaşanacağı tespit edilmiştir. Simülasyon çıktıları dikkate alındığı takdirde; yükleme rampasında yükleme modeli yerine ön hazırlıklı yükleme modeline geçilmesinin firmanın sevkiyat kapasitesini **%12** oranında arttıracağı ve ön hazırlıklı yükleme modeline karar verilmesi durumunda operasyonel süreçlerde aksama yaşanmaması için deponun stoklama alanının **%8** arttırılması gerektiği değerlendirilmektedir.

5.3 Excel VBA Programında Simülasyon Modellemesi

Simülasyon programları yapılmak istenilen analize göre farklılık göstermektedir. Yalnızca belli alanlarda simülasyon yapılması için spesifik olarak geliştirilen programlar olduğu gibi asıl kullanım amacı simülasyon programı olmamasına rağmen üzerinde simülasyon modeli kurulmasına imkan veren bilgisayar yazılımları da vardır. Simülasyon yazılımlarının lisans bedelinin yüksek olması ve işletmelerin genellikle sadece önemli kararlardan önce simülasyon çalışmasına ihtiyaç duymaları nedeniyle Excel VBA gibi yazılımlar tercih edilmektedir.

Programın kod yazılabilmesine imkan vermesi sayesinde Excel VBA yazılımı simülasyon yazılımı olarak da kullanılabilmektedir. Excel VBA yazılımına simülasyon modeline girdi oluşturacak datalar kaydedilir. Değişken olarak belirlenen parametreler ise program üzerinde kodlanmak süretiyle simülasyon modeli

oluşturulur. Performans sonuçları tablo ya da grafik halinde gösterilebilir. Excel VBA yazılımı son derece pratik ve kullanıcı dostu bir arayüze de sahip olup, kısa zamanda sonuç almak isteyen işletmeler tarafından tercih edilmektedir.

6. TEDARİK ZİNCİRİ RFID DESTEKLİ DEPO YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMASI: DÜZCAM ENDÜSTRİSİ

Tek yönlü ürün stoklaması yapılan endüstrilerde sevkiyat kapasitesini arttırmak amacıyla yeni bir sevkiyat algoritması geliştirilmiştir. Talebin yüksek olduğu aylarda sevkiyat kapasitesinin talebi karşılamakta yetersiz kalması nedeniyle satış kaçırma ve fazla mesai maliyeti oluşmaktadır. Bu problemin önüne geçilebilmek amacıyla yapılan sistem geliştirme çalışmasına uygulama alanı olarak düzcam endüstrisi seçilmiştir. Diğer iş kollarında olduğu gibi düzcam endüstrisinde de üreticiler depo yönetim sistemlerini yaygın olarak kullanmaktadırlar. Ancak düzcamın ürün geometrisinin zorluğu ve radyo frekanslarını yansıtma özelliğinin yüksek olması nedeniyle RFID teknolojisi, düzcam endüstrisinde kullanılamamaktaydı. Yapılan yoğun Ar-Ge çalışmaları sonrasında Dünya'da ilk kez **2017** yılında düzcam ürünleri RFID ürün etiketleri ile izlenebilir hale getirilmiştir. Depo yönetim sistemi ile RFID teknolojisinin entegrasyonu sayesinde Trakya Cam firması bitmiş ürün depolarında belirlenen algoritma setlerine göre tüm ürün hareketleri, tamamen sistemsel olarak yönetilmektedir.

Şirketlerin envanter yönetim politikası ve ürünlerin ürün çeşidine göre farklılaşmasıyla birlikte belli bir son kullanma tarihine sahip olması nedeniyle FIFO mantığı baz alınarak oluşturulan algoritma seti, sevkiyatın yoğunlaştığı dönemde talebi karşılamakta yetersiz kalabilmektedir.

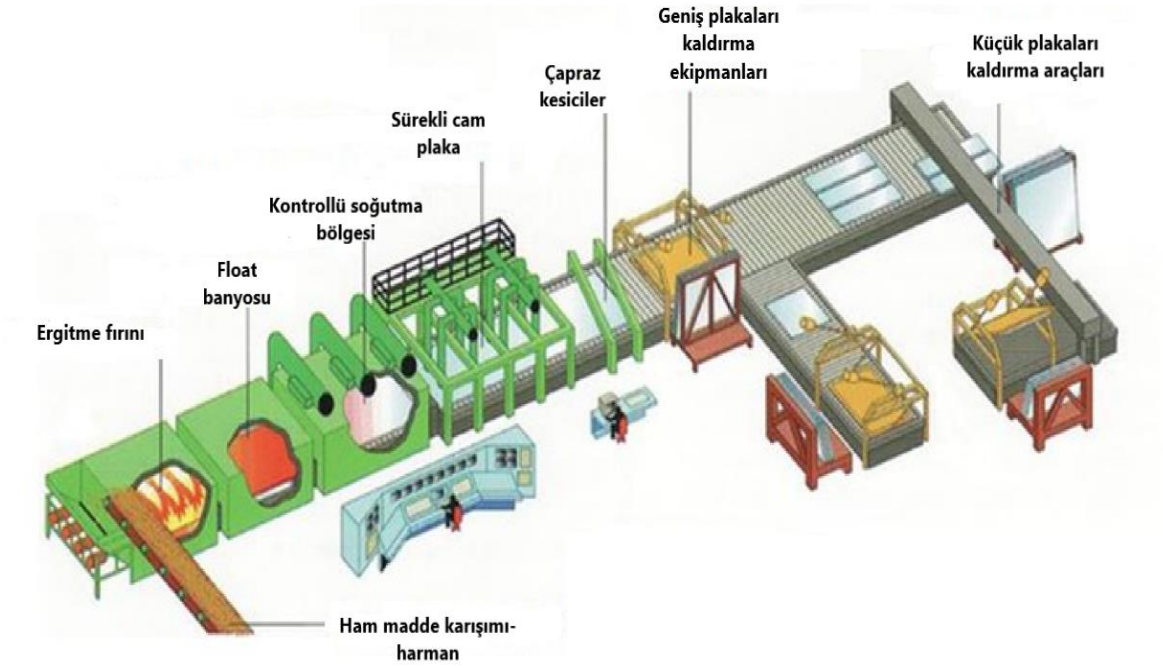
Bu nedenle bu çalışma kapamında; tedarik zinciri operasyonlarında çevik olabilmek ve müşteri siparişlerini en hızlı şekilde karşılayabilmek için yeni bir sevkiyat algoritma seti geliştirilmesi amaçlanmıştır.

6.1 Düzcam Üretimi

1952 yılında Sir Alastair Pilkington tarafından Float yönteminin keşfedilmesiyle Düzcam üretim prosesinde devrimsel bir dönüşüm gerçekleştirildi. (DiGiampaolo, 2015). Float yönetimi keşfedilmeden önce kullanılan Pittsburgh – dikey çekme prosesinde üretim kapasitesi ve üretilebilen ürün çeşidi sınırlıydı. Günümüzde Düzcam üretim fırınlarının neredeyse tamamı Float teknolojisi ile üretim yapmaktadır. (DiGiampaolo, 2015).

Düzcam üretim tesislerinin kurulumu büyük yatırım ihtiyacı gerektirmektedir. Üretim tesisinin yeri, üretilecek ürün çeşitliliği ve üretim kapasitesine göre 70 ile 200 milyon € arasında bir maliyeti bulunmaktadır (Pilkington and Flat Glass Industry, 2010).

Düzcam üretimi için sıklıkla kullanılan Float prosesi Harman, Fırın, Banyo, Tavlama, Kesme ve Ambar-Sevkiyat olmak üzere 6 aşamada özetlenebilir. Düzcam üretiminde kullanılan float üretim hattı **Şekil 6.1**'de özetlenmiştir.



Şekil 6.1: Düzcam Float Üretim Hattı

6.1.1 **Harman**

Harman, cam üretimi için hammaddelerin hazırlandığı kısımdır. Cam üretiminde üretim reçetesine göre değişiklik göstermekle beraber yaklaşık %51 oranında silika kum, %16 oranında soda, %15 oranında cam kırığı ve %13 oranında dolomit içermektedir. Düzcam üretiminde kullanılan cam kırığı üretim aşamasında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ancak harman içindeki cam kırığı oranı üretilen camın kalitesini doğrudan etkilediğinden %17'nin üzerinde bir oran Trakya Cam üretim tesislerinde uygulanmaz.

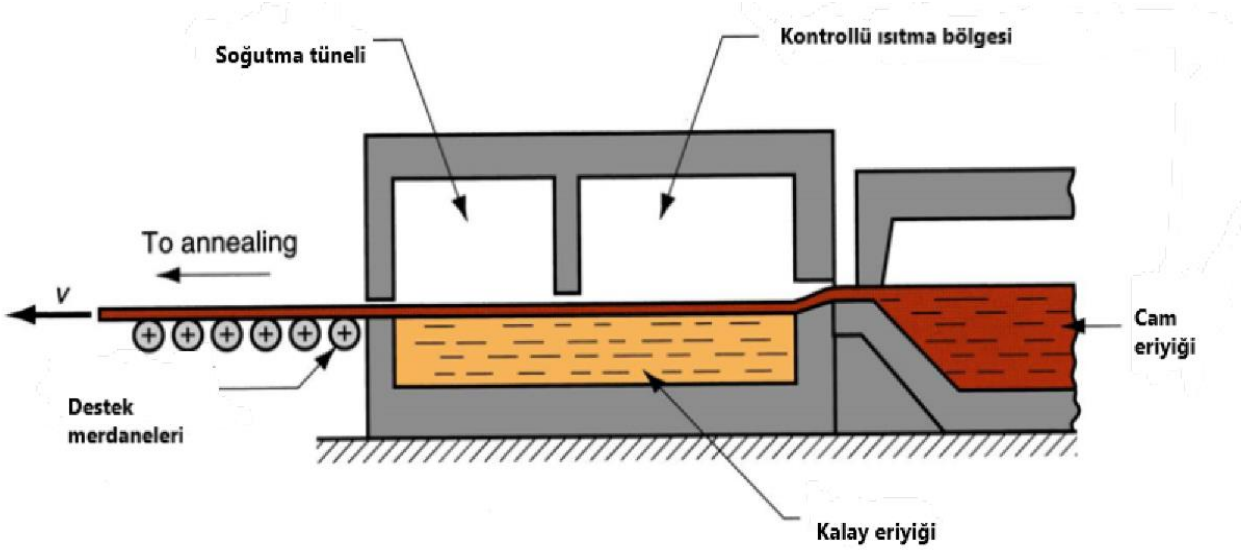
6.1.2 **Fırın**

Harmandan gelen karışım fırın depolama ünitesine konveyör bandı yardımıyla getirilir ve buradan da kontrollü bir şekilde fırına şarj edilir.

Ergitme işlemi çoğunlukla doğalgaz kullanılarak yapılır. Harman, fırında yaklaşık 1.600 ℃'de ergitilir ve fırındaki işlem tamamlandıktan sonra ergimiş cam fırının sonundan kanal vasıtasıyla kalay banyosu yapılacağı bölgeye aktarılır.

6.1.3 **Banyo**

Homojen cam ergiyinin kendisinden çok daha yoğun olan sıcak kalay eriyiği üzerinden yüzdürüldüğü bölümdür. Bu aşamada optik kalitesi yüksek, yüzeyleri düzgün ve paralel, istenilen kalınlıkta düzcam şerit halinde şekillendirilir. Kalayın oksidasyonunu engellemek amacıyla banyo içerisinde Hidrojen ve Nitrojen karışımı bulunmaktadır. Kalay ergiyiğinin yoğunluğu ergimiş camdan daha yüksek olduğu için cam, kalay eriyiğinin üst yüzeyine dağılır ve camın yüzeyinin düzleşmesi sağlanır (**Şekil 6.2**) . Bu bölümde sıcaklık yaklaşık 1.050 ℃'dir. Kalay banyosunda yüzdürme işlemi esnasında düşük viskoziteli cam yayılarak incelir. Çeşitli aparatlarla sıkıştırılarak veya gerdirilerek cam plakasının kalınlığı ayarlanır.



Şekil 6.2: Düzcam Üretiminde Yüzdürme Yönetimi (M.P. Groover, 2002)

6.1.4 **Tavlama**

Camın bünyesinde iç gerilim olmaması dolayısıyla mukavemetinin belli bir düzeyde olabilmesi için gerekli şekillendirme sonrası kontrollü soğutmanın gerçekleştirildiği kısımdır. Bu bölümde camın istenilen genişliği ve kalınlığı, operatör tarafından kontrollü program kullanılarak soğutma tünelinin ve çentik makinesinin hızlarının ayarlanmasıyla elde edilir. Cam plakasının kalınlığı 2-12 mm arasında değişebilir.

Soğutma tünelinde sıcaklık kademeli olarak düşürülerek camın düz ve paralel olması sağlanır. Sıcaklığın kademeli olarak düşürülmesiyle olası kılcak çatlaklardan da kaçınılmış olunur.

6.1.5 **Kesme**

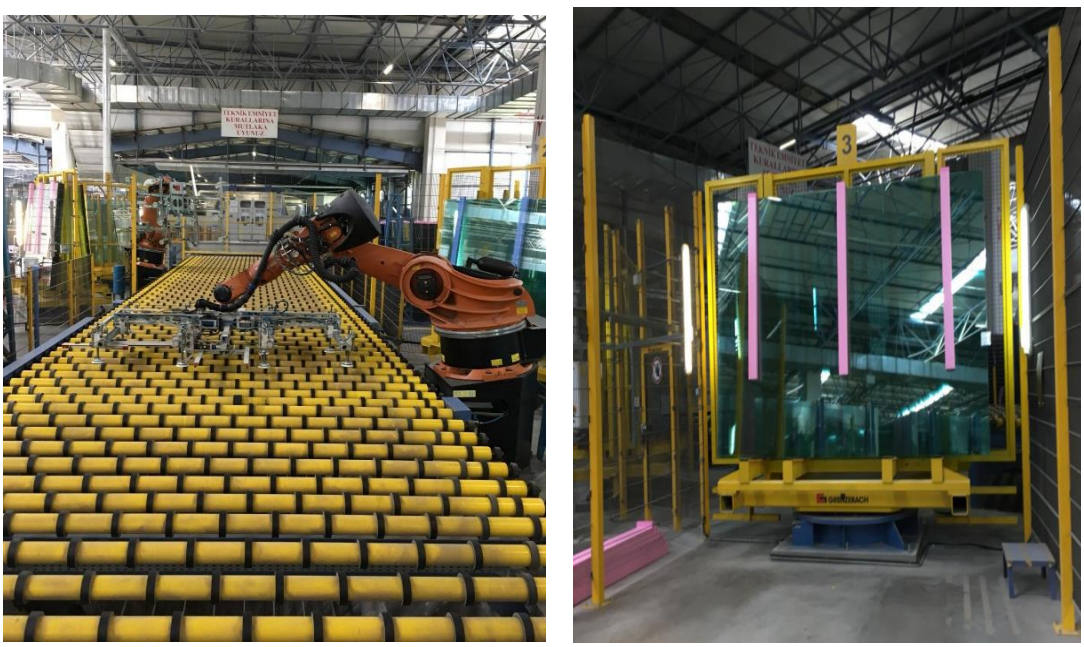
Sürekli (kesintisiz) bir hat halinde üretilen düzcamın, hat üstünde kurulu otomasyon vasıtasıyla sürekli olarak kalite kontrolünün yapıldığı, istenen ebatlara kesilerek, plakalar haline getirildiği kısımdır. Paketleme ve taşıma esnasında oluşabilecek çizikleri engellemek amacıyla plakalar arasına hat üzerinde lusit tozu serpilmektedir.

Tavlamadan gelen cam fazla soğumadan (yaklaşık 60 ℃) istenilen boyutlarda kesilir. Elmas uçlu aparatlarla inceltilen kesit hafifçe zorlanarak ayrılır.

Kesme işlemi sonrasında Jumbo (6.00 m x 3.25 m), Makine Ebadı (3,21 m x -), Split (<3.21 m x -) olmak üzere üç farklı ebat grubunda düzcamlar üretilmiş olur.

6.1.6 **Ambar – Sevkiyat**

İstenilen boyutlarda kesilen cam plakaları hat üstü robotlar vasıtasıyla toplama istasyonunda paket halinde toplanır. Sadece düzcam elleçlemek üzere kullanılan sideloader forkliftler ile istasyondan alınan ürünler stok adreslerine bırakılır. **Şekil 6.3**'te düzcam üretim hattı sonunda bulunan cam toplama istasyonlarına ait görseller bulunmaktadır.



Şekil 6.3: Düzcam Üretim Hattı Sonu



Şekil 6.4: Sideloader Forkliftler

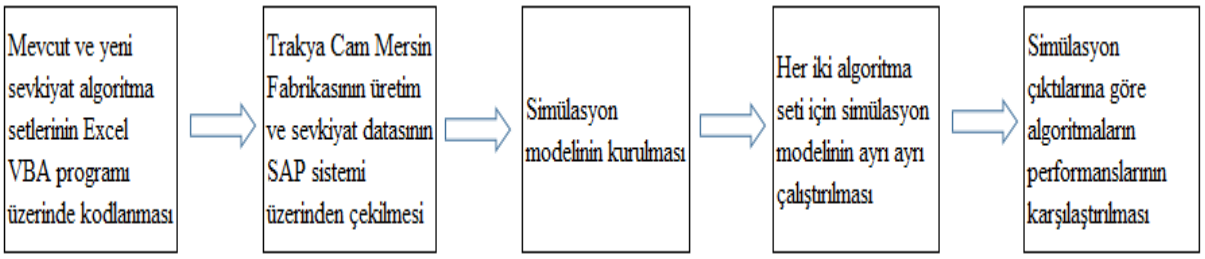
Düzcam ürünleri sevk edilecekleri zaman ilgili stok adreslerinden forkliftler ile alınarak yükleme rampasına taşınırlar. Ürünler ebatlarına göre farklı taşıma araçları sevk edilmektedir. RFID etiket okuyucu cihaz montajı yapılmış düzcam ürün elleçlemesinde kullanılan forklift **Şekil 6.4**'de gösterilmektedir.

6.1.7 **Düzcam Ürün Çeşitleri**

Düzcam ürünleri temelde mimari ve otomotiv camları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mimari camlar kendi içerisinde; enerji camları, beyaz eşya camları, ayna, renkli ve renksiz düzcam olmak üzere alt sınıflara ayrılabilir. Günümüzde özellikle ultra clear olarak adlandırılan düşük demirli ve yüksek ışık geçirgenliğine sahip ürünler yoğun olarak talep edilmekedir.

6.2 Simülasyon Modeli

Geliştirilen yeni sevkiyat algoritma setinin sevkiyat performansına etkisini simüle etmek için uygulama alanı olarak seçilen Trakya Cam firması için Excel VBA programı kullanılarak bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Simülasyon modelini oluşturmak için izlenen süreçler **Şekil 6.5**'deki iş akış şemasında özetlenmektedir.



Şekil 6.5: Simülasyon Modeli İş Akış Şeması

6.2.1 Trakya Cam RFID Destekli Ambar Yönetim Sistemi

Trakya Cam'ın yurtiçi fabrikalarına 2017 yılında RFID destekli ambar yönetim sistemi kurulumu yapılmıştır. Dünya üzerinde ilk defa düzcam ürün ambarlarında **Şekil 6.6**'da resmi bulunan RFID ürün etiketi ile ürün takibi yapılacak şekilde tasarlanan sistem ürün stoklamasından, sevkiyata kadar olan tüm hareketlerin belirlenen algoritmalar çerçevesinde karar verilerek uygulanmasına imkân vermektedir.



Şekil 6.6: RFID Düzcam Ürün Etiketi

Mevcut durumda Trakya Cam bitmiş ürün depolarında kullanılan RFID destekli depo yönetim sistemi, üretim hattından çıkan yeni ürünler ve stoklar arası aktarma hareketi yapılan ürünler için “adresleme”, sevk edilecek ürünler için “sevkiyat” olmak üzere iki farklı algoritma seti ile çalışmaktadır.

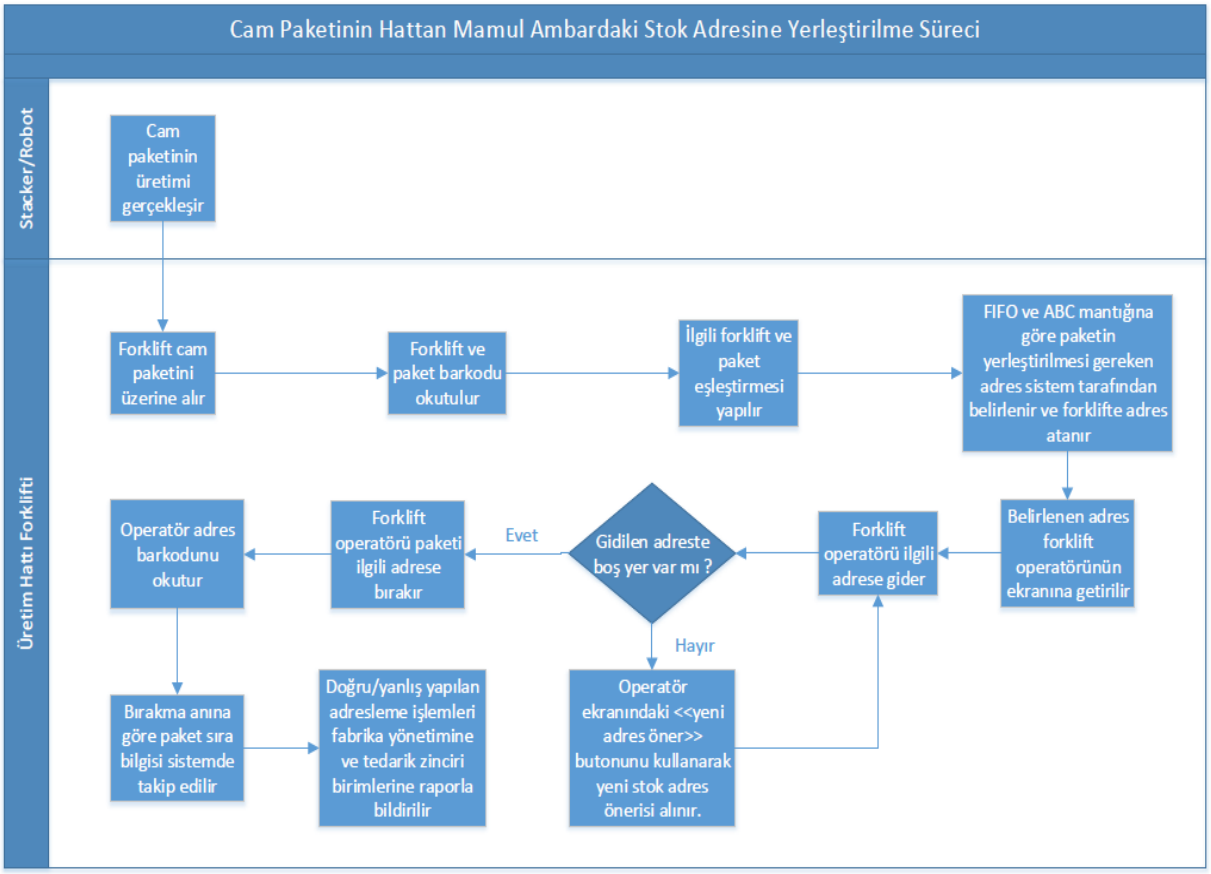
Ürünlere, üretim hattından çıktıktan hemen sonra pasif RFID ürün etiketi yapıştırılmaktadır. RFID çipinde her ürünün tekil barkodu, üretim tarihi ve saati, SKU tipi ve hangi üretim hattından üretildiği bilgisi yer almaktadır.

Üretimi tamamlanan ürünlerin bitmiş ürün stok adresine taşınması için özel olarak tasarlanmış frokliftler kullanılmaktadır. Her forklift iki farklı RFID okuyucu ve bir adet monitör donanıma sahiptir. Okuyuculardan ilki düzcam ürün etiketlerinin okunması için yerleştirilmiştir.



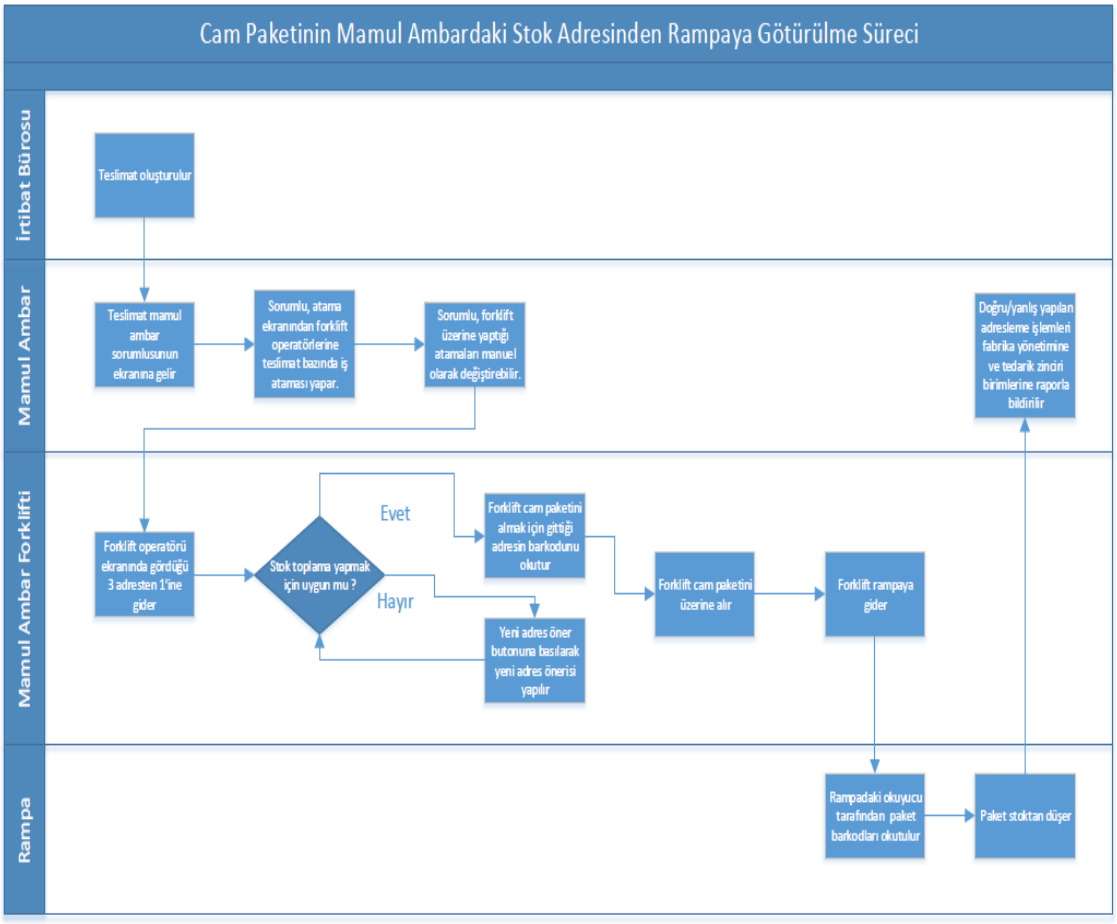
Şekil 6.7: RFID Stok Adresi Etiketi

Forklift üzerindeki ilk okuyucu anten tarafından okunan RFID ürün etiketi, depo yönetim sistemi "adresleme" algoritma seti baz alınarak değerlendirilmekte ve ilgili ürünün stoklanacağı en uygun stok adresi belirlenmektedir. Sistemin belirlediği stok adresi forklift operatörünün monitorüne yansıtılmakta ve operatörün stok adresine ürünü bırakması istenmektedir. Ürün deposunda bulunan tüm stok adresleri **Şekil 6.7**'de görseli bulunan RFID stok adres etiketleri ile sisteme tanımlanmıştır. Forklift üzerinde bulunan ikinci RFID okuyucu her bir stok adresinde bulunan RFID stok adresi tavan etiketini okumakta ve sistemin ürün – stok adresi eşleşmesini yapmasına imkan vermektedir. Aynı zamanda sistem ürünlerin RFID etiketi sayesinde stok adresi içindeki sıra bilgisini de kayıt altında tutmaktadır. **Şekil 6.8**'de ürün yerleştirme akış şemasında gösterildiği gibi belirlenen algoritmalar çerçevesinde üretim hattından çıkan ürünler stok adreslerine yerleştirilmektedir.



Şekil 6.8: Üretim Hattından Stok Adresine Ürün Yerleştirilme Süreç Akış Şeması

Şekil 6.9'deki sevkiyat akış şemasındaki adımlar her bir sevk edilecek ürün için depo yönetim sistemi tarafından takip edilerek uygulanmaktadır. Sevkiyat yapılacağı zaman da ilgili sevkiyatta yer alan SKU'ların "sevkiyat" algoritma seti baz alınarak alınması gereken en uygun stok adresi bilgisi forklift operatörüne monitör vasıtasıyla iletilir. Forklift operatörünün ilgili stok adresinden ürünü alması ile RFID stok adresi etiketi ve RFID ürün etiketi okunması ile ilgili ürün stok adresinden çıkartılmış olarak kayıt altına alınır. Forkliftin ürünü araca yüklemesi ile stok çıkışı tamamlanarak paket sevk edilmiş olarak kayıt altına alınmaktadır.



Şekil 6.9: Düzcam Ürünü Sevkiyat Süreç Akış Şeması

6.2.2 Ürün Grupları ve Stok Adres Grupları Belirlenmesi

Üretim hattından çıkan her cam pakedini yerleştirirken ve stok adresleri arasında aktarma hareketi yapıldığında "adresleme" algoritmaları kapsamında sistem stok adresi önerisi yapmaktadır.

Son bir yılda yapılan sevkiyatlar SKU bazında çoktan aza doğru listelenerek; SKU bazında ABC gruplaması yapılmıştır. Sevkiyatın ilk **%80**'nini oluştururan SKU'lar A grubu, **%15**'ini oluşturan SKU'lar B grubu, son **%5**'lik dilimini oluşturan SKU'lar C grubu olarak isimlendirilir.

Aynı şekilde sevkiyat işlemi için forkliftlerin kat ettikleri mesafe en aza indirilmek istendiği için, en çok sevk edilen ürünlerin yükleme rampasına en yakın stok adreslerine stoklanması amaçlanır. Bu nedenle stok adreslerinden rampaya en yakın olanlar A grubu, ortalama uzaklığa sahip olanlar B grubu, en uzak mesafedeki stoklar C grubu olarak belirlenir. Depo yönetim sisteminde temel amaçlardan biri SKU'ların ürün grupları ile stoklandıkları stok adreslerinin ürün gruplarının aynı olmasıdır.

Bu durum çalışmanın devamında aynı bölge olarak adlandırılacaktır. Benzer şekilde, SKU'ların ürün grupları ile stoklandıkları stok adreslerinin ürün gruplarının farklı olması durumu "farklı bölge" olarak adlandırılacaktır.

6.2.3 Mevcut Adresleme Algoritma Seti

Adresleme algoritması'nın sıralı olarak belirlenen iş kuralları aşağıdaki gibidir. Sistem sırası ile belirlenen algoritmalar çerçevesinde en uygun stok adresini belirlemeye çalışmaktadır. En üstten başlamak üzere ilgili algoritma kapsamında uygun bir stok adresi bulunamadığı durumda bir sonraki algoritma devreye girmektedir.

1. Aynı üretim lotu, aynı üretim tarihi, aynı bölge, tek SKU stok adresi
2. Aynı üretim tarihi, aynı bölge, tek SKU stok adresi
3. Aynı bölge, boş stok adresi
4. Aynı bölge, tek SKU, tarih bağımsız
5. Farklı bölge, tek SKU, tarih bağımsız
6. Farklı bölge(doğru orantı), boş stok adresi
7. Farklı bölge, herhangi bir stok adresi
8. Aynı bölge, herhangi bir stok adresi

6.2.4 Mevcut Sevkiyat Algoritma Seti

Düzcam ürün sevkiyatı yapılacağı zaman aşağıda sıralı olarak gösterilen iş kuralları çerçevesinde sistem en ugun stok adresi ve en uygun pakedi belirlemeye çalışmaktadır. En üstten başlamak üzere ilgili algoritma kapsamında uygun bir paket bulunamadığı durumda bir sonraki algoritma devreye girmektedir.

1. Farklı Bölge, FIFO, SKU'nun en çok olduğu stok
2. Farklı Bölge, FIFO,SKU'nun bulunduğu stok
3. Aynı Bölge, FIFO,SKU'nun en çok olduğu stok
4. Aynı Bölge, FIFO, SKU'nun bulunduğu stok
5. FIFO bağımsız, Farklı bölge
6. FIFO bağımsız, Aynı bölge

6.2.5 Önerilen Yeni Sevkiyat Algoritma Seti

Tez kapsamında sevkiyat kapasitesini arttırmak üzere önerilen yeni sevkiyat algoritma seti stok adresleri arasındaki aktarma hareketlerini azaltmak ve stok adreslerindeki SKU çeşitliliğini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. RFID ürün etiketleri ve RFID stok adresi etiketleri sayesinde hangi pakedin stok adresinde hangi sırada olduğu bilgisi depo yönetim sistemi kapsamında kayıt altında tutulmaktadır. Bu bilgiden yararlanılarak sadece pazarda talebin yüksek olduğu dönemde kullanılmak üzere FIFO'dan bağımsız olarak sevk edilecek SKU'ların stok adresinde ilk sıralarda olduğu

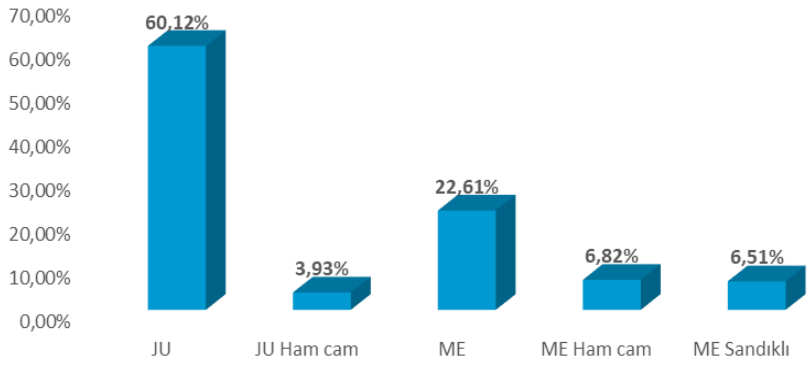
adreslerden sevkiyatın yapılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan yeni algoritma seti sırasıyla aşağıda belirtilen algoritmalara göre çalışmaktadır.

1. İlgili SKU'nun en önde ve 4* adet ürün olan stok adresleri,FIFO
2. İlgili SKU'nun en önde olduğu stok adresleri,FIFO
3. İlgili SKU'nun öne en yakın olduğu ve 4 adet ürün olan stok adresleri (yakınlık sırasına göre),FIFO

6.2.6 Mersin Fabrikası Mevcut Durum Analizi

Mersin Fabrikası MSP'ye 20 kilometre uzaklıkta olup, 2018 yılı sevkiyat tonajı baz alındığında Trakya Cam'ın ihracat kapasitesinin %40'ını tek başına karşılamaktadır. Aynı zamanda firmanın Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerine en yakın fabrikası olan Mersin Fabrikası'nın stoklarında 1.213 farklı SKU bulunmaktadır. Firma, diğer üretim tesislerinin üretebildiği düzcam ürünlerini de ihraç edebilmek için Mersin Fabrikası'na dahili taşıma ile taşımaktadır. Dolaysıyla bitmiş ürün deposu son derece çeşitli ürünlerin yer aldığı karışık bir sistem olarak öne çıkmaktadır. Mersin Fabrikası'nın bitmiş ürün deposunda 675 adet ürün stok adresi bulunmaktadır.

28.12.2018 tarihinde Mersin Fabrikası'nın bitmiş ürün stok seviyesi yaklaşık 45.000 ton (~18.000 paket) seviyesindedir. Düzcam ürünlerinin çeşitlerine göre stok içindeki payı **Şekil 6.10**'daki grafikte görülebilmektedir.



Şekil 6.10: Merin Fabrikası 28.12.2019 Ürün Stokları

**Bir sideloader forkliftin taşıyabileceği maksimum paket sayısı*

6.2.7 **Simülasyon Modelinin Oluşturulması**

Simülasyon çalışması Excel VBA programı kullanılarak yapılmıştır. Programın analiz kabiliyeti baz alınarak analiz çalışması için **62** günlük bir periyod seçilmiştir. Simülasyon modeli aşağıdaki girdi ve değişkenler kullanılarak oluşturulmuştur.

Simülasyon modeli girdileri belirlenirken çalışmaya uygulama alanı olarak seçilen Trakya Cam Mersin Fabrikasının bitmiş ürün deposundaki tüm ürün hareketlerini içeren üretim ve sevkiyat datası kullanılmıştır. Mevcut sevkiyat algoritma seti ve geliştirilen yeni sevkiyat algoritma seti simülsyon modelinin değişkenlerini ifade etmektedir. Simülasyonun çıktıları, farklı endüstriler için depo yönetiminde anahtar performans göstergeleri olan kabul gören aktarma hareketi sayısı, stok adresindeki SKU çeşitliliği sayısı ve boş stok adresi sayısı olarak belirlenmiştir.

Simülasyon Modeli Girdileri

- Sevkiyat Datası
- Üretim Datası

Simülasyon Modeli Değişkenleri

- Mevcut Sevkiyat Algoritma Seti
- Geliştirilen Yeni Sevkiyat Algoritma Seti

Simülasyon Çıktıları

- Aktarma Hareketi Sayısı
- Stok Adresindeki SKU Çeşitliliği Sayısı
- Boş Stok Adresi Sayısı

Tablo 6.1'da gösterildiği gibi üretimden çıkan paketler için 15.683 satırlık üretim datası hazırlanmıştır.

Tablo 6.1: Simülasyon Programı Üretim Datası

Kod	SKU	Ebat grubu	SKU GRUBU	Giriş tarihi	Giriş saati	Malzeme	Kalan Miktar
10000	C2010840S600MC007	JU	C	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----084060003210CS0007	0
10001	C2010840S600MC007	JU	C	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----084060003210CS0007	0
10002	C1000600SM250C02(	ME	B	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-E-Z-----060032102500CS0020	0
10003	C2010840S600MC007	JU	C	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----084060003210CS0007	0
10004	C2000400S600MC014	JU	A	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----040060003210CS0014	0
10005	C2000600SM250C02(	ME	C	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----060032102500CS0020	0
10006	C2000600SM225T018	ME Sandıklı	C	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----060032102250TS0018	0
10007	C2000400SM250C035	ME	B	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----040032102500CS0035	0
10008	C2000400SM250C035	ME	B	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----040032102500CS0035	0
10009	C2000400SM250C035	ME	B	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-U-Z-----040032102500CS0035	0
10010	C1000800S600MC006	JU	C	29.01.2019	0,999305556	K1-RZ-E-Z-----080060003210CS0006	0

Aynı şekilde **Tablo 6.2**'de gösterildiği gibi sevk edilecek SKU'lar için aşağıdaki formatta sevk datası hazırlanmıştır.

Tablo 6.2: Simülasyon Programı Sevk Datası

* Bu dosyada lokasyonlar her zaman doğru sıralı olmalı.

SKU NO	Ebat Grubu	SKU Grubu	Üretim Tarihi	Sehpa Zone	Sehpa Lokasyon Grubu	Sehpa kapasite	Sehpa Lokasyonu 2	Miktar	Sehpa içi sıra no
F1040800TM250C015	ME	A	17.02.2019	ME	A	42	A20	1	5
F1040800TM250C015	ME	A	17.02.2019	ME	A	42	A20	1	6
F1040800TM250C015	ME	A	17.02.2019	ME	A	42	A20	1	7
F1040800TM250C015	ME	A	17.02.2019	ME	A	42	A20	1	8
F1040800TM250C015	ME	A	17.02.2019	ME	A	42	A20	1	9
F1040800TM250C015	ME	A	17.02.2019	ME	A	42	A20	1	10
F1040800TM250C015	ME	A	17.02.2019	ME	A	42	A20	1	11

Şişecam Bilgi Teknolojileri Başkanlığı IT uzmanları "adresleme", "mevcut durum sevkiyat" ve "önerilen sevkiyat" algoritmalarını Excel VBA programı üzerinde kodlamışlardır. Hazırlanan data, ilgili program üzerinden iki farklı senaryoya göre ayrı ayrı koşturulmuş olup, performansları karşılaştırılmıştır.

6.2.8 **Farklı Algoritma Setlerinin Simüle Edilmesi**

6.2.8.1 Mevcut Adresleme ve Sevkiyat Algoritmaları ile Modelin Çalıştırılması

Simüle edilen iki aylık dönem sonunda mevcut algoritma setleri ile yapılan analizin sonuçları **Tablo 6.3**'te gösterilmektedir.

Tablo 6.3: Mevcut Durum Sonuç Analizi

KPI	Bitiş	Başlangıç
Sevkiyat Hareketi	19.196	0
Aktarma Hareketi	21.844	0
Yerleştirme Hareketi	16.065	0
Boş Stok Adresi Sayısı	6	73
Stok Adresi Üzerindeki SKU Çeşidi Sayısı	4,95	4,4

İki aylık simülasyon döneminde toplam **21.844** adet cam pakedi stoklar arasında aktarma yapılmak zorunda kalınmıştır. Bu sonucun sebebinin; depo yönetim sisteminin mevcut algoritma seti ile SKU bazında en eski üretim tarihli camı bulacak şekilde çalışması ve üretim tarihi eski olan camların çoğunlukla stok adreslerinde geride olmalarından kaynaklı olarak aktarma hareketi ihtiyacının fazla olması olduğu değerlendirilmektedir.

Aktarma hareketinin fazlalaşması stok adresindeki SKU çeşitliliğini arttırmaktadır. SKU çeşitliliğinin artması ileride daha fazla aktarma hareketi ihtiyacını doğurmakta ve operasyonel süreçlerin yürütülmesini zorlaştırmaktadır. Düzcam ürünlerinin stok adresleri arasındaki aktarma sayısı arttıkça kırılma olasılığı da artmaktadır.

Analizin sonlandırıldığı anda boş stok adresi sayısı **6**'ya kadar gerilemiştir. Bunun temel sebebi bitmiş ürün stok seviyesinin ve stok adreslerindeki SKU çeşitliliği sayısının artması nedeniyle depo yönetimi sisteminin üretilen düzcam paketlerini stoklayacak uygun stok adresi bulamıyor olması ve boş stok adreslerini kullanma eğiliminin artması olduğu değerlendirilmektedir. Boş stok adresi sayısı azaldıkça sistemin verimli olarak çalışması zorlaşmakta ve istenmeyen ürün hareketleri yapılabilmektedir.

6.2.8.2 Mevcut Adresleme ve Önerilen Sevkiyat Algoritmaları ile Modelin Çalıştırılması

RFID ürün ve stok adres etiketleri sayesinde SAP üzerinde tüm cam paketlerinin hangis stok adresinde ve kaçıncı sırada olduğu bilgisi mevcuttur. Bu bilgiden faydalanılarak sevk edilmek istenen SKU'nun en önde olduğu stoklardan başlamak üzere forklift operatörlerine iş emri olarak atanması için önerilen yeni sevkiyat algoritma seti ile yapılan analiz çalışmasının sonuçları **Tablo 6.4**'te gösterilmektedir.

Tablo 6.4: Önerilen Algoritma Sonuç Analizi

KPI	Bitiş	Başlangıç
Sevkiyat Hareketi	19.177	0
Aktarma Hareketi	20.600	0
Yerleştirme Hareketi	16.074	0
Boş Stok Adresi Sayısı	12	73
Stok Adresi Üzerindeki SKU Çeşidi Sayısı	3,68	4,4

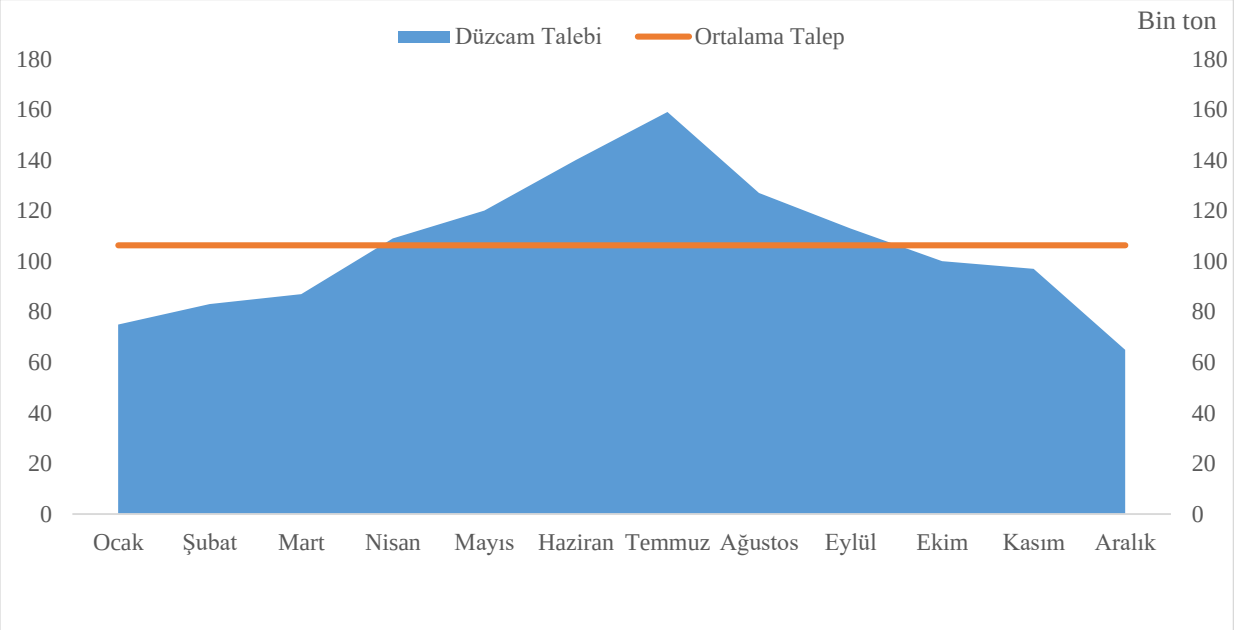
Depo yönetim sistemi, önerilen sevkiyat algoritma seti ile çalıştırıldığında aktarma hareketi sayısı 20.600'e düşmektedir. Stok adresi içindeki sıra bilgisinin ve önerilen yeni sevkiyat algoritmasının aktarma hareketlerini azalttığı değerlendirilmektedir.

Stok adresleri arasındaki aktarma hareketlerinin azalması stok adreslerindeki ortalama SKU çeşitliliğinin de azalarak **3,68**'e düşmesine imkan vermiştir. Stok adreslerindeki SKU çeşitliliğinin azalması daha düzenli bir bitmiş ürün deposu ve ilerleyen dönemde daha az aktarma hareketi ihtiyacı demektir.Stok adresleri arasındaki aktarma hareketlerinin azalması stok adreslerindeki ortalama SKU çeşitliliğinin de azalarak **3,68**'e düşmesine imkan vermiştir. Stok adreslerindeki SKU çeşitliliğinin azalması daha düzenli bir bitmiş ürün deposu ve ilerleyen dönemde daha az aktarma hareketi ihtiyacı demektir.

Boş stok adresi sayısı, analizin başlangıç noktasına göre azalmış olmasına rağmen mevcut durum algoritma seti ile yapılan simülasyona göre daha fazladır. Stok seviyesinin artmasına paralel olarak analiz çalışmasının sonunda boş stok adresi sayısı **12** olarak hesaplanmıştır.

6.2.9 **Ekonomik Fayda Analizi**

Taze ürün üreticileri haricinde hemen hemen tüm iş kollarında depo yönetim sistemileri FIFO kuralını baz alarak çalıştırılmaktadır. Kurgulanan sistemler, yıl genelinde istenilen performansı sağlamada yeterli olmasının yanında ürünlerin son kullanma tarihi geçmeden sevk edilmesinde de önemli rol oynamaktadır. Ancak pazar talebinin dönemsel olarak değişebildiği endüstrilerde siparişin yüksek olduğu aylarda talebi karşılayabilmek için sevkiyat kapasitelerinin arttırılmasına ihtiyaç vardır. **Şekil 6.11**'de uygulama alanı olarak seçilen düzcam endüstrisinin aylık talebi ve yıl geneli ortalama talebi gösterilmektedir. 2018 Düzcam Talep Grafiği'nde görüldüğü gibi düzcam talebinin yoğunlaştığı Mayıs – Ağustos ayları arasındaki dönemde, zaman zaman sevkiyat kapasitesi talebi karşılamakta yetersiz kalmakta ve bunun fazla mesai ve satış kaçırma maliyetlerine sebep olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 6.11: 2018 Yılı Düzcam Talep Grafiği

Önerilen yeni sevkiyat algoritması ile yapılan simülasyon çalışması çıktıları dikkate alınarak Trakya Cam Mesin Fabrikası için talebin yüksek olduğu dört aylık dönemde depo yönetim sisteminde yeni sevkiyat algoritması kullanıması durumunda elde edilebilecek ekonomik fayda **Tablo 6.5**'de gösterilmektedir.

Tablo 6.5: Ekonomik Fayda

	Değer	Birim
Yeni Sevkiyat Algoritmasının Kullanılacağı Dönem	4	ay
Mayıs - Ağustos Dönemi Ortalama Sevkiyat Miktarı	23.400	ton/ay
Sevkiyat Kapasitesi Artış Oranı	6%	
Kapasite Artışı Sonrası Yapılabilecek Ortalama Sevkiyat Miktarı	24.804	ton/ay
Dört Aylık Dönemde Yapılabilecek Fazla Sevkiyat Toplamı	5.616	ton
Düzcam Ortalama Satış Fiyatı	117	TL/ton
Dört Aylık Dönemde Toplam Satış Cirosu Artışı	**657.072**	**TL/ton**

Mayıs – Ağustos ayları arasında yeni sevkiyat algoritmasının kullanılması halinde **5.616** ton daha fazla ürün sevkedilmesi mümkün olmaktadır. Düzcam ürünü satış fiyatı ürünlerin niteliğine göre değişmekle birlikte en çok satılan ürün için 2019 yılı Ocak ayı satış fiyatı **117 TL/ton**'dur. Depo yönetim sistemi algoritmasında yapılması önerilen geliştirme çalışması neticesinde söz konusu dört aylık dönemde ek iş gücüne ihtiyaç duyulmadan toplam **657.072** TL daha fazla satış cirosu yapılabileceği değerlendirilmektedir.

7. SONUÇ

Tek yönlü stoklama yapılan endüstrilerde sevkiyat kapasitesini arttırabilmek amacıyla yeni sevkiyat algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen sevkiyat algoritması bilgisayar ortamında simüle edilmiş ve mevcut sevkiyat algoritmasına kıyasla ek sevkiyat kapasitesi oluşturduğu tespit edilmiştir.

Düzcam talebinin arttığı aylarda ihtiyaç duyulan yüksek sevkiyat kapasitesine ulaşabilmek üzere önerilen yeni sevkiyat algoritması ile mevcut sevkiyat algoritmasının performansları analiz edilmiştir. Analiz çalışması, Mersin Fabrikası'nın 28.12.2018 – 28.02.2019 tarihleri arasındaki tüm üretim ve sevkiyat verileri kullanılarak Excel VBA programında yapılmıştır.

RFID ürün etiketi kullanımı ile ürünlerin stok adresindeki sıra bilgisinden faydalanılarak; stok adresindeki sıra bilgisine göre elleçleme sayısını azaltabilecek yeni algoritma seti ile mevcut durum algoritma setinin aktarma hareketi sayısını nasıl etkilediği irdelenmiştir.

Simüle edilen iki aylık dönemde önerilen yeni sevk algoritması ile çalıştırılan depo yönetim sistemi (WMS) Mersin Fabrikası'ndaki aktarma hareketi sayısını yaklaşık **%6** oranında iyileşmiştir. Buna bağlı olarak; yeni sevkiyat algoritma setinin bitmiş ürün deposunda daha az aktarma hareketine gereksinim duyması sebebiyle sevkiyat kapasitesinin arttırılmasına olumlu etki edeceği değerlendirilmektedir.

Ayrıca yeni sevkiyat algoritma seti ile yapılan simülasyon çalışması sonucunda stok adresindeki SKU çeşitliliği **%16** oranında azalmış olup bitmiş ürün deposu daha yalın bir hale gelmiştir.

Stok adreslerindeki SKU çeşitliliğinin azalması bitmiş ürün deposunun daha düzenli hale gelmesini sağlamakla birlikte ilerleyen dönemde sevkiyat yapılırken ihtiyaç duyulacak aktarma hareketlerinin de minimize edilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak siparişin sevkiyat kapasitesinin üzerine çıktığı dönemde kullanılmak üzere önerilen yeni sevkiyat algoritma setinin, bitmiş ürün deposundaki aktarma hareketi sayısını ve stok adreslerindeki SKU çeşitliliğini azalttığı tespit edilmiştir. Yeni sevkiyat algoritma setinin depo yönetim sistemi (WMS)'ne entegre edilmesi ve yüksek sevkiyat kapasitesine ihtiyaç duyulan dönemde kullanılması halinde sevkiyat

kapasitesinin artmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Diğer yandan yeni algoritma setinin Türkiye gibi enflasyon oranının yüksek olduğu ülkelerde satılan malın maliyetini arttıracak olması ve stok değerlerini düşük göstereceği için Şirket bilançosunda bir miktar olumsuz görünüme sebep olacağı değerlendirilmektedir.

Tez çalışması kapsamında sevkiyat kapasitesini arttırmaya yönelik olarak önerilen yeni sevkiyat algoritmasına ek olarak yeni bir adresleme algoritması geliştirme çalışmasının da yürütülebileceği değerlendirilmektedir. Geliştirilebilecek yeni adresleme algoritması ile sevkiyat esnasında yapılmak zorunda kalınabilecek aktarma hareketlerinin henüz ürün stoklaması sırasında değerlendirilmesi ve aktarma hareketine en az ihtiyaç duyulacak şekilde ürünlerin adreslemesinin yapılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. **Azhari Bayu Rahmad.**, **Awangga Rolly Maulana.** (2019), "RFID Based Conveyor Belt for Improve Warehouse Operations"
2. **Batra Rushil (2017), "**Operational Analysis of an Inventory Location Optimization Algorithm and RFID Implementation in a Distribution Center"
3. **Blackstone John H., Cox James F.** (2004), American Production and Inventory Control Society. APICS, USA
4. **Carl Frost** (2018), "Operational Management Trough Key Performance Indicators"
5. **Chawla V., Sam D.** (2007), "An Overwiev of Passive RFID", *IEEE Applications & Practice*
6. **Chen J.C., Cheng C.H., Huang P., Wang K. J., Huang C.J, Ting T.C,** (2013), "Warehouse management with lean and RFID application, a case study", Springer
7. **Cooper M. C., Lambert M. D., and Pagh J. D.** (1997) "Supply Chain Management: More Than a New Name For Logistics", *The International Journal of Logistics Management,* Volume 8 No.1
8. **Doğan, H., Çağlar, M.** (2016), Use of Radio Frequency Identification Systems on Animal Monitoring, SDU International Journal of Technological Science, Vol 8.
9. **Felekoğlu Burak**, "Alternatif Yapı Malzemeleri- Yapılarda Cam Kullanımı", Dokuz Eylül Üniversitesi
10. **G. DiGiampaolo, R. Tiwary** (2015), "Flat Glass Production Using the Float Process", PPG Flat Glass.
11. **Hompel, M., Schmidt** (2006), T., Warehouse Management-Automation and Organization of Warehouse and Order Picking Systems, Springer Berlin Heidelberg New York

12. **Hompel M., Schmidt T.** (2007), "Warehouse Management", *Springer*
13. **Jechlitschek, C.** (2006), A Survey Paper on Radio Frequency Identification Trends.
14. **Jinesh Jain, G. S. Dangayach, G. Agarwal, Soumya Banerjee** (2010), "Supply Chain Management: Literature Review and Some Issues", *Journal of Studies on Manufacturing*, Vol.1-2010/Iss.1, s. 11-25
15. **K. Burrows, V. Fthenakis** (2015), "Glass Needs for a Growing Photovoltaics Industry", Colombia University.
16. **Lambiase A., Mastrocinque E., Miranda S., and Lambiase Alfredo** (2013), "Strategic Planning and Design of Supply Chains: a Literature Review", *International Journal of Engineering Business Management,* Vol. 5 No.49
17. **Lehmacher W.** (2017), "The Global Supply Chain, How Technology and Circular Thinking Transform Our Future", Springer
18. **Lorenc Augustyn, Lerher Tone** (2019), "Effectiveness of Product Storage Policy According to Classification Criteria and Warehouse Size"
19. **Maraşlı, F., Çıbuk, M**. (2015), "RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları", BEU Journal of Science.
20. **Mazur Isis** (2017), "Use of Information and Communication Technology in Logistics Operations of Storage: A Case Study of Application in Industry of Toys"
21. **Mentzer J., Dewitt W., Keebler J., Min S., Nix N., Smith C., AND Zazharia Z.** (2001), "Defining Supply Chain Management", *Journal of Business Logistics,* Vol.22 No.2
22. **M.P. Groover** (2002), "Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems", John Wiley & Sons.
23. **M. Svoboda, J.Soukup, M. Sapieta** (2018), "Improving the Quality of Cutting Flat Glass"
24. **Ngai, E.W.T., Laren, K.L.M., Frederick, J.R., Candace, Y.Y.** (2008), "RFID Research: An Academic Literature Reviwe and Future Research Directions"

25. **Parmenter, D.**, (2015) Key Performance Indicators - Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. u.o.:WILEY.
26. **Ramaa A., K.N. Subramanya, T.M. Rangaswamy** (2012), "Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain", *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 54– No.1
27. **Saderova Janka, Marasova Daniela, Gallikova Jana** (2018), "Simulation as Logistic Support to Handling in the Warehouse: Case Study"
28. **Scott Joshua** (2018), "An Analysis of Coordination, Communication and Collobration of Information in the Warehouse"
29. **Sun Ling, Liu Wei** (2018) "Cruise Route Simulation Designs for South Asia"
30. **Tanyaş, M.** (2017), "Depo Yönetimi", Maltepe Üniversitesi.
31. **Xu, H., Weivei, S.** (2017), A Novel Algorithm L-NCD for Redundant Reader Elimination in P2P-RFID Network, Journal of Algorithms & Computer Technology.
32. **Want R.** (2006), "An Introduction to RFID Technology", Pervasive computing,
33. Flat Glass Industry (2010), Pilkington compoany documents.
34. Milli Eğitim Bakanlığı (2013), "Cam Türleri ve Camı Oluşturan Oksitler", Ankara.
35. Cam Teknolojisi-Oksit Camları, Erciyes Üniversitesi, http://aves.erciyes.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=8&USER=7395
36. "http://www1.cse .wustl.edu/~jain/cse574-06/index.html", 2006.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad **: Görkem Canpolat**

Doğum Tarihi ve Yeri **: 27.02.1990 - İstanbul**

E-posta **: gcanpolat@sisecam.com**

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2014, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2014 yılında Bosch firmasında Ar-Ge departmanında Proje Öğrencisi olarak çalışmıştır.
- 2014 yılından beri Trakya Cam Yönetim ve Satış Merkezi'nde Tedarik Zinciri Geliştirme Şefi olarak çalışmaktadır.
- 2016 yılından beri İstanbul Tenik Üniversitesi'nde İşletme Yüksek Lisans eğitimini sürdürmektedir.