

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON SEKTÖRÜNDE BİR DEPO TASARIMI UYGULAMASI

Ayşen ÖZTOPRAK
221122202

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Atiye TÜMENBATUR

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Haziran, 2025

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON SEKTÖRÜNDE BİR DEPO TASARIMI UYGULAMASI

Ayşen ÖZTOPRAK

221122202

ORCID: 0009-0008-6794-1442

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Atiye TÜMENBATUR

İstanbul

T.C. Maltepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Haziran, 2025



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

AYŞEN ÖZTOPRAK'ın "Endüstriyel Otomasyon Sektöründe Bir Depo Tasarımı Uygulaması" başlıklı tezi 26.06.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans/Doktora/Sanatta Yeterlik tezi oy birliğiyle/oy çokluğuyla, başarılı/başarısız olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Dr.Öğr.Üyesi Atiye TÜMENBATUR (Danışman) Maltepe Üniversitesi	
Üye	Dr.Öğr.Üyesi Pınar GÜROL İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Burak KÜÇÜK Maltepe Üniversitesi	

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında bana destek olan tüm kişi ve kurumlara en içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

Öncelikle, bu süreçte her zaman yanımda olan, sabrıyla ve sevgisiyle beni destekleyen sevgili eşim Mevlüt Öztoprak'a ve varlıklarıyla hayatıma anlam katan çocuklarım Elif Öztoprak ve Emir Kaan Öztoprak'a sonsuz teşekkür ederim. Ailem, her zaman olduğu gibi bu süreçte de manevi destekleriyle en büyük güç kaynağım olmuştur.

Akademik yolculuğum boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yol gösterici katkılarıyla tezime yön veren değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Atiye Tümenbatur başta olmak üzere tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca, iş yerimde bana her zaman destek olan yöneticilerime ve birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum iş arkadaşlarıma da teşekkür ederim. Onların anlayışı ve katkıları, bu çalışmanın tamamlanmasında önemli bir rol oynamıştır.

Bu tez, tüm bu değerli insanların katkılarıyla hayat bulmuştur.

Ayşen ÖZTOPRAK

Haziran, 2025

ÖZET

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON SEKTÖRÜNDE BİR DEPO TASARIMI UYGULAMASI

Ayşen Öztoprak

Yüksek Lisans Tezi

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Atiye Tümenbatur

Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2025

Bu çalışma, endüstriyel otomasyon sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın depo süreçlerini analiz ederek, mevcut sistemde yaşanan sorunlara çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, depo yönetimi, yerleştirme politikaları, sipariş toplama stratejileri ve süreç performanslarının iyileştirilmesi gibi konular ele alınmıştır. Literatür taramasıyla depo tasarımı ve sipariş toplama sistemleri üzerine yapılan güncel çalışmalar incelenmiş, sektörel uygulamalar değerlendirilmiştir.

Araştırma kapsamında, Türkiye’deki bir firmanın mevcut depo yapısı detaylı şekilde analiz edilmiş; fiziksel alan yetersizliği, rastgele yerleşim, FIFO kısıtları ve ergonomik eksiklikler gibi sorunlar tespit edilmiştir. SAP sisteminden alınan verilerle ürünler, boyut, ağırlık ve stok hareketlerine göre sınıflandırılmış; bu sınıflandırma doğrultusunda raf yapısı ve yerleşim planı yeniden tasarlanmıştır.

Yeni depo tasarımında dinamik adresleme, Pareto destekli yerleşim ve kutu kayar raf sistemleri gibi modern yaklaşımlar benimsenmiştir. Sipariş toplama süreci, kesikli sistemden parti toplamaya dönüştürülerek verimlilik artırılmış; dijital sipariş toplama arabaları ve ergonomik paketleme istasyonları önerilmiştir. Ayrıca, iade süreçleri teknik servis birimine devredilerek depo operasyonundan ayrıştırılmıştır.

Sonuç olarak, önerilen kavramsal tasarım ile depo süreçlerinin hızlandırılması, hata oranlarının azaltılması ve müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenmiştir. Bu çalışma,

endüstriyel otomasyon sektöründe depo verimliliğini artırmaya yönelik uygulanabilir ve sürdürülebilir bir model sunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Depo tasarımı, depo optimizasyonu, depo süreçleri, sipariş toplama



ABSTRACT

WAREHOUSE DESIGN - A PRACTICE IN INDUSTRIAL AUTOMATION SECTOR

Ayşen Öztoprak

Master Thesis

Department of International Trade and Logistics Management

International Trade and Logistics Master Programme with Thesis

Thesis Advisor: Dr. Öğretim Üyesi Atiye Tümenbatur

Maltepe University Graduate School, 2025

This thesis analyzes the warehouse operations of a company operating in the industrial automation sector and proposes a new warehouse design to address existing inefficiencies. The study focuses on warehouse management, placement policies, order picking strategies, and performance improvement of operational processes. A comprehensive literature review was conducted to examine current practices in warehouse design and order picking systems.

The current warehouse structure of a company in Turkey was analyzed in detail, revealing issues such as limited physical space, random placement, FIFO constraints, and ergonomic deficiencies. Product data retrieved from the SAP system was classified based on dimensions, weight, and stock movement. Based on this classification, a new shelving structure and layout plan were developed.

The proposed warehouse design incorporates modern approaches such as dynamic addressing, Pareto-based placement, and gravity flow racking systems. The order picking process was redesigned from discrete picking to batch picking to improve efficiency. Digital picking carts and ergonomic packing stations were also introduced. Additionally, the return process was separated from warehouse operations and assigned to the technical service department.

As a result, the conceptual design aims to accelerate warehouse processes, reduce error rates, and enhance customer satisfaction. This study presents a practical and sustainable model to improve warehouse efficiency in the industrial automation sector.

Keywords: Warehouse design, warehouse optimization, warehouse processes, order picking



İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Önem.....	2
1.3 Sınırlılıklar	2
1.4 Tanımlar.....	2
1.5 Yöntem.....	2
1.6 Araştırma Modeli	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1 Literatür Taraması.....	4
2.2 Bibliometrik ve İçerik Analizi	12
3. DEPOLAMA VE DEPO YÖNETİMİ.....	24
3.1 Depo ve Depolama Kavramı.....	24
3.2 Depolamanın İşlevleri.....	28
3.2.1 Hareket işlevi	28
3.2.2 Stoklama işlevi.....	30
3.2.3 Bilgi transferi işlevi	30

3.3	Depo İş Süreçleri ve Elleçleme İşlemleri	31
3.3.1	Mal kabul	33
3.3.2	Yerleştirme.....	34
3.3.3	Sipariş toplama	36
3.3.4	Çapraz sevkiyat.....	38
3.3.5	Paketleme.....	39
3.3.6	Katma değerli hizmetler.....	40
3.3.7	Sevkiyat	41
3.3.8	İade alma, işleme ve imha.....	42
3.3.9	Açık saha yönetimi	43
3.4	Depo yönetimi.....	44
4.	DEPO TASARIMI.....	46
4.1	Depo Tasarımının Nedenleri ve Amaçları	46
4.2	Depo Tasarım Metodolojisi	48
4.2.1	Stratejik düzey	49
4.2.2	Taktik düzey	50
4.2.3	Operasyonel düzey.....	51
4.3	Depo Yer Seçimi.....	53
4.4	Depo İç Süreçlere İlişkin Kavramsal Tasarım.....	56
4.4.1	Yerleştirme politikaları	56
4.4.1.1	Adresleme	57
4.4.1.2	Sabit yerleştirme sistemleri.....	58

4.4.1.3	Rastgele yerleştirme sistemleri	59
4.4.1.4	Pareto destekli yerleşim	60
4.4.2	Sipariş toplama politikaları	62
4.4.3	Yerleşim planı üzerindeki iş akışı.....	65
4.4.4	Süreç performanslarının takibi.....	66
5.	ENDÜSTRİYEL OTOMASYON SEKTÖRÜ	70
5.1	Sektör Tanımı	70
5.2	Sektör Raporu	71
5.2.1	Elektrik – Elektronik sektörü ve sektörün alt grupları.....	72
5.2.2	Dünya ekonomisindeki genel durumu	74
5.2.3	Türkiye’deki genel durumu	75
5.2.3.1	Sektörün imalat sanayi içindeki payı	76
5.2.4	Etkileşim halinde olduğu diğer sektörler	77
5.2.5	Bölgesel yapı ve kümelenmeler	77
5.2.6	Kapasite kullanımı	78
5.2.7	Girişim sayısı ve istihdamı	78
5.2.8	Üretim endeksi	81
5.2.9	Üretim ve katma değeri.....	81
5.2.10	Cirosu.....	84
5.2.11	Ar-Ge faaliyetleri.....	85
5.2.12	Dünya dış ticaret rakamları.....	86

5.2.13	Türkiye dış ticaret rakamları.....	86
5.2.14	Maliyet bileşenleri	87
5.2.15	Gelecek projeksiyonu	88
6.	ENDÜSTRİYEL OTOMASYON SEKTÖRÜNDE BİR DEPO TASARIMI UYGULAMASI.....	92
6.1	Deponun Mevcut Durumu	92
6.1.1	Süreçler	93
6.1.2	Mevcut fiziksel koşullar.....	95
6.1.3	Mevcut düzende yaşanan sorunlar	95
6.2	Veri Analizi.....	97
6.2.1	Ana veri ile boyutsal analiz	97
6.2.2	Raflama yöntemine göre sınıflama	98
6.2.3	Stok hareketine göre sınıflama	98
6.2.4	Lokasyon adresleri	99
6.3	Kavramsal Tasarım	99
6.3.1	Raf yapısı / Düzeni	99
6.3.1.1	VIKOR yöntemi.....	100
6.3.1.2	VIKOR yönteminin aşamaları	104
6.3.1.3	DEMATEL yöntemi	106
6.3.1.4	DEMATEL yönteminin aşamaları	108
6.3.1.5	Tedarikçi kriterlerinin ağırlıklandırılmasında dematel yönteminin uygulanması	110

6.3.1.6	Raf tedarikçisi seçiminde VİKOR yönteminin uygulanması	117
6.3.2	Yerleştirme politikası.....	125
6.3.2.1	Dinamik adresleme	125
6.3.2.2	Raf yerleşimi.....	127
6.3.3	Sipariş toplama politikası.....	128
6.3.3.1	Sipariş toplama süreci.....	129
6.3.3.2	Paketleme istasyonu.....	129
6.3.4	Yerleşim planı üzerindeki iş akışı.....	129
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	133
	KAYNAKÇA.....	135
	ÖZ GEÇMİŞ	140

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. En Sık Kullanılan 20 Anahtar Kelime	16
Tablo 2. Çalışma sayılarına göre yazarlar	19
Tablo 3. Atıfta bulunulan ilk 10 kaynak	21
Tablo 4. Depolardaki Temel ve Destek Süreçler (Çakmak, 2022)	32
Tablo 5. Sipariş Toplama İşlemleri Kapsamındaki Faaliyetlerin Toplam Zaman İçerisindeki Yüzdeleri (Görener, 2012)	36
Tablo 6. Depolama süreçlerinin depo tasarımı konularına etkisi (Karakış, 2014).....	53
Tablo 7. Depo Performans Göstergeleri.....	68
Tablo 8. Elektrik Elektronik Sektörünün Alt Grupları.....	73
Tablo 9. Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İhracatında Önde Gelen Ülkelerin Dünya İhracatındaki Payları (%)	74
Tablo 10. Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İthalatında Önde Gelen Ülkelerin Dünya İthalatındaki Payları (%)	75
Tablo 11. Sektörün İşyeri Sayısı ve İstihdamı (2022).....	79
Tablo 12. Türkiye'nin Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İmalatı Sektöründe İhracat Yaptığı İlk 10 Ülke (Milyon Dolar).....	87
Tablo 13. Ana Veri, Minimum ve Maksimum Değerler.....	97
Tablo 14. Direkt İlişki Matrisi	111
Tablo 15. Normalize Edilmiş Direkt İlişki Matrisi	112
Tablo 16. Toplam İlişki Matrisi	113

Tablo 17. D ve R Vektör Değerleri.....	114
Tablo 18. İç Bağımlılık Matrisi.....	115
Tablo 19. Kriter Önem Ağırlıkları	116
Tablo 20. Karar Matrisi.....	117
Tablo 21. En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerleri.....	118
Tablo 22. Normalize Edilmiş Karar Matrisi	118
Tablo 23. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi.....	119
Tablo 24. S_i ve R_i Değerleri.....	119
Tablo 25. S^* , S^- , R^* , R^- Değerleri	120
Tablo 26. Q_i Değerleri	120
Tablo 27. Sıralama listesi.....	121
Tablo 28. Koşulların Kontrolü	121

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Scopus Veritabanı Anahtar Kelimeleri (Geniş Çaplı Arama)	12
Şekil 2. Scopus Veritabanı Anahtar Kelimeleri (Kısıtlanmış Arama).....	13
Şekil 3. 477 Çalışmanın Yıllara Göre Dağılımı	13
Şekil 4. 477 Çalışmanın Yayın Tipine Göre Dağılımı	14
Şekil 5. 298 Makalenin Dergi Dağılımı.....	15
Şekil 6. – 162 Kongre Çalışmasının Dağılımı	15
Şekil 7. Anahtar Kelimelerin Birlikte Oluşum Ağı	18
Şekil 8. Yazarların Kurum Adreslerine Ait Ülke Dağılımı	19
Şekil 9. Yazarların Ortak Yazarlık Ağ Yapısı	20
Şekil 10. Atıfta Bulunulan Kaynakların Ağ Yapısı	21
Şekil 11. Atıf Alan Kaynakların Ağ Yapısı.....	23
Şekil 12. Depo Malzeme ve İş Akışı	26
Şekil 13. Depolama Ana Süreci	33
Şekil 14. Sipariş toplama sistemlerinin gruplanması	37
Şekil 15. Çapraz Sevkiyat	39
Şekil 16. Pareto Destekli Depo Yerleşimi	61
Şekil 17. Pareto Destekli Ürün Dağılım Grafiği	61
Şekil 18. Ardışık Bölge Toplama Stratejisi (Yavuz, 2019).....	64

Şekil 19. Temel Depo Tasarımı (Hopbaoğlu, 2009)	66
Şekil 20. Sektörün İmalat Sanayi İçindeki Payı (%)	76
Şekil 21. Sektörün Kapasite Kullanım Oranı (% , 2022)	78
Şekil 22. Sektörün Büyüklüğüne Göre Firma Sayıları	79
Şekil 23. Sektörün Yıllara Göre Çalışan Sayısı.....	80
Şekil 24. Coğrafi Bölgelere Göre Çalışan Sayıları (2022)	80
Şekil 25. 26 Sektörünün Coğrafi Bölgelere Göre İstihdamı (2022)	81
Şekil 26. 26 Sektörü Sanayi Üretim Endeksi	81
Şekil 27. 26 Üretim Değeri.....	82
Şekil 28. Sektörün Toplam Katma Değeri (Milyar TL)	83
Şekil 29. 26 Sektörü Katma Değeri (Milyar TL).....	83
Şekil 30. Sektörün Ciroosu (Milyar TL)	84
Şekil 31. 26 Sektörü Alt Kırımlar Bazında Ciroosu (Milyar TL)	84
Şekil 32. Sektörün Ar-Ge Harcaması (Milyar TL).....	85
Şekil 33. Tam Zaman Eşdeğeri Cinsinden Ar-Ge Personel Sayısı.....	86
Şekil 34. Akış Şeması.....	93
Şekil 35. Yeni Depo Krokisi.....	100
Şekil 36. Etkileyen ve Etkilenen Diyagramı	114
Şekil 37. A Bölümü Raf Tasarımı	122
Şekil 38. B Bölümü Raf Tasarımı	123
Şekil 39. C Bölümü Raf Tasarımı	123

Şekil 40. D Bölümü Raf Tasarımı	124
Şekil 41. E Bölümü Raf Tasarımı.....	125
Şekil 42. Dinamik Adresleme Örneği.....	126
Şekil 43. Sipariş Toplama ve Ürün Besleme	127
Şekil 44. Nihai Yerleşim Planı	130



1. GİRİŞ

Endüstriyel otomasyon ürünlerinin önemi, günümüzde yükselen dijitalleşme ve endüstri 4.0 trendi ile daha fazla artmakta ve endüstriyel otomasyon ürünlerinin kullanımı insan gücüne duyulan ihtiyacı azalttığı için üretim maliyetlerine etkisi de daha fazla gündeme gelmektedir. Endüstriyel otomasyon ürünlerinin büyük bir çoğunluğu Avrupa ve Uzak Doğu ülkelerinde üretilmekte, Türkiye’de çok kısıtlı miktarda üretim gerçekleşmektedir. Üretimin yurt dışında yapıyor olması, ürünlerin erişilebilirliğinde lojistik faaliyetlerinin önemini öne çıkarmaktadır. Üretimde kritik noktalarda kullanılan bu ürünler için stok yönetiminin, sipariş süreçlerinin, depolama süreçlerinin ve sevkiyat süreçlerinin doğru ve verimli bir şekilde yönetilmesi önem taşımaktadır. Özellikle pandemi döneminde yaşanan tedarik sıkıntıları sonrası hem endüstriyel otomasyon ürünleri üreticileri hem de kullanıcıları stok planlama konusunda büyük sıkıntılar yaşamış, stoklarını yönetemez duruma gelmişlerdir. Ürünlere ulaşılamayan dönemlerde verilen talep fazlası ürünler stoklarda hem maliyete hem de depolama alanı sıkıntısına yol açmıştır. Ülkemizde endüstriyel otomasyon temsilcisi firmaların genellikle odaklarının satış süreçleri üzerine olduğu, depolama süreçlerine kısıtlı bir alan ayırabildikleri görülmektedir. Hızlı teslimatın rekabette önemli bir unsur olması, lojistik faaliyetlerin kısıtlı bir alanda maksimum verim ile gerçekleşmesini gerektirmektedir.

Bu çalışmada lojistik faaliyetlerinin en önemli fonksiyonu olan depolama ve depo tasarımı ile ilgili temel kavramlar irdelenmiş, endüstriyel otomasyon sektöründe satış ve servis hizmetleri sunan bir şirketin mevcut depo işleyişi ele alınarak verimliliği arttıracak şekilde tasarlanan yeni depo ve depolama süreçleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

1.1 Amaç

Bu tezin amacı, endüstriyel otomasyon sektöründe etkili bir depo tasarımı için gerekli olan temel prensipleri ve stratejileri belirlemektir. Ayrıca, bu tasarımın operasyonel verimliliğe olan etkilerini analiz etmek ve en iyi uygulamaları ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda, depo tasarımının optimize edilmesi ve endüstriyel otomasyon süreçlerine

entegrasyonunun sağlanması hedeflenmekte ve örnek uygulama yapılacak firmanın süreçlerine en uygun depo tasarımının yapılması hedeflenmektedir.

1.2 Önem

Endüstriyel otomasyon sektöründe depo tasarımı ve yönetimi, işletmelerin rekabet gücünü artırmak ve maliyetleri düşürmek açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu tez, depo tasarımının optimize edilmesi ve endüstriyel otomasyon süreçlerine entegrasyonunun sağlanması konusunda önemli bilgiler sunarak, sektördeki işletmelere rehberlik edecektir. Ayrıca, bu çalışma, depo tasarımı ve yönetimi konusundaki literatüre katkıda bulunacaktır.

1.3 Sınırlılıklar

Bu çalışma, endüstriyel otomasyon sektöründe faaliyet gösteren belirli bir işletme ile sınırlıdır. Ayrıca, depo tasarımı ve yönetimi konusundaki literatür taraması, belirli bir zaman dilimi ve coğrafi bölge ile sınırlıdır. Bu sınırlamalar, çalışmanın genelleştirilebilirliğini etkileyebilir.

1.4 Tanımlar

Endüstriyel Otomasyon: Üretim süreçlerinin otomatikleştirilmesi ve kontrol edilmesi amacıyla kullanılan teknolojiler ve sistemler.

Depo Tasarımı: Depo alanının düzenlenmesi, malzeme akışının optimize edilmesi ve depolama sistemlerinin belirlenmesi süreci.

Operasyonel Verimlilik: İşletme süreçlerinin en az maliyetle ve en yüksek verimlilikle gerçekleştirilmesi durumu.

1.5 Yöntem

Bu tezde, literatür taraması, vaka çalışmaları ve sahadan bilgi toplama gibi çeşitli araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Literatür taraması, mevcut depo tasarım stratejilerini ve bunların endüstriyel otomasyon üzerindeki etkilerini incelemektedir. Vaka çalışmaları, gerçek dünya örnekleri üzerinden analizler yaparak teorik bilgileri desteklemektedir.

1.6 Araştırma Modeli

Bu çalışmada, karma yöntem araştırma modeli kullanılmıştır. Bu model hem nicel hem de nitel veri toplama ve analiz yöntemlerini içermektedir. Nicel veri toplama yöntemleri arasında uygulama yapılacak firmanın verilerinin toplanıp değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler yer alırken, nitel veri toplama yöntemleri arasında derinlemesine vaka çalışmaları bulunmaktadır. Bu sayede, depo tasarımı ve yönetimi konusundaki farklı perspektifler ve deneyimler detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Verilerin çözümlenmesi ve Yorumlanması:

Toplanan ham verilerin excel tablolarda farklı zamanlarda alınan verilere göre değerlendirmeleri yapılmış ve belli kriterlere göre gruplandırılmıştır. Ayrıca tedarikçi seçimi yapılırken çok Kriterli Karar Verme Teknikleri incelenmiş ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için DEMATEL, uygun tedarikçi seçimi için VIKOR tekniği ile değerlendirme yapılarak raf tedariği için uygun tedarikçi seçilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Literatür Taraması

Depo tasarımı, bir şirketin lojistik süreçlerinin etkinliğinde ve maliyet açısından verimliliği üzerinde doğrudan belirleyici bir rol oynamaktadır. Etkili bir şekilde tasarlanmış bir depo, malzeme akışını iyileştirerek ürünlerin hızlı ve hatasız biçimde müşterilere ulaşmasını mümkün kılmakta; bu sayede stokta bekleme süresi kısaltmakta, teslimatlar hızlanmakta ve genel iş süreçleri daha etkin bir şekilde yürütülmektedir. Depo içindeki raf sistemleri, koridor genişlikleri, ürün sınıflaması ve güvenlik önlemleri gibi unsurların detaylı bir şekilde planlanması hem iş güvenliği açısından hem de operasyonların sürekliliği açısından çok önemlidir. Ayrıca, depoda uygun teknoloji kullanımı (örneğin, otomasyon sistemleri, WMS yazılımlar vb.) iş gücünden tasarruf sağlar ve hata payını minimuma indirir. Kısacası, depo tasarımı, işletmenin hem lojistik performansını hem de müşteri memnuniyetini artıran temel bir unsurdur. Bu kapsamda depo tasarımı, depo optimizasyonu, depo yerleşimi, depo süreçleri ve sipariş toplama anahtar kelimeleri ile tarama yapılmıştır ve sipariş toplama adımının depolama sürecinde en fazla iş gücü gerektiren kritik bir süreç olması nedeniyle bu konu özelinde ayrıca bir bibliometrik analiz yapılmıştır.

Turan, (2006), lojistik sektöründe depolamanın taşıdığı önemi vurgulamak ve depo tasarımının biçimsel olarak nasıl gerçekleştirileceğine dair bir sistematik sunmak amacıyla yaptığı çalışmada, lojistik ve depolama sistemlerini açıklamış ve kendi görev aldığı şirkette uyguladığı bir depo tasarımı örneğini hayata geçirmiştir. Bu çalışma, depolama faaliyetlerinin lojistik süreçler içerisindeki stratejik önemine dikkat çekmekte ve depo tasarımının, işletmenin faaliyet alanı ile üretim özelliklerine özgü olarak yapılandırılması gerektiği sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca, önerilen metodoloji sistematik bir biçimde ele alınmış ve ilgili uygulama örnekleriyle desteklenerek açıklanmıştır.

Evinsel, (2010), çalışmasında depo tasarımı ve yerleşimi süreci ile ilgili kavramları irdelemiş, depo açmaya karar verirken dikkat edilmesi gereken konuları ele almış ve örnek bir depo uygulaması üzerinden daha verimli çalışma için modeller geliştirerek

önerilerde bulunmuştur. Evinsel (2010), çalışmasının sonucunda bu konunun yeni depo açma ve var olan bir deponun süreçlerinin iyileştirilmesi olarak iki ana başlıkta ele alınması gerektiği, var olan bir depoda yaşanan sıkıntıların iyi tespit edilmesi ve iyileştirme çalışmalarının bu sonuçlara göre yapılması gerekliliği sonuçlarına varmıştır.

Palut ve Okçuoğlu, (2019), yaptıkları çalışmada bir beyaz eşya firmasının depo tasarımı ve yerleşimi problemini ele almışlar ve depo tasarımını önemli ölçüde etkileyeceğini düşünerek kullanılacak olan forkliftlerin seçimine odaklanmışlardır. Yapılan çalışmada TOPSIS yöntemini kullanarak en uygun forklift modeli belirlenmiş ve forkliftin özelliklerine göre ve deponun kısıtlarını da dikkate alarak depolama alanlarını tasarlamışlardır.

Sayın ve Barman (2020), perakende sektöründe faaliyet gösteren bir işletmeyi derinlemesine mülakat yöntemiyle analiz etmiş; depo tasarımı ve kullanılan sistemler açısından gerçekleştirdikleri inceleme sonucunda, uygulanan teknolojilerin depo verimliliğini artırarak daha düşük maliyetle daha yüksek üretim kapasitesine olanak sağladığını ortaya koymuşlardır. Çalışmanın sonucunda mevcut teknolojilere ek olarak kullanılabilecek otomatik raylı raf sistemi ve sabit sıcaklığı sağlayacak ısıtma sistemleri ile verimliliğin daha fazla artırılabilceği ortaya konulmuştur.

Kostak (2020), çalışmasında bir işletmenin beş yıllık üretim hacmi artışına ilişkin tahmini verileri hesaplamış ve bu öngörülerini depo iyileştirme sürecinde temel alarak, depo kapasitesi, raf sistemleri ve malzeme akış tasarımı konularında kapsamlı bir planlama gerçekleştirmiştir. Yapılan depo tasarımı pareto analizi ve parçacık sürü algoritması olmak üzere iki farklı yöntem ile denemiş ve tasarımın doğruluğunu ve güvenilirliğini doğrulamıştır.

S.Pawar ve arkadaşları (2024), perakende e-ticaret fulfillment depolarında dağınık depolama sistemlerinin etkinliğini incelemişler ve ürün devir hızını dikkate alarak, depolama stratejilerinin nasıl optimize edilebileceği üzerine çalışmışlardır. Dağınık depolamanın, ürünlerin depoda rastgele yerleştirilmesiyle, sipariş hazırlama süreçlerini hızlandırmakta ve envanter yönetimini iyileştirmekte olduğunu öne sürmüşlerdir. Makalede, bu yaklaşımın avantajları ve potansiyel zorlukları ele alınmış, ayrıca ürün devir hızının depolama düzenlemeleri üzerindeki etkisi detaylandırılmıştır. Sonuç olarak,

dağıtım depolama sistemlerinin, e-ticaret sektöründe verimliliği artırma potansiyeli vurgulanmaktadır.

Jiang ve arkadaşları (2024), ergonomik toplama sistemlerinde sipariş toplama ve teslimat süreçlerinin birlikte optimize edilmesini ele almaktadır. Yazarlar, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık hedefleri doğrultusunda, teslimat süreleri olan siparişlerin yönetimini incelemektedir. Araştırma, ergonomik tasarımın iş gücü verimliliği üzerindeki etkilerini vurgularken, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik stratejiler sunmaktadır. Makalede, sipariş toplama ve teslimat süreçlerinin entegrasyonu ile maliyetlerin düşürülmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenmektedir. Sonuç olarak, gerçekleştirilen bu optimizasyonun hem ekonomik açıdan maliyet etkinliği sağladığı hem de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunduğu ifade edilmektedir.

Öztürkoğlu ve Hoşer (2018), yeni bir depo tasarım problemi tanımlamakta ve bu probleme yönelik polinom zamanlı bir optimal sipariş toplama algoritması önermektedir. Yazarlar, depo düzeninin verimliliğini artırmak için mevcut yöntemlerin yetersizliklerini ele alarak, daha etkili bir sipariş toplama süreci geliştirmeyi amaçlamaktadır. Önerilen algoritma, depo içindeki ürünlerin yerleşimini optimize ederek, toplama sürelerini azaltmakta ve iş gücü maliyetlerini düşürmektedir. Araştırma, algoritmanın performansını çeşitli senaryolarla test ederek hem teorik hem de pratik açıdan önemli sonuçlar elde etmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, depo tasarımında yenilikçi yaklaşımlar sunarak, lojistik süreçlerin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Montoya ve arkadaşları (2020), dağıtım merkezlerinde yerleştirme yönlendirme problemini çözmek için ayrık parçacık sürüşü optimizasyonu (PSO) yöntemini önermektedir. Yazarlar, gelen ürünlerin depoya yerleştirilmesi sürecinin verimliliğini artırmak amacıyla, PSO algoritmasının nasıl uygulanabileceğini detaylandırmaktadır. Araştırma, gelen ürünlerin en uygun depolama alanlarına yönlendirilmesi için çeşitli parametrelerin optimize edilmesini sağlamaktadır. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin geleneksel yaklaşımlara göre daha yüksek performans gösterdiğini ve depo operasyonlarının etkinliğini artırdığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma,

dağıtım merkezlerinde yerleştirme süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.

Silva ve arkadaşları (2020), çalışmalarında depo planlamasında depolama konumu ve sipariş toplama problemlerinin entegrasyonunu incelemektedir. Yazarlar, depo yönetiminde bu iki unsurun birlikte ele alınmasının, operasyonel verimliliği artırabileceğini vurgulamaktadır. Araştırma, depolama alanlarının optimize edilmesi ve sipariş toplama süreçlerinin entegrasyonu ile maliyetlerin düşürülmesi ve zaman tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir. Önerilen model, çeşitli senaryolar altında test edilerek hem teorik hem de pratik açıdan önemli bulgular sunmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, depo planlamasında daha bütünsel bir yaklaşım benimseyerek, lojistik süreçlerin etkinliğini artırmayı hedeflemektedir.

Kordos ve arkadaşları (2020), depo operasyonlarının optimizasyonu için genetik algoritmaların uygulanması üzerine çalışma yaparak depo yönetiminde karşılaşılan karmaşık problemleri çözmek amacıyla genetik algoritmaların nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini açıklamaktadır. Araştırma, envanter yönetimi, sipariş toplama ve yerleştirme süreçlerinin optimize edilmesi üzerine odaklanmakta ve genetik algoritmaların bu süreçlerde sağladığı avantajları vurgulamaktadır. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemlerin geleneksel yaklaşımlara göre daha iyi performans gösterdiğini ve depo verimliliğini artırdığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, depo operasyonlarının iyileştirilmesine yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunarak, lojistik süreçlerin etkinliğini artırmayı hedeflemektedir.

Diefenbach ve Glock (2019), U şeklindeki sipariş toplama alanlarının yerleşimi ve ürün atamasının ergonomik ve ekonomik optimizasyonunu incelemiş ve depo verimliliğini artırmak ve iş gücü maliyetlerini azaltmak amacıyla ergonomik tasarım ilkelerini ve ekonomik analizleri bir araya getirmişlerdir. Araştırma, U şeklindeki düzenin, toplama süreçlerini nasıl kolaylaştırabileceğini ve iş gücünün fiziksel yükünü nasıl azaltabileceğini göstermektedir. Önerilen model, ürünlerin stratejik olarak yerleştirilmesi ile toplama sürelerinin kısaltılmasını sağlamaktadır. Deneysel bulgular, gerçekleştirilen optimizasyonun hem çalışan memnuniyetini artırdığını hem de maliyet etkinliğini sağladığını göstermektedir. Bu doğrultuda, çalışma, depo tasarım süreçlerinde ergonomik

ve ekonomik unsurların bütüncül bir yaklaşımla entegre edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

LuoZZo ve Schiraldi (2022), dikdörtgen şeklindeki bir depo için optimum şeklin belirlenmesini ele almışlardır. Yazarlar, depo tasarımının verimliliği üzerindeki etkilerini inceleyerek, depo alanının en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak için geometrik ve operasyonel faktörleri bir araya getirmektedir. Araştırma, depo düzeninin, malzeme akışını ve iş gücü verimliliğini nasıl etkilediğini analiz etmektedir. Önerilen model, depo şeklinin yanı sıra, mal kabul ve sevkiyat süreçlerinin entegrasyonunu da göz önünde bulundurarak, maliyetleri düşürmeyi ve operasyonel etkinliği artırmayı hedeflemektedir. Deneysel bulgular, optimum depo tasarımının hem iş süreçlerini kolaylaştırdığını hem de genel performansı artırdığını ortaya çıkarmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, depo tasarımında şekil ve işlevin önemini vurgulamaktadır.

Çelik (2019), çalışmasında bir çelik döküm şirketinde depo optimizasyonu ve organizasyonunu inceleyen bir vaka çalışması sunmakta ve depo süreçlerinin verimliliğini artırmak için uygulanan stratejileri ve yöntemleri detaylandırmaktadır. Araştırma, malzeme akışının iyileştirilmesi, envanter yönetimi ve iş gücü verimliliği gibi unsurları ele alarak, depo organizasyonunun genel performans üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır. Vaka çalışması, uygulanan optimizasyon tekniklerinin sonuçlarını analiz ederek, maliyetlerin düşürülmesi ve operasyonel etkinliğin artırılması konusundaki başarıları göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, depo yönetiminde sistematik bir yaklaşımın önemini ve çelik döküm sektöründeki uygulamalarını ortaya koymaktadır.

Yürekli (2024), coğrafi bilgi sistemleri ve genetik algoritmaların depo verimliliğini artırmadaki rolünü incelemiştir. Yazar, depo yönetiminde coğrafi bilgi sistemlerinin sağladığı mekânsal analiz ve veri görselleştirme yeteneklerinin, malzeme akışını ve envanter yönetimini nasıl optimize edebileceğini açıklamaktadır. Genetik algoritmalar, depo yerleşimi ve operasyonel süreçlerin iyileştirilmesinde etkili bir optimizasyon yöntemi olarak sunulmakta olup, bu yaklaşımla operasyonel verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır. Araştırma, uygulanan yöntemlerin pratik sonuçlarını değerlendirerek, maliyetlerin düşürülmesi ve iş gücü verimliliğinin artırılması konusundaki başarıları

ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, depo yönetiminde yenilikçi teknolojilerin entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır.

Zhang ve arkadaşları (2024), düzensiz depo alanlarının düzenini optimize etmek için sınıf tabanlı depolama stratejisi kullanarak bir model önermiştir. Makale, düzensiz depo alanlarını düzenli dikdörtgen alanlara dönüştürerek, homojen rafların doğrusal seçim problemini çözmek için bir algoritma geliştirmektedir. Bu model, raf kümelenme algoritması ve farklı boyutlardaki kutuların seçimi ile iki boyutlu paketleme problemini entegre etmektedir. Sonuçlar, yeni modelin düzensiz depo düzeni optimizasyon problemini etkili bir şekilde çözdüğünü ve modelin karmaşıklığını azaltarak çözüm süresini kısalttığını göstermektedir.

Silva ve arkadaşları (2020), manuel depolarda ABC sınıflandırma stratejisi kullanarak optimal bölge boyutlarını tahmin etmeyi amaçlamaktadır. ABC depolama yöntemi, talep sıklığına göre ürünleri sınıflandırarak, en çok talep gören ürünlerin en erişilebilir ve stratejik konumlara yerleştirilmesini sağlayan yaygın olarak kullanılan sınıf tabanlı bir yerleştirme politikasıdır. Ancak, rastgele belirlenen bölge boyutları verimlilik kayıplarına yol açabilir. Makale, depo düzeni, talep özellikleri ve depolama ve yönlendirme politikaları gibi çeşitli faktörlerin bölge boyutlandırma problemini nasıl etkilediğini araştırmaktadır. Makale, söz konusu faktörleri göz önünde bulundurarak, optimal bölge boyutlarının tahmin edilmesinde makine öğrenimi tabanlı modellerin kullanılmasını önermektedir. Yapılan simülasyonlar, önerilen metodolojinin sipariş toplama verimliliğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Gozali ve arkadaşları (2020), PT. XYZ adlı bir şirketin hammadde deposunun düzenini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, sınıf tabanlı depolama yöntemi kullanarak depo düzenini yeniden tasarlamayı ve hammadde hareket mesafesini azaltmayı hedeflemektedir. Mevcut depo alanı ve faaliyet sıralaması dikkate alınarak yapılan iyileştirmeler sonucunda, depo alanı gereksinimi %23,98'den %16,12'ye düşürülmüş ve hammadde hareket mesafesi 755.211 metreden 522.587 metreye azaltılmıştır. Bu iyileştirmeler, malzeme taşıma maliyetlerini düşürmekte ve hammadde hareket süresini kısaltmaktadır.

Horta ve arkadaşları (2016), çapraz sevkiyat (cross-docking) yöntemiyle çalışan ve tam zamanında (just-in-time) dağıtım operasyonlarını destekleyen bir depo düzeni optimizasyonunu ele almaktadır. Makale, mağaza taleplerine göre depo alanlarının tahsisini optimize eden bir matematiksel programlama yaklaşımı önermektedir. Bu model, ürünlerin alım noktasından alınarak depo içinde ilgili mağaza konumlarına taşınmasını ve gerekli miktarda bırakılmasını içermektedir. Portekiz'deki bir perakende zincirinin meyve ve sebze deposunda yapılan gerçek dünya vaka çalışması, depo içindeki mesafelerin yeniden tahsis edilmesiyle aylık 2000 km'den fazla yol kat edilmesini önlemiştir.

Sudiarta ve arkadaşları (2020), depo düzeni planlamasında kullanılan çeşitli yöntemleri karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Makale, Dedicated Storage, Class-Based Storage, Shared Storage, Randomized Storage ve Fishbone Layout gibi çeşitli depo yerleşim ve yerleştirme stratejilerini ele alarak, malzeme taşıma mesafesini en aza indirmek ve üretim verimliliğini en st düzeye çıkarmak amacıyla en uygun çözümün belirlenmesini hedeflemektedir. Bu alışma, her bir yöntemin güçlü ve zayıf yönlerini kapsamlı bir şekilde değerlendirerek, depo düzeni planlamasında hangi yaklaşımın daha etkili sonuçlar sunduğunu belirlemeyi amaçlamaktadır.

Kłodawski ve arkadaşları (2017), depo tesislerinde lojistik süreçlerin tasarımı ve organizasyonundaki sorunları ele almaktadır. Makale, depo süreçlerinin verimliliğini, esnekliğini ve güvenilirliğini artırmanın önemini vurgulamaktadır. Depo süreçleri, malzeme akışı, iř gücü kaynakları ve bilgi yönetimi araçları gibi çeşitli bileşenleri içermektedir. Makale, belirli bir depo stratejisinin seçiminin, depo görevleri, müşteri siparişlerinin yapısı ve boyutu, lojistik birimlerin maliyetleri, depolama alanının kullanılabilirliği ve iř gücü kaynakları gibi teknik ve organizasyonel faktörlere bağlı olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, karar verme sürecini desteklemek amacıyla karar ağacı yaklaşımı benimsenmiş; bu doğrultuda, farklı depo stratejilerinin seçilme olasılıkları ile bu stratejilerin uygulanması durumunda ortaya çıkabilecek senaryolar sistematik biçimde analiz edilmiştir.

Saderova ve arkadaşları (2021), lojistik ilkelerine dayalı bir depo sistemi tasarımı metodolojisini sunmaktadır. Çalışma, depo kapasitesini ve kullanımını artırmak,

depolama faaliyetlerinin hızını ve operasyonel güvenliğini iyileştirmek için sistematik bir yaklaşım kullanmaktadır. Makale, proje tanımlama, tasarım süreci paradigmasının seçimi, sistem analizi, lojistik sistemin sentezi ve proje değerlendirmesi gibi aşamalardan oluşan bir tasarım süreci önermektedir. Önerilen metodoloji, soğuk hava deposu için iki alternatif raf sistemi tasarımı sunmakta ve bu sistemleri kapasite, alan kullanımı, erişim kolaylığı ve maliyet gibi kriterlere göre karşılaştırmaktadır. Sonuç olarak, FIFO (ilk giren ilk çıkar) prensibiyle çalışan ve 720 palet kapasitesine sahip dinamik akış raf sistemi en uygun tasarım olarak seçilmiştir.

Živicnjak ve arkadaşları (2022), depo süreçlerinin verimliliğini artırmak için çeşitli optimizasyon tekniklerini incelemektedir. Çalışma, sipariş toplama ve depolama atama problemlerini ele alarak, bu süreçlerin karşılıklı etkilerini optimize etmeyi amaçlamaktadır. Makale, depolama atama problemini optimize etmek için Özelleştirilmiş Sıralama Genetik Algoritması II (NSGA-II) ve sipariş toplama problemini optimize etmek için Karınca Kolonisi Optimizasyonu (ACO) algoritmasını önermektedir. Bu algoritmalar, ekonomik ve ergonomik kısıtlamaları dikkate alarak depo performansını iyileştirmeyi hedeflemektedir. Değerlendirme sonuçları, önerilen algoritmaların, yaygın olarak kullanılan tekniklere kıyasla daha iyi depolama atamaları ve sipariş toplama rotaları sağladığını göstermektedir.

Perkumienė ve arkadaşları (2022), depolama süreçlerini iyileştirmek için yenilikçi çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Çalışma, lojistik üretim şirketlerinde (LMC) depolama süreçlerinin verimliliğini artırmak için raf sistemleri, barkodlu depo yönetim sistemleri, hammadde yönetim programları, Pick by Voice sistemi, MRP ve ERP sistemleri gibi çeşitli yenilikçi çözümler önermektedir. Ayrıca, ABC, JIT ve Yalın yöntemlerin uygulanmasının depo süreçlerini nasıl iyileştirebileceği incelenmiştir. Makale, bu yenilikçi çözümlerin uygulanmasının, depo süreçlerinin verimliliğini artırarak şirketlere rekabet avantajı sağladığını vurgulamaktadır.

Batarlienė ve arkadaşları (2024), lojistik sektöründe depo süreçlerinin kalitesini artırmayı amaçlamaktadır. Çalışma, şirketlerin yönetim ilkelerini, işlevlerini ve operasyonel standartlarını analiz ederek, kalite iyileştirme stratejilerinin uygulanmasını incelemektedir. Etkili depo yönetiminin, müşteri taleplerinin karşılanması, operasyonel

maliyetlerin azaltılması ve işletmelere rekabet avantajı kazandırılması açısından stratejik bir öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır. Makale, depo süreçlerinde kaliteyi sağlamak için sistemlerin uygulanmasını ve bu süreçlerin yönetimini ele almaktadır. Ayrıca, araştırma yöntemlerini, depo yönetim kalitesinin değerlendirilmesini ve elde edilen sonuçlara dayalı önerileri içermektedir.

2.2 Bibliometrik ve İçerik Analizi

Bu çalışma kapsamında, sipariş toplama operasyonlarına odaklanan bibliometrik ve içerik analizi temelli bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Scopus veri tabanından yararlanılmış; Şekil 1’de sunulan anahtar kelimeler ve sorgu yapısı doğrultusunda ilgili akademik çalışmaların tespiti hedeflenmiştir.

The image shows a Scopus search interface with three search fields connected by AND operators. Each field has a 'Search within' dropdown set to 'All fields' and a 'Search documents' input box. The first input box contains the query: "order picking" OR "order picking operation". The second input box contains the query: warehouse. The third input box contains the query: optimization OR efficiency. Below the fields, there is a '+ Add search field' button, a 'Reset' button, and a 'Search' button with a magnifying glass icon.

Şekil 1. Scopus Veritabanı Anahtar Kelimeleri (Geniş Çaplı Arama)

Ocak 2024 tarihinde yapılan sorgu sonucunda toplam 3.192 çalışma elde edilmiştir. Ancak çalışmamız sipariş toplama üzerine yoğunlaştığı için arama kriterlerinde sipariş toplama sorgusunu sadece ana başlıklarda arayacak şekilde kısıtlamaya gidilmiştir.

Search within
Article title

Search documents *
"order picking" OR "order-picking"

AND

Search within
All fields

Search documents
warehouse

AND

Search within
All fields

Search documents
efficiency OR optimization

+ Add search field

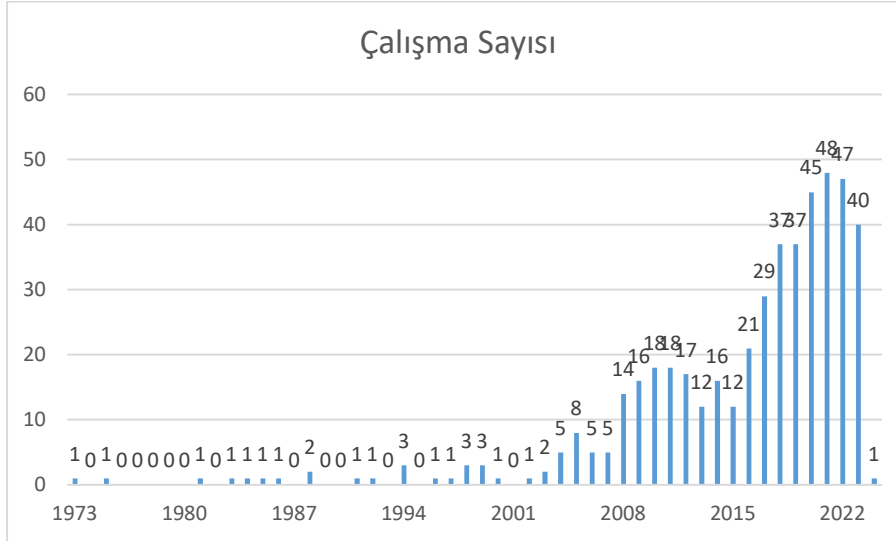
Reset

Search

Şekil 2. Scopus Veritabanı Anahtar Kelimeleri (Kısıtlanmış Arama)

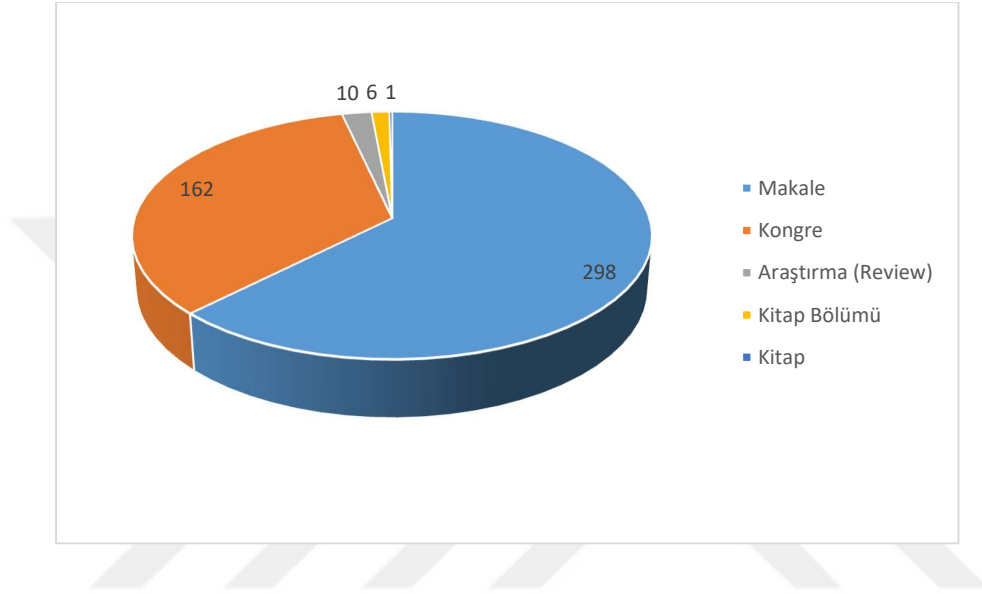
Bu şekilde daraltılarak yapılan sorguda 477 çalışma elde edilerek bibliometrik analiz bu çalışmalara göre yapılmıştır.

477 çalışmanın yıllara göre dağılımı Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 3’de de görüleceği üzere sipariş toplama üzerinde çalışmalar 2008 yılı itibarı ile artmaya başlamış, özellikle tedarik zinciri konusunun öneminin öne çıktığı pandemi dönemi olan 2020-2021-2022 yıllarında oldukça yoğunlaştığı görülmüştür.



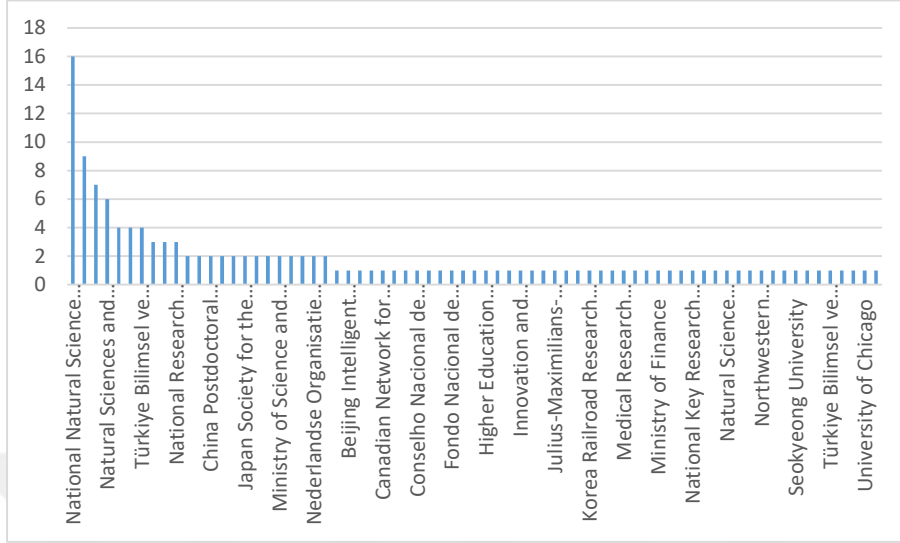
Şekil 3. 477 Çalışmanın Yıllara Göre Dağılımı

477 Çalışmanın yayın tipine bakıldığında, 298 makale, 162 kongre bildirisi, 10 araştırma, 6 kitap bölümü ve 1 kitap formatında olduğu görülmüştür. Bu dağılım Şekil-4’de grafik olarak verilmiştir.



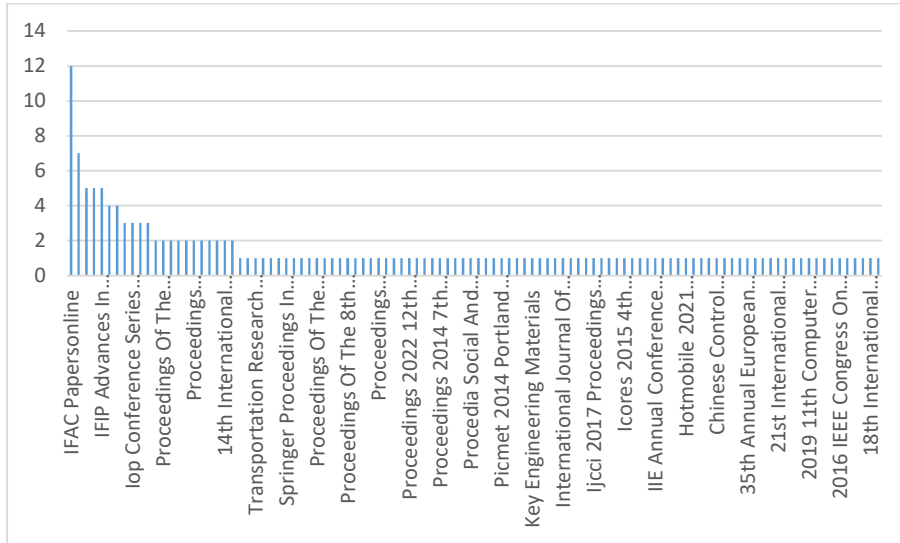
Şekil 4. 477 alışmanın Yayın Tipine Göre Dağılımı

298 makale, 16 yayın “National Natural Science Foundation of China”, 9 yayın “Fonds Wetenschappelijk Onderzoek”, 7 yayın “National Science Foundation” dergileri olmak üzere toplam 71 farklı dergide yayınlanmıştır. Bu dergilerin yayın dağılımı Şekil-5’de sunulmuştur.



Şekil 5. 298 Makalenin Dergi Dağılımı

162 kongre bildirisinin de detayları incelenmiştir. 12 bildiri “IFAC Papersonline”, 7 bildiri “Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics” ve 5 bildiri “ Proceedings Winter Simulation Conference” olmak üzere 162 kongre bildirisi 106 farklı kongrede sunulmuştur. Kongre bildirilerinin kongre dağılımları Şekil-6’da sunulmuştur.



Şekil 6. – 162 Kongre Çalışmasının Dağılımı

Literatür taramasının bundan sonraki aşamasında bibliyometrik analiz yapılmıştır. Bibliyometrik verileri anlamlı hale getirmek için VOSviewer 1.6.20 sürümü kullanılmıştır. Bibliyometrik analizin yapılabilmesi için kaynak dosya Scopus’da ilgili arama yapılarak tüm detayları içeren csv uzantılı dosya olarak alınmıştır ve VOSviewer’a yüklenmiştir.

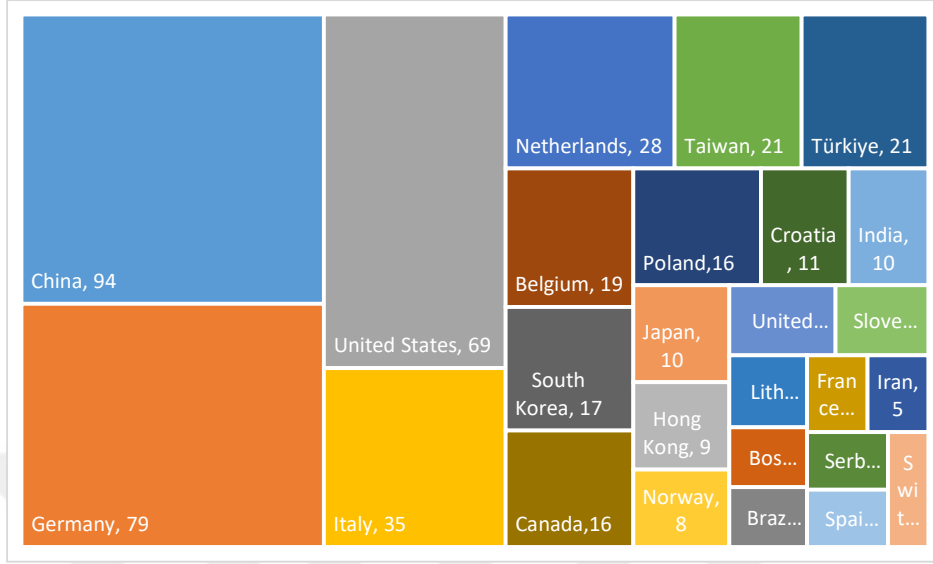
477 çalışmada 2595 farklı anahtar kelime kullanılmıştır. En sık kullanılan ilk 20 anahtar kelime için kullanım sıklığına göre aşağıdaki tablo (Tablo 1) oluşturulmuştur.

Tablo 1. En Sık Kullanılan 20 Anahtar Kelime

Sıra	Anahtar Kelime	Frekans
1	order picking	281
2	warehouses	266
3	order-picking	88
4	order-picking systems	79
5	materials handling	63
6	optimization	56
7	logistics	53
8	warehousing	52
9	simulation	42
10	order batching	36
11	warehouse management	36

12	order picking problem	35
13	efficiency	33
14	genetic algorithms	33
15	storage assignment	33
16	supply chains	30
17	integer programming	29
18	warehouse	29
19	computer simulation	28
20	automation	26

Anahtar kelimelerin birlikte kullanım sıklıklarının sağlıklı bir şekilde analiz edilebilmesi amacıyla, VOSviewer yazılımında minimum anahtar kelime kullanım eşiği 5 olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda toplam 2595 anahtar kelime içerisinde 168 tanesi analiz kapsamına alınmıştır. Analiz sonucu elde edilen ilişki ağı Şekil 7’de sunulmuştur. İlişki ağına bakıldığında çalışmaların çoğunluğunun depolama ve sipariş toplama konularında kümelendiği söylenebilir.



Şekil 8. Yazarların Kurum Adreslerine Ait Ülke Dağılımı

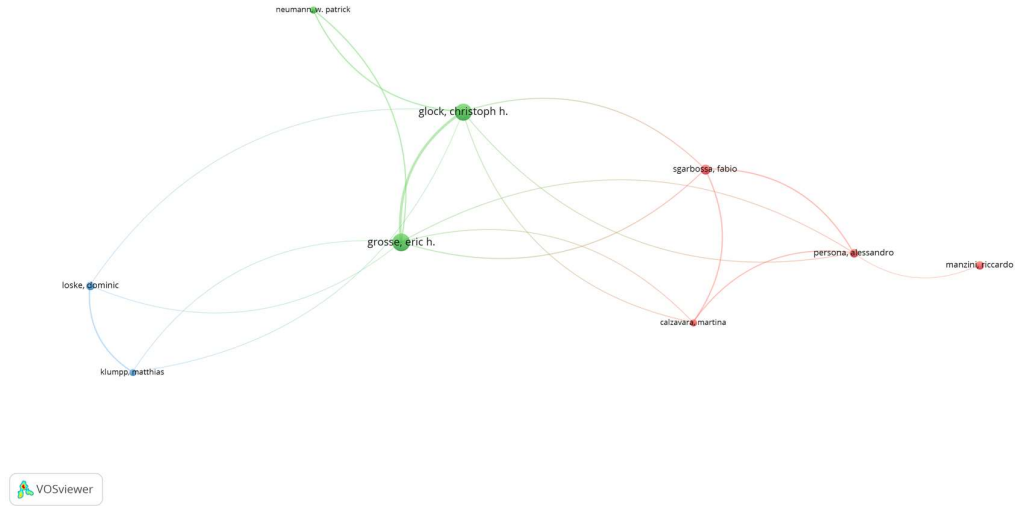
477 çalışmada toplam 1.053 farklı yazar yer almaktadır. Beş ve daha fazla yayına sahip olan ilk 10 yazarın bilgileri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Çalışma sayılarına göre yazarlar

Sıra	Yazar	Çalışma Sayısı
1	Grosse, Eric H.	27
2	Glock, Christoph H.	25
3	Ramaekers, Katrien	13
4	Caris, An	11
5	Sgarbossa, Fabio	9

6	Van Gils, Teun	9
7	Zhou, Li	9
8	Zhu, Jie	9
9	De Koster, René	8
10	Guo, Jian	8

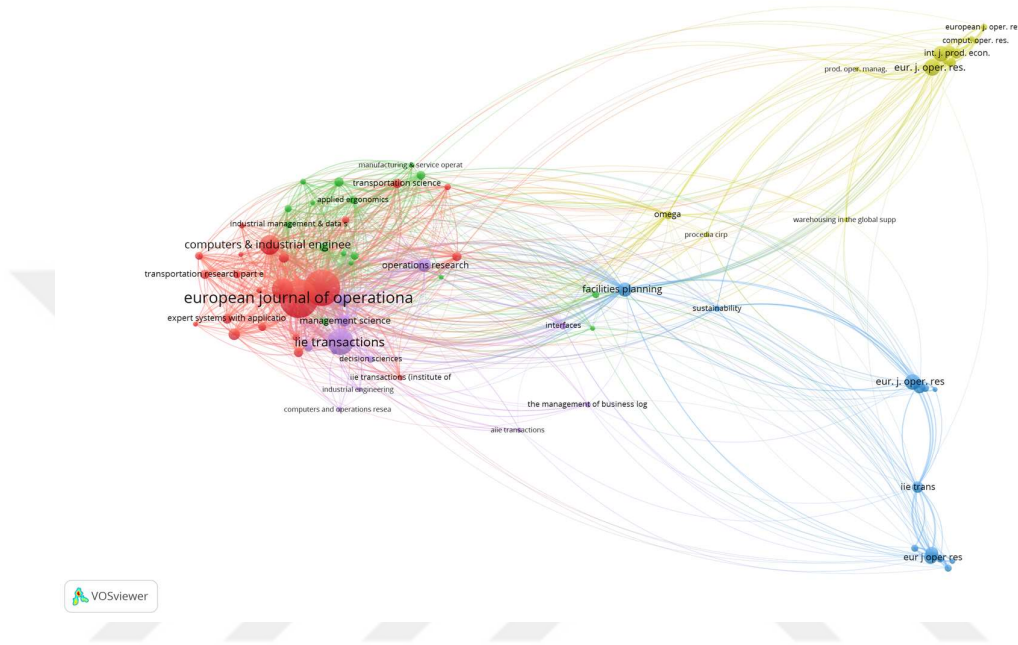
Beş ve daha fazla yayına sahip yazarlar arasındaki bağlantılar, VOSviewer yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve dokuz yazar arasında anlamlı bir ilişki ağı tespit edilmiştir. Bu analiz sonucunda elde edilen ilişki ağı görselleştirmesi Şekil 9’da sunulmaktadır.



Şekil 9. Yazarların Ortak Yazarlık Ağ Yapısı

477 çalışmanın atıfta bulunduğu kaynaklar incelenmiş ve toplam 4264 kaynağa atıfta bulunduğu tespit edilmiştir. VOSviewer analizi yaparken kaynağa yapılan minimum atıf sayısı 20 ile sınırlandırılarak 77 kaynak için ağ yapısı oluşturulmuştur. Yapılan analizde 1112 atıf ile en fazla “European Journal of Operational Research” adlı kaynağa,

ikinci olarak 1002 atıf ile “International Journal of Production Research” adlı kaynağa ve üçüncü olarak 537 atıf ile “IIE Transactions” adlı kaynağa atıfta bulunduğu tespit edilmiştir.



Şekil 10. Atıfta Bulunulan Kaynakların Ağ Yapısı

477 çalışmanın atıfta bulunduğu ilk 10 kaynak Tablo 3.’de verilmiştir.

Tablo 3. Atıfta bulunulan ilk 10 kaynak

Sıra	Kaynak	Atıf Sayısı
1	de koster r., le-duc t., roodbergen k.j., design and control of warehouse order picking: a literature review, european journal of operational research, 182, 2, pp. 481-501, (2007)	90
2	tompkins j.a., white j.a., bozer y.a., tanchoco j.m.a., facilities planning, (2010)	54

3	gu j., goetschalckx m., mcginnis l.f., research on warehouse operation: a comprehensive review, european journal of operational research, 177, 1, pp. 1-21, (2007)	35
4	ratliff h.d., rosenthal a.s., order-picking in a rectangular warehouse: a solvable case of the traveling salesman problem, operations research, 31, 3, pp. 507-521, (1983)	31
5	roodbergen k.j., de koster r., routing methods for warehouses with multiple cross aisles, international journal of production research, 39, 9, pp. 1865-1883, (2001)	30
6	grosse e.h., glock c.h., jaber m.y., neumann w.p., incorporating human factors in order picking planning models: framework and research opportunities, international journal of production research, 53, 3, pp. 695-717, (2015)	28
7	gu j., goetschalckx m., mcginnis l.f., research on warehouse design and performance evaluation: a comprehensive review, european journal of operational research, 203, 3, pp. 539-549, (2010)	28
8	petersen c.g., aase g., a comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking, international	28

3. DEPOLAMA VE DEPO YÖNETİMİ

3.1 Depo ve Depolama Kavramı

Depo kavramı, kaynakların verimli bir şekilde saklanması, yönetilmesi ve dağıtılması sürecini ifade eden bir terimdir. Genel anlamıyla depo, hammadde, yarı mamul veya bitmiş ürünlerin, kullanım veya dağıtım sürecine kadar güvenli ve düzenli bir şekilde muhafaza edildiği fiziksel alanlardır.

Depolar, ürünleri üreticilerden teslim alan, eldeki siparişe veya stoklama durumuna göre ayırımını yapan, giriş-çıkış kayıtlarını tutan, ürünleri güvenli bir şekilde muhafaza eden ve siparişe veya kullanıma uygun olarak dağıtımını sağlayan tesislerdir. (Tanyaş ve Acar, 2023).

Hareket hâlindeki her nesne, başlangıç noktasında, taşıma yönteminin değiştiği ara noktalarda, birleştirme veya ayırma işlemlerinin gerçekleştirildiği alanlarda ve nihayetinde son kullanıcıya ulaştığı anda duraklamaktadır. Bu süreçte, hareketin kesintiye uğradığı bu duraklama noktaları; depo, aktarma merkezi, dağıtım merkezi, ambar, transfer merkezi ve antrepo gibi terimlerle ifade edilmektedir. Bu bağlamda, depolama faaliyeti, hareketin durduğu ve taşımanın hızının sıfırlandığı bir süreç olarak, 'hızı sıfır olan bir lojistik hareket' şeklinde tanımlanmaktadır (Yıldıztekin, 2011).

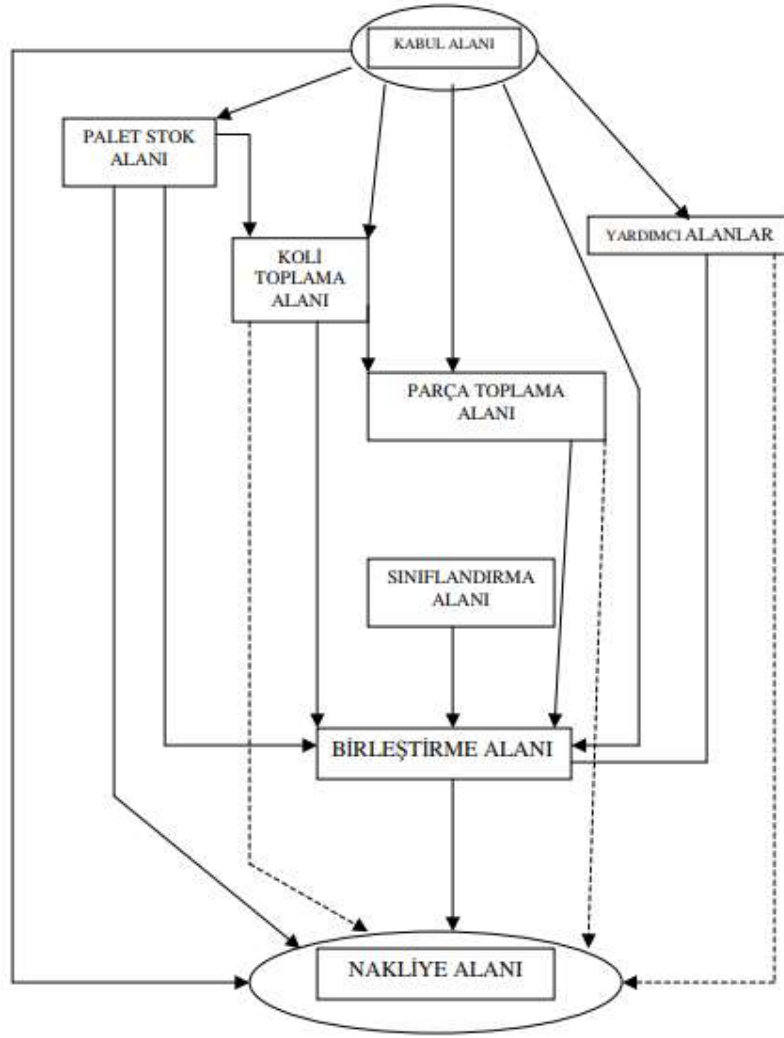
Depolar, ürünlerin müşterilerin sipariş zamanlarına bağlı olarak ortaya çıkan taleplerine uygun şekilde, boşaltma ve yükleme işlemleri arasındaki süre zarfında geçici olarak muhafaza edildikleri alanlardır. Bununla birlikte, depolar yalnızca ürünlerin bekletildiği fiziksel alanlar değil; aynı zamanda müşteri hizmet düzeyinin sağlanması ve iyileştirilmesi açısından da stratejik öneme sahip lojistik unsurlardır (Şenocak, 2014).

Depo, hammadde, yarı ürün ve bitmiş ürünlerin belirli bir süre için saklandığı, korunduğu ve gerektiğinde dağıtımının yapıldığı alanlar olarak ele alınmaktadır. Depolar, lojistik hareketlerin durduğu ve ürünlerin stoklandığı noktalar olarak tanımlanmaktadır. (Kostak, 2022).

Depolar, tedarik zinciri içerisinde çok yönlü ve stratejik işlevler üstlenmektedir. Örneğin, mevsimsel dalgalanmalardan kaynaklanan talep değişimlerine karşı, malzeme akışında tampon görevi görerek sistemin sürekliliğini sağlamaktadırlar. Bunun yanı sıra, parti oluşturma, sevkiyata hazırlık, ürün birleştirme gibi operasyonel faaliyetlerin yanı sıra; etiketleme, bandrol uygulama gibi katma değerli hizmetlerin yürütüldüğü önemli lojistik merkezler olarak değerlendirilmektedirler. (Karakış, 2014).

Depolama, işletme, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi gibi alanlarda, çeşitli hammadde, yarı mamul veya ürünlerin belirli bir süre boyunca güvenli ve düzenli bir şekilde muhafaza edilmesi sürecidir. Bu süreç, ürünlerin üretimden son kullanıcıya ulaşana kadar geçirdiği tedarik zincirinin bir parçasıdır ve bu zincirdeki malzeme akışını etkin bir şekilde yönetmek için kritik öneme sahiptir.

Depolama, ticaret ve rekabetin gelişmesiyle teknik bir işlem haline gelmiştir. Günümüzde zaman çok değerlidir ve sanayinin amacı, üretim ve işletmedeki aksaklıkları en aza indirerek karı artırmaktır. Depolama sistemlerinin iyi tanınması, zaman ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Lojistiğin temeli taşıma olup, hareket eden her cisim belirli noktalarda durmakta ve bu noktalar depo, aktarma merkezi gibi isimler almaktadır. Depolar, ürünlerin korunması, stoklanması ve ihtiyaç duyulan noktalara etkin ve verimli bir şekilde ulaştırılmasını sağlamak amacıyla kullanılan temel lojistik unsurlardır. Depolama, fiziksel dağıtımın önemli bir parçasıdır ve müşteri siparişlerine göre düzenlenmiş mamullerin hareketini kolaylaştırmaktadır. (Tezcan, 2007).



Şekil 12. Depo Malzeme ve İş Akışı (Turan, 2006)

Depolama, belirli kaynak noktalardan gelen ürün veya yüklerin teslim alınarak, belirli bir süre boyunca uygun koşullarda muhafaza edilmesi ve ardından hedef noktalara sevk edilmek üzere hazırlanması sürecidir. Üretim yapan bir işletme örneği üzerinden değerlendirildiğinde; üretim sürecinde kullanılan hammadde, yarı mamul ve yardımcı malzemelerin yanı sıra, bakım ve onarım faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan sarf malzemeleri ile yedek parçaların ve üretim süreci sonunda ortaya çıkan mamullerin stoklanması ile envanter yönetimine ilişkin tüm faaliyetler, depolama kavramı kapsamında değerlendirilmektedir (Tanyaş, Acar, 2023).

Depolama, tedarik zinciri süreçlerinde malzeme akışının belirli nedenlerle geçici olarak durdurulduğu bir aşamayı temsil eder. Bu aşama, lojistik faaliyetlerin düzenli ve kesintisiz bir biçimde sürdürülmesini sağlamak amacıyla aynı zamanda bir denetim noktası işlevi de görmektedir. Depolama faaliyetleri, işletmelerin maliyet analizlerinde önemli bir yer tutmakla birlikte, tedarik zinciri bütünlüğü içerisinde değerlendirildiğinde, kendisinden önceki ve sonraki süreçlerde maliyet etkinliği ve operasyonel verimlilik sağlayarak zincirin genel optimizasyonuna katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda, depolama yalnızca bağımsız bir operasyonel unsur olarak değil, tedarik zincirinin diğer lojistik bileşenleriyle birlikte ele alındığında, işletmelere sağladığı stratejik avantajlar daha belirgin hale gelmekte ve üstlendiği işlevsel rol daha anlamlı bir boyut kazanmaktadır (Tezcan, 2007).

Depolama faaliyetleri, genel olarak ana ve yardımcı sarf malzeme depolama ile mamul malzeme depolama olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Ana ve yardımcı sarf malzeme depolama, üretim süreçlerinde kullanılacak olan hammadde, yarı mamul, yardımcı malzemeler ile bakım-onarım faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan sarf malzemeleri ve yedek parçaların sistematik biçimde stoklanmasını ve bu unsurların envanter yönetimini kapsamaktadır. Mamul malzeme depolama ise, işletmelerin üretim sürecinde ortaya çıkan mamullerin stoklanması ve envanter yönetimini içermektedir. Bu fonksiyon, işletmelerin faaliyetlerinin sürekliliğini sağlamak için gerekli tüm malzemelerin mühendislik çalışmaları ile belirlenen miktarlarda ve satışa yönelik nihai ürünlerin piyasa isteklerine uyumlu olarak stoklanmasını ve yönetimini içermektedir.

Günümüzde depolardan beklentiler şunlardır:

- Daha küçük ölçekli işlemlerin daha sık gerçekleştirmesi,
- Daha fazla sayıda ürünün elleçlemesi ve depolanması,
- Daha fazla katma değerli hizmet sağlanması,
- Daha fazla geri dönüş sağlaması.

Bununla birlikte, depoların sipariş hazırlamak için daha az zamana ihtiyaç duyması ve daha az hata yapması beklenmektedir (Evinzel, 2010).

3.2 Depolamanın İşlevleri

Depolamanın işlevleri, tedarik zincirinin etkin yönetimi için kritik öneme sahiptir. Stok yönetimi işlevi, ürünlerin belirli bir süre boyunca güvenli koşullarda muhafaza edilmesini ve ihtiyaç duyulan anda hızlı ve etkin bir şekilde erişilebilir olmasını sağlayarak, tedarik zinciri süreçlerinin sürekliliğini ve operasyonel verimliliğini desteklemektedir. Talep dengeleme işlevi, üretim ve tüketim arasındaki dengesizlikleri gidermek için ürünlerin depolanmasını içerir. Ürün koruma işlevi, ürünlerin hasar görmesini, bozulmasını veya kaybolmasını önlemek amacıyla uygun koşullarda saklanmasını sağlar. Sipariş hazırlama işlevi, müşteri siparişlerinin toplanması, paketlenmesi ve sevkiyata hazır hale getirilmesini kapsar. Dağıtım ve lojistik işlevi, ürünlerin doğru zamanda, doğru miktarda ve doğru lokasyona ulaştırılmasını sağlamak amacıyla lojistik süreçlerin planlanması, koordinasyonu ve yönetimini kapsamaktadır. Buna ek olarak, katma değerli hizmetler işlevi; ürün etiketleme, ambalajlama, montaj ve benzeri ek hizmetlerin sunulması yoluyla müşteri taleplerine özel çözümler geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu temel işlevler, depolama operasyonlarının sistematik, verimli ve entegre bir şekilde yürütülmesini sağlayarak hem operasyonel başarıyı artırmakta hem de müşteri memnuniyetine doğrudan katkı sunmaktadır.

Günümüzde depo ve antrepo faaliyetleri, yalnızca malların muhafaza edilmesi ve korunmasıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda ürünlerin fiziksel ve ticari özelliklerine, müşteri segmentlerine ve sözleşme hükümlerine bağlı olarak sınıflandırılması, kalite kontrol süreçlerinden geçirilmesi, ambalajlanması, barkodlanması ve etiketlenmesi gibi çeşitli katma değerli işlemleri de kapsamaktadır. Ayrıca, bu işlemler malların sevkiyata hazır hale getirilmesini, stok hareketlerinin bilgisayar ortamında kaydedilmesini ve ilgili taraflarla (gönderen, alıcı, müşteri, üretici vb.) iletişim kurulmasını da kapsamaktadır (Süer, 2012).

3.2.1 Hareket işlevi

Depolamada hareket işlevi, ürünlerin depo içinde ve depo dışına taşınmasını kapsayan kritik bir süreçtir. Bu işlev, ürünlerin depoya girişinden sevkiyat aşamasına kadar geçen tüm süreçlerde kritik bir rol üstlenmekte; malzeme akışının izlenebilirliğini, düzenliliğini ve operasyonel etkinliğini sağlamaktadır. İlk olarak, mal kabul aşamasında ürünler

depoya giriş yapmakta ve araçlardan indirilmektedir. Ardından, yerleştirme aşamasında ürünler depo içinde belirlenen raflara veya alanlara taşınmaktadır. Toplama aşamasında, müşteri siparişlerine göre ürünler raflardan toplanarak paketleme alanına taşınmaktadır. Paketleme aşamasında, toplanan ürünler paketlenmekte ve sevkiyata hazırlanmaktadır. Sevkiyat aşamasında ise paketlenmiş ürünler taşıma araçlarına yüklenerak müşterilere gönderilmektedir. Ayrıca, iç taşıma işlemleri, depo içinde ürünlerin farklı alanlar arasında taşınmasını içermektedir.

Hareket işlevi, depo içi lojistik süreçlerin temel bileşenlerinden biri olup; mal kabul, iç taşıma ve yerleştirme, sipariş toplama ve ayırma, çapraz sevkiyat (cross-docking) ile yükleme gibi çeşitli operasyonel faaliyetleri kapsamaktadır. Bu işlev, ürünlerin fiziksel akışının etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayarak, depo verimliliği ve hizmet kalitesi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Mal kabul süreci, ürünlerin nakliye aracından güvenli bir şekilde indirilmesini, depoya giriş kayıtlarının oluşturulmasını, fiziksel hasar kontrollerinin gerçekleştirilmesini ve teslim edilen ürünlerin, sipariş belgeleri ile yükleme evrakları doğrultusunda sayım ve kalite açısından doğrulanmasını kapsamaktadır. Bu süreç, depo operasyonlarının başlangıç noktasını oluşturmakta ve sonraki işlemlerin doğruluğu açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Taşıma veya yerleştirme, ürünlerin depoda stoklanabilmesi için fiziksel hareketini, konsolidasyon gibi özel hizmetlerle ilgili alanlara taşınmasını ve sevkiyat aşamasına doğru hareketini kapsamaktadır. Sipariş toplama ya da müşteri siparişi ayırma süreci, müşterilerin talep ettiği ürünlerin depo içerisinde toplanarak yeniden gruplanmasını içeren ve depo operasyonları açısından en kritik hareketlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu süreç, müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen zamanında ve doğru teslimatın sağlanmasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Öte yandan, çapraz sevkiyat (cross-docking) uygulaması, ürünlerin mal kabul alanından doğrudan yükleme alanına aktarılmasını mümkün kılarak, geleneksel stoklama aşamasını ortadan kaldırmakta ve böylece hem zaman hem de maliyet açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Yükleme, stok kayıtlarının güncellenmesi ve yüklenecek siparişlerin kontrol edilerek ürünlerin hazırlanması ve toplanmış ürünlerin taşıma ekipmanına fiziksel olarak yüklenmesini içeren son harekettir. Yükleme işlemi, belirli müşteriler için malzemelerin ayrıştırılması ve paketlenmesi gibi işlemleri de kapsamaktadır (Kostak, 2022).

3.2.2 Stoklama işlevi

Stoklama işlevi, depolama süreçlerinin temel unsurlarından biridir. Bu işlev, ürünlerin belirli bir süre boyunca güvenli ve düzenli bir şekilde saklanmasını sağlamaktadır. Stoklama, talep dalgalanmalarına karşı bir tampon görevi görerek, üretim ve dağıtım süreçlerinde sürekliliği sağlamaktadır. Ayrıca, ürünlerin hasar görmesini veya bozulmasını önlemek için uygun koşullarda muhafaza edilmesini içermektedir. Stoklama faaliyeti, işletmelerin müşteri taleplerine zamanında ve etkin bir şekilde yanıt verebilmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ürünlerin uygun koşullarda ve erişilebilir biçimde depolanması, talep dalgalanmalarına karşı esneklik sağlamak ve hizmet düzeyinin sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Bu işlev, aynı zamanda maliyetleri kontrol altında tutarak, stok devir hızını optimize etmeye yardımcı olmaktadır.

Deponun ana görevi, malların güvenli bir şekilde saklanması ve müşteri taleplerine uygun olarak ayrılıp düzenlenmesidir. Mallar, müşterilerin ihtiyaç duyduğu anda hazır bulundurulmak üzere stoklanmaktadır. Bazı siparişler, birden fazla üreticinin ürünlerini içerebilir ve bu durumda, bu ürünler depoda birleştirilerek müşteriye sunulmaktadır. Ayrıca, siparişlere uygun olarak malların belirli kısımlar halinde ayrılması ve müşterilere sunulması gerekebilir (Süer, 2012).

3.2.3 Bilgi transferi işlevi

Depolamada bilgi transferi işlevi, depolama süreçlerinin etkin yönetimi için önemli bir işlevdir. Bu işlev, depoya giren ve çıkan ürünlerin, stok seviyelerinin ve diğer önemli verilerin doğru ve zamanında kaydedilmesini ve iletilmesini içermektedir. Bilgi transferi, depo yönetim sistemleri (WMS) aracılığıyla gerçekleştirilmekte ve bu sistemler, envanterin izlenmesi, siparişlerin işlenmesi ve lojistik operasyonların koordinasyonu için gereklidir. Bilgi transferi, tedarik zinciri boyunca şeffaflığı artırarak, karar verme süreçlerini iyileştirmekte ve operasyonel verimliliği artırmaktadır. Ayrıca, hataların ve gecikmelerin önlenmesine yardımcı olmakta, böylece müşteri memnuniyeti sağlanmaktadır. Bu işlev, aynı zamanda, veri analitiği ve raporlama için gerekli bilgileri sağlamakta, işletmelerin performanslarını değerlendirmelerine ve stratejik planlamalar yapmalarına olanak tanımaktadır. Bilgi transferi, depolama operasyonlarının

dijitalleşmesi ve otomasyonu ile daha da önem kazanmış olup, modern depo yönetiminin vazgeçilmez bir parçası haline gelmektedir.

Depolamanın üçüncü temel işlevi olan bilgi transferi, hareket ve stoklama faaliyetleriyle entegre bir biçimde yürütülmektedir. Depo yönetiminin etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, yöneticilerin doğru ve zamanında bilgiye erişimi kritik öneme sahiptir. Stok seviyeleri, çıkış miktarları, ürünlerin depolandığı lokasyonlar, giriş-çıkış yükleri, müşteri bilgileri, tesis alanı kullanımı ve personel verileri gibi unsurlar, depo operasyonlarının sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından temel bilgi girdilerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, işletmeler bilgi akışının hızını ve doğruluğunu artırmak amacıyla elektronik veri değişimi (EDI) ve barkodlama gibi teknolojilere yönelmekte; böylece bilgisayarlı bilgi transfer sistemlerine olan bağımlılık giderek artmaktadır (Hopbaoglu, 2009).

3.3 Depo İş Süreçleri ve Elleçleme İşlemleri

Depo iş süreçleri ve elleçleme faaliyetleri, depolama operasyonlarının düzenli, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesinde temel rol oynamaktadır. Depo iş süreçleri; ürünlerin depoya girişinden çıkışına kadar olan tüm aşamaları kapsamakta olup, bu süreçler arasında mal kabul, envanter yönetimi, sipariş toplama, paketleme ve sevkiyat yer almaktadır. Her bir aşama, ürünlerin izlenebilirliğini ve doğruluğunu sağlamak amacıyla belirli prosedürler ve teknolojik sistemler çerçevesinde yürütülmektedir.

Elleçleme işlemleri ise, ürünlerin fiziksel hareketine ilişkin taşıma, yükleme, boşaltma ve yerleştirme gibi faaliyetleri içermektedir. Bu işlemler, forkliftler, konveyör sistemleri ve diğer mekanik ekipmanlar aracılığıyla gerçekleştirilmekte olup, ürünlerin hasar görmeden ve zamanında hareket ettirilmesini sağlamak için dikkatli bir şekilde planlanmalı ve uygulanmalıdır.

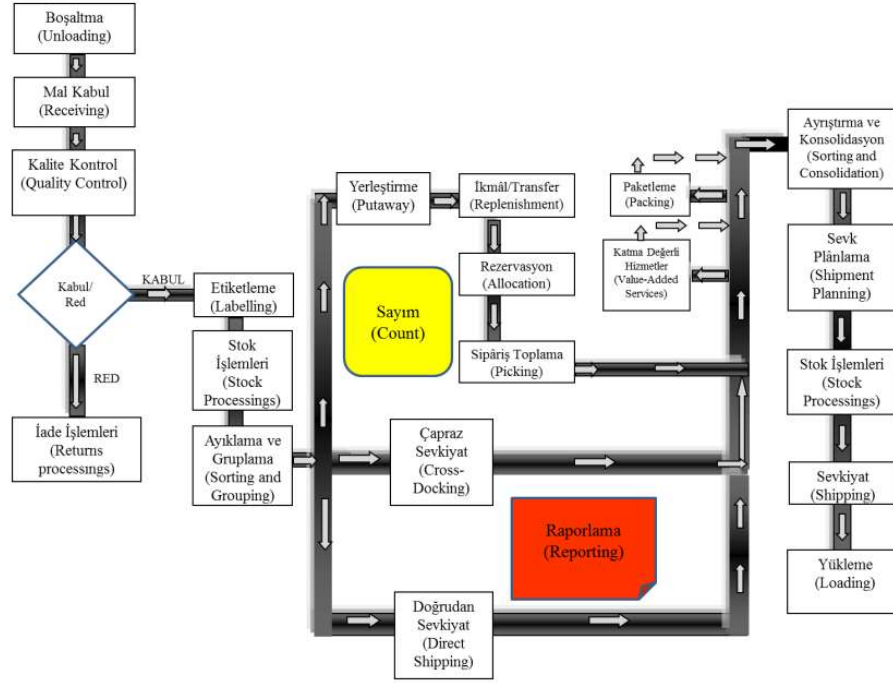
Depo iş süreçleri ile elleçleme faaliyetlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi, işletmelerin operasyonel verimliliğini artırmakta, lojistik maliyetleri azaltmakta ve müşteri memnuniyetini yükseltmektedir. Ayrıca bu işlemler, stok doğruluğunu güvence altına alarak siparişlerin zamanında ve eksiksiz teslim edilmesini sağlamakta; böylece tedarik zinciri boyunca kesintisiz bir malzeme akışı oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

Depolar, tedarik zincirinin kritik bir parçasıdır ve üreticilerden tüketicilere ürün akışını sağlamaktadır. Bu tesisler, ürünlerin uygun koşullarda depolanmasını ve ihtiyaç duyulana kadar saklanmasını sağlayan, sürekli mal giriş ve çıkışı olan yerlerdir ve bu akışın düzgün yapılabilmesi için belirli faaliyetler zinciri takip edilmelidir. Depolama süreçleri firmadan firmaya farklılık gösterse de temel işlevler ortaktır. Depoların ana görevleri arasında ürünlerin kabul edilmesi, saklanması ve ihtiyaç sahibine sevk edilmesi bulunmaktadır. Bu görevlerin yerine getirilebilmesi için birçok temel ve destek süreçleri gereklidir (Çakmak, 2022).

Tablo 4. Depolardaki Temel ve Destek Süreçler (Çakmak, 2022)

Temel Süreçler	Destek Süreçler
Mal Kabul	İş Emri Yönetimi
Yerleştirme	Raporlama
Sipariş Toplama	Sayım
Çapraz Sevkiyat	
Paketleme	
Katma Değerli Hizmetler	
Sevkiyat	
İade Alma, İşleme ve İmha	
Açık Saha Yönetimi	

“Temel Süreçler” ve “Destek Süreçler” olmak üzere iki ana başlıkta değerlendirilen depolama ana sürecinin akış şeması aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur (Tanyaş, 2011).



Şekil 13. Depolama Ana Süreci (Tanyaş, 2011)

3.3.1 Mal kabul

Mal kabul, tedarikçilerden gelen ürünlerin depoya giriş yaptığı ilk aşamadır. Bu süreç, ürünlerin teslim alınmasını, fiziksel ve belgelerle uyumlu şekilde kontrol edilmesini ve doğrulanan ürünlerin envanter sistemine kaydedilmesini kapsamaktadır. Bu aşama, depo operasyonlarının başlangıç noktası olup, sonraki süreçlerin doğruluğu ve izlenebilirliği açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Mal kabul işlemi, ürünlerin siparişe uygunluğunu ve kalitesini doğrulamak için çeşitli kontrollerin yapılmasını gerektirmektedir. Bu kontroller arasında miktar, kalite, hasar durumu ve belgelerin doğruluğu yer alır. Mal kabul süreci, depo yönetim sistemleri (WMS) kullanılarak dijital olarak izlenmekte ve kaydedilmektedir. Bu sistemler, ürünlerin doğru bir şekilde envantere eklenmesini ve depoda uygun yerlere yerleştirilmesini sağlamaktadır. Mal kabul işlemi, tedarik zinciri boyunca şeffaflığı ve izlenebilirliği artırarak, stok doğruluğunu ve operasyonel verimliliği destekler. Aynı zamanda bu süreç, ürünlerin hızlı, hatasız ve sistematik bir biçimde depoya kabul edilmesini sağlayarak, müşteri siparişlerinin zamanında ve doğru şekilde

karşılanmasına doğrudan katkı sunmaktadır. Bu doğruluk ve hız, tedarik zinciri performansını artırmakta ve müşteri memnuniyetinin sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Mal kabul, depolama operasyonlarının temel taşlarından biri olup, genel depo performansını ve müşteri memnuniyetini doğrudan etkilemektedir.

Depolama işlemlerinin başlangıç aşaması mal kabul sürecidir. Depoya gelen tüm ürünler (hammadde, yarı mamul, bitmiş ürünler, iade veya imha edilecek ürünler) öncelikle bu aşamadan geçmektedir. Depoya çeşitli nedenlerle ve amaçlarla gelen ürünler için mal kabul sürecinde çeşitli faaliyetler yürütülmektedir. Bu süreç, ürün türüne, depolama kurallarına, stoklama politikalarına ve benzeri kriterlere göre farklılık göstermektedir (Çakmak, 2022).

Bir ürün depoya ulaştığında, ilk olarak kalite ve miktar açısından değerlendirilmektedir. Bu aşamadan sonra, ürünler depoda ilgili bölümlere taşınmakta veya doğrudan sevkiyat alanına yönlendirilmektedir. Eğer ürünler kabul edilmezse, üreticiye geri gönderilmektedir. İade süreçlerinin temel nedenleri arasında, ürünün fiziksel olarak kullanılamaz durumda olması, siparişte belirtilen miktardan eksik teslim edilmesi ya da son kullanma tarihinin geçmiş olması gibi kalite ve uygunluk sorunları yer almaktadır. Bu tür durumlar hem müşteri memnuniyetini olumsuz etkileyebilmekte hem de tedarik zinciri süreçlerinde ek maliyet ve zaman kaybına yol açabilmektedir (Şenocak, 2014).

3.3.2 Yerleştirme

Depolarda yerleştirme, mal kabul sürecinden sonra ürünlerin depoda uygun yerlere taşınması ve düzenlenmesi işlemidir. Bu süreç, ürünlerin depoda en verimli şekilde saklanmasını ve kolayca erişilebilir olmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Yerleştirme işlemi, depo alanının optimal kullanımı için stratejik olarak planlanmalı ve uygulanmalıdır. Yerleştirme sürecinde, ürünlerin özelliklerine, boyutlarına ve depolama gereksinimlerine göre uygun raflara veya alanlara yerleştirilmesi sağlanmaktadır. Bu işlem, depo yönetim sistemleri (WMS) kullanılarak dijital olarak izlenmekte ve kaydedilmektedir. WMS, ürünlerin doğru yerlere yerleştirilmesini ve envanterin güncel tutulmasını sağlamaktadır. Yerleştirme işlemi, depo içindeki hareketlerin minimize edilmesine ve ürünlerin kısa süre içerisinde bulunmasını desteklemektedir. Bu da sipariş toplama ve sevkiyat süreçlerinin veriminin artırılmasını sağlamaktadır. Ek olarak,

yerleştirme işlemi, ürünlerin hasar görmesini önleyerek, depo operasyonlarının güvenliğini artırmaktadır.

Mal kabul sürecinden sonra gelen ikinci adım yerleştirme sürecidir. Bu aşamada, malzemeler özelliklerine göre depo içinde uygun yerlere yerleştirilmektedir. Depolama planlamasında dikkate alınması gereken başlıca faktörler arasında, ürünlerin fiziksel ve kimyasal nitelikleri, miktarları, ağırlıkları ve hacimleri yer almaktadır. Bununla birlikte, depolama alanlarının kapasite sınırları (örneğin boyut, taşıma kapasitesi) ile çevresel özellikleri (örneğin sıcaklık ve nem kontrolü gibi iklimlendirme gereksinimleri) de planlamanın temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu unsurların bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi hem depo alanının etkin kullanımını hem de ürünlerin güvenli ve uygun koşullarda muhafaza edilmesini sağlamaktadır. Ürünlerin giriş-çıkış sıklığı da depo yönetimi açısından önemlidir. Depo yerleşim planlamasında, yüksek hareket sıklığına sahip ürünlerin, operasyonel verimliliği artırmak amacıyla sevkiyat alanlarına ve çıkış kapılarına yakın konumlandırılması gerekmektedir. Bu strateji, ürünlerin depo içerisindeki taşıma mesafesini ve elleçleme süresini en aza indirerek hem zaman tasarrufu sağlar hem de iş gücü maliyetlerini düşürmektedir. Örneğin, hızlı hareket eden ürünlerin sevkiyat alanına yakın yerleştirilmesi, sipariş toplama sürecinde depo içindeki hareketi azaltmaktadır. Depo yerleşiminde yalnızca ürünlerin hareket sıklığı değil, aynı zamanda fiziksel özellikleri de dikkate alınmalıdır. Özellikle ağır ürünlerin, kaldırma ve taşıma işlemlerinde iş gücü üzerindeki yükü azaltmak amacıyla alt raflara yerleştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, kırılabilir, tehlikeli ya da özel saklama koşulları gerektiren ürünler için uygun alanların belirlenmesi hem güvenlik hem de operasyonel verimlilik açısından önem arz etmektedir (Karakış, 2014).

- Yerleştirilecek ürünlerin, belirlenmiş istifleme alanına fiziksel olarak taşınması
- Yerleştirme sürecinde ürünlerin barkod okuyucu gibi cihazlarla tanımlanması
- Tanımlanan ürünlerin, yerleştirme bölgelerine göre ayrıştırılması ve gruplanması
- Depo Yönetimi Sistemleri gibi sistemler tarafından ilgili ürünlerin yerleştirme düzeni ve yerleştirilebileceği yer alternatifleri arasından en efektif olanının belirlenmesi
- Yerleştirilecek ürünlerin ilgili yerlere transferi

- Lokasyon tanımlamasının barkod okuyucu gibi cihazlarla yapılması
- Ürünlerin ilgili yerlere fiziki olarak yerleştirilmesi
- Barkod okuyucu gibi cihazlarla, işlemin tamamlandığının kayıt altına alınması

3.3.3 Sipariş toplama

Sipariş toplama, müşteriden gelen siparişlere istinaden oluşturulan iş emirlerinde bulunan ürünlerin siparişin sevkiyata hazır hale gelmesinin başlangıç aşamasıdır. Sipariş toplama işlemi, siparişin hızlı bir şekilde oluşturulması ve en kısa sürede müşteriye ulaştırılmasını amaçlamakta ve doğrudan hizmet seviyesini etkileyen en önemli depolama faaliyetidir. Bu adım, depolama süreçleri içerisinde en yoğun iş gücü gerektiren faaliyetlerden biri olarak öne çıkmakta ve bu yönüyle kritik bir operasyonel aşama olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, de Koster ve arkadaşları (1999), yerleştirme sürecinde görev alan iş gücünün, depo yönetiminde kullanılan toplam iş gücünün yaklaşık %60'ını oluşturduğunu belirtmektedir. Bu oran, söz konusu sürecin hem maliyet hem de kaynak planlaması açısından stratejik önemini ortaya koymaktadır. Sipariş toplama süreci içerisinde en fazla zaman gerektiren faaliyet, toplayıcının veya toplama ekipmanının depo içerisinde ürünler arasında gerçekleştirdiği hareket süresi olarak ifade edilmektedir (Görener, 2012). Tablo-1 de sipariş toplama sürecinin toplam zaman içindeki yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 5. Sipariş Toplama İşlemleri Kapsamındaki Faaliyetlerin Toplam Zaman İçerisindeki Yüzdeleri (Görener, 2012)

Faaliyetler	Sipariş Toplama Zamanı İçerisindeki Payı
Sipariş Toplayıcının Seyahat Zamanı	% 50-55
Ürün Arama Zamanı	% 15-20
Ürünün Raftan Alınması	% 10-15
Diğer İşlemler	% 5-20

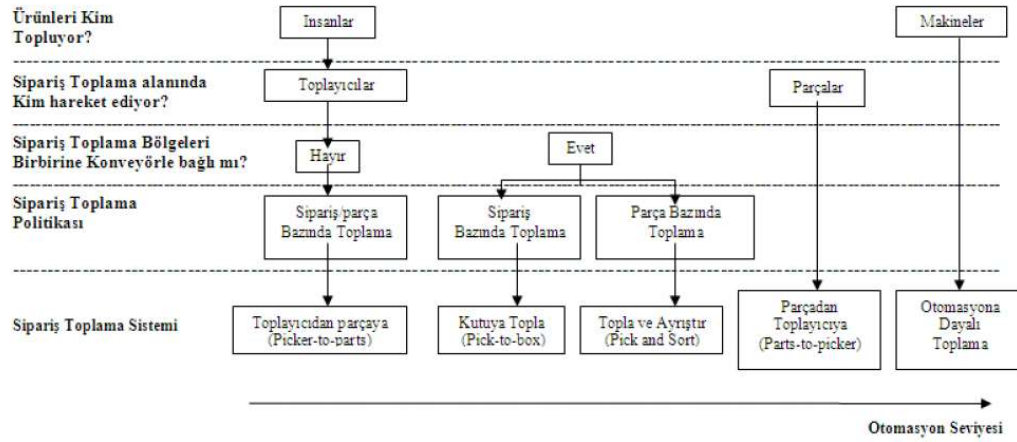
Depo tasarımında sipariş toplama süreçlerinin optimizasyonunda aşağıdaki amaçlar göz önünde bulundurulur.

- Bir siparişin bir araya getirilme süresini enküçüklemek
- Birden fazla siparişin oluşturduğu bir sipariş kümesinin tamamlanma süresini enküçüklemek
- Depo alanı kullanımını enbüyüklemek
- Ekipman kullanımını enbüyüklemek
- İş gücü kullanımını enbüyüklemek
- Tüm ürünlere ulaşabilirliği enbüyüklemek (Tuna, Tuncel, 2012)

Sipariş toplama sistemleri temel olarak beş ana grup altında incelenebilir.

- Toplayıcıdan parçalara (Picker-to-parts)
- Kutuya toplama (Pick-to-box/Pick-and-pass)
- Topla ve ayırıştır (Pick-and-sort)
- Parçalardan toplayıcıya (Parts-to-picker)
- Tamamen otomasyona dayalı (Completely automated picking)

Bu gruplama Şekil-14 de aşağıdaki şekilde görsellenmiştir.



Şekil 14. Sipariş toplama sistemlerinin gruplanması (Tuna, Tuncel, 2012)

Sipariş toplama aşamaları genellikle aşağıda belirtilen dört adımdan oluşur.

- Siparişe istinaden oluşturulan iş emri depo sorumlusu veya ilgili sisteme ulaşır ve ilgili kişi veya sistem sipariş toplama rotasını belirler.

- İş emrindeki malzemelerin yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Etkin bir sipariş toplama süreci için bu süreyi kısaltma amacıyla özel yazılım ve sistemler kullanılabilir.
- Taşıma kaplarının uygunluğu kontrol edilir ve en kısa zamanda sipariş toplama işlemi gerçekleştirilir.
- Toplanan siparişlerin gruplanması toplama esnasında yapılabileceği gibi toplama sonrası ayrı bir süreç olarak da değerlendirilebilir (Evinsel, 2010).

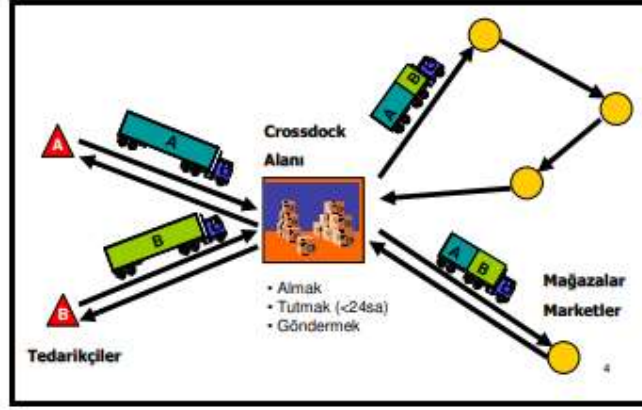
3.3.4 Çapraz sevkiyat

Çapraz sevkiyat (cross-docking), depolama süreçlerinde ürünlerin depoya girmeden doğrudan sevkiyat alanına yönlendirilmesi işlemidir. Bu yöntem, ürünlerin depoda uzun süre saklanmasını önleyerek, tedarik zinciri boyunca hız ve verimlilik sağlamaktadır. Çapraz sevkiyat, genellikle tedarikçiden gelen ürünlerin doğrudan müşteri siparişlerine veya perakende mağazalarına yönlendirilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Bu süreçte, ürünler depoya ulaştıktan sonra kısa bir süre içerisinde ayrıştırılmakta ve doğrudan yeniden yükleme işlemine tabi tutulmaktadır. Depo yönetim sistemleri (WMS) kullanılarak, ürünlerin doğru bir şekilde izlenmesi ve yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Çapraz sevkiyat, özellikle hızlı tüketim malları, gıda ürünleri ve perakende sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, müşteri taleplerine hızlı yanıt verilmesini ve tedarik zinciri boyunca operasyonel verimliliğin artırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, ürünlerin depoda bekleme süresini minimize ederek, lojistik maliyetlerini düşürmekte ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır.

Ürünler doğrudan üreticiden veya tedarik zincirindeki başka bir noktadan, müşterinin siparişini karşılamak amacıyla getirilmiş ve depolanmadan doğrudan müşteriye sevk edilecek ise, bu durumda çapraz sevkiyat yapılmaktadır. Bu süreçte, ürünler depolanmadan, giriş çıkış noktaları aracılığıyla gelen araçtan doğrudan giden araca yüklenmektedir (Şener, 2015).

Malzemeler, gönderilecekleri yerlere göre sipariş bazında farklı ambalajlarla hazırlanarak depoya gönderilmektedir. Depoda, bu malzemeler hızlı şekilde ve süreci uzatacak ek bir ayrıntılı elleçlemeye tabi tutulmadan sevk edilmektedir. Bu yöntem, depo alanının en ekonomik ve hızlı şekilde kullanılmasını sağlar. Bu yöntemde inşa edilecek deponun

tasarımında, malzeme türüne göre belirlenen taban alanı büyüklüğü, rampa adedi ve elleçleme ekipmanlarının sayısı temel belirleyici faktörler arasında yer almaktadır (Hopbaoglu, 2009).



Şekil 15. Çapraz Sevkiyat (Tezcan, 2007)

3.3.5 Paketleme

Depolarda paketleme, ürünlerin sevkiyata hazır hale getirilmesi için gerçekleştirilen işlemleri kapsamaktadır. Bu süreç, ürünlerin güvenli bir biçimde taşınmasını ve müşteri taleplerine uygun şekilde teslim edilmesini temin etmek amacıyla yürütülmektedir. Paketleme işlemi, ürünlerin türüne, boyutuna ve nakliye gereksinimlerine göre farklılık gösterebilir. Paketleme sürecinde, ürünler uygun ambalaj malzemeleri kullanılarak korunmakta ve düzenlenmektedir. Bu malzemeler arasında kutular, paletler, streç filmler, köpükler ve dolgu malzemeleri yer almaktadır. Paketleme süreci, ürünlerin taşıma esnasında zarar görmesini engellemek ve lojistik güvenliğini sağlamak amacıyla titizlikle gerçekleştirilmelidir. Ek olarak, paketleme sırasında ürünlerin etiketlenmesi ve gerekli belgelerin eklenmesi de önemlidir.

Sipariş toplama aşamasında toplanan ürünler, doğrudan veya ayrıştırma işleminden geçerek paketleme alanına getirilmektedir. Bu aşamada, ürünler tekrar okutularak veya kontrol listeleriyle karşılaştırılarak gözden geçirilmekte ve sevk edileceği yeni ambalajlarına yerleştirilmektedir. İşlemin gereksinimlerine göre farklı paketleme yöntemleri vardır. İnternet siparişlerinde genellikle ayrıştırma istasyonundan alınan ürünler tek tek okutularak koli veya yeni ambalajlarına yerleştirilmektedir. Koli veya

ambalaj kapatılarak bantlanarak sistemin verdiği koli veya kargo etiketi üzerine yapıştırılmaktadır. İrsaliye veya fatura, ambalaj üzerine cep ile yapıştırılmakta ve koli veya ambalaj sevkiyat aracına yerleştirilmektedir. Mağaza siparişlerinde ise ürünler tek tek okutulmakta ve gerekirse ambalajlanmaktadır. Koli veya palet tamamlandığında kapatılmakta ve etiket yapıştırılmaktadır. İşlemi biten palet streçlenerek sevkiyat alanına çekilmektedir (Arslan, 2019).

3.3.6 Katma değerli hizmetler

Katma değerli hizmetler, depolama ve lojistik süreçlerinde temel işlevlerin ötesinde sunulan ek hizmetlerdir. Bu hizmetler, müşteri memnuniyetini artırmak ve işletmelere rekabet avantajı sağlamak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Katma değerli hizmetler, ürünlerin değerini artırarak, tedarik zinciri boyunca daha fazla verimlilik ve esneklik sağlar. Bu hizmetler arasında ürün etiketleme, yeniden paketleme, montaj, kalite kontrol, ürün kişiselleştirme ve kitting (ürünlerin set haline getirilmesi) gibi işlemler yer almaktadır. Örneğin, bir ürünün özel etiketlerle donatılması veya promosyon paketleri oluşturulması, katma değerli hizmetler kapsamında değerlendirilebilir. Ayrıca, ürünlerin müşteri taleplerine göre özelleştirilmesi veya montaj işlemlerinin yapılması da bu hizmetler arasında sayılabilir.

Depolarda, müşteri taleplerine bağılı olarak gerçekleştirilen hizmetler arasında etiketleme, ambalajlama, katlama, ısı ölçümü, ürün aktarma, karıştırma, birleştirme, ayırma, paletleme, hafif montaj, kullanım kılavuzu ekleme, barkodlama ve bakım-onarım gibi çeşitli operasyonel faaliyetler yer almaktadır. Bu hizmetlerin her biri, ürün üzerinde katma değer yaratır ve ürün maliyetinin bir parçası olarak değerlendirilir. Katma değerli hizmetlerin en sık talep edilenleri şu şekilde sunulmaktadır (Karakış, 2014):

- Kalite Kontrol/Son Kontrol
- Paletleme/Palet Bozma/Palet Değıştirme
- Paketleme/Paket Değıştirme
- Şrinkleme/Streçleme
- Set Oluşturma/Ürün Birleştirme (kitting)

- Kullanım Kılavuzu Ekleme
- Hafif Montaj/Demontaj (unkitting)/Modifikasyon
- Hafif Bakım/Onarım (Depoya gelen ürünlerin bakımlarının yapılması ve hasarlı olanlarının onarılması)
- Etiketleme/Bandrollama
- Hat Besleme
- Market Bazında Ayırıştırma
- Ütüleme/Tâdilât Hizmetleri
- Promosyon Hazırlama
- Laboratuvar Hizmetleri
- Yük dengeleme ve sabitleme (Lashing)

3.3.7 Sevkiyat

Sevkiyat, ürünlerin depodan çıkış yaparak müşterilere veya dağıtım noktalarına ulaştırılmasını içermektedir. Bu aşamada, toplanıp, paketlenip, etiketlenen siparişler, nakliye araçlarına yüklenmekte ve sevkiyat için hazır hale getirilmektedir. Ürünlerin güvenli bir şekilde sevk edilmesini temin etmek amacıyla, uygun ambalajlama yöntemleri ile etkin yükleme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Sevkiyat sırasında ürünlerin izlenebilirliği sağlanarak, müşterilere teslimat durumu hakkında bilgi verilmektedir.

Sevkiyat süreci, depolama faaliyetlerinin son aşamasıdır. Süreç kapsamında, depodan çıkışı gerçekleştirilen ürünler, paletler, karton kutular veya variller gibi taşıma birimleri aracılığıyla, müşteri sevkiyatına yönelik araçlara yüklenmektedir. Sevkiyat sırasında siparişlerin doğruluğu kontrol edilmekte ve kontrol edilen ürünler belgeleriyle birlikte taşıma araçlarına yüklenmektedir. Sevkiyat süreci, mal kabul sürecine benzer, ancak ürünlerin akış yönü tersinedir. Bu benzerlik nedeniyle, mal kabul sürecinde görev alan depo personeli genellikle sevkiyat sürecinde de yer almaktadır. Her iki süreçte de

kullanılan elleçleme araçları benzer özelliklere sahiptir, ancak depo içinde kullanılan ekipmanlardan farklıdır. Lojistik sevkiyat aşamasında dikkate alınması gereken temel unsurlar şunlardır (Çakmak, 2022) :

- Taşıma aracı, yükleme alanında (depo kapısında) belirlenen zamanda hazır olmalıdır.
- Sevkiyat sürecinin hızlanması için araçlara yüklenecek ürünler, taşıma aracı gelmeden önce sevkiyat alanında toplanmalıdır.
- Siparişlerin eksiksiz ve hatasız gönderilmesi için sevkiyat alanı organize edilmelidir (alanların ayrılması, çizgiler çizilmesi gibi).
- Sevkiyat için bekleyen ürünlerin taşıma evrakları hazırlanmalı ve giden araçlara verilmelidir.
- Sevkiyat alanı sadece yükleme faaliyetleri için kullanılmalı ve bu alanlarda stok tutulmamalıdır.

3.3.8 İade alma, işleme ve imha

Depolarda iade alma, işleme ve imha süreci, müşterilerden veya dağıtım noktalarından geri dönen ürünlerin yönetimini içermektedir. Bu süreçte, iade edilen ürünler kabul edilmekte, durumu kontrol edilmekte ve uygun şekilde işlenmektedir. Kullanılabilir durumdaki ürünler yeniden envantere eklenirken, hasarlı veya kullanılamaz durumdaki ürünler imha edilmektedir. İmha süreci, yürürlükteki çevresel düzenlemeler ve yasal mevzuat doğrultusunda uygun yöntemlerle gerçekleştirilmelidir. Bu süreç, operasyonel olarak mal kabul süreci ile benzerlik göstermektedir. Ancak ürünler tedarikçiden değil müşteriden geldiği için ek kontroller gerekmektedir. Örnek olarak e-ticarette iade, müşterilerin ürünleri beğenmeme, beden uyumsuzluğu, hasar, renk beğenmeme, eksik parça veya koşulsuz iade gibi nedenlerle firmaya geri göndermesidir. Mağazalarda ise sezon sonu, stok fazlası veya mağaza kapanışı gibi sebeplerle ürünler depo veya üreticiye geri gönderilmektedir. Her iki durumda da ürünler, dağıtıcı firmadan okutularak ve tutanakla teslim alınmaktadır. Alınan ürünler, hasar, eksik parça, eksik adet veya müşteri tarafından belirtilen sebep açısından kontrol edilmektedir. Hasar tespit edilmezse, barkodu okutularak kabul edilmekte ve mal kabul sürecine benzer şekilde işleme

alınmaktadır. Hasar tespit edilirse, ürünler farklı bir alana çekilmekte ve aşağıdaki işlemlerden biri uygulanmaktadır (Arslan, 2019):

- İmha: Ürün kullanılamaz durumda ise sistemseller işlemler yapılarak çeşitli şekillerde (yakma, dökme vb.) imha edilir.
- Bağış: Kullanılabilir nitelikte olup ticari olarak değerdendirilemeyen ürünler, sosyal sorumluluk kapsamında bağış kurumlarına ulaştırılmak üzere uygun şekilde hazırlanır.
- Hurda - Yedek Parça: Hurda niteliğı taşıyan ancak yedek parça olarak değerdendirilebilecek ürünler, ilgili teknik servise yönlendirilerek parça temini amacıyla işlem görür.
- Kullanılmış Ürünlerin Satışı : Kullanılmış ancak işlevselliğini koruyan ürünler, ikinci el statüsünde değerdendirilerek, kullanılmış olduğu açıkça belirtilmek suretiyle yeniden satışa sunulur.
- Outlet Satış: Kullanılmamış ancak hasarlı olan ürün, hasarlı olduğu belirtilerek yeniden satılır.

3.3.9 Açık saha yönetimi

Depolarda açık saha yönetimi, depo alanı dışında bulunan açık alanların etkin bir şekilde kullanılmasını ve yönetilmesini içermektedir. Bu alanlar, genellikle büyük ve hacimli ürünlerin depolanması, araç park alanları veya geçici stok alanları olarak kullanılmaktadır. Açık saha yönetimi, söz konusu alanların düzenli, güvenli ve etkin bir biçimde kullanılmasını sağlamak amacıyla planlanan stratejik bir süreçtir. Açık saha yönetimi, hava koşullarına karşı önlemler almayı ve güvenlik standartlarına uygunluğu sağlamayı da içermektedir.

Yarı kapalı ve açık alanlarda yapılan depolama işlemleri, açık saha depolama süreci olarak adlandırılmakta ve bu sürecin yönetimi açık saha yönetimi olarak bilinmektedir. Bu tür depolama alanlarında, ürünler kapalı alanlara ihtiyaç duymadan saklanabilmektedir. Dış ortam koşullarına dayanıklı olan bu ürünler arasında otomobiller, seramikler, borular, madenler ve mermerler gibi örnekler sayılabilir. Bu ürünlerin bazıları

dökme olarak, bazıları ise paletli veya paletsiz şekilde depolanmaktadır. Kapalı ve maliyetli depolar yerine, bu tür ürünler açık alanlarda belirli bir düzen içinde saklanabilmektedirler. Dış ortam koşullarına dayanıklı ürünlerin açık sahalarda depolanması, depolama maliyetlerini azaltmaktadır. Genellikle uzun, hacimli, ağır ve şekilsiz olan bu ürünlerin depolanması hem alan ihtiyacı yüksek hem de süreçleri zordur. Açık saha yönetimi, sadece açık alanlarda yapılan depolamayı kapsamaz; yarı kapalı (üstü kapalı ve yanları açık) depolama alanlarını da içermektedir. Bu tür ürünler, dış ortam koşullarından etkilenebilir veya bu etkileri azaltmak maliyetli olabilir. Örneğin, madencilik faaliyetleri sonucunda elde edilen bazı kimyasal maddeler, yağmur ve rüzgâr gibi çevresel etkenlerden korunmalarını sağlamak amacıyla yarı kapalı sundurma alanlarda depolanmakta; bu sayede ürün kalitesinde meydana gelebilecek olası kayıplar önlenmektedir (Çakmak, 2022).

3.4 Depo yönetimi

Depo yönetimi, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinin etkinliğini sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu yönetim süreci, ürünlerin depoya girişinden çıkışına kadar olan tüm operasyonların planlanması, organize edilmesi ve denetlenmesini kapsamaktadır. Söz konusu süreçler; mal kabul, stoklama, ürün yerleştirme, sipariş toplama, paketleme ve sevkiyat gibi temel faaliyetleri içermektedir. Depo yönetimi, depo içindeki iş akışlarının optimize edilmesini ve envanterin doğru bir şekilde izlenmesini sağlar. Ayrıca, depo yönetim sistemleri (WMS) ve diğer teknolojik çözümler kullanılarak, operasyonel verimlilik artırılmakta ve hatalar minimize edilmektedir.

Depo yönetiminin etkin bir biçimde yürütülmesi; farklı müşteri taleplerinin karşılanabilmesi, depo alanının verimli kullanımı, stok seviyelerinin dengeli bir şekilde yönetilmesi, tedarik zinciri süreçlerinin bütüncül olarak koordine edilmesi, yüksek depo ve dağıtım maliyetlerinin kontrol altına alınması ile bilgi teknolojilerinin doğru ve zamanında uygulanmasına bağlıdır. Depo operasyonları, değer ekleme ve müşteri hizmeti merkezli olarak konumlanmaktadır. Depolar, yalnızca ürünlerin istiflendiği ve giriş-çıkış işlemlerinin gerçekleştirildiği fiziksel alanlar olmanın ötesinde, günümüzde lojistik süreçlerin stratejik merkezleri haline gelmiştir. Bu dönüşümde, bilgi ve otomasyon teknolojilerindeki gelişmelerin etkisi belirleyici olmuş; depo operasyonları dijitalleşme,

veri analitiği, otomatik yönlendirme sistemleri ve yapay zekâ destekli çözümlerle yeniden şekillenmiştir. Son yıllardaki teknolojik ilerlemeler, depoların daha verimli kullanılmasını ve envanter maliyetlerinin önemli ölçüde azalmasını sağlamıştır. Örneğin, gelişen teknoloji sayesinde bilgisayar ortamında stok takibi yapılabilmektedir. Bu tür yöntemlerin uygulanmasıyla, etkin bir depo yönetim sistemi aracılığıyla depo operasyonlarının sistematik ve verimli bir biçimde yürütülmesi mümkün hale gelmektedir. Depo yönetimi konusunda tek tip bir çözüm önermek doğru değildir; zira her organizasyonun yapısı, operasyonel ihtiyaçları ve lojistik stratejileri farklılık göstermektedir. Bu çeşitlilik, depo yönetiminde esnek ve duruma özgü yaklaşımların benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Örneğin, bazı durumlarda merkezi ve büyük ölçekli bir depo tercih edilirken, diğer durumlarda birden fazla küçük depo ya da özel amaçlı tanklar ve metal kaplar gibi özel donanımların kullanımı gerekebilir. Bu bağlamda, depo yönetiminin temel amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Tezcan, 2007).

- Minimum Alan / Hacim
- Maksimum Depolama
- Taleplerin Maksimum Hızda Karşılanması
- Minimum Fire
- Etkin İnsan ve Eşya Güvenliği
- Veri Güvenliği
- Sevkiyatta Minimum Hata

4. DEPO TASARIMI

4.1 Depo Tasarımının Nedenleri ve Amaçları

Depo tasarımı, işletmelerin operasyonel etkinliğini artırma ve maliyet optimizasyonunu sağlama açısından stratejik bir öneme sahiptir. Etkili bir depo tasarımı, ürünlerin hızlı, doğru ve sistematik bir biçimde depolanmasını ve sevk edilmesini mümkün kılar. Bu, müşteri memnuniyetini artırırken, stok yönetimini de optimize etmektedir. Ayrıca, depo içindeki iş akışını düzenleyerek, çalışanların işlerini daha güvenli ve etkili bir şekilde yapmalarına olanak tanır. Depo tasarımının bir diğer önemli amacı, alan kullanımını maksimize etmektir. Bu, depolama kapasitesini artırırken, gereksiz hareketleri ve zaman kaybını azaltır. Stratejik olarak planlanmış bir depo tasarımı, işletmelerin pazardaki rekabet gücünü artırmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilirlik odaklı büyüme dinamiklerini desteklemektedir.

Günümüzde lojistik ve tedarik zinciri yönetimi, müşteri memnuniyetini artırmaya odaklanmıştır. Yöneticiler, işletmenin başarısının müşteri memnuniyetine bağlı olduğunu fark etmişlerdir. Bu nedenle, tedarik zinciri yönetiminin asıl hedefi, belirlenen müşteri hizmet seviyesine ulaşmak ve bunu korumaktır. Ürün ömürlerinin kısalması, müşteri taleplerindeki değişiklikler ve çeşitliliğin artması, işletmelerin esnek ve çevik yapılar oluşturmasını gerektirmektedir. Depo tasarımı, bu dinamiklere uyum sağlamak için önemli bir yöntemdir. Depo alanının etkin kullanımı, ürünlerin bozulmadan saklanması ve maliyetlerin en aza indirilmesi temel amaçlardandır. Ayrıca, sevkiyat alanlarının doğru tasarımı, işlemlerin hızlı ve etkin yürütülmesini sağlamaktadır. Depo tasarımında, koridor, raf ve malzeme elleçleme sistemleri gibi unsurların dikkatle planlanması gerekmektedir. İşletmeler, depolama faaliyetlerinden doğacak maliyetleri en aza indirirken, müşteri hizmet seviyesini yüksek tutmayı hedeflemelidir (Şener, 2015).

Depo tasarımı, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi süreçlerinde operasyonel verimliliğin artırılmasında kritik bir rol üstlenen temel aşamalardan biridir. Etkili bir depo tasarımı, ürünlerin hızlı, güvenli ve sistematik bir biçimde depolanmasını, işlenmesini ve sevk edilmesini mümkün kılarak lojistik süreçlerin bütüncül verimliliğine katkı sağlamaktadır.

Bu süreçte, depo alanının optimal kullanımı, iş akışlarının düzenlenmesi ve teknolojik çözümlerin entegrasyonu gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Depo tasarımı, aynı zamanda iş güvenliği standartlarına uygunluğu ve çalışanların verimli bir şekilde çalışabilmesini sağlamayı hedeflemelidir. Depo içindeki alanların doğru bir şekilde planlanması, ürünlerin kolayca bulunmasını ve taşınmasını kolaylaştırmaktadır.

Depo tasarımı, depo yönetiminin alt bileşenlerinden biri olarak; malzeme taşıma, sınıflandırma ve depolama gibi birbirine bağlı ve etkileşimli sistemlerin, belirlenen operasyonel performans göstergelerini karşılayacak şekilde planlanması ve yapılandırılması sürecidir. Ayrıntılı tasarım evresinde, çok sayıda tasarım değişkeni göz önünde bulundurularak depo içi kaynakların optimum düzeyde planlanması ve yapılandırılması sağlanmaktadır (Karakış, 2014).

Depo tasarımı süreci, depolama faaliyetlerini doğrudan etkileyen stratejik faktörler doğrultusunda temel tasarım ilkelerinin ve yapısal gereksinimlerin belirlenmesiyle başlamaktadır. Söz konusu temel dayanaklar; deponun tedarik zinciri içerisindeki işlevi, öngörülen işlem hacmi, planlanan envanter düzeyi ve hedeflenen müşteri hizmet seviyesi gibi stratejik unsurlardan oluşmakta olup, bu unsurlar karar vericilerin depo tasarımına ilişkin gereksinimlerini şekillendirmektedir. Depo tasarımı, belirlenen gereksinimler doğrultusunda; uygulanacak stratejiler, kullanılacak ekipmanlar, personel sayısı ve görev dağılımı, maliyet unsurları, fiziksel boyutlar ile bilgi sistemlerine ilişkin alınan kararlar temelinde şekillendirilmektedir (Şener, 2015).

Depo tasarımında, öncelikle depolanacak ürünlerin özellikleri dikkate alınır. Ayrıca, depo tasarımı; sevkiyat yöntemleri ve miktarları, deponun işlevsel amacı, iş sağlığı ve güvenliği düzenlemeleri ile tercih edilecek raf sistemleri gibi çeşitli kriterler dikkate alınarak planlanmaktadır (Turan, 2006).

Tanyaş (2022), depo tasarımının öncelikli amaçlarını aşağıdaki şekilde sıralamıştır:

- Minimum alan/hacimde maksimum depolama (deponun boş kapasitesinin verimli kullanımı)
- Ürün, ekipman ve çalışanın depo içi dolaşım süresini minimuma indirme

- Depo kaynaklarının (alışan ve ekipmanların) maksimum verim ile kullanılması
- Toplam maliyetlerin ve yatırımın geri dnüş süresinin azaltılması
- Fire, hasar ve kayıpların minimuma indirilmesi
- Etkin ve verimli otomasyon yatırımlarının yapılması
- Veri güvenilirliğinin (stok doğruluğu) ve hatasız sevkiyatın sağlanması
- Maksimum seviyede izlenebilirlik
- Depo varlıklarının ve ürünlerin güvenliği
- Değişen lojistik ihtiyaçlara uyum sağlanması (Katma değerli işlemler)
- Mevzuata uygunluk (İşçi Sağlığı ve Güvenliği, Yangın Yönetmeliği, vd.)
- Çevresel duyarlılığa önem verilmesi

4.2 Depo Tasarım Metodolojisi

Depo tasarım metodolojisi, depo operasyonlarının etkinliğini ve verimliliğini artırmak amacıyla izlenen sistematik bir süreçtir. Bu metodoloji, depo alanının en iyi şekilde kullanılmasını, iş akışlarının optimize edilmesini ve maliyetlerin kontrol altında tutulmasını hedeflemektedir. İlk adım, depo ihtiyaçlarının ve hedeflerinin belirlenmesidir. Bu adımda, depolanacak ürünlerin türü, miktarı ve hareket sıklığı gibi faktörlerin analizi yapılmaktadır. Ardından, depo alanının planlanması ve düzenlenmesi gelir. Bu aşamada, raf sistemleri, koridor genişlikleri ve malzeme elleçleme ekipmanları gibi konular dikkate alınmaktadır. Depo tasarımında, ürünlerin kolay erişilebilir olması ve iş akışlarının kesintisiz bir şekilde ilerlemesi önemlidir. Bunun yanı sıra, güvenlik önlemleri ile ergonomik koşullar gibi insan odaklı faktörlerin de tasarım sürecinde dikkate alınması gerekmektedir. Teknolojinin entegre edilmesi, depo yönetim sistemlerinin ve otomasyon çözümlerinin uygulanmasıyla sağlanmaktadır. Son olarak, tasarımın test edilmesi ve sürekli iyileştirme süreçleriyle optimize edilmesi gereklidir. Bu metodoloji, depo operasyonlarının verimli, esnek ve güvenli bir şekilde yürütülmesini sağlar.

Depo tasarımı süreci, konsept geliştirme, veri toplama, fonksiyonel tanımlamalar, teknik özelliklerin belirlenmesi, araç ve ekipman seçimi, yerleşim planı oluşturma, planlama ve kontrol politikalarının seçimi gibi belirli aşamaları takip etmektedir. Bu aşamalarındaki kararlar stratejik, taktik ve operasyonel düzeylerde alınmaktadır. Örneğin, proses akışı ve otomasyon derecesi stratejik kararlardır, depolama sistemlerinin seçimi de stratejik bir karardır. Bununla birlikte, sistemlerin ölçüleri ve yerleşim planlaması, stratejik hedeflere hizmet eden taktiksel kararlar kapsamında değerlendirilmelidir. Detaylı kontrol politikaları ise operasyonel düzeyde ele alınmaktadır. Kararlar birbirleriyle ilişkilidir ve yüksek düzeyde alınan kararlar, düşük düzeyli tasarım problemlerini etkilemektedir. İdeal tasarım metodu, aynı düzeydeki problemleri toplayarak ve alt problemleri eş zamanlı optimize ederek global bir optimuma ulaşmayı hedeflemektedir. Alt optimal çözümlerden kaçınmak için alt problemler arasındaki ilişkilerin dikkate alınması önemlidir (Tezcan, 2007).

4.2.1 Stratejik düzey

Depo tasarımında stratejik düzey, uzun vadeli hedeflerin gerçekleştirilmesine yönelik olarak alınan ve genellikle büyük ölçekli kaynak tahsisini içeren kararlarla ilişkilidir. Bu düzeyde, depo sistemlerinin genel yapısı ve işleyişi belirlenmektedir. Örneğin, depo konumunun seçimi, depolama sistemlerinin türü ve otomasyon derecesi gibi kararlar stratejik düzeyde alınmaktadır. Bu kararlar, işletmenin genel stratejisi ve hedefleri doğrultusunda şekillenmektedir. Stratejik düzeyde, depo tasarımının işletmenin büyüme planlarına, müşteri hizmet seviyelerine ve maliyet etkinliğine nasıl katkıda bulunacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, depo kapasitesi, genişleme potansiyeli ve teknolojik entegrasyon gibi unsurlar da bu düzeyde ele alınmaktadır. Bu düzeyde yapılan planlamalar, depo operasyonlarının temel çerçevesini oluşturmakta ve diğer tüm tasarım aşamalarını yönlendirmektedir.

Uzun vadeli etkileri bulunan ve büyük ölçekli yatırımlar gerektiren stratejik kararlar, depo tasarım sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu kararlar başlıca iki grupta toplanmaktadır: operasyonel süreçlerin akışına dair kararlar ve uygun depolama sistemlerinin belirlenmesine yönelik kararlar. İlk grup, teknik kapasiteleri içermekte ve depolama birimi, sistemi ve ekipmanın ürün ve siparişlere uygun olmasını sağlamaktadır.

Stratejik düzeydeki bu kararlar, süreç akışı ve depolama sistemlerinin türlerinin seçimiyle ilgilidir. Girdiler, ürün ve sipariş özellikleridir; çıktılar ise hangi sistem bileşimlerinin teknik olarak uygun olduğunu ve performans kısıtlarını belirlemektedir. İkinci karar grubu ise, ekonomik açıdan süreç akışının tasarımı ile uygun depo sistemlerinin seçimine odaklanmakta olup, maliyet etkinliği ve operasyonel verimlilik açısından kritik öneme sahiptir. Bu aşamada, yatırım ve operasyonel maliyetleri en aza indirmek için sistem bileşimleri optimize edilmektedir (Hopbaoglu, 2009).

4.2.2 Taktik düzey

Depo tasarımında taktik düzey, orta vadeli planlamalar ve operasyonların optimize edilmesiyle ilgilidir. Bu düzeyde, depo içindeki düzenlemeler ve iş akışları detaylandırılmaktadır. Örneğin, raf sistemlerinin yerleşimi, koridor genişlikleri ve malzeme elleçleme ekipmanlarının konumlandırılması gibi kararlar taktik düzeyde alınmaktadır. Bu kararlar, depo operasyonlarının günlük verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Taktik düzeyde alınan kararlar, depo alanının maksimum verimlilikle kullanılması ile ürünlerin hızlı ve kolay erişilebilirliğinin sağlanmasına odaklanmaktadır. Ayrıca, iş süreçlerinin kesintisiz ve etkin bir biçimde sürdürülebilmesi amacıyla gerekli operasyonel düzenlemeler gerçekleştirilmektedir. Bu düzeyde, depo yönetim sistemlerinin (WMS) ve otomasyon teknolojilerinin entegrasyonu, operasyonel süreçlerin dijital dönüşümünü destekleyerek hem verimliliğin artırılmasında hem de süreçlerin izlenebilirliğinin ve kontrol edilebilirliğinin sağlanmasında temel bir rol oynamaktadır. Taktik kararlar, stratejik hedeflere ulaşmayı desteklerken, operasyonel düzeydeki uygulamaların etkinliğini artırmaktadır.

Karakış (2014), taktik düzeydeki depo tasarımı konularını aşağıdaki şekilde gruplandırmıştır:

- Ekipman seçimi, depodaki otomasyon seviyesini belirlemeye yönelik gereklilikleri ifade etmektedir. Bu kapsamda, depolama ve malzeme taşıma sistemlerinde kullanılan ekipman, araç ve gereç türleri değerlendirilmektedir.
- Depolama politikaları, depoda çeşitli ürünlerin nasıl yerleştirileceğine dair kuralları belirlemektedir. Bu politikalar, farklı kısıtlamalar göz önünde bulundurularak, ortalama

depolama ve çekme sürelerini minimuma indirmeyi amaçlamaktadır. Optimum çözüm, bu sürelerin en düşük seviyeye çekilmesi olarak tanımlanmaktadır. Depolama politikaları, depo yönetiminde önemli kararlardan biridir ve farklı politikaların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çeşitli depolama politikalarının incelendiği çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

- Organizasyon, insan kaynakları yönetimi çerçevesinde ortaya çıkan organizasyonel sorunları ifade etmektedir. Bu, çalışanların yönetimi, iş dağılımı ve iş süreçlerinin düzenlenmesi gibi konuları kapsamaktadır.
- Sipariş toplama, depolardaki en yaygın ve operasyonel açıdan kritik faaliyetlerden biri olması nedeniyle, genel depo tasarımının ardından en önemli ikinci konu olarak değerlendirilmektedir. Bu süreç, sipariş toplama sistemlerinin tasarımına yönelik olarak taktik düzeyde yanıtlanması gereken temel soruları içermektedir. Taktik düzeyde, sistemin genel yapısı ve işlevsel özellikleri belirlenmekte; bu da süreçlerin etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Sipariş toplama, yalnızca depo operasyonlarının verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda müşteri memnuniyetine de doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, sipariş toplama sistemlerinin etkin biçimde tasarlanması ve uygulanması, depo yönetimi açısından stratejik bir öneme sahiptir.

4.2.3 Operasyonel düzey

Depo tasarımında operasyonel düzey, günlük operasyonların yönetimi ve optimize edilmesiyle ilgilidir. Bu düzeyde, depo içi iş süreçlerinin etkinlik ve verimlilik esasına dayalı olarak yürütülmesi amaçlanmakta; kaynakların optimal kullanımı ve operasyonel sürekliliğin sağlanması hedeflenmektedir. Örneğin, ürünlerin depoya kabulü, yerleştirilmesi, toplanması ve sevkiyatı gibi faaliyetler operasyonel düzeyde ele alınmaktadır. Bu süreçlerin her biri, belirli prosedürler ve standartlar doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Operasyonel düzeyde, çalışanların görev dağılımı, iş yükü yönetimi ve performans takibi gibi konular da önemlidir. Operasyonel kararlar, depo içindeki iş akışlarının kesintisiz ve hızlı bir şekilde ilerlemesini sağlamayı hedeflemektedir. Operasyonel düzeydeki etkinlik, depo performansının ve müşteri memnuniyetinin artırılmasında kritik bir rol oynar.

Tezcan (2007), operasyonel düzeydeki depolama sürecine ilişkin kararları aşağıdaki şekilde sıralamıştır:

- Personellere ikmal görevlerinin verilmesi
- Gelen ürünlerin, taktik düzeyde belirlenen genel depolama stratejisine uygun olarak boş depolama alanlarına yerleştirilmesi
- Operasyonel düzeyde, sipariş toplama sürecine dair alınan kararlar
- Taktik düzeyde belirlenen yığın büyüklüklerine göre, satırda yığın düzenlemesi veya sipariş sıralamasının korunması
- Sipariş toplayıcılarına toplama işlemleriyle ilgili görevlerin verilmesi
- Her sipariş için toplama işlemlerinin sıralamasının korunması
- Boş sipariş toplama ekipmanının yerleştirileceği noktanın belirlenmesi,
- Ürünlerin ayrıştırma kanallarına atanması.

Depo tasarım metodolojisinde alınması gerekli stratejik, taktik ve operasyonel kararların hangi depolama süreçlerini etkilediği Tablo 6.'da verilmiştir.

Tablo 6. Depolama süreçlerinin depo tasarımı konularına etkisi (Karakış, 2014).

Depolama Süreci	Etkisi Bulunan Depo Tasarımı Konusu
Mal Kabul	Stratejik Düzey: Depo yerleşimi (dimensioning) Taktik Düzey: Ekipman seçimi, organizasyon Operasyonel Düzey: Mal kabul ve sevkiyat
Yerleştirme	Stratejik Düzey: Depolama kapasitesi (sizing), depo yerleşimi (dimensioning), AS/RS tasarımı, depolama sistemi tasarımı Taktik Düzey: Ekipman seçimi, depolama politikaları Operasyonel Düzey: Depolama, rotalama ve sıralama
İkmâl / Transfer	Stratejik Düzey: Depolama kapasitesi (sizing), depo yerleşimi (dimensioning), depolama sistemi tasarımı Taktik Düzey: Ekipman seçimi, depolama politikaları Operasyonel Düzey: Depolama, rotalama ve sıralama
Sipariş Toplama / Çapraz Sevkiyat	Stratejik Düzey: Depo yerleşimi (dimensioning) Taktik Düzey: Ekipman seçimi, organizasyon, sipariş toplama Operasyonel Düzey: Mal kabul ve sevkiyat, parti oluşturma (batching), ayırma/sınıflandırma (sorting), bekleme (dwell) noktasının belirlenmesi, depolama, rotalama ve sıralama
Katma Değerli Hizmetler / Paketleme	Stratejik Düzey: Depo yerleşimi (dimensioning) Taktik Düzey: Organizasyon
Sevkiyat, İade alma, İşleme ve İmha	Stratejik Düzey: Depo yerleşimi (dimensioning) Taktik Düzey: Ekipman seçimi, organizasyon Operasyonel Düzey: Mal kabul ve sevkiyat
Mâliyet	
Performans Yönetimi (APG):	
Destek Süreçler (İş emri yönetimi, stok plânlama, sevk plânlama, sayım ve raporlama vb.)	• İş emirlerinin istatistiksel analizi • Hareket görmeyen malzemeler • Hasar, fire ve kayıplar • Bütçe karşılaştırmalı depo giderleri • İşgücü analizi • Ekipman bakım-onarımları

4.3 Depo Yer Seçimi

Depo yeri seçimi, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi kapsamında stratejik düzeyde alınan ve hem operasyonel maliyetleri hem de hizmet düzeyini doğrudan etkileyen kritik bir karardır. Uygun depo lokasyonunun belirlenmesi, işletmelerin operasyonel verimliliğini artırmasının yanı sıra, lojistik maliyetlerin azaltılmasına ve müşteri memnuniyetinin sürdürülebilir biçimde sağlanmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Depo yeri seçimi sürecinde, ulaşım altyapısı, müşteri ve tedarikçi konumları, iş gücü erişimi ve maliyetler

gibi çeşitli faktörler dikkate alınmaktadır. Ayrıca, depo yeri seçiminde çevresel etkiler ile yerel yasal düzenlemeler de dikkate alınmalıdır. Stratejik olarak konumlandırılmış bir depo, ürünlerin hızlı, güvenli ve maliyet etkin bir biçimde taşınmasını mümkün kılarak, tedarik zinciri boyunca kesintisiz ve verimli bir malzeme akışı sağlar. Bu nedenle, depo yeri seçimi, stratejik planlamanın önemli bir parçasıdır ve işletmelerin uzun vadeli başarısı için hayati öneme sahiptir.

Depo yeri seçimi, depo içi yerleşim düzeni ve işletim süreçleri ile depolar arası lojistik faaliyetler gibi unsurlar, müşteri taleplerinin etkin bir şekilde karşılanmasında belirleyici rol oynamaktadır. Firmaların, değişen müşteri beklentileri ve pazar dinamiklerine uyum sağlamak için lojistik faaliyetlerini sürekli olarak güncellemeleri gerekmektedir. Bu, ağ tasarımı açısından yeni depolar ve yeni dağıtım/tedarik çözümleri geliştirmeyi gerektirir. Ancak, firmalar bu değişime uyum sağlarken, toplam lojistik maliyetlerini düşürmeli ve akışı hızlandırmalıdır. Bu nedenle, lojistik planlamadaki ilk ve en önemli adımlardan biri depo yerinin seçimidir. Depo yeri seçimi, çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilir. Bu nedenler arasında yeni bir depo kurulması veya mevcut bir depoya taşınması ihtiyacı, yeni pazarlara girilmesi veya mevcut pazarda önemli tasarım, yönetim ve teknolojik yeniliklerin olması, eski deponun değişen taleplere cevap verememesi ve yenilenme ihtiyacı veya eski deponun lojistik faaliyetleri yürütecek çevresel imkanlara sahip olmaması sayılabilir. Depo yeri seçimi, firmalar için çok stratejik bir karardır. Bunun birçok nedeni vardır. Öncelikle, depo yeri seçimi kararları sıkça verilen kararlar değildir, ancak etkileri uzun vadeli. Sıkça verilen bir karar olmadığı için karar vericiler hata yapabilir. Ayrıca, depo yeri seçiminin firmaların sabit ve değişken maliyetleri üzerinde büyük etkisi vardır ve bu maliyetler uzun vadede geri dönmektedir. Bir depo lokasyonu belirlendiğinde, bu maliyetleri değiştirmek kolay değildir (Çakmak, 2022).

Depo yer seçimi, kısa veya uzun vadede çeşitli kriterlere göre en avantajlı yerin belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Depo yer seçimi stratejisi, maliyet ve teslimat hızının dengelenmesine odaklanmaktadır. Amaç, işletme için konum avantajını maksimize etmektir. Depo yer seçiminde birçok parametre dikkate alınmakta ve bu parametrelerin göz önünde bulundurulması, uygun bir yer seçme olasılığını artırmaktadır. Bu nedenle depo yer seçimi büyük önem taşımaktadır. Yer seçimi kararı, depoların büyüklüğünü, coğrafi konumlarını ve sayılarını içeren, uzun vadeli, stratejik bir planlama

gerektirmektedir. Depo yeri seçimini kolaylaştırmak için bazı analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (Bekmezci, 2022).

- Faktör karşılaştırma ve değerlendirme yöntemleri
- Konuma bağlı maliyet ve işlem hacmi analizi
- Ağırlık Merkezi yöntemi
- Makul yer seçimi

Hopbaoğlu (2009), depo yeri seçimini belirleyen en önemli 8 etmeni aşağıdaki şekilde sıralamıştır.

1. Depolama tesislerinin, hizmet sunacakları bölgenin coğrafi ağırlık merkezine ya da en yoğun kullanım alanlarına yakın konumlandırılması gerekmektedir.
2. Karayolu erişiminin öncelikli olduğu durumlarda, arazinin lojistik açıdan avantajlı bir konumda yer alması; trafik yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde bulunması ve ana ulaşım koridorlarına yakınlığı, yer seçimi sürecinde dikkate alınması gereken temel kriterlerdendir.
3. Demiryolu lojistiğinin kullanılacağı durumlarda, depo alanının demiryolu altyapısına erişebilir olması ve istasyon kurulmasına elverişli bir arazi büyüklüğüne sahip bulunması, yer seçimi sürecinde dikkate alınması gereken temel kriterlerdendir.
4. Su yolu taşımacılığının kullanılacağı durumlarda, tesisin kanal, nehir veya göl kıyısında konumlandırılması, lojistik operasyonların etkinliği açısından kritik bir gerekliliktir.
5. Denizyolu lojistiğinin kullanılacağı durumlarda, tesislerin limanlara ya da yükleme-boşaltma işlemlerinin gerçekleştirilebileceği dok alanlarına yakın bir şekilde inşa edilmesi, operasyonel verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır.
6. Arazi, güvenlik açısından risk taşınamalı; su, elektrik ve benzeri temel altyapı hizmetlerine erişim açısından elverişli bir konumda yer almalıdır.

7. Arazi, kullanım amacına uygun büyüklükte olmalı; taşıma araçlarının hareket kabiliyetini kısıtlamayacak şekilde düzenlenmiş açık alanlar içermeli ve dış depolama ihtiyaçlarını karşılayabilecek kapasitede olmalıdır. Bununla birlikte, ilerideki genişleme senaryoları için ek alan rezervi de göz önünde bulundurulmalıdır.

8. Araziye ilişkin harcamalar, projenin ekonomik sürdürülebilirliğini tehlikeye atmayacak seviyede olmalıdır.

4.4 Depo İçi Süreçlere İlişkin Kavramsal Tasarım

Süreçlerin kavramsal düzeyde tasarımı, tasarlanacak depo içerisinde yürütülecek operasyonların kapsamını, bu operasyonlara ilişkin uygulanacak yönetim politikalarını ve süreçlerin hem kendi iç dinamikleri hem de diğer süreçlerle olan etkileşimleri doğrultusunda izleyeceği akışları tanımlamayı içermektedir. Ayrıca, bu akışın depo yerleşimi üzerinde nasıl konumlandırılacağını ve süreçlerin performansının nasıl izleneceğini tanımlamayı gerektirir. Bu tasarım aşaması, depo operasyonlarının yüksek düzeyde etkinlik ve verimlilikle yürütülmesini temin etmede stratejik bir rol oynamaktadır (Hopbaoglu, 2009).

Süreçlerin kavramsal düzeyde tasarımı; yerleştirme stratejileri, sipariş toplama politikaları, yerleşim planı üzerindeki operasyonel akışlar ve süreç performanslarının izlenmesi olmak üzere dört temel başlık altında ele alınmaktadır.

4.4.1 Yerleştirme politikaları

Depolarda yerleştirme politikaları, ürünlerin depoda nasıl yerleştirileceğini ve düzenleneceğini belirlemektedir. Yerleştirme politikaları, ürünlerin hızlı ve kolay erişilebilir olmasını sağlarken, depo alanının en verimli şekilde kullanılmasını hedeflemektedir. Ayrıca, bu politikalar, ürünlerin depolama süresini ve toplama işlemlerini optimize ederek, operasyonel maliyetleri düşürmektedir. Yerleştirme politikaları, ürünlerin özelliklerine, talep sıklığına ve depolama gereksinimlerine göre şekillendirilmektedir. Uygun yerleştirme stratejileri, depo içi operasyonel akışların düzenlenmesini sağlamakta ve çalışanların görevlerini daha hızlı ve güvenli bir biçimde yerine getirmelerine olanak tanımaktadır. Yerleştirme politikaları, adresleme, sabit

yerleştirme sistemleri, rastgele yerleştirme sistemleri ve pareto destekli yerleşim olmak üzere dört ana başlıkta incelenmektedir.

4.4.1.1 Adresleme

Depolamada adresleme sistemi, her bir ürünün depoda belirli bir konuma atanmasını ve bu konumun kaydedilmesini sağlamaktadır. Bu sistem, ürünlerin hızlı ve hatasız bir biçimde tespit edilmesini ve toplanmasını kolaylaştırarak operasyonel verimliliği artırmaktadır. Adresleme, stok yönetimini iyileştirmekte ve envanter doğruluğunu artırmaktadır. Depolama adresleme sistemleri, genellikle raf numaraları, koridor isimleri ve katman kodları gibi bileşenlerden oluşmaktadır.

Adresleme, bir deponun operasyonel verimliliği açısından en kritik bileşenlerden biridir. Doğru yapılandırılmış, optimize edilmiş ve algoritmik temellere dayanan bir adresleme stratejisi sayesinde, yığın seviyesinden en küçük birim ürüne kadar tüm envantere hızlı ve hatasız bir şekilde erişim sağlanabilmektedir. Bu durum, önceden tanımlanmış sipariş toplama stratejileri doğrultusunda maksimum verimlilikle ürün toplama imkânı sunmaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan adresleme yaklaşımlarından biri olan 'üzüm salkımı' yöntemi, en küçük birim ürünleri daha büyük ambalajlarla elektronik olarak ilişkilendirmekte ve bu ilişkiyi en büyük ambalaj ya da fiziksel konum düzeyine kadar hiyerarşik olarak tanımlamaktadır. Özellikle büyük ölçekli depo sistemlerinde, personelin ürünlerin konumlarını ezbere bilmesi mümkün olmadığından, sistematik bir yerleştirme düzeni formunun uygulanması zorunludur. Bu sistem, envanterin konum bilgisini açık ve erişilebilir bir biçimde sunmalı ve tüm süreçler tutarlı bir yapıda yürütülmelidir (Tezcan, 2007):

- Depo alanı, operasyonel düzenin sağlanabilmesi amacıyla belirli bölgelere ayrılmalı ve her bir bölgeye sistematik olarak harf ya da sayısal kodlar atanmalıdır.
- Depo içerisindeki her raf ünitesinin başlangıç noktasında, konumlandırmayı kolaylaştırmak amacıyla harf veya sayısal bir tanımlayıcı yer almalıdır.
- Her bölümdeki raflar veya yığınlar benzer şekilde adlandırılmalıdır.
- Her koridorun bir adı olmalıdır.

4.4.1.2 Sabit yerleştirme sistemleri

Depolamada sabit yerleştirme sistemleri, belirli ürünlerin depo içinde her zaman aynı konumda saklanmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu sistem, ürünlerin belirli bir raf veya alanla ilişkilendirilmesiyle çalışmakta ve bu yerleşim düzeni değişmemektedir. Sabit yerleştirme sistemleri, özellikle yüksek hacimli ve sıkça talep edilen ürünler için idealdir. Bu yöntem, ürünlerin hızlı ve zahmetsiz bir şekilde konumlandırılmasını mümkün kılmakta; böylece sipariş toplama ve ürün yerleştirme süreçlerinin hız ve verimliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, çalışanların ürünlerin yerini ezberlemesi kolaylaşmakta, bu da operasyonel verimliliği artırmaktadır. Sabit yerleştirme sistemleri, envanter yönetimini de kolaylaştırmaktadır. Her ürünün belirli bir konumda tanımlanmış olması, stok takibinin daha sistematik, düzenli ve yüksek doğrulukla gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Ancak, bu sistemin dezavantajı, depo alanının esnekliğini sınırlayabilmesidir. Depo alanının verimli kullanımı için sabit yerleştirme sistemlerinin dikkatli bir şekilde planlanması ve uygulanması gereklidir.

Sabit yerleştirme sistemlerine en iyi örnek, kütüphanedeki kitapların sıralanmasıdır. Depo personelinin ürünlerin konumlarını hızlı ve kolay bir şekilde öğrenebildiği bu sistem kapsamında karşılaşılabilecek olası sorunlar aşağıda maddeler hâlinde sunulmuştur (Hopbaoglu, 2009).

- Yeni malzemelerin depoya girişi için bölümlerde ekstra alanlar bulunmalıdır. Ayrıca, her şeyin düzenli kalması ve yeniden yerleştirme işlemlerinden kaçınılması için sürekli olarak boş depolama kapasitesine ihtiyaç vardır.
- Farklı özelliklere sahip malzemelerin depolanma veya elde tutulma özellikleri dikkate alınmazsa, depolanması zor olan malzemeler düzenin dışında bırakılabilir.
- Sık kullanılan malzemelerin çıkış noktasına yakın konumlandırılması, personele ve operasyonel ihtiyaçlara hızlı yanıt verilmesini sağlasa da bu uygulama depo yerleşim düzeninde dengesizliklere yol açarak genel sistematığı olumsuz etkileyebilir.

4.4.1.3 Rastgele yerleştirme sistemleri

Depolamada rastgele yerleştirme sistemleri, ürünlerin belirli bir düzen olmaksızın rastgele yerleştirildiği ve depolandığı bir yöntemdir. Bu sistemin temel amacı, depolama alanının verimli kullanımını maksimize etmek ve ürünlerin hızlı bir şekilde bulunmasını sağlamaktır. Rastgele yerleştirme sistemleri, özellikle yüksek hacimli ve çeşitli ürünlerin depolandığı büyük depolarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde, ürünler depoya geldiklerinde mevcut boş alanlara yerleştirilmekte ve bu yerler bir veri tabanında kaydedilmektedir. Ürünlerin yerleştirilmesi ve bulunması, genellikle barkod veya RFID teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Bu sistemin avantajları arasında, depolama alanının daha etkin kullanılması, ürünlerin yerleştirilmesi ve alınması sırasında esneklik sağlanması ve operasyonel maliyetlerin azaltılması yer almaktadır. Ancak, rastgele yerleştirme sistemlerinin etkin ve sürdürülebilir bir şekilde çalışabilmesi, güçlü bir envanter yönetim sistemi ile entegre edilmiş gelişmiş bir teknolojik altyapının varlığını zorunlu kılmaktadır.

Rastgele depolama yönetiminde, her boş alanın kendisine atanan yükü barındırma olasılığı eşittir. Eğer en yakın boş alan kullanılıyorsa, karşılaşılan ilk boş alan ürünlerin depolanması için seçilir. Aşırı kapasite kullanımı durumunda, bu yöntem giriş ve çıkış noktaları çevresindeki rafların dolmasına ve geriye doğru gidildikçe rafların daha boş kalmasına yol açar (Arslan, 2019).

Stok devir hızının yüksek olduğu, depolama alanının küçük ve maliyetli olduğu durumlarda, rastgele yerleştirme düzeni ideal bir çözüm olabilir. Bu tür sistemler, oldukça sistematik ve yüksek derecede organize edilmiş bir stok yerleştirme düzenine sahiptir. Birkaç çeşit rastgele yerleştirme düzeni kullanılmaktadır. Çoğu durumda, uygulanan yöntemin gerektirdiği düzeyde kayıt tutma ve yerleştirme işlemleri bilgisayar destekli sistemler aracılığıyla yürütülmektedir. Bu sistemlerin büyük bir kısmı, standart aralıklara sahip raf bölümleri içermekte olup, bu bölümler paletli taşıyıcılar, treylerler ve diğer lojistik ekipmanların geçişine uygun şekilde tasarlanmaktadır. Depo alanı; bölümler, koridorlar, geçiş aralıkları ve özel bölmeler gibi alanlara ayrılarak standart bir numaralandırma sistemi ile tanımlanmaktadır. Yeni bir malzeme depoya ulaştığında, sistem tarafından belirlenen ilk uygun lokasyona yerleştirilmekte ve bu bilgi anlık olarak

dijital sisteme kaydedilmektedir. Malzeme sevkiyatı gerektiğinde ise, ilgili personel bilgisayar sistemi aracılığıyla bilgilendirilmektedir. Uygun koşullar sağlandığında, bu sistem depolama alanının maksimum verimlilikle kullanılmasına olanak tanımaktadır. Ancak, depolanacak malzemelerin boyut, şekil ve ağırlık bakımından büyük farklılıklar göstermesi, bu sistemin uygulanabilirliğini sınırlayan temel faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır (Kostak, 2022).

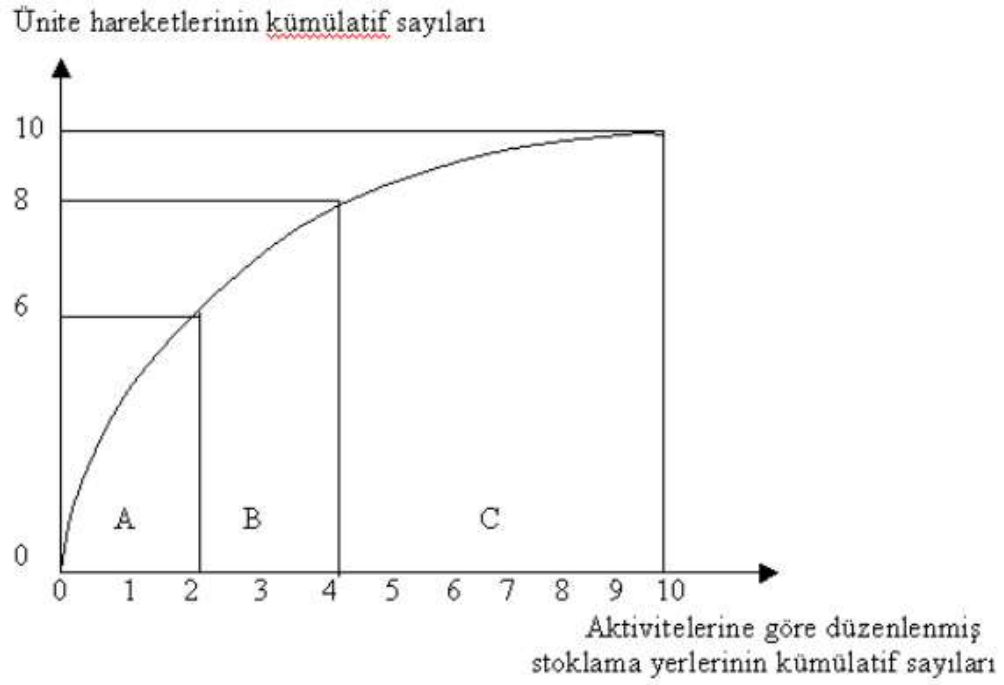
4.4.1.4 Pareto destekli yerleşim

Pareto destekli yerleşim yöntemi, ürünlerin lojistik hareketlilik düzeylerine göre konumlandırılmasını sağlayarak depo alanının daha verimli kullanılmasına ve işlem sürelerinin azaltılmasına katkı sunan etkili bir envanter yönetim stratejisidir. Bu yaklaşım, Pareto prensibine dayanmaktadır; bu prensip, genellikle sonuçların %80'inin, nedenlerin %20'sinden kaynaklandığını öne sürer. Depo bağlamında bu, en çok hareket gören ürünlerin küçük bir kısmının, toplam işlem hacminin büyük bir bölümünü oluşturduğu anlamına gelir. Dolayısıyla, bu ürünlerin erişimi kolay ve stratejik konumlara yerleştirilmesi, operasyonel verimliliği önemli ölçüde artırmaktadır.

Depolarda Pareto destekli yerleşim, en çok hareket eden ve en değerli ürünlerin depoda en erişilebilir yerlere yerleştirilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, sık kullanılan ürünlere hızlı ve kolay erişim sağlanarak operasyonel verimlilik artırılmaktadır. Daha az hareket eden ve daha az değerli ürünler ise depoda daha az erişilebilir yerlere yerleştirilmektedir. Bu sistemin avantajları arasında, sipariş karşılama sürelerinin kısalması, iş gücü maliyetlerinin azalması ve depo alanının daha verimli kullanılması yer almaktadır. Pareto destekli yerleşim stratejisi, depo yönetim sistemleri (WMS) ile entegre edilerek ürünlerin hareket sıklığı, işlem hacmi ve ekonomik değeri gibi parametrelerin analizine dayalı olarak optimize edilmektedir. Bu entegrasyon sayesinde, yüksek frekansla hareket eden ve operasyonel öneme sahip ürünler, erişimi kolay lokasyonlara yerleştirilirken; daha az hareket gören ürünler, depo alanının daha az erişilebilir bölgelerine yönlendirilmektedir. Böylece hem alan kullanımı maksimize edilmekte hem de işlem süreleri ve iş gücü maliyetleri minimize edilmektedir (Turan, 2006).

B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	A	A	A	A	C	C	C	C
*									
A	A	A	A	A	A	C	C	C	C
A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
B	B	C	C	C	C	C	C	C	C

Şekil 16. Pareto Destekli Depo Yerleşimi (Turan, 2006)



Şekil 17. Pareto Destekli Ürün Dağılım Grafiği (Turan, 2006)

4.4.2 Sipariş toplama politikaları

Sipariş toplama operasyonu, müşteri taleplerini karşılamak amacıyla ürünlerin stok veya bekleme alanlarından alınması sürecidir ve depo operasyonları arasında en yoğun iş gücü gerektiren işlemdir. Bu operasyon, çoğu depoda toplam işletme maliyetlerinin yaklaşık %55'ini oluşturmaktadır. Bu durum, sipariş toplama süreçlerinde yapılacak iyileştirmelerin maliyetler üzerinde diğer depo operasyonlarına kıyasla daha büyük bir etki yaratacağını açıkça göstermektedir. Manuel olarak yürütülen sipariş toplama işlemleri, insan faktörünün yoğun şekilde devrede olduğu operasyonlar olduğundan, hata yapma olasılığı oldukça yüksektir. Bu nedenle, söz konusu süreçlerde gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmaları yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda hizmet kalitesini de doğrudan olumlu yönde etkileyecektir (Can, 2014).

Yavuz (2019), depo verimliliği üzerinde doğrudan etkili olan sipariş toplama politikalarını beş temel kategori altında sınıflandırmaktadır: kesikli (discrete), parti (batch), bölge (zone), kova ekibi (bucket brigade) ve dalga (wave) toplama yöntemleri. Bu sınıflandırma, farklı operasyonel ihtiyaçlara göre uygun stratejilerin belirlenmesine olanak tanımakta ve depo içi süreçlerin etkinliğini artırmayı hedeflemektedir.

Kesikli Toplama: Bir toplayıcının, tek bir turda yalnızca bir müşteriye ait tüm siparişi topladığı strateji, kesikli toplama olarak bilinmektedir. Bu modelde, toplayıcı ilk sipariş satırındaki ürünleri topladıktan sonra, sipariş tamamlanana kadar sıradaki ürünlerin bulunduğu lokasyonlara yönelerek toplama işlemini sürdürmektedir. Uygulama açısından basit ve doğrudan bir yöntem olmasına rağmen, özellikle orta ve büyük ölçekli depo operasyonlarında yoğun iş gücü gereksinimi doğurmaktadır. Ayrıca, tüm siparişin tek bir personel tarafından toplanması, sipariş tamamlama süresinin uzamasına neden olmakta; bu durum da geç teslimatlara ve dolayısıyla müşteri memnuniyetsizliğine yol açabilmektedir (Yavuz, 2019).

Parti Toplama: Parti toplama yöntemi, birden fazla siparişin bir araya getirilerek tek bir toplama sürecinde işlenmesini esas alan bir sipariş toplama stratejisidir. Bu yöntemde, bir toplayıcı belirli bir partide yer alan tüm ürünleri, birleştirilmiş bir toplama listesi aracılığıyla tek bir geçişte toplamaktadır. Genellikle, her siparişin ayrı bölmelere ayrıldığı çok katlı toplama arabaları kullanılmakta olup, bu arabalar siparişlerin ayrıştırılmasını

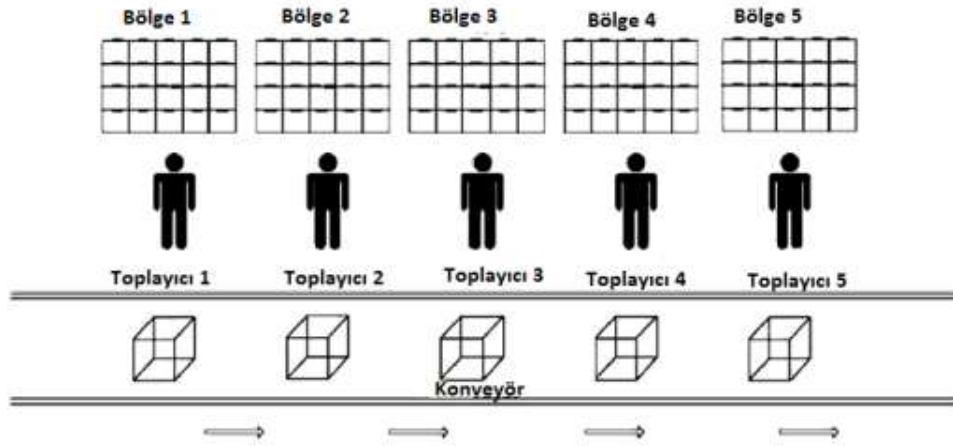
kolaylaştırmaktadır. Parti büyüklükleri genellikle işlem başına 4 ila 12 sipariş arasında değişmektedir.

Siparişlerin benzer ürün içeriklerine göre gruplanması, toplama sürecinin verimliliğini artırmakta ve toplayıcının aynı alanda birden fazla sipariş için işlem yapmasına olanak tanıyarak dolaşma süresini azaltmaktadır. Ancak, birden fazla siparişin eş zamanlı toplanması, siparişlerin karışma riskini artırmakta ve bu nedenle ek sistem ve prosedürlerin uygulanmasını gerektirmektedir. Yoğun depo operasyonlarında, parti toplama genellikle bölgesel toplama ve otomatik malzeme taşıma sistemleriyle entegre biçimde kullanılmaktadır.

Maksimum verimlilik için, siparişlerin sistemde yeterli sayıda benzer içerikli parti oluşturacak şekilde biriktirilmesi önerilmektedir. Ancak bu yaklaşım, özellikle aynı gün teslimat gibi zaman hassasiyeti yüksek operasyonlarda gecikmelere neden olabilmektedir. Parti toplama stratejileri iki ana kategoriye ayrılmaktadır: 'topla ve sırala' (pick-and-sort) ve 'toplarken sırala' (sort-while-pick). Pick-and-sort yönteminde, toplayıcılar ürünleri müşteri siparişlerine göre sıralamadan toplar; bu da yüksek toplama oranı sağlarken, aşağı akışta manuel veya otomatik bir sıralama sistemine ihtiyaç doğurur. Buna karşılık, sort-while-pick yönteminde, ürünler toplama sırasında eşzamanlı olarak siparişlere göre ayrıştırılır; bu yöntem sıralayıcı ihtiyacını ortadan kaldırırsa da toplayıcının işlem süresini uzatarak toplama oranını düşürebilir. Bu nedenle, seçilecek strateji, operasyonel öncelikler ve sistem kapasitesi doğrultusunda dikkatle belirlenmelidir. (Yavuz, 2019).

Bölge Toplama: Bölge toplama stratejisinde, depo alanı genellikle ikili veya üçlü koridorlar şeklinde bölgelere ayrılmakta ve her toplayıcı belirli bir bölgeye atanarak yalnızca o bölgedeki ürünlerin toplanmasından sorumlu tutulmaktadır. Bu yöntemde, müşteri siparişleri tekil ya da gruplanmış biçimde birden fazla toplayıcı tarafından eş zamanlı veya ardışık olarak toplanmaktadır. Ardışık modelde, aynı zamanda 'topla ve geç' (pick-and-pass) olarak da bilinen yöntemde, toplayıcı kendi bölgesindeki ürünleri topladıktan sonra toplama aracını bir sonraki bölgeye devreder. Bu durumda siparişler gruplanmadığı için ek bir ayrıştırma sürecine gerek duyulmaz.

Bölge toplama sisteminin etkinliği, toplayıcılar arasındaki iş yükü dengesine doğrudan bağlıdır. İş yükü dengesizliği durumunda, bir toplayıcının meşgul olduğu sırada diğerinin boşta kalması, siparişin tamamlanma süresini uzatmakta ve çevrim süresinde verimlilik kaybına yol açmaktadır. Bu nedenle, bölge toplama stratejisinin uygulanmasında iş gücü planlaması ve bölge bazlı sipariş yoğunluğu analizleri kritik öneme sahiptir. (Yavuz, 2019).



Şekil 18. Ardışık Bölge Toplama Stratejisi (Yavuz, 2019)

Kova Ekibi Toplama: Kova ekibi (bucket brigade) toplama stratejisinde, her toplayıcı belirli bir bölgedeki ürünleri toplamakla sorumludur ve toplama aracını ürün akış yönünde bir sonraki toplayıcıya devrederek işlemi sürdürür. Sürecin sonunda, son toplayıcı toplama işlemini tamamladığında aracı gönderir ve bir önceki aracı almak üzere başlangıç noktasına geri döner. Bu döngüsel yapı, ilk toplayıcının yeni bir sipariş için hattın başına geçmesiyle devam eder. Yüksek performans elde edilebilmesi için toplayıcıların, yavaş olandan hızlı olana doğru sıralanması önerilmektedir.

Bu strateji, alan bazlı toplama yöntemlerinden farklı olarak, sabit bölge atamaları yerine dinamik görev dağılımı esasına dayanır. Bu yönüyle esnek bir yapı sunsa da özellikle orta ve yüksek hacimli sipariş toplama operasyonlarında, toplama aracının kapasite sınırlamaları ve yoğunluğu nedeniyle yönetimi karmaşık hale gelebilmekte ve hata olasılığı artmaktadır (Can, 2014).

Dalga Toplama: Parti veya bölge toplama işlemlerinde, siparişlerin belirli bir zaman diliminde toplanması gerekiyorsa, bu strateji dalga toplama olarak adlandırılmaktadır. Her bir zaman dilimine dalga denir. Dalga toplama (wave picking) yöntemi, envanterde çok sayıda ürünün bulunduğu ve sipariş başına orta ila yüksek düzeyde toplama gerektiren operasyonel senaryolarda önemli avantajlar sunmaktadır. Bu strateji, siparişlerin belirli zaman dilimlerinde gruplandırılarak toplandığı bir yapıya dayanmakta olup, iş gücü planlamasını kolaylaştırmakta, kaynak kullanımını optimize etmekte ve operasyonel verimliliği artırmaktadır. (Yavuz, 2019).

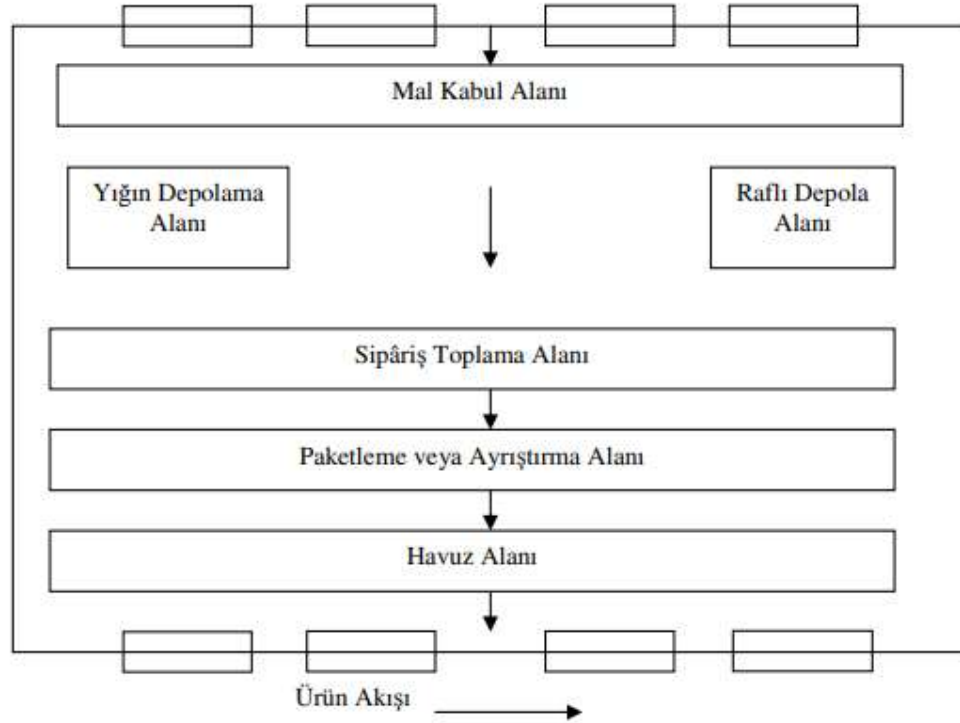
4.4.3 Yerleşim planı üzerindeki iş akışı

Depo tasarımında yerleşim planı, depo içi iş akışlarının düzenli, kesintisiz ve verimli bir şekilde yönetilebilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Etkin bir yerleşim planı, depo içerisindeki malzeme ve personel hareketlerini optimize ederek, ürünlerin hızlı bir şekilde bulunmasını ve toplanmasını mümkün kılmakta; böylece operasyonel performansın artırılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu plan, depo alanının en iyi şekilde kullanılmasını hedeflemekte ve iş akışını hızlandırarak operasyonel verimliliği artırmaktadır. Depo içi iş akışı, mal kabul süreciyle başlayarak sırasıyla depolama, sipariş toplama, paketleme ve sevkiyat aşamalarını kapsayan bütüncül bir operasyonel yapıyı ifade etmektedir. Bu süreçlerin her biri, lojistik faaliyetlerin etkinliği ve depo performansının sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Her bir süreç, yerleşim planına uygun olarak düzenlenmekte ve bu sayede depo içindeki trafik akışı minimize edilmektedir. Ayrıca, iş akışının düzgün bir şekilde yönetilmesi, çalışanların iş yükünü dengelemekte ve hata oranlarını azaltmaktadır. Teknolojik çözümler ile otomasyon sistemlerinin entegrasyonu, depo yerleşim planlarının verimliliğini artırmakta ve operasyonel süreçlerin daha hızlı ve hatasız bir biçimde yürütülmesini sağlamaktadır.

Yerleşim planı oluşturulurken iş akışının etkinliği göz önünde bulundurulmalı ve malzeme hareketlerinde ters yönlü taşımalarından kaçınılmalıdır. Bu bağlamda, endüstriyel depo tasarımlarında en uygun düzenleme, doğrusal bir akış modelidir. Malzeme, giriş noktasındaki kabul merkezinden depoya alınır, iç mekânda uygun şekilde yerleştirildikten sonra çıkış noktasına yönlendirilir. Bu doğrusal yapı içerisinde, dağıtım birimi genellikle

yapının karşı ucunda konumlandırılır. Böylece malzeme akışı tek yönlü olur ve keskin dönüşler en aza indirilerek operasyonel verimlilik artırılır.

İdeal bir depo tasarımı, ürünlerin dikey hareketini ortadan kaldıran tek katlı bir yapı üzerine kuruludur. Zira katlar arası taşıma gerektiren asansör ve konveyör gibi dikey taşıma sistemleri, zaman ve enerji kaybına yol açmakta ve süreçte darboğazlar oluşturmaktadır. Şekil 19, taşıma süresini ve tıkanıklıkları minimize ederek ürün akış hızını artıran doğrusal bir malzeme akış düzenini temsil etmektedir (Hopbağlı, 2009).



Şekil 19. Temel Depo Tasarımı (Hopbağlı, 2009)

4.4.4 Süreç performanslarının takibi

Depo tasarımında süreç performanslarının izlenmesi, operasyonel etkinliğin ve verimliliğin artırılmasında temel bir unsurdur. Etkin bir performans yönetim sistemi, depo içindeki iş akışlarını optimize ederken kaynak kullanımını maksimize etmekte ve operasyonel maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Performansların takibi, mal kabulünden sevkiyata kadar tüm süreçlerin izlenmesini ve değerlendirilmesini

içermektedir. Bu süreçte kullanılan performans göstergeleri, depo operasyonlarının her aşamasında verimliliği artırmak için gerekli iyileştirmelerin yapılmasına olanak tanımaktadır. Süreç performanslarının izlenmesi, yalnızca günlük operasyonel verimliliğin artırılmasına katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadeli stratejik kararların alınmasında da belirleyici bir rol üstlenir.

Hopbaoğlu (2009), Tablo-7 de performans göstergelerine ilişkin bir tanımlama tablosu oluşturmuştur.



Tablo 7. Depo Performans Göstergeleri

Gösterge Adı	Birim	Formül	İzleme Sıklığı	Hedef
Stok Doğruluğu	%	$\frac{\text{Stok Miktarı Doğru Olan SKU Sayısı}}{\text{Toplam Stok SKU Sayısı}}$	Aylık	99%
Yerleşim Doğruluğu	%	$\frac{\text{Doğru Yerleşimlerde Olan SKU Sayısı}}{\text{Toplam Yerleşim SKU Sayısı}}$	Aylık	99%
Zamanında Teslim Alma Oranı	%	$\frac{\text{Zamanında Sevk Edilen Araç Sayısı}}{\text{Sevk Edilen Toplam Araç Sayısı}}$	Günlük	99%
Zamanında Sevkiyat Oranı	%	$\frac{\text{Zamanında Teslim Alması Tamamlanan Araç Sayısı}}{\text{Teslim Alınan Toplam Araç Sayısı}}$	Günlük	99%
Kusursuz Talep Karşılama Oranı	%	$1 - \left(\frac{\text{Yanlış Ürün Sevk Sayısı} + \text{Yanlış Miktarda Sevk Sayısı} + \text{Yanlış Yere Sevk Sayısı} + \text{Hasarlı Sevkiyat Sayısı}}{\text{Toplam Sevkiyat Sayısı}} \right) \times 100$	Aylık	99%
Dokümantasyon Doğruluğu	%	$\frac{\text{Dokümantasyon Doğru Örneklem Sayısı}}{\text{Dokümantasyon Toplam Örneklem Sayısı}}$	Aylık	100%
Parça Başına Mâliyet	TL/Adet	$\frac{\text{Toplam Mâliyet}}{\text{Toplam Parça Sayısı}}$	Aylık	0,12
Satır Başına Mâliyet	TL/Adet	$\frac{\text{Toplam Mâliyet}}{\text{Toplam Satır Sayısı}}$	Aylık	15
Operasyonel Mâliyetlerin Toplam Mâliyetlere Oranı	%	$\left(\frac{\text{Operasyonel Mâliyetler}}{\text{Toplam Mâliyetler}} \right) \times 100$	Aylık	50%
Kaynakların Mâliyetlerinin Toplam Mâliyetlere Oranı	%	$\left(\frac{\text{Kaynakların Mâliyeti}}{\text{Toplam Mâliyetler}} \right) \times 100$	Aylık	40%
Sipariş Başına Parça Sayısı	Adet	$\frac{\text{Toplam Parça Sayısı}}{\text{Toplam Sipariş Sayısı}}$	Aylık	350
m ² Başına Mâliyet	TL/m ²	$\frac{\text{Toplam Mâliyet}}{\text{Net m}^2}$	Aylık	7
Ekipman Kullanım Oranı	%	$\left(\frac{\text{Net Çalışma Saati} + \text{Net Arızalı Olduğu Saat}}{\text{Toplam Çalışma Saati}} \right) \times 100$	Aylık	80%
İş Kazası Sayısı	Adet	Çalışandan Kaynaklanan İş Kazaları+Ekipmandan Kaynaklanan İş Kazaları+İşletmeden Kaynaklanan İş Kazaları	Aylık	0
Depo İçi Taşıma Oranı	%	$\left(\frac{\text{Yerleşimler Arası Taşınan Parça Sayısı}}{\text{Giren Parça Sayısı} + \text{Çıkan Parça Sayısı} + \text{Yerleşimler Arası Taşınan Parça Sayısı}} \right) \times 100$	Günlük	5%
Hasar Oranı	%	$\left(\frac{\text{Hasarlanan Parça Sayısı}}{\text{Giren Parça Sayısı} + \text{Çıkan Parça Sayısı} + \text{Yerleşimler Arası Taşınan Parça Sayısı}} \right) \times 100$	Aylık	0,10%
Personel Başına Parça Sayısı	Adet	$\frac{\text{Depoya Giren Parça Sayısı} + \text{Depodan Çıkan Parça Sayısı}}{\text{Personel Sayısı}}$	Aylık	1000

Depo süreç performanslarının takibinde güvenilirlik, esneklik, maliyet ve varlık kullanımı olmak üzere dört alana dikkat edilmelidir. Güvenilirlik, zamanında teslimat, yükleme oranları ve doğruluğu kapsamaktadır. Sipariş çevrim süresi, müşteri sipariş sürecinin tüm yönlerini içerdiğinden, esnekliğin en iyi göstergesi olabilir. Siparişi başlangıçta nasıl ele alıyoruz, stoklarımız mevcut mu, depodaki siparişi ne kadar hızlı işleyebiliyoruz ve son olarak, müşteriye ne kadar hızlı teslim edebiliriz sorularının yanıtlarının belirlenmesi gerekmektedir. Maliyet ölçümleri, satışların bir oranı olarak depolama maliyeti ve işçilik ödemeleri başına gerçekleştirilen faaliyetleri içermektedir. Varlık kullanımı genellikle deponun kullanılan taban alanı miktarıyla ölçülmekte, ancak binanın kübik kullanımını ölçmek de yaygın bir uygulamadır. Performansı ölçmek, verimliliği artırmanın en etkili yoludur. Ancak, bu amaç doğrultusunda belirlenen hedeflerin SMART (SMART: Specific (Özel) – Measurable (Ölçülebilir) – Achievable (Ulaşılabilir) – Relevant (İlgili) – Time-bound (Zaman Sınırlı)) kriterlerine uygun olması ve şirketin stratejik vizyonu ile uyumlu olması gereklidir. Ayrıca, KPI'ların belirli bir zamanda bir işlemin veya sürecin durumu hakkında bilgi vermesi önemlidir. KPI'lar, zaman içinde performansı karşılaştırmada faydalıdır, ancak koşullar hızla değişebilir ve hedefler ile önlemlerin bu değişen çevreye uyum sağlaması gerekir. Depo operasyonlarıyla ilgili birçok performans ölçütü vardır, ancak yalnızca müşterileriniz ve şirketiniz için önemli olan alanların ölçülmesi verimliliği sağlayacaktır. (Tümenbatur, 2022).

5. ENDÜSTRİYEL OTOMASYON SEKTÖRÜ

5.1 Sektör Tanımı

Endüstriyel ürün, genellikle bir üretim süreciyle oluşturulan ve ticari amaçlarla kullanılan malzemeleri veya ekipmanları ifade eder. Bu ürünler, çeşitli sektörlerde, örneğin otomotiv, inşaat, elektronik ve gıda gibi alanlarda kullanılır. Endüstriyel ürünlerde fonksiyonellik, dayanıklılık, ölçeklenebilirlik ve standartlaşma önemli özelliklerdir. Bu ürünler, endüstriyel süreçlerin verimliliğini artırmak ve işletmelerin ihtiyaçlarını karşılamak için kritik öneme sahiptir.

Başka bir deyişle endüstriyel ürünler, işletmelerin üretim faaliyetlerinde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan ürünlerdir. Endüstriyel ürünler kendi içinde hammaddeler; üretimde kullanılan büyük makineler, robotik araçlar gibi temel araçlar; genellikle son ürünün bir parçası olmayan ancak çeşitli süreçlerde kullanılan bilgisayar, hesap makinesi gibi yardımcı araçlar; tekerlek, akü gibi nihai ürüne monte edilmeye hazır tamamlayıcı parçalar; işlenmiş maddeler; üretim, yönetim ve diğer süreçlerin işlenmesini mümkün kılan kağıt, kalem, boya gibi malzemeler ile güvenlik, bakım, imha gibi endüstriyel hizmetlerden oluşur (Bekmezci, 2022).

Endüstriyel otomasyon, endüstriyel işlemlerin, insansız veya az sayıda insanın müdahalesi ile belli bir kural seti ile otomatik olarak gerçekleşmesi olarak tanımlanabilir. Endüstriyel otomasyonda mekanik, elektronik ve bilgisayar tabanlı sistemler birlikte kullanılabilir. Endüstriyel otomasyon, süreçlerin otomatikleşmesini sağlayarak insan hatası olasılığını ortadan kaldırmakta, aynı sürecin daha düşük maliyet ile gerçekleşmesini sağlamakta ve zaman tasarrufu ile verimliliği arttırmaktadır. Buhar makinesinin icadıyla başlayan birinci sanayi devrimi, üretim süreçlerinde köklü bir dönüşüm başlatmıştır. Ardından gelen ikinci sanayi devriminde, seri üretim tekniklerinin benimsenmesiyle birlikte elektrik enerjisinin üretim süreçlerine entegre edilmesi sağlanmıştır. Üçüncü sanayi devrimi ise elektronik ve bilgi teknolojilerinin üretim sistemlerine dahil edilmesiyle karakterize edilmiştir. Günümüzde ise, siber-fiziksel sistemlerin, nesnelerin interneti (IoT) ve yapay zekâ gibi ileri teknolojilerle bütünleştiği

dördüncü sanayi devrimi, endüstriyel otomasyonun stratejik önemini her geçen gün daha da artırmaktadır (Ataç, 2019).

1980’li yıllardan itibaren, küresel ölçekte endüstriyel ürünlerin tasarım ve üretim süreçlerinde köklü dönüşümler yaşanmıştır. Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla birlikte, endüstriyel ürünlerin nitelikleri ve işlevsellikleri önemli ölçüde değişmiş; bu durum, üretim sistemlerinin daha esnek, ekonomik ve kaliteli ürünler sunmasını zorunlu kılmıştır. Aynı zamanda, müşteri beklentilerinin çok işlevli ürünlere yönelmesi ve pazar dinamiklerinin sürekli değişmesi, ürün yaşam döngülerinin ciddi şekilde kısalmasına neden olmuştur.

Bu zorlu koşullar altında geleneksel tasarım ve üretim yöntemleri yetersiz kalmış; bunun sonucunda, yeni kavram ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan biri olan endüstriyel otomasyon, yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda tasarım felsefesini ve mühendislik eğitimi de derinden etkilemiştir. Günümüzde robot teknolojisinin birçok sektörde yaygın biçimde kullanılması, endüstriyel otomasyonu teknolojik bir zorunluluk haline getirmiştir.

Endüstriyel otomasyonun ilgi alanları arasında; ürün tasarımı, sistem dinamiği ve akıllı kontrol, üretim süreçlerinin modellenmesi ve izlenmesi, hareketli robot sistemleri, güç elektroniği, mikro sistem tasarımı, endüstriyel kontrol sistemleri, algılayıcı teknolojiler, görüntü işleme, yapay sinir ağları, yapay zekâ ve sanal gerçeklik gibi ileri teknoloji alanları yer almaktadır. Bu teknolojiler, özellikle savunma sanayi, otomotiv ve tekstil gibi stratejik sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Endüstriyel Otomasyon Sanayicileri Derneği ENOSAD, endüstriyel otomasyonun ana ürün gruplarını kontrolör grubu, röle, motor, motor kontrol-konveyör, pnömotik, hidrolik, sensörler, emniyet sensörleri, şalt grubu, trafo, pano sistemleri, kablo, scada ve IT yazılımları, robot, kamera sistemleri, operatör paneli olarak sınıflandırmaktadır.

5.2 Sektör Raporu

Endüstriyel Otomasyon sektörü günümüz teknolojileri ile hızla gelişmekte olmasına karşın Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın sektör gruplamasında “Endüstriyel Otomasyon” tanımı ile yer almamakta “Elektirik Elektronik” sektörü altında değerlendirilmektedir. Bu

nedenle sektör raporu, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına bağlı Sanayi Genel Müdürlüğü'nün 2022 yılında hazırlamış olduğu "Elektrik-Elektronik Sektör Raporu"nda bulunan verilere göre hazırlanmıştır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, sürekli büyüme ve istihdam sağlamak için bilgi ve Ar-Ge'ye dayalı, rekabetçi bir sanayiye ihtiyaç duymaktadırlar. Elektrik ve elektronik sektörü, bu bağlamda en önemli imalat sanayi sektörlerinden biridir. Yeşil enerji, mobilite ve akıllı üretim gibi kavramlar bu sektörün altında yer almakta ve diğer sektörlerin süreçlerinde kilit rol oynamaktadır. Paris İklim Antlaşması ve AB Yeşil Mutabakatı gibi uluslararası politikalar, elektrik-elektronik sektörünün bilim ve teknoloji ile sağlayacağı gelişmelere odaklanmaktadır. Bu nedenle, sektör hem yurt içi hem de yurt dışı yatırımlar için önemlidir.

Elektrikli teçhizat ve beyaz eşya üretiminde önemli bir üs olmamıza rağmen, dünya pazarında rekabetçiliğimizi artırmamız gerekmektedir. Bu nedenle, sektör "Yatırım Teşvik Mevzuatı" ve "İhracat Destekleri" kapsamında yer almakta, "Milli Teknoloji Hamlesi" ve "Uçtan Uca Yerlileştirme Programı" ile desteklenmektedir. Türkiye Sanayi Stratejisi kapsamında yayımlanan yol haritaları ve Sanayi İş Birliği Projeleri ile sektörün gelişimine yönelik adımlar atılmaktadır.

Sonuç olarak, uluslararası piyasalarda rekabet gücünü artırmak için sektörlerin değişen tüketici beklentilerini ve teknolojik gelişmeleri dikkatle takip etmesi ve bu gelişmelere göre dönüşmesi gerekmektedir. Bu rapor, sektörün bir yıllık performansını ve gelişmelerini özetlemektedir.

5.2.1 Elektrik – Elektronik sektörü ve sektörün alt grupları

Elektrik – Elektronik sektörünün alt grupları 26 ile başlayan kodlar Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı, 27 ile başlayan kodlar ise Elektrikli teçhizat imalatı olmak üzere Tablo 8' de verilmiştir.

Tablo 8. Elektrik Elektronik Sektörünün Alt Grupları

NACE Kodu	Tanım
26	Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı
2611	Elektronik bileşenlerin imalatı
2612	Yüklü elektronik kart imalatı
2620	Bilgisayar ve bilgisayar çevre birimleri imalatı
2630	İletişim ekipmanlarının imalatı
2640	Tüketici elektroniği ürünlerinin imalatı
2651	Ölçme, test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazların imalatı
2652	Kol saatlerinin, masa ve duvar saatlerinin ve benzerlerinin imalatı
2660	Işınlama, elektro medikal ve elektro terapi ile ilgili cihazların imalatı
2670	Optik aletlerin ve fotoğrafik ekipmanların imalatı
2680	Manyetik ve optik kaset, bant, CD, vb. ortamların imalatı
27	Elektrikli teçhizat imalatı
2711	Elektrik motorlarının, jeneratörlerin ve transformatörlerin imalatı
2712	Elektrik dağıtım ve kontrol cihazları imalatı
2720	Akümülatör ve pil imalatı
2731	Fiber optik kabloların imalatı
2732	Diğer elektronik ve elektrik telleri ve kabloların imalatı
2733	Kablolamada kullanılan gereçlerin imalatı
2740	Elektrikli aydınlatma ekipmanlarının imalatı
2751	Elektrikli ev aletlerinin imalatı
2752	Elektriksiz ev aletlerinin imalatı
2790	Diğer elektrikli ekipmanların imalatı

Endüstriyel otomasyon ürünleri temel olarak 26 ile başlayan yüksek teknoloji ürün kategorisinde yer almaktadır. Bu nedenle bu çalışmada 26 ile başlayan kısım ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

5.2.2 Dünya ekonomisindeki genel durumu

2018 ve 2022 yılları arasında, 26 kodlu Bilgisayarlar, Elektronik ve Optik Ürünlerin dünya ihracat değeri %16,8 artarak 2,61 trilyon dolardan 3,04 trilyon dolara yükselmiştir. Aynı dönemde Türkiye'nin ihracat değeri %30,8 artışla 2,99 milyar dolardan 3,91 milyar dolara çıkmıştır.

2018 yılında, bu sektörün dünya ihracatında en büyük paya %25,6 ile Çin sahipken, 2022'de bu oran %24'e düşmüştür. Türkiye, her iki yılda da dünya ihracatının %0,1'ini gerçekleştirerek 39. sırada yer almıştır.

2022 yılında, en çok ihracat yapan ilk 10 ülke arasında Çin, Hong Kong, ABD, Almanya, Kore ve Meksika'nın payları azalırken, Taipei, Singapur, Vietnam ve Malezya'nın payları artmıştır.

Tablo 9. Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İhracatında Önde Gelen Ülkelerin Dünya İhracatındaki Payları (%)

Sıra No	Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
1	Çin	17,9	17,7	18,8	19,0	17,7
2	ABD	14,0	13,7	13,5	13,3	13,6
3	Hong Kong	11,0	10,5	10,6	11,1	10,3
4	Almanya	4,9	4,8	4,7	4,5	4,3
5	Singapur	3,5	3,5	3,8	3,9	4,5
6	Japonya	3,7	3,8	3,6	3,4	3,4
7	Taipei	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8
8	Kore	3,0	3,1	3,1	3,1	3,5
9	Hollanda	3,0	3,1	3,1	2,9	2,5
10	Vietnam	2,0	2,3	2,7	2,7	2,6
...	...	...	...	...	...	...
33	Türkiye	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4

2018 ve 2022 yılları arasında, 26 kodlu Bilgisayarlar, Elektronik ve Optik Ürünlerin dünya ithalat değeri %14 artarak 2,8 trilyon dolardan 3,2 trilyon dolara yükselmiştir. Aynı

dönemde Türkiye'nin ithalat değeri %61,4 artışla 11,8 milyar dolardan 19,04 milyar dolara çıkmıştır.

2018 yılında, bu sektörün dünya ithalatında en büyük paya %19 ile Çin sahipken, 2022'de bu oran %16,9'a düşmüştür. Türkiye, 2018 yılında dünya ithalatının %0,4'ünü gerçekleştirirken, 2022'de bu oran %0,6'ya yükselmiş ve 33. sırada yer almıştır.

2022 yılında, en çok ithalat yapan ilk 10 ülke arasında Çin, Hong Kong, Japonya, Hollanda ve Meksika'nın payları azalırken, ABD, Almanya, Singapur, Taipei ve Kore'nin payları artmıştır.

Tablo 10. Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İthalatında Önde Gelen Ülkelerin Dünya İthalatındaki Payları (%)

Sıra No	Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
1	Çin	17,9	17,7	18,8	19,0	17,7
2	ABD	14,0	13,7	13,5	13,3	13,6
3	Hong Kong	11,0	10,5	10,6	11,1	10,3
4	Almanya	4,9	4,8	4,7	4,5	4,3
5	Singapur	3,5	3,5	3,8	3,9	4,5
6	Japonya	3,7	3,8	3,6	3,4	3,4
7	Taipei	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8
8	Kore	3,0	3,1	3,1	3,1	3,5
9	Hollanda	3,0	3,1	3,1	2,9	2,5
10	Vietnam	2,0	2,3	2,7	2,7	2,6
...	...	...	...	...	...	...
33	Türkiye	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4

5.2.3 Türkiye'deki genel durumu

Türkiye'nin elektrik ve elektronik sektörü, iç tüketimdeki daralmaya rağmen ihracat odaklı büyümeye devam etmektedir. Sektör, beyaz eşya, tüketici elektroniği, telekomünikasyon cihazları, bilgisayar cihazları, transformatörler, elektrik motorları, profesyonel ve endüstriyel cihazlar ile savunma elektroniği gibi geniş bir ürün yelpazesi

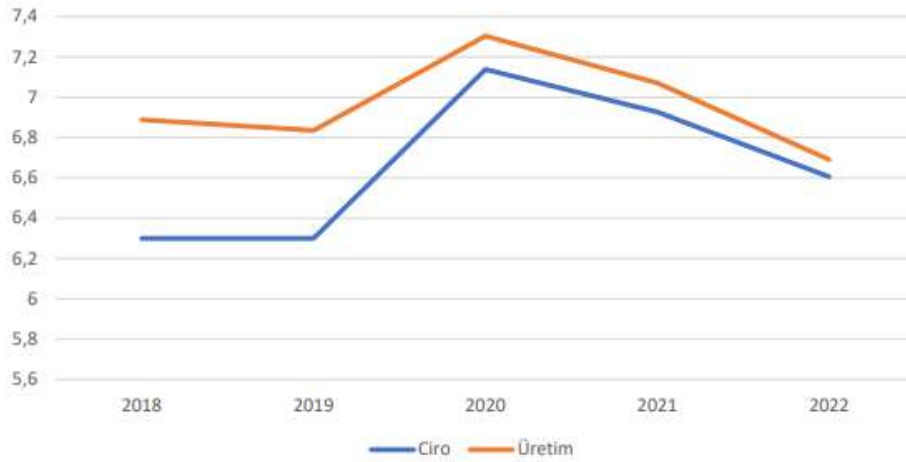
sunmaktadır. Teknolojik gelişmeler, ürün yelpazesinin sürekli genişlemesine katkıda bulunmuştur, özellikle savunma sanayine yapılan yatırımlar bu gelişimi desteklemiştir. Son beş yılda bilgisayar, elektronik ve optik ürünlerin imalatı artmıştır.

Türkiye, beyaz eşya sektöründe güçlü bir konuma sahiptir ve 2022'de yaklaşık 33 milyon adet üretimle Avrupa'da birinci, dünyada ikinci sıradadır. Beyaz eşya sektörü, yan sanayisi ile birlikte Türkiye'nin hem üretim hem de ihracat açısından dördüncü büyük sanayi sektörü konumundadır. Ayrıca, sektörde mevzuat açısından AB ile eşzamanlı düzenlemeler yapılmaktadır.

İç tüketimdeki yavaşlama nedeniyle üretim miktarı azalmış, 2018 yılındaki ÖTV indirimi ile stoklar üzerinden satışlar devam etmiş ve kur artışı nedeniyle elektrikli ev aletleri ithalatında azalma görülmüştür. Üretim ve ihracat artışına paralel olarak, sektörün ithalatı da artmıştır. 2022 yılında sektörün ihracatı 18,6 milyar dolar, ithalatı ise 24,4 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir.

5.2.3.1 Sektörün imalat sanayi içindeki payı

2018-2022 yılları arasında, elektrik ve elektronik sektörünün imalat sanayi içindeki üretim değeri ve ciro payı 2020 yılında zirveye ulaşmış, ardından sonraki yıllarda biraz düşüş göstermiştir. Bu bilgiler Şekil 20'de detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 20. Sektörün İmalat Sanayi İçindeki Payı (%)

5.2.4 Etkileşim halinde olduğu diğer sektörler

Elektrik ve elektronik alanındaki teknolojik yenilikler, diğer sektörlerdeki gelişmelerle büyük bir uyum içindedir. Bu sektör, hemen hemen tüm diğer sektörlerin gelişim süreçlerine entegre edilmekte ve bu sayede daha hızlı ve teknolojik bir ilerleme sağlanmaktadır. Bu nedenle, elektrik ve elektronik sektörü hem yatay hem de dikey bir sektör olarak değerlendirilebilir.

Elektrik ve elektronik sektörü, özellikle makine, motorlu araç, sağlık ve kimya sektörleriyle etkileşim halindedir ve bu sektörler için önemli bir girdi kaynağıdır. 2022 yılında, sektörler arası ticarete 26 ve 27 sektörlerinin her bir sektörden yaptıkları alımların toplam imalat sektöründen yaptıkları alıma yüzdesel oranları incelenmiştir.

2022 yılında, 26 sektörünün en çok alım yaptığı sektörler:

%41,3 ile Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İmalatı,

%15,1 ile Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı (Makine ve Teçhizat Hariç),

%5,8 ile Ana Metal Sanayii,

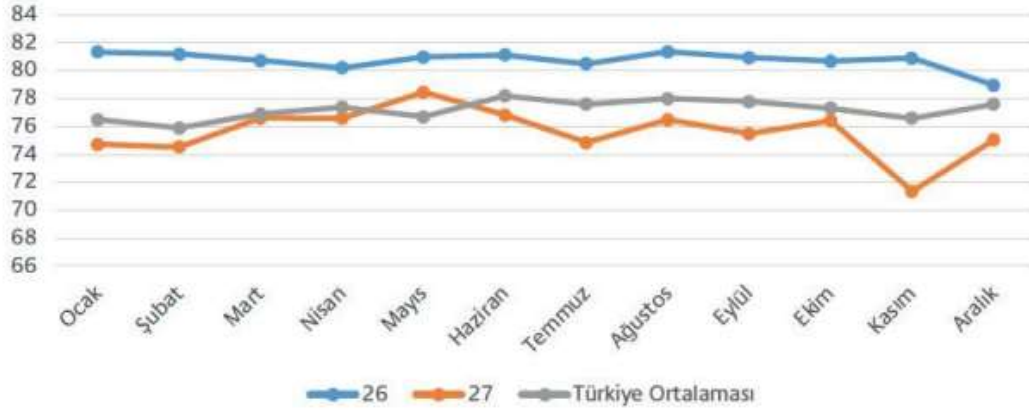
%5,4 ile Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Ekipman İmalatı olmuştur.

5.2.5 Bölgesel yapı ve kümelenmeler

Küresel rekabet ortamında artık bireysel işletmelerin değil, bölgelerin rekabeti ön plandadır. Bu bağlamda, KOBİ'lerin rekabet gücünü artırmak için kullanılan kümelenme politikası, işletmelerin verimliliğini artırarak yenilikçiliği teşvik etmekte ve rekabet avantajı sağlamaktadır. Elektronik sektöründeki firmalar Türkiye'nin birçok bölgesinde faaliyet göstermekte olup, özellikle Marmara, İç Anadolu ve Ege Bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye'de rekabet gücü taşıyan sektörlerin geliştirilmesi amacıyla yürütülen "Ulusal Kümelenme Politikasının Geliştirilmesi Projesi" kapsamında 2009 yılında 10 pilot iş kümesi analiz edilmiştir.

5.2.6 Kapasite kullanımı

2022 yılı boyunca, 26 sektörünün kapasite kullanım oranı Türkiye ortalamasının üzerinde kalmıştır. Bu bilgiler Şekil 21.'de detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 21. Sektörün Kapasite Kullanım Oranı (% , 2022)

5.2.7 Girişim sayısı ve istihdamı

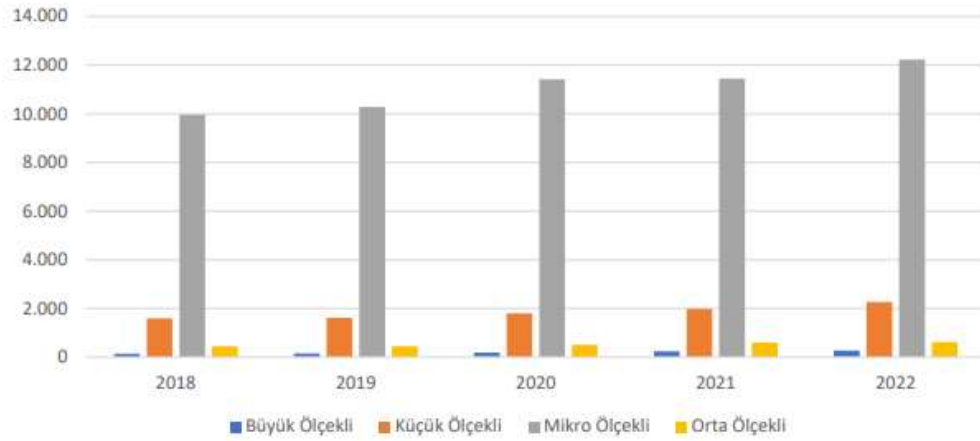
Elektrik elektronik sektörü, ülkenin gelişiminde ve uluslararası rekabette önemli bir rol oynamaktadır. İstihdama sağladığı katkılarla büyümeye ivme kazandırmaktadır. Sektör, üretim, Ar-Ge, tasarım, mühendislik, lojistik, satış ve pazarlama gibi alanlarda iş imkanları sunmakta ve nitelikli çalışanlar istihdam etmektedir. Bu, genç ve yetenekli bireylere iş bulma ve kariyer geliştirme fırsatları sağlamaktadır. Çalışanlar, teknolojik yeniliklere ayak uydurarak kendilerini sürekli geliştirme şansına sahiptir, bu da ülkenin insan kaynağı potansiyelini artırmaktadır.

Elektronik sektörünün istihdama olan olumlu etkisi, diğer sektörlerle de yayılmaktadır. Elektronik üretimi için gerekli hammadde ve malzemelerin tedarikçileri, lojistik hizmet sağlayıcıları, perakende sektörü ve diğer yan sektörler de istihdam yaratmaktadır. İstihdam artışı, hane halklarının gelir seviyelerini yükselterek tüketimi ve iç talebi desteklemekte, böylece büyümeye ciddi bir ivme kazandırmaktadır. 2022 yılı girişim ve istihdam verileri Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11. Sektörün İşyeri Sayısı ve İstihdamı (2022)

Elektrik-Elektronik Sektörü	
İşyeri Sayısı	13.380
İstihdam	273.261

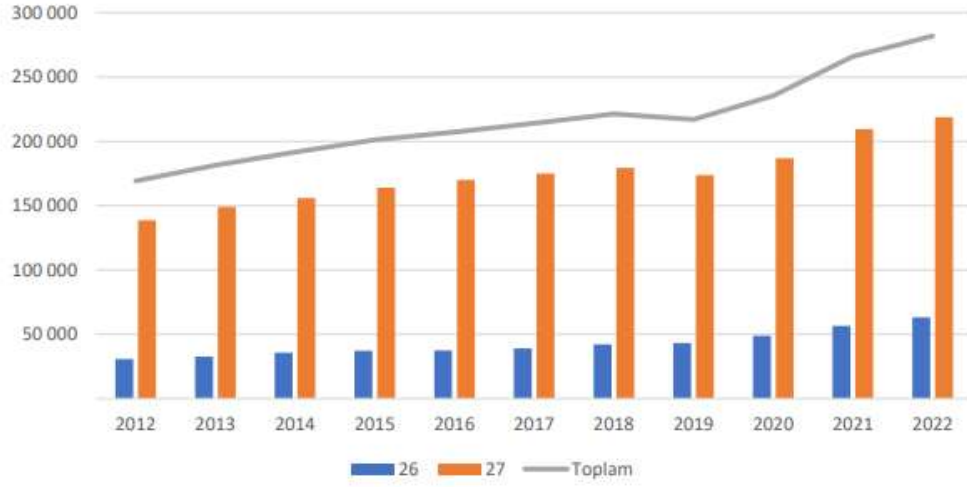
26 ve 27 sektörlerinde (Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı ile elektrikli teçhizat imalatı) doğrudan istihdam yaklaşık 275 bin kişidir. Mühendislik ve hizmet faaliyetlerinden sağlanan istihdamla birlikte bu rakam daha da artmaktadır. 2018-2022 yılları arasında firma sayıları düzenli olarak artmış olup, firmaların büyük çoğunluğu mikro ölçekli işletmelerdir. Bu bilgiler Şekil 22'de detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 22. Sektörün Büyüklüğüne Göre Firma Sayıları

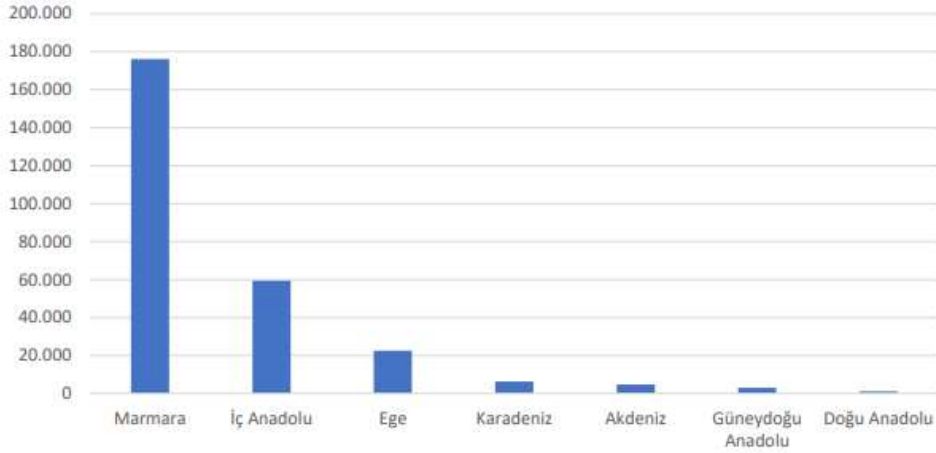
2012-2022 yılları arasında, sektörün çalışan sayısı düzenli olarak artış göstermiştir. Sadece 2019 yılında bir düşüş yaşanmış, ancak 2022 yılında çalışan sayısı 281 bine ulaşarak en yüksek seviyeye çıkmıştır. Bu bilgiler Şekil 23'de detaylı olarak sunulmuştur.

Şekil 4. Sektörün Yıllara Göre Çalışan Sayısı



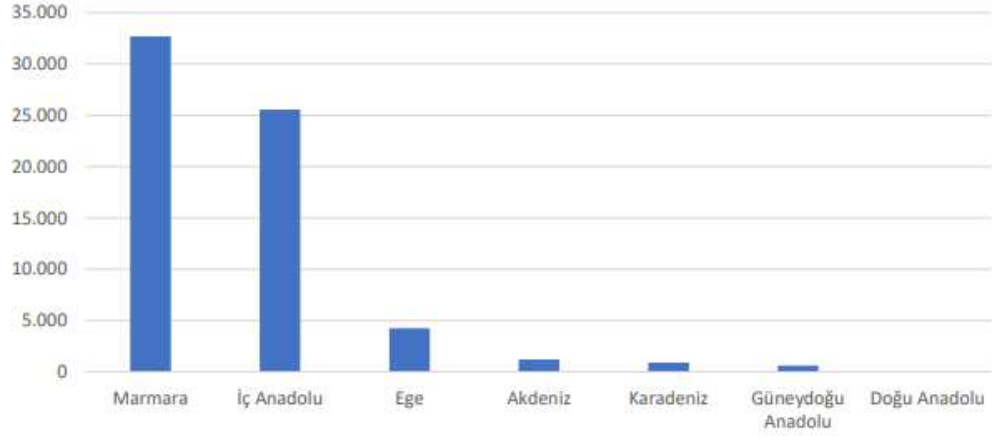
Şekil 23. Sektörün Yıllara Göre Çalışan Sayısı

Şekil 24'te, coğrafi bölgelere göre çalışan sayısı gösterilmiştir ve bu sayılar toplam ithalat ve ihracat değerleriyle uyumludur. En fazla çalışan sayısına sahip bölge Marmara Bölgesi iken, en az çalışan sayısına sahip bölge Doğu Anadolu Bölgesi'dir.



Şekil 24. Coğrafi Bölgelere Göre Çalışan Sayıları (2022)

Nace 26 sektörünün coğrafi bölgeler bazındaki istihdam değerleri Şekil 25'de gösterilmiştir. En yüksek istihdam Marmara Bölgesi'nde gerçekleşmiştir.



Şekil 25. 26 Sektörünün Coğrafi Bölgelere Göre İstihdamı (2022)

5.2.8 Üretim endeksi

2015 yılı referans alındığında aylara göre NACE26 kodlu sektörün üretim endeksi Şekil 26'da verilmiştir. Üretim endeksinin artış trendinde olduğu görülmektedir.



Şekil 26. 26 Sektörü Sanayi Üretim Endeksi

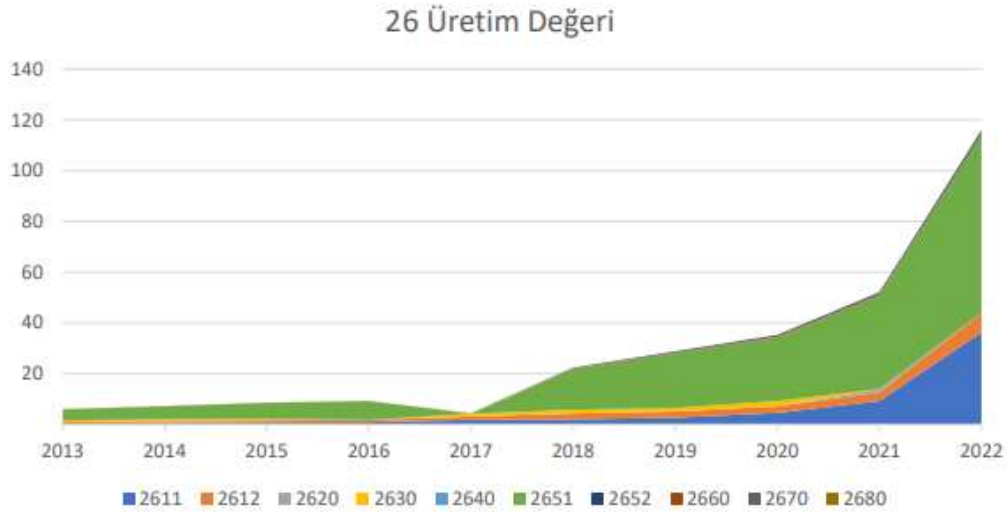
5.2.9 Üretim ve katma değeri

Türkiye'nin imalat sanayisi, kriz dönemleri dışında sürekli bir artış eğilimindedir ve 2022 yılında üretim değeri yaklaşık 10,2 trilyon TL'ye ulaşmıştır. Elektrik sektörü 2022 yılı

sonunda 522 milyar TL, elektronik sektörü ise 165 milyar TL üretim gerçekleştirmiştir. Elektrik sektörünün imalat sanayi içindeki payı %5,08, elektronik sektörünün payı ise %1,6 olmuştur.

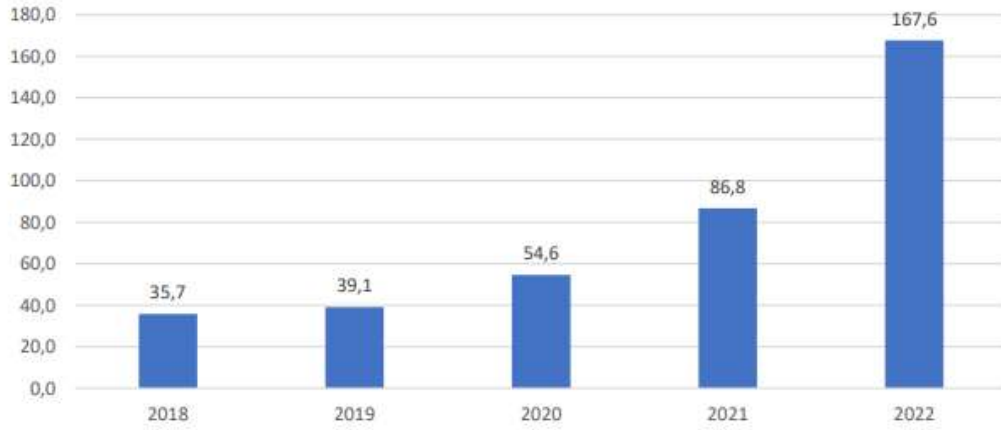
Elektronik ürünlerin üretim değerleri en yüksek 26.51 altındaki ürünlerde gerçekleşmiş olup, bu alanda endüstriyel otomasyon ve savunma sanayi amaçlı üretilen elektronik altyapılı ürünler önemli bir yer tutmaktadır. Elektrikli teçhizat imalatında ise en fazla üretim değeri elektrikli ev aletlerinde olup, bunu kablo imalatı takip etmektedir.

İmalat sanayisinde üretim değerinin artmasıyla birlikte elde edilen katma değer de yıllar içinde artış göstermiştir. 2022 yılı sonunda, elektrik sektörü 112 milyar TL, elektronik sektörü ise 55 milyar TL katma değer oluşturmuştur.



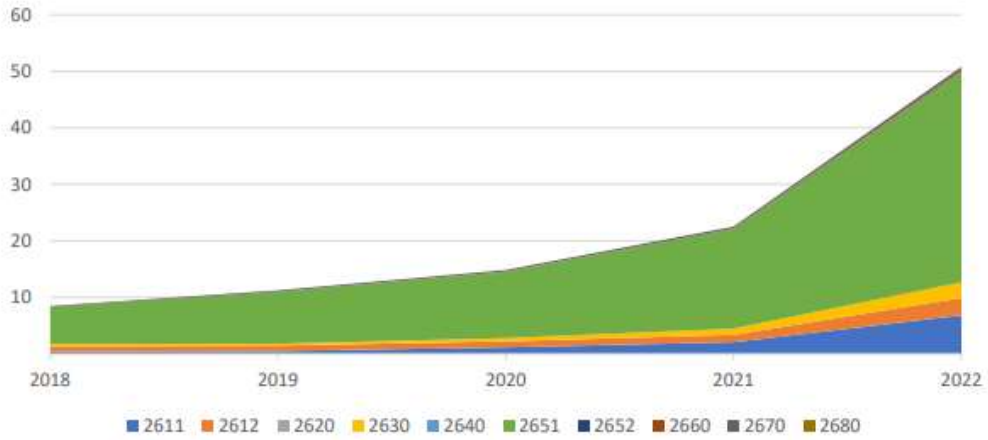
Şekil 27. 26 Üretim Değeri

Üretim Değerine benzer şekilde NACE Rev.2 26- Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatında en yüksek katma değer 26. 51 ile Ölçme, test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazların imalatında gerçekleşmiştir. Elektrik elektronik sektörünün katma değeri Şekil 28’de görülmektedir. 2018 – 2022 arası dönemde katma değer artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 28. Sektörün Toplam Katma Değeri (Milyar TL)

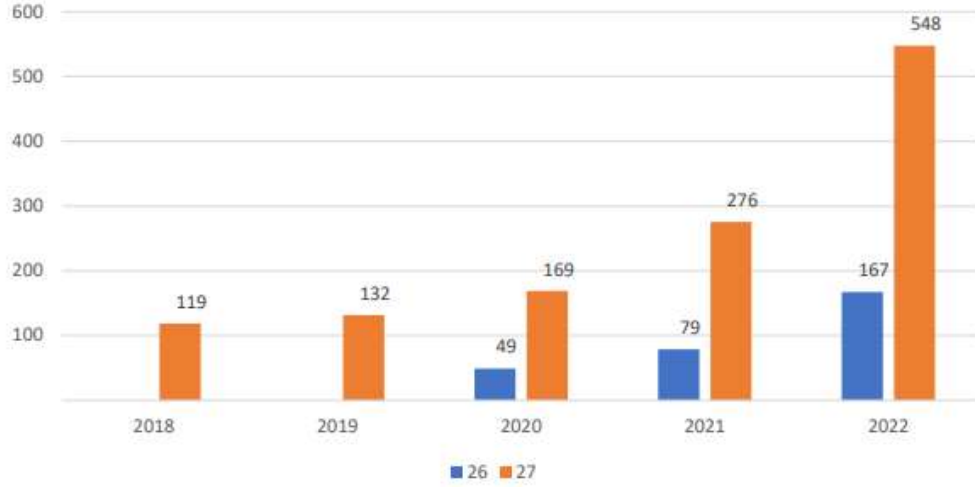
26 sektörünün alt sektörlerinin yıl bazında oluşturduğu katma değerler Şekil 29’da sunulmuştur. Bunların içerisinde en yüksek katma değer oluşturan alt sektör 2651 ile Ölçme, test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazların imalatıdır.



Şekil 29. 26 Sektörü Katma Değeri (Milyar TL)

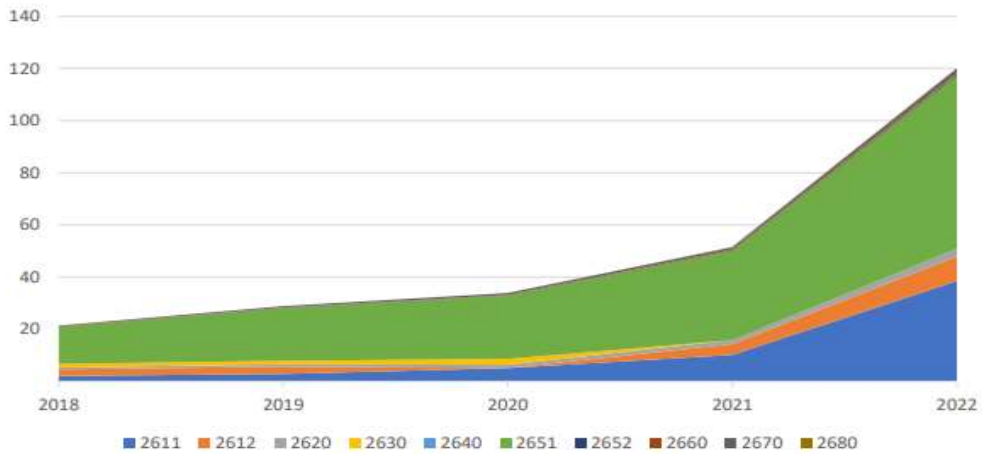
5.2.10 Ciro

Sektör cirou Şekil 30’da yer almakta olup son 5 yıllık dönemde düzenli artış göstermiştir. 2018 ve 2019 yıllarına ait 26 sektör ciro verisi gizli olduğu için grafikte yer almamaktadır.



Şekil 30. Sektörün Ciro (Milyar TL)

26 sektörünün alt kırılımlarına ait ciro dağılımı Şekil 31’de sunulmuştur. Şekilde görüldüğü gibi en yüksek ciroyu sağlayan 2651 Ölçme, test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazların imalatı sektörü alt kırılımıdır.

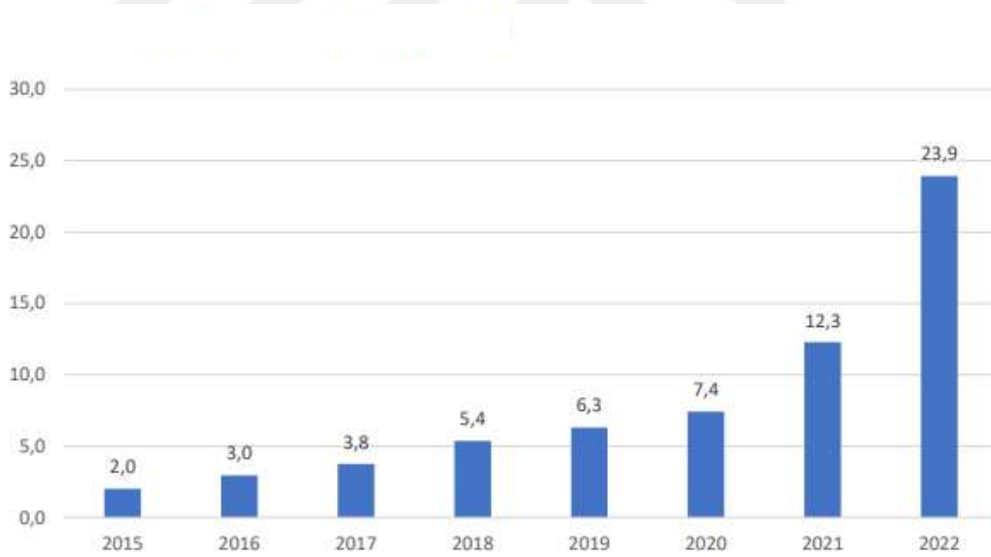


Şekil 31. 26 Sektörü Alt Kırılımlar Bazında Ciro (Milyar TL)

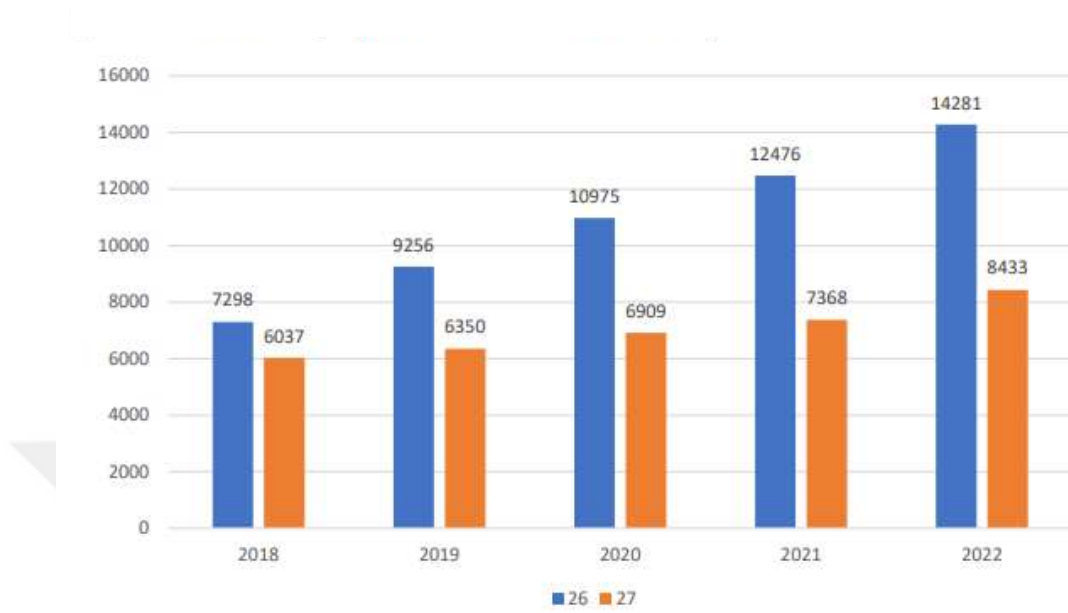
5.2.11 Ar-Ge faaliyetleri

Son yıllarda teknoloji alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Ar-Ge'ye verilen destekler sayesinde, 2000 yılında %0,48 olan Ar-Ge yoğunluğu, 2022'de %1,32'ye yükselmiştir. 2022 yılında gayrisafi yurt içi Ar-Ge harcaması, bir önceki yıla göre 96 milyar 932 milyon TL artarak 198 milyar 670 milyon TL'ye ulaşmıştır. 2008 yılında yürürlüğe giren 5746 Sayılı Kanun sayesinde, Ar-Ge Merkezi sayısı 10 yılda 1000'i aşmıştır.

Elektrik elektronik sektörünün Ar-Ge harcamalarının toplam ciroya oranı 2022'de %3,47 olarak gerçekleşmiştir. Bu oran, imalat sanayi genelinde %0,7 civarında olan Ar-Ge harcamalarının ciroya oranına kıyasla oldukça yüksektir. Elektronik sektörü, Ar-Ge faaliyetlerine büyük önem vererek, teknolojik gelişmeleri takip etmekte ve yenilikçi ürünler geliştirmeye odaklanmaktadır.



Şekil 32. Sektörün Ar-Ge Harcaması (Milyar TL)



Şekil 33. Tam Zaman Eşdeğeri Cinsinden Ar-Ge Personel Sayısı

5.2.12 Dünya dış ticaret rakamları

2022 yılında küresel elektronik sektörü yaklaşık 5,5 trilyon dolara ulaşarak, küresel ekonominin %5,7'sini oluşturmuştur. Teknolojiye dayalı yeni pazarlar ve fırsatlar sektörü büyümüş, ancak ekonomik zorluklar ve tedarik zinciri problemleri bu büyümeyi yavaşlatmıştır. 2022 yılında, en çok ihracat yapılan ürün grupları arasında 1,16 trilyon dolar ile 26.11, 674 milyar dolar ile 26.20, 293 milyar dolar ile 26.30, 344 milyar dolar ile 26.51 ve 206 milyar dolar ile 26.40 öne çıkmıştır.

5.2.13 Türkiye dış ticaret rakamları

Türkiye'de elektronik ürünler genellikle yüksek ithalat oranlarına sahipken, elektrikli sanayi ürünleri daha yüksek yerli üretim ve ihracat oranlarına sahiptir. Bu durum, elektrikli sanayi ürünlerinin yerli üretim kapasitesinin güçlü olduğunu ve ihracatta daha rekabetçi bir konumda bulunduğunu göstermektedir. Türkiye, elektrik elektronik sektöründe 2022 yılında 24,4 milyar dolar ithalat ve 18,6 milyar dolar ihracat yapmıştır.

Tablo 12'de, Türkiye'nin Nace 26 sektöründe ihracat yaptığı ilk 10 ülke listelenmiştir. Bu tabloya göre, Türkiye'nin bu sektördeki ihracatının büyük bir kısmı Avrupa Birliği

ülkelerine yapılmaktadır. Ayrıca, 2022 yılında Rusya'ya yapılan ihracatta önemli bir artış yaşanmıştır.

Tablo 12. Türkiye'nin Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İmalatı Sektöründe İhracat Yaptığı İlk 10 Ülke (Milyon Dolar)

Sıra No	Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
1	Almanya	405,6	488,8	443,5	520,8	432,2
2	ABD	72,0	211,5	195,3	209,6	324,7
3	Rusya	14,5	17,7	18,9	22,8	262,0
4	Birleşik Krallık	448,9	491,5	449,6	425,8	261,1
5	İtalya	102,4	95,4	79,7	220,8	142,0
6	Hollanda	111,3	145,8	127,4	155,3	138,0
7	Fransa	222,8	195,1	149,2	185,1	135,3
8	Azerbaycan	88,4	102,5	70,3	53,8	121,7
9	İspanya	138,9	126,4	96,5	92,8	104,3
10	Çin	73,9	74,5	96,9	109,7	98,9

5.2.14 Maliyet bileşenleri

Türkiye'de iç tüketim, yaklaşık 40 milyar dolarlık hacmiyle sektörün itici gücüdür ve iç tüketim ile dış ticaretin toplam hacmi 80 milyar dolara ulaşmaktadır. 2023 yılı için küresel elektronik ihracatının 7 trilyon dolara ulaşması beklenmektedir.

Sektörün maliyet bileşenleri, yerli firmaların küresel rakipleriyle rekabet edebilmesi açısından büyük önem taşır. Türkiye'de işgücü maliyeti AB'ye kıyasla düşük olsa da, Uzak Doğu ve özellikle Çin ile rekabet edebilecek seviyede değildir. Elektronik sektörü dinamik bir yapıya sahip olduğundan, küresel rekabet için Ar-Ge harcamalarına büyük önem verilmelidir. Bu harcamalar, firmalar için maliyet oluştursa da rekabetin yoğun olduğu elektronik sektöründe ayakta kalmak için gereklidir. Ayrıca enerji, makine-teçhizat, hammadde ve malzeme de sektör için önemli maliyet kalemleridir.

2012 yılından itibaren Yatırım Teşvik Sistemi kapsamında yatırımlar desteklenmektedir. 26 Kasım 2016'da yürürlüğe giren "Yatırımlara Proje Bazlı Devlet Yardımı Verilmesine İlişkin Karar" ile stratejik öneme sahip projeler ve teknolojik dönüşüm sağlayacak

yatırımlar desteklenmektedir. Bu düzenleme, ülkenin mevcut ve gelecekteki ihtiyaçlarını karşılamayı, arz güvenliğini sağlamayı, dışa bağımlılığı azaltmayı, teknolojik dönüşümü gerçekleştirmeyi ve yenilikçi, Ar-Ge yoğun ve katma değeri yüksek yatırımları desteklemeyi amaçlamaktadır.

5.2.15 Gelecek projeksiyonu

Elektrik elektronik sektörünün vizyonu, bölgede Ar-Ge ve üretim üssü haline gelerek dünya pazarında söz sahibi olmaktır. Misyonu ise kamu-sanayi-üniversite iş birliğini artırarak, ana ürün ve temel bileşenlerin ülkemizde tasarlanıp geliştirilmesi ve üretilmesiyle katma değeri yükseltmektir.

Sektör, 2023 yılı için 45 milyar dolarlık ihracat hedeflemektedir. 2022 yılında ev aletleri imalatı 5 milyar 936 milyon dolar ihracat yapmış olup, 2023'te bu rakamın 7 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Elektrik motoru, jeneratör, transformatör ve elektrik dağıtım cihazlarının ihracatı 2022'de 4 milyar 296 milyon dolar olup, 2023 hedefi 5 milyar dolardır. Bu alt sektörün en yoğun ihracat kalemini transformatörler ve endüktörler oluşturmaktadır. Enerji talebindeki artış, özellikle Ortadoğu ve Afrika ülkelerinden gelen yüksek talep, ihracatı olumlu etkilemektedir.

Küresel televizyon sektörünün 2023'te 280 milyon adede ulaşması beklenmektedir. 2022'de Türkiye, yaklaşık 900 milyon dolar ihracat ile dünyada ilk 10'da yer almıştır. Elektrik elektronik sanayinin fırsatları arasında nesnelerin interneti, endüstri 4.0, yenilenebilir enerji, mobil geniş bant 5G ve otomotiv sanayi bulunmaktadır.

2020'de başlayan küresel salgın, tedarik zincirlerinde kırılmalara yol açmış ve elektronik çip üretiminde yaşanan sıkıntılar birçok sektörde üretimi durma noktasına getirmiştir. Küresel çip krizinin 2023 sonuna kadar devam etmesi beklenmektedir, bu durum ülkemiz elektronik sektörünü de olumsuz etkileyecektir.

Uluslararası piyasalarda rekabet gücünü artırmak için sektörlerin değişen tüketici beklentilerini ve çığır açan teknolojik gelişmeleri dikkatle takip etmesi ve bu gelişmelere göre evrilmesi gerekmektedir.

Ülkemizin elektrik elektronik sektöründeki teknolojik değişimleri yakından izlemesi büyük önem taşımaktadır. Geleneksel bir sanayi dalı olan bu sektör, mevcut paradigmaları derinden etkileyen değişimlerle karşı karşıyadır.

Yeni sistemler ve teknolojiler, tüketici beklentilerindeki değişimleri tetikleyerek sektörü harekete geçmeye zorlamaktadır. İnovasyon, Ar-Ge ve tasarım faaliyetlerine daha fazla önem verilmesi, sektörün evrilebilmesi ve rekabet edebilirliğinin artması açısından kritik öneme sahiptir. Türkiye, bu değişimlere ayak uydurarak elektrik elektronik sektöründe çeşitlilik, yenilikçilik ve katma değeri yüksek ürünler üretme konusunda adımlar atmaktadır. Ülkemizin yetenekli insan kaynağı, Ar-Ge yetenekleri ve üretim altyapısı, bu dönüşüm sürecinde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Türkiye'nin, yıkıcı teknolojileri kullanarak kendi rekabet avantajını yaratması ve uluslararası piyasalarda konumunu güçlendirmesi hedeflenmektedir.

Otonom ve elektrikli araç teknolojilerindeki gelişmeler, Türkiye için büyük bir fırsat olarak görülmektedir. Dördüncü Sanayi Devrimi ve yıkıcı teknolojilere karşı her ülke, kendi ihtiyaçları ve planları doğrultusunda stratejiler geliştirmektedir. Bu bağlamda, "Mobilite Sektörleri Yol Haritası" çalışması, Türkiye'nin bu teknolojileri takip eden değil, oluşturan ülkeler arasında yer almasını hedeflemektedir.

Yıkıcı teknolojiler, birçok sektör için risk olarak görülse de, elektronik sektöründeki geleneksel oyuncular yeniliklere hızlı uyum sağlamaktadır. Bu teknolojiler, yeni oyuncuların ortaya çıkması için de fırsatlar sunmaktadır. Dijital dönüşüm, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi alanlardaki yenilikler, girişimciler ve start-up'lar için büyük bir potansiyel sunmaktadır. Türkiye'nin yetenekli insan kaynağı, girişimcilik ekosistemi ve teknoloji altyapısı, elektronik sektörde yeni fırsatlar yaratma potansiyeline sahiptir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM), AB'nin sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %50-55 oranında azaltmayı ve 2050'ye kadar net sıfır emisyona ulaşmayı hedeflemektedir. Türkiye, 16 Temmuz 2021 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı ile bu hedeflere uyum sağlamayı amaçlamaktadır. Bu eylem planı, elektronik sektörünün geleceği üzerinde önemli bir etki yaratacaktır.

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması, inovasyonu teşvik ederek rekabetçi bir endüstrinin oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye olan ilgisi ve yatırımları artmaktadır. Güneş ve rüzgâr enerjisi, büyük potansiyele sahip ve enerji üretiminde önemli bir yer tutan kaynaklardır. Rüzgâr ve güneş enerji santrallerinin yerleştirilmesi, enerji sektöründe sürdürülebilirlik, bağımsızlık ve ekonomik büyüme açısından kritik öneme sahiptir.

Bu doğrultuda, yerli polisilikon üretimi konusunda çalışmalar başlatılmıştır. Polisilikon, güneş enerjisi panellerinin üretiminde kullanılan temel bir malzemedir. Yerli polisilikon üretimi, Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründe rekabet gücünü artıracak ve dışa bağımlılığını azaltacaktır. Ayrıca, polisilikon yatırımı istihdamı artıracak ve yerli çip üretiminin temelini atarak ülkenin ekonomik büyümesi ve endüstriyel kalkınması açısından büyük fırsatlar sunacaktır.

Mobil iletişim sektörü, Türkiye'de önemli bir yere sahiptir. Küresel mobil iletişim pazarı 200 milyar dolar, yurt içi pazar ise 4 milyar dolar olarak belirtilmektedir. 2023 yılı sonunda 5G abone sayısının 1 milyarı aşması ve küresel mobil veri trafiğinin 1 Exabyte'ı geçmesi beklenmektedir. Türkiye'nin 5G'ye geçişte önemli bir potansiyele sahip olduğu öngörülmektedir.

5G teknolojisi, daha yüksek hızlar, daha düşük gecikme süreleri ve daha fazla cihaz bağlantısı sunarak iletişim deneyimini geliştirecektir. Türkiye'de mobil veri trafiğinde büyük bir artış beklenmektedir. Ayda 100 Exabyte'ı aşan küresel mobil veri trafiği beklentisi, insanların mobil cihazları üzerinden hızla büyüyen veri taleplerini karşılamaktadır. Bu da iletişim altyapısının güçlendirilmesi ve yüksek hızlı veri iletiminin desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin mobil iletişim sektöründeki büyüme potansiyeli, dijital dönüşümün hız kazandığı bu dönemde büyük fırsatlar sunmaktadır. Mobil iletişim altyapısının güçlendirilmesi, yüksek hızlı internet erişiminin yaygınlaştırılması ve teknolojik yeniliklere hızla uyum sağlanması, Türkiye'nin dijital ekonomiye geçişinde ve rekabet gücünün artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, mobil iletişim sektöründe sağlam adımlar atılması ve geleceğin iletişim ihtiyaçlarına yönelik stratejik yatırımlar yapılması büyük önem taşımaktadır.

2023 hedeflerine ulaşmak için, alt sektörde istikrarlı ihracat artışı sağlanmalı, ihracat kapasitesi artırılmalı, hedef pazarlarda bilinirlik ve pazar payı yükseltilmeli, enerji sektöründeki yatırımlar hızlandırılmalı, Ar-Ge faaliyetleri yaygınlaştırılmalı, nitelikli personelin yetiştirilmesine yönelik eğitim programları geliştirilmeli ve üniversite-sanayi iş birliği artırılmalıdır. Ayrıca, stratejik komponentlerin üretimine başlanması gerekmektedir.



6. ENDÜSTRİYEL OTOMASYON SEKTÖRÜNDE BİR DEPO TASARIMI UYGULAMASI

6.1 Deponun Mevcut Durumu

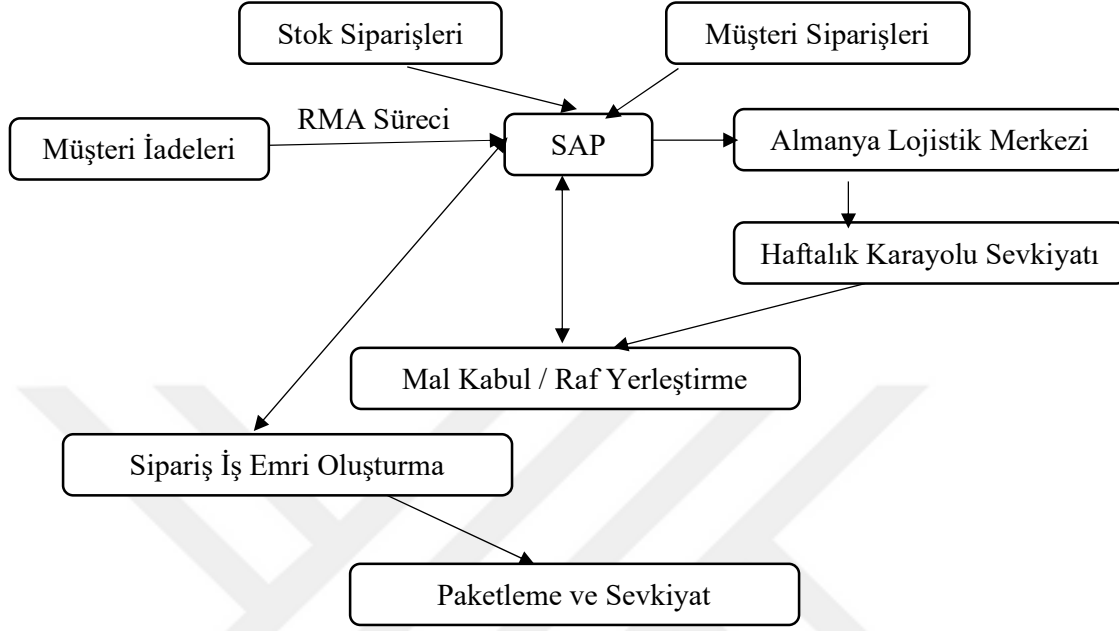
Endüstriyel sensör konusunda dünya lideri olan firmanın genel merkezi Almanya’da olup, 60’ın üzerinde ülkede iştirakleri ile yer almaktadır. Türkiye’deki organizasyon da bu iştiraklerden biridir. Endüstrinin birçok alanına hizmet veren firmanın 100.000’in üzerinde ürün çeşitliliği bulunmaktadır. Üretim tesisleri, genellikle Avrupa, Asya ve Amerika’da olan firma ürünlerin ülkelere dağıtımını Almanya’da bulunan lojistik merkezi üzerinden gerçekleştirmektedir. Firma lojistik merkezinde otomasyon uygulamalarına yer vererek lojistik süreçlerin verimliliğini arttırmayı hedeflemekte ve sürdürülebilir taşımacılık uygulamaları ile dikkat çekmektedir.

Türkiye’deki ofisi satış ve servis odaklı olup herhangi bir üretim veya ARGE çalışması yapılmamaktadır. Müşteri siparişleri ve planlanan stok seviyelerine göre belirlenen stok siparişleri günlük olarak sisteme girilmekte ve her hafta karayolu taşımacılığı ile Almanya lojistik merkezinden siparişler konsolide edilerek sevkiyat yapılmaktadır. Ürünlerin gümrükten çekilmesi ile Türkiye’deki deponun süreci başlamaktadır. Bazı özel durumlarda standart yüklemenin dışında uçak kargo ile hızlı gönderi veya paletli bazı özel sistemlerin ayrı araç ile sevk edilmesi de gündeme gelebilmektedir. Firma depo süreçleri dahil olmak üzere ERP sistemi olarak SAP Global kullanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında firmanın yeni taşınacağı deposu için süreçlerle ilgili kavramsal tasarım yapılarak aşağıdaki konular ele alınmıştır.

- Raf düzeni / yapısı
- Yerleştirme politikaları
- Sipariş toplama politikaları
- Yerleşim planı üzerindeki iş akışı

6.1.1 Süreçler



Şekil 34. Akış Şeması

Müşterilerden gelen siparişler SAP sistemine girildiğinde stokta bulunmayan ürünler için otomatik olarak yurt dışı sipariş talebi açılmaktadır. Müşteri siparişleri haricinde stoğa alınması gerekli ürünler için de SAP den yurt dışı talebi girilmektedir. Bu talepler birleştirilerek her günün sonunda yurt dışı sipariş listesi olarak istenen teslim tarihleri ile birlikte sisteme yüklenmektedir. Günlük olarak yüklenen bu siparişlere Almanya stok durumlarına ve üretim planlamalarına göre teslim tarihleri atanmaktadır. Her hafta belirlenen sevkiyat günü öncesi teslim edilebilecek tüm ürünlere ait siparişler konsolide edilerek Almanya lojistik merkezinde hazırlanmakta ve belirlenen sevkiyat gününde karayolu taşımacılığı ile yola çıkmaktadır. Ürünlerin Türkiye'ye ulaşması ve gümrük işlemlerinin tamamlanması yaklaşık olarak on günü bulmaktadır. Ürünler gümrükten çekildikten sonra dış kaynak hizmeti alınan taşıma firması ile ürünler depoya gelmektedir. Ürünler sipariş durumuna göre çeşitli boylarda koliler ile paketlenmekte ve koliler de uygun boyutlarda paletlere dizilmektedir. Depo kabulünde paletler araçtan forklift ile indirilerek depo kapısına getirilmektedir. Depo içerisine forklift girişi uygun olmadığından süreç transpalet ile devam etmektedir. Bu noktada gelen tüm ürünler SAP sistemine otomatik olarak girilmekte ve ürünler firmanın stoklarında gözükmemektedir.

Ancak henüz lokasyona atılmadıkları için herhangi bir stok hareketi gerçekleştirilmemektedir.

Fiziksel olarak depoya giren ürünlerin lokasyona atama işlemleri için paletler herhangi bir sıra olmaksızın bozularak koliler açılmaktadır. Kolilerden çıkan ürünlerin barkodları el terminalleri ile okutularak raf atama işlemi gerçekleştirilmektedir. Raf ataması yaparken SAP herhangi bir adres önerisinde bulunmamaktadır. Lokasyon ataması ile ilgili tek sınırlandırma aynı ürünün aynı lokasyona atanamamasıdır. Örnek olarak; yeni gelen yüklemede x ürününden 10 adet bulunmakta, aynı üründen daha önce gelen ürün y lokasyonunda ise; x ürününün y lokasyonuna atılmasına izin vermemektedir. Bu kısıtın sebebi FIFO düzenini sağlamaktır.

Müşteri siparişleri günlük olarak ilgili birim tarafından kontrol edilmekte ve sevk edilmeye hazır olan siparişler için SAP'den sipariş toplama iş emri oluşturulmaktadır. Sevk edilecek her bir sipariş için oluşturulan iş emirleri depo operatörleri tarafından çıktı alınarak sırası ile sipariş toplama süreçlerine geçilmektedir. İlgili iş emirlerinde ürünlerin kodları, adetleri ve lokasyon adresleri bulunmaktadır. FIFO prensibine göre aynı ürünün farklı adetlerde birden fazla lokasyondan toplanması gerekebilmektedir. Her bir iş emrinin ürünlerinin toplanmasından sonra aynı operatör paketleme masasına geçerek ürünlerin paketlemesini gerçekleştirmektedir.

Ürünlerin paketlenmesi sonrası faturaları düzenlenmekte ve siparişler sevk edilmek üzere hazır hale gelmektedir. Siparişlerin müşterilere gönderimi paket taşımacılığı yapan firmalar aracılığı ile gerçekleşmektedir. İlgili taşımacı firmalar her gün depoya gelerek paketleri teslim almakta ve müşterilere ulaştırmaktadır.

İade ürünler için RMA (Return Material Authorization) sistemi kullanılmaktadır. Müşteriler tarafından depoya gönderilecek her ürün için sevkiyat öncesi sisteme giriş yapılmaktadır. Sistemdeki girişler ilgili birim tarafından kontrol edilerek iade için ön onay verilmekte ve sevkiyatta kullanılmak üzere RMA numarası oluşturulmaktadır. Müşteriler ürünlerini paketleyerek RMA numarasını belirtecek şekilde depoya iletmektedirler. RMA numarası olmayan gönderiler kabul edilmemekte, paket müşteriye geri gönderilmektedir. Depoya iade gelen ve RMA numarası olan ürünler, kalite kontrol işlemleri yapılmak üzere Teknik Servis birimine iletilmektedir. Kalite kontrol sonrası

stoğa alınması uygun olan ürünler depoya teslim edilmekte ve SAP’de stok girişleri yapılmaktadır.

6.1.2 Mevcut fiziksel koşullar

Mevcut depo yaklaşık 250 m²’lik, düzgün geometrik şekli olmayan bir alana sahiptir. Tavan yüksekliği yaklaşık 3 m olup raf yükseklikleri kısıtlıdır. Raflar deponun fiziksel koşullarına uygun olacak şekilde bazı alanlarda sırt sırta bazı alanlarda ise sırtı duvara gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Raf derinlikleri 40 cm, her bir raf aralığı yüksekliği de 40 cm olup ürünler kendi ambalajları ile raflara yerleştirilmektedir. Her raf gözünde 35 cm genişliğinde tavalar yerleştirilmiştir. İlk tasarımda her bir tavanın ayrı bir lokasyon olması planlanmışken SAP geçişi sonrası bu düzenden vazgeçilmiş, her bir göz bir lokasyon olacak şekilde yeniden adreslenmiştir. Bu yapıda mevcut depoda yaklaşık 650 lokasyon tanımlanmıştır. Yine SAP’nin getirdiği kısıtlar sebebi ile bir lokasyonda birden fazla ürün çeşidi bulunabilmektedir. Depo girişleri ve çıkışları aynı kapıdan yapılmaktadır, fiziki olarak forklift girişine uygun değildir, palet hareketleri transpalet kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Depoda sipariş paketleme için üç istasyon bulunmaktadır. Ancak fiziki koşulların getirdiği kısıtlar nedeniyle paketleme istasyonları yeteri kadar alana sahip olmayıp ergonomi sağlanamamıştır. Depolama alanının yetersizliği sebebiyle özellikle yüksek hacimli ürünler şirketin deposunun dışında farklı alanlarında depolanabilmektedir.

6.1.3 Mevcut düzende yaşanan sorunlar

Raf Yetersizliği: Stoklarında yaklaşık 2.000 çeşit ürün bulunduran firmanın mevcut deposunda yaklaşık 650 adet lokasyon adresi tanımlanmıştır. Bu da aynı lokasyonda birbirinden farklı ürünlerin stoklanması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Hem ürün yerleştirmede hem de sipariş toplamada bu durum süreçlerin uzamasına, hatalı ürün sevkine, ürünlerin bulunamamasına sebep olmaktadır.

FIFO Prensibine Göre Yerleşim: Mal kabulü yapılırken SAP sistemi FIFO prensibini sağlayabilmek için aynı üründen farklı siparişler ile gelen ürünlerin aynı lokasyona konulmasına izin vermemektedir. Bu durum da aynı üründen farklı adetlerde farklı lokasyonlarda bulunmasına ve hem ürün yerleştirme hem de sipariş toplama süreçlerinin

uzamasına yol açmaktadır. Örnek olarak stokta 100 adet bulunan A ürünün 5 farklı lokasyonda bulunabilmektedir. Sipariş toplama sürecinde operatör ürünleri FIFO prensibine göre bu ayrı lokasyonlardan toplamak durumunda kalmaktadır.

Rastgele Yerleşim: Ürün yerleşimi yapılırken lokasyon yetersizliğinden dolayı ürünler herhangi bir grupta düzeni olmadan rastgele yerleştirilmektedir. Bu durum da sipariş toplama aşamasında süreci uzatan bir etkidir. Sipariş listelerinde genellikle birbirini tamamlayan ürünler bulunmaktadır. Ancak bu ürünler rastgele yerleşim nedeniyle yakın alanlarda konumlanamamaktadır.

Raf Düzeni: Rafların boyutları ve raf aralıklarının kısıtlı olması her ürünün raflarda depolanamamasına sebep olmaktadır. Belli ürünler boyutlarından dolayı sonradan eklenen sundurma alanlarında veya depo dışındaki alanlarda konumlanmaktadır. Bu durum da hem ürün yerleştirme hem de sipariş toplama sürecini uzatan ve doğruluğunu etkileyen bir konudur. Ayrıca sırt sırta bulunan raf aralarındaki boşluklara boyutları küçük olan ürünlerin düşebilmesi stok olarak görünen ürünlerin bulunamamasına yol açmaktadır.

Kesikli Sipariş Toplama: İş emri oluşturulan siparişler, kesikli sipariş toplama prensibine göre toplanmaktadır. Operatör iş emrinin çıktısını alıp depo içerisinde ürünleri sırası ile toplayıp paketleme istasyonuna getirmektedir. Sipariş tamamlandığında ürünlerin barkodlarını okutarak paketlemesini gerçekleştirmekte ve sevke hazır hale getirmektedir. Bu işlem bittikten sonra bir sonraki iş emrini alarak diğer siparişin toplama aşamasına geçmektedir. Fiziki koşullardan dolayı sipariş toplama için herhangi bir ekipman kullanılamamaktadır. Bu şekilde bir çalışma operatörün depo içerisinde çok fazla yol yapmasına yol açmakta ve verimliliği düşürmektedir.

Çapraz Sevkiyat Yönteminin Uygulanamaması: Merkez lojistik merkezinin çalışma yapısı gereği çapraz sevkiyat yöntemi uygulanamamaktadır. Gelen tüm ürünler mutlaka lokasyonlara atanmakta ve fiziki olarak yerleştirilmekte, iş emri oluşan siparişlerdeki ürünler SAP'nin belirttiği adreslerden toplanarak sipariş tamamlanmaktadır. Özellikle yüksek hacimli ve tek yükleme ile gelen siparişlerde ürün yerleştirme ve sipariş toplama süreçleri gereksiz iş yükü oluşturmaktadır.

Paketleme İstasyonlarının Ergonomik Olmaması: Paketleme istasyonları deponun fiziki kısıtlarından dolayı olması gereken boyutlardan daha küçük boyutlarda ve paketleme için gerekli ergonomiyi sağlayamamaktadır. Tartı, yazıcı, ekran, el terminali gibi ekipmanların bu kısıtlı alanda bulunması paketleme sürecini olumsuz etkilemekte ve süreci uzatmaktadır.

Mevcut düzende yaşanan bu sorunlar temel olarak deponun verimsiz çalışmasına, müşteri ve çalışan memnuniyetsizliğine yol açmaktadır. Bu çalışmada tüm bu problemler detaylı şekilde irdelenerek ve gerekli veri analizleri yapılarak firmanın taşınacağı yeni depo için iyileştirme önerileri sunan kavramsal tasarım yapılmıştır.

6.2 Veri Analizi

SAP sisteminde çekilen ana veri bilgisinde 100.000'in üzerinde farklı ürünün tanımlı olduğu görülmüştür. Ancak yapılan çalışma Türkiye pazarına satılan 2.073 farklı ürün ile sınırlandırılmıştır.

6.2.1 Ana veri ile boyutsal analiz

Firmanın pazara sunduğu ürünler kullanılan endüstriye ve uygulamaya göre hem fiziksel olarak hem de maliyet olarak farklılık göstermektedir. SAP sisteminden çekilen ana veri listesinde ürünlerin en, boy, yükseklik, ağırlık ve ambalaj şekilleri bilgileri incelenmiştir. İnceleme sonucunda aşağıdaki minimum ve maksimum ölçülere ulaşılmıştır.

Tablo 13. Ana Veri, Minimum ve Maksimum Değerler

	Minimum	Maksimum
Ağırlık	0.002 g	611 kg
Yükseklik	0.001 cm	110 cm
Genişlik	0.4 cm	81 cm
Uzunluk	1 cm	271.5 cm

6.2.2 Raflama yöntemine göre sınıflama

Ana veri ile boyutsal analizde görüldüğü gibi ürün boyutları ve ağırlıkları oldukça geniş bir aralıkta değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple ürünlerin raflama yöntemlerine göre sınıflama ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Ürünler, boyutları ve ortalama stokta bulunma adedi bilgisine istinaden 3 çeşidi plastik kasa içerisinde, 3 çeşidi ise kendi ambalajı ile olmak üzere aşağıdaki şekilde toplam 6 sınıfa gruplandırılmıştır.

- 1: 100 adet üzeri, küçük ürünler – 40x60 cm boyutunda plastik kasa içerisinde
- 2: 20 ila 100 adet üzeri, küçük ürünler – 20x30 cm boyutunda plastik kasa içerisinde
- 3: 20 adet altı, küçük ürünler – 10x17 cm boyutunda plastik kasa içerisinde
- 4: Bariyer tipi uzun (1200 mm>Uzunluk >600 mm) veya yüksek adetli kutulu ürünler – 1200 mm derinlikli rafta, kendi ambalajında
- 5: Kutulu ürünler (600 mm>Uzunluk) – 600 mm derinlikli rafta kendi ambalajında
- 6: Çok uzun ürünler (Uzunluk>1200 mm) – Raf dışı

Yapılan bu çalışma ile ana veri dosyasında ek bir kolon oluşturarak listede bulunan her ürün için “Raf Düzeni” başlığı ile yeni bir ana veri kriteri eklenmiştir. Böylece ana veri dosyasında bulunan her ürünün hangi raf düzenine göre depolanacağı belirlenmiştir.

6.2.3 Stok hareketine göre sınıflama

Ana veri dosyasında bulunan ürünlerin stok hareketlerini incelemek için SAP sisteminden son bir yıllık fatura raporları çekilmiştir. Firma her bir sipariş için bir iş emri oluşturmakta ve her iş emri için bir fatura kesmekte olduğundan alınan fatura raporunun ürünlerin stok hareketlerini yansıttığı varsayılmıştır.

Bu çalışmanın neticesinde ürünler hareket sıklığına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır.

- A: Ayda 10 kez hareket ve üzeri – 45 çeşit ürün
- B: Ayda 5-10 kez arasında hareket – 106 çeşit ürün

C: Ayda 5 kez hareketin altında – 1422 çeşit ürün

D: Son bir yılda hiç hareket görmeyen – 500 çeşit ürün

Yapılan bu çalışma ile ana veri dosyasında ek bir kolon oluşturarak listede bulunan her ürün için “Stok Tipi” başlığı ile yeni bir ana veri kriteri eklenmiştir. Böylece ana veri dosyasında bulunan her ürünün stok hareketine göre depodaki konumu belirlenebilecektir.

6.2.4 Lokasyon adresleri

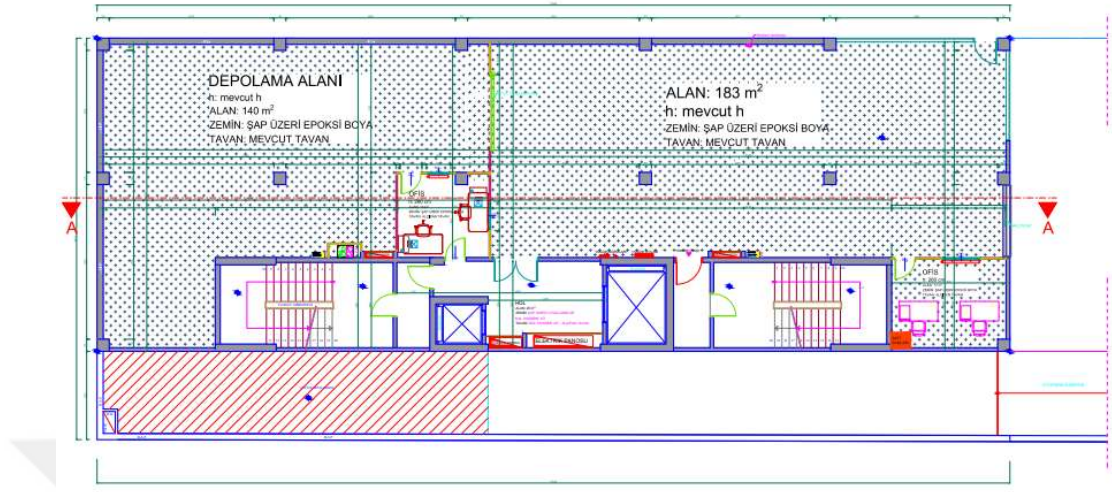
Firmanın SAP sisteminde lokasyon adreslemesi bir harf ve altı nümerik olmak üzere yedi karakter ile tanımlanmaktadır (Örnek: A010101). Lokasyon isimleri raflara barkod etiketi yapıştırarak sabitlenmiştir.

6.3 Kavramsal Tasarım

Mevcut düzende yaşanan sorunlar ele alınarak ve veri analizi sonuçları incelenerek firmanın yeni taşınacağı deposu için aşağıdaki kavramsal tasarım yapılmıştır.

6.3.1 Raf yapısı / Düzeni

Veri analizi çalışmasında yapılan raf düzenine göre sınıflama ve stok hareketine göre sınıflama çalışmaları neticesinde farklı depolama şekilleri için farklı boyutlarda ve yapılarda raf ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Yeni deponun krokisi, genel yerleşim yapısı ve ihtiyaç olan depolama alanları ile ilgili bilgiler raf tedarikçileri ile paylaşılmıştır.



Şekil 35. Yeni Depo Krokisi

İhtiyaçlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

Rafları 4 ayrı grup olarak düşünerek çalışma yapılmalıdır.

- 1- Kutulu kayar raf, 40x60 kasalardan arka arkaya 2 kutu olacak şekilde, kutu sayısı yaklaşık 250 olmalıdır.
- 2- Avadanlık raf, 10x17 avadanlık, kutu sayısı yaklaşık 500 olmalıdır.
- 3- 120 cm derinlikli, 40 cm genişlikli göz sayısı yaklaşık 120 olmalıdır.
- 4- 60 cm derinlikli, 40 cm genişlikli göz sayısı yaklaşık 300 olmalıdır.

Raf tedarikçilerinin değerlendirilmesi için Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden VIKOR Yöntemi, tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi için ise DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

6.3.1.1 VIKOR yöntemi

VIKOR Yöntemi (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), çok kriterli karar verme problemlerinde alternatifler arasında uzlaşmacı bir çözüm bulmayı amaçlayan bir sıralama ve seçim yöntemidir. Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından geliştirilen bu yöntem, karar vericilerin çelişen kriterler altında en uygun alternatifi belirlemelerine yardımcı olur. VIKOR yöntemi, karar verme sürecinde ideal çözüme en

yakın ve karar vericiler açısından en az pişmanlık yaratacak alternatifi belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, hem grup düzeyinde faydayı (toplam memnuniyet düzeyi) hem de bireysel düzeydeki pişmanlığı (en olumsuz kriter değerine sahip alternatif) dikkate alarak çok kriterli karar verme problemlerine dengeli bir çözüm sunar.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan VIKOR, karar sistemlerinin optimizasyonunu sağlamayı ve grup düzeyinde maksimum faydayı elde etmeyi hedeflemektedir. Bu yöntem, her bir alternatifin çeşitli kriterler açısından değerlendirilmesi yoluyla, karar vericilere en uygun sıralamayı sunan etkili bir karar destek yaklaşımıdır (Karataş, 2023).

Yaldırak (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Entropi, CRITIC, PROMETHEE II ve VIKOR yöntemleri kullanılarak bir hazır beton firmasının en uygun yeşil tedarikçileri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Entropi ve CRITIC yöntemlerinden yararlanılmış; tedarikçi alternatiflerinin sıralanmasında ise PROMETHEE II ve VIKOR yöntemleri uygulanmıştır. Tedarikçi seçim sürecinde dikkate alınan kriterler altı ana başlık altında toplanmıştır: maliyet, kalite, yeşil ürün, yeşil imaj, çevresel etki ve teslimat.

Üçüncü (2019), mobilya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede, tedarikçi seçimi problemini incelemiştir. Nihai değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi sürecinde, literatürde yer alan tedarikçi seçimi ölçütleri, işletme bünyesinde oluşturulan uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir. Mobilya üretiminde önemli bir maliyet kalemi olan yonga levha ile mekanizma ve bağlantı elemanları için en uygun tedarikçinin belirlenmesinde ANP, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini entegre bir biçimde kullanmıştır. Çalışmada tedarikçi belirlenmesinde kalite, maliyet, teslimat ve hizmet kriterleri öne çıkmıştır.

Günay (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, paratoner ve topraklama malzemeleri üreten bir işletme için çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yeşil tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, yeşil tedarikçi seçiminde dikkate alınması gereken ana ve alt kriterler belirlenmiş; kriter ağırlıklarının hesaplanmasında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları, VIKOR yöntemi aracılığıyla değerlendirilerek işletme için en uygun yeşil tedarikçiler belirlenmiştir. Çalışmada

tedarikçi seçim kriterleri beş ana başlık altında toplanmıştır: Yeşil Tasarım, Yeşil Üretim, Yeşil İmaj, Yeşil Depolama ve Çevre Yönetim Sistemi.

İlhan (2016), çalışmasında lojistik ve tedarik zinciri sektörlerinde faaliyet gösteren firmalar için sensör teknolojisi ve tedarikçi alternatiflerinin değerlendirilmesine yönelik Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) temelli bir grup karar verme modeli önermiştir. Çalışmada, öncelikle değerlendirme kriterleri belirlenmiş ve bu kriterlerin ağırlıkları Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP) yöntemi ile hesaplanmıştır. Ardından, alternatiflerin değerlendirilmesi Bulanık Aksiyomatik Tasarım (FAD) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla gerçek verilere dayalı bir örnek uygulamaya yer verilmiş; sonuçlar Bulanık VIKOR yöntemi ile karşılaştırılmış ve duyarlılık analizi yapılmıştır. Tedarikçi değerlendirme sürecinde dikkate alınan kriterler; tedarikçinin ürün özellikleri, ürün fonksiyonelliği, maliyet, satış sonrası hizmetler ve marka güvenilirliği olarak beş ana başlık altında toplanmıştır.

İndap (2018), çalışmasında e-ticaret giyim sektörü için uygun depo raf sisteminin seçilmesi amaçlamış; maliyet, hacim kullanımı, yükseklik kullanımı, sipariş toplama kolaylığı ve stok devir hızı gibi kriterler açısından raf sistemlerini karşılaştırmıştır.

Kahraman, Cebeci, ve Ulukan (2003), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tedarikçi seçimi gibi çok kriterli karar verme problemlerine yönelik olarak Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Fuzzy AHP) yöntemi uygulanmıştır. Türkiye’de faaliyet gösteren bir beyaz eşya üreticisinin satın alma yöneticileriyle yapılan görüşmeler sonucunda, tedarikçi seçiminde dikkate alınan en önemli kriterler belirlenmiş ve bu kriterler doğrultusunda tedarikçi alternatifleri karşılaştırılmıştır. Çalışma, belirsizlik içeren karar ortamlarında bulanık mantık ile AHP yönteminin birlikte nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, tedarikçi seçim kriterleri belirli başlıklar altında gruplandırılmıştır.

- Tedarikçi Kriterleri (Supplier Criteria)

Finansal güç

Yönetim yaklaşımı ve yetkinliği

Teknik yeterlilik

Destek kaynakları (altyapı, bilgi sistemleri, eğitim vb.)

Kalite sistemleri ve süreçleri (ISO 9000, kalite kontrol prosedürleri vb.)

Küreselleşme ve yerelleşme (lokasyon, siyasi riskler, döviz dalgalanmaları)

- Ürün Performans Kriterleri (Product Performance Criteria)

Ürünün işlevselliği ve kullanım özellikleri değerlendirilir:

Kalite, güvenilirlik, dayanıklılık

Paketleme, raf ömrü, depolama gereksinimleri

Üretim sürecine uygunluk

Çevre dostu özellikler, ergonomi, teknolojik uyum

- Hizmet Performans Kriterleri (Service Performance Criteria)

Tedarikçinin sunduğu hizmetlerin kalitesi değerlendirilir:

Müşteri desteği (erişilebilirlik, zamanında yanıt, güvenilirlik)

Katma değerli hizmetler

Takip ve geri bildirim

Profesyonellik (bilgi, tutum, doğruluk)

- Maliyet Kriterleri (Cost Criteria)

Toplam maliyet unsurları dikkate alınır

Satın alma fiyatı

Taşıma maliyeti

Vergiler

İşlem maliyetleri

Hatalı ürün maliyetleri

Yapılan literatür taramalarında kullanılan tedarikçi seçim kriterleri ve firmanın genel satın alma politikası dikkate alınarak çok kriterli karar verme teknikleri çalışması için aşağıdaki kriterler baz alınmıştır.

Kalite: Ürünlerin kalitesi, uluslararası standartlara uygunluğu

Fiyat: Alınacak hizmetin tamamı için ödenecek toplam bedel

Teslim Süresi: Ürünlerin üretim ve montaj süresi

Hizmet: Satış öncesi aşamadan kurulum sonrasına kadar alınan hizmetin kalitesi

Esneklik: Proje sürecinde ortaya çıkabilecek beklenmedik durumlara ve değişimlere uygun çözüm oluşturabilme

Güvenilirlik: Gerçekleştirdiği projeler ve satış sonrası hizmetlerdeki referansları

Finansal Kuvvet: Üretici firmanın büyüklüğü, finansal gücü

Atık Oluşturma: Proje sonrası eski depodan bulunan raflardan atık ortaya çıkması

6.3.1.2 VIKOR yönteminin aşamaları

VIKOR yönteminde aşağıda belirtilen 5 adım izlenmektedir. (Arslan, 2017).

1. Adım: Alternatifler ve kriterler belirlendikten sonra satırlar alternatifleri (m), sütunlar ise kriterleri (n) gösterecek şekilde karar matrisi oluşturulur.

$$\begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

2. Adım: Belirlenen kriterler için en iyi (f⁺) ve en kötü (f⁻) değerleri belirlenir. Bu değerlerin belirlenmesinde oluşturulan model üzerindeki fayda ve maliyete olan etkisi dikkate alınmaktadır.

Fayda kriterleri için; $f_i^* = \max_j x_{ij}$ $f_i^- = \min_j x_{ij}$ $i=1,2,\dots,n$

Maliyet kriterleri için; $f_i^* = \min_j x_{ij}$ $f_i^- = \max_j x_{ij}$ $i=1,2,\dots,n$

formülleri kullanılmaktadır.

3. Adım: Kriterlerin fayda (maksimize) veya maliyet (minimize) olmasına göre normalizasyon işlemi yapılmakta ve normalize edilmiş karar matrisi (R) oluşturulmaktadır. Normalizasyon işlemi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)$$

Sonuç olarak m adet alternatif ve n adet kriterden oluşan $m \times n$ boyutunda R normalizasyon matrisi elde edilmektedir.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

4. Adım: Normalize edilmiş olan karar matrisindeki sütunlar ile ağırlıkların çarpılması sonucunda ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmektedir.

$$v_{ij} = r_{ij} * w_j$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

5. Adım: S_i ve R_i değerleri $j=1,2,\dots,n$ için hesaplanmaktadır. S_i ve R_i değerleri i. alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını ifade etmektedir. Burada w_j kriter ağırlıklarını ifade etmektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j * (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)$$

$$R_j = \max_i (w_j * (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-))$$

6. Adım: Her bir i alternatifi için Q_i değerleri hesaplanmaktadır. Q_i değerlerinin hesaplanabilmesi için öncelikle S^* , S^- , R^* , R^- değerlerinin hesaplanması gerekmektedir.

$$S^* = \min \{S_i\} \quad S^- = \max \{S_i\}$$

$$R^* = \min \{R_i\} \quad R^- = \max \{R_i\}$$

$$Q_i = q * (S_i - S^*) / (S^- - S^*) + (1-q) * (R_i - R^*) / (R^- - R^*)$$

q parametresi maksimum grup faydasını göstermektedir. Yani kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını ifade etmektedir. (1-q) ise zıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını göstermektedir.

7. Adım: S_i , R_i ve Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak üç sıralama listesi elde edilmektedir. Sıralamanın doğruluğunu test etmek için minimum Q_i değerine sahip alternatifin aşağıdaki iki koşulu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmekte ve her iki koşulu sağlayan alternatif en iyi kabul edilmektedir.

Koşul-1(Kabul Edilebilir Avantaj): Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında ilk sırada yer alan alternatif A^1 i, ikinci sırada yer alan alternatif A^2 yi gösterdiğinde koşul;

$Q(A^2)-Q(A^1) \geq DQ$ olmalıdır.

DQ parametresi, m alternatif sayısını göstermek üzere $DQ=1/(m-1)$ formülü ile hesaplanmaktadır.

Koşul-2 (Kabul Edilebilir İstikrar): En iyi Q değerine sahip alternatif, S ve R değerinin de en az bir tanesinde en iyi sonucu gerçekleştirmiş olmalıdır.

Eğer bu iki koşuldan herhangi birisinin gerçek olmaması durumunda uzlaşık çözüm şu şekilde önerilmektedir.

Eğer kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanamıyorsa A^1 ve A^2 alternatiflerinin her ikisi de uzlaşık çözüm olarak kabul edilmektedir.

Eğer kabul edilebilir avantaj koşulu sağlanamıyorsa A^1 , A^2 , ... A^m alternatiflerinin tamamı uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesinde yer almaktadır.

Burada üst sınır değeri olan maksimum M, $Q(A^m)-Q(A^1) < DQ$ ilişkisine göre belirlenmektedir.

Q değerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden birisidir.

6.3.1.3 DEMATEL yöntemi

DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi, karmaşık sistemlerdeki faktörler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini analiz etmek amacıyla geliştirilmiş çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinden biridir. İlk olarak 1970’li

yıllarda Battelle Memorial Institute tarafından geliştirilmiş ve özellikle sosyal, ekonomik ve çevresel sistemlerdeki etkileşimlerin modellenmesinde kullanılmıştır. Bu yöntem, karar vericilerin veya uzmanların görüşlerine dayalı olarak, sistemdeki kriterlerin birbirleri üzerindeki etkilerini sayısal olarak ifade etmelerine olanak tanımaktadır. DEMATEL, bu etkileri kullanarak kriterler arasında doğrudan ve dolaylı ilişkileri ortaya koymakta ve bu ilişkileri neden-sonuç diyagramları ile görselleştirmektedir.

Emmi ve arkadaşları (2022), çalışmasında lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçimini ele almışlar ve tedarikçi seçimine etki eden kriterler arasındaki ilişkiyi DEMATEL yöntemi ile yorumlamışlardır. Çalışmanın sonucunda “birim fiyat” kriterinin en etkili kriter olduğu, “kullanım ömrü”, “çevrim süresi”, “tedarik süresi”, ve “lojistik konum” kriterlerinin etkileyen, “birim fiyat” ve “ödeme şekli” kriterlerinin etkilenen kriterler olduğu belirlenmiştir.

Coşkun ve arkadaşları (2022), doğal ahşap kaplama sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçimi için sürdürülebilirlik performansı ile ilgili DEMATEL yöntemi ile çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda firmanın sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerinden en önemli performans kriterinin tedarik maliyeti kriteri olduğu, genel anlamda ise öncelikle ekonomik, daha sonra sosyal ve çevresel boyutun önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Sarı ve arkadaşları (2017), uluslararası bir sağlık firmasının tedarikçi seçim problemini ele almışlar ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde DEMATEL yöntemiyle tedarikçi değerlendirme kriterlerini incelemişlerdir. Analiz bulguları, incelenen firma açısından zamanında teslimatın yanı sıra fiyat, teknolojik kapasite, hizmet kalitesi, esneklik ve çevreci tedarik zinciri uygulamalarının tedarikçi seçiminde öncelikli kriterler olduğunu göstermektedir.

Dalay ve Sarı (2022), Türkiye’de faaliyet gösteren gıda sektörü işletmelerinin tedarikçi seçiminde hangi kriterleri öncelikli olarak değerlendirdiğini ve bu süreçte çevresel (yeşil) kriterlere ne ölçüde önem verdiğini incelemişlerdir. Araştırma, 50 tedarik zinciri yöneticisinin katılımıyla gerçekleştirilmiş ve analizlerde bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, Türk gıda sektöründe faaliyet gösteren firmaların

tedarikçi seçiminde en çok fiyat, kalite, güvenilirlik ve iş yapısına odaklandığını; buna karşılık çevresel kriterlere görece daha düşük düzeyde önem atfettiklerini göstermektedir.

6.3.1.4 DEMATEL yönteminin aşamaları

DEMATEL yönteminde aşağıda belirtilen 6 adım izlenmektedir (Sarı ve arkadaşları, 2017).

1. Adım: Kriterler arasındaki etkileşimler, beş düzeyli bir ölçek kullanılarak değerlendirilmekte ve bu değerlendirmeler doğrultusunda doğrudan ilişki matrisi (T) oluşturulmaktadır. Kullanılan puanlama ölçeği aşağıda sunulmaktadır:

- 0: Etkileşim yok
- 1: Çok düşük etkileşim
- 2: Düşük etkileşim
- 3: Yüksek etkileşim
- 4: Çok yüksek etkileşim

$$T=[t_{ij}]_{n \times n}$$

2. Adım: Doğrudan ilişki matrisi, belirli bir ölçekleme yöntemiyle normalize edilerek analiz için uygun hale getirilmektedir. Normalizasyon sürecinde ilk adım, “k” katsayısının hesaplanmasıdır. Bu katsayı, matrisin her bir satır ve sütunundaki elemanların toplamı arasında en büyük değerin tersi alınarak elde edilmekte ve bu değer, normalizasyon işlemi için çarpan olarak kullanılmaktadır.

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

Daha sonra hesaplanan “k” katsayısı, önceden oluşturulmuş olan doğrudan ilişki matrisi (T) ile çarpılarak normalize edilmiş ilişki matrisi (M) elde edilmektedir. Bu işlem, kriterler arasındaki etkileşimlerin karşılaştırılabilir bir ölçeğe indirgenmesini sağlamakta ve sonraki analiz adımları için temel oluşturmaktadır.

3. Adım: Toplam ilişki matrisi, normalize edilmiş ilişki matrisi (M) kullanılarak elde edilmektedir. Bu işlemde, M matrisi, birim matris (I) ile farkı alınarak elde edilen

matrisin tersinin M ile çarpılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse, toplam ilişki matrisi T, şu şekilde hesaplanır:

$$T = M \cdot (I - M)^{-1}$$

Bu matris, kriterler arasındaki hem doğrudan hem de dolaylı etkileri içeren kapsamlı bir ilişki yapısını temsil etmektedir.

4. Adım: Bu adımda etkileyen-etkilenen (neden-sonuç) diyagramı oluşturulmaktadır. Toplam ilişki matrisinin her bir satırı ve sütunu ayrı ayrı toplanarak analiz edilir. Bu işlem sonucunda:

Satır toplamaları (D), her bir kriterin diğer kriterler üzerindeki toplam etkisini (etkileyen düzeyi),

Sütun toplamaları (R) ise, her bir kriterin diğer kriterlerden ne ölçüde etkilendiğini (etkilenen düzeyi) gösterir.

$$D = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{j=1}^{nx1} = [t_j]_{nx1} \quad R = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{i=1}^{1xn} = [t_i]_{1xn}$$

D ve R vektörlerinin hesaplanmasının ardından, her bir kriter için $D + R$ ve $D - R$ değerleri elde edilerek analiz derinleştirilmektedir. Bu bağlamda:

$D + R$ değeri, kriterin sistemdeki toplam etkileşim düzeyini temsil etmekte ve diyagramda yatay ekseninde yer almaktadır. Bu değer genellikle önem düzeyi olarak adlandırılmaktadır.

$D - R$ değeri ise, kriterin sistemdeki rolünü (etkileyen mi, etkilenen mi olduğunu) göstermekte ve dikey ekseninde konumlandırılmaktadır. Bu değer ilişki yönü olarak tanımlanmaktadır.

Bu iki eksenin oluşturduğu düzlemde, kriterlerin konumları görselleştirilerek etkileyen-etkilenen (neden-sonuç) diyagramı oluşturulmaktadır. Diyagramın daha anlamlı hale gelmesi için, T matrisindeki etki değerlerine bir eşik değeri (threshold) uygulanmaktadır. Bu eşik değerin üzerinde kalan etkileşimler dikkate alınarak diyagram

sadeleştirilmektedir. Eşik değeri, genellikle uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmekte ve sistemin karmaşıklığına göre ayarlanabilmektedir.

5. Adım: İç bağımlılık matrisi, nihai ilişki matrisinin her bir sütununun toplamı bir (1) olacak şekilde normalize edilmesiyle elde edilmektedir. Bu işlem, kriterler arasındaki karşılıklı bağımlılık düzeylerini oransal olarak ifade etmeye olanak tanımakta ve kriterlerin sistem içerisindeki göreceli etkilerini daha net bir şekilde analiz etmeyi sağlamaktadır.

6. Adım: Kriterlerin önem ağırlıkları, her bir kriterin toplam etkisi ($D_k + R_k$) ile net etkisinin ($D_k - R_k$) karelerinin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem, hem kriterin sistemdeki genel etkileşim düzeyini hem de yönlendirici gücünü dikkate alarak daha dengeli bir ağırlıklandırma sağlamaktadır. Elde edilen değerler, kriterlerin göreceli önem düzeylerini yansıtan ağırlık vektörünü oluşturmaktadır.

$$w_i = [(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2]^{1/2}$$

6.3.1.5 Tedarikçi kriterlerinin ağırlıklandırılmasında dematel yönteminin uygulanması

Uygulama adımlarındaki hesaplamalar Microsoft Excel programı yardımı ile yapılmış ve işlem sonuçları tablolarda belirtilmiştir.

1. Adım: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

İlişki matrisi, firmanın satın alma politikasına göre yapılan değerlendirmeler sonucunda araştırmacı tarafından aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Tablo 14. Direkt İlişki Matrisi

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
Teslim Süresi	0	3	3	2	1	1	2	3
Kalite	3	0	3	2	3	4	3	0
Hizmet	2	4	0	3	4	4	3	0
Esneklik	2	3	4	0	3	3	2	3
Güvenilirlik	0	0	3	3	0	2	3	0
Fiyat	1	4	3	2	3	0	3	0
Finansal Kuvvet	4	4	4	3	3	3	0	0
Atık Oluşturma	3	0	2	3	3	3	0	0

2. Adım: Direkt ilişki matrisinin normalize edilmesi

Tablo 15. Normalize Edilmiş Direkt İlişki Matrisi

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
Teslim Süresi	0.00	0.14	0.14	0.10	0.05	0.05	0.10	0.14
Kalite	0.14	0.00	0.14	0.10	0.14	0.19	0.14	0.00
Hizmet	0.10	0.19	0.00	0.14	0.19	0.19	0.14	0.00
Esneklik	0.10	0.14	0.19	0.00	0.14	0.14	0.10	0.14
Güvenilirlik	0.00	0.00	0.14	0.14	0.00	0.10	0.14	0.00
Fiyat	0.05	0.19	0.14	0.10	0.14	0.00	0.14	0.00
Finansal Kuvvet	0.19	0.19	0.19	0.14	0.14	0.14	0.00	0.00
Atık Oluşturma	0.14	0.00	0.10	0.14	0.14	0.14	0.00	0.00

3. Adım: Toplam ilişki matrisinin oluşturulması

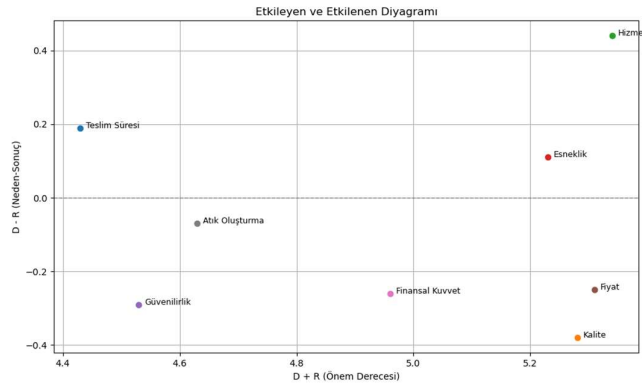
Tablo 16. Toplam İlişki Matrisi

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
Teslim Süresi	0.36	0.59	0.65	0.52	0.54	0.54	0.51	0.27
Kalite	0.53	0.57	0.75	0.59	0.70	0.73	0.64	0.16
Hizmet	0.53	0.78	0.69	0.68	0.79	0.79	0.69	0.17
Esneklik	0.53	0.72	0.84	0.55	0.75	0.75	0.63	0.30
Güvenilirlik	0.28	0.40	0.56	0.47	0.39	0.48	0.48	0.11
Fiyat	0.42	0.68	0.70	0.55	0.65	0.53	0.60	0.14
Finansal Kuvvet	0.64	0.82	0.89	0.71	0.79	0.79	0.60	0.19
Atık Oluşturma	0.42	0.41	0.55	0.51	0.55	0.55	0.38	0.13

4. Adım: D vektörü ve R vektörü değerlerinin hesaplanması ile etkileyen-etkilenen diyagramının oluşturulması

Tablo 17. D ve R Vektör Değerleri

	D vektörü	R vektörü	D+R	D-R
Teslim Süresi	3.97	3.71	7.68	0.25
Kalite	4.68	4.96	9.64	-0.28
Hizmet	5.13	5.63	10.77	-0.50
Esneklik	5.06	4.57	9.63	0.48
Güvenilirlik	3.16	5.16	8.32	-2.00
Fiyat	4.28	5.15	9.43	-0.87
Finansal Kuvvet	5.41	4.54	9.95	0.87
Atık Oluşturma	3.51	1.47	4.98	2.04



Şekil 36. Etkileyen ve Etkilenen Diyagramı

5. Adım: İç bağımlılık matrisinin oluşturulması

Tablo 18. İç Bağımlılık Matrisi

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
Teslim Süresi	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02
Kalite	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.04	0.03	0.00
Hizmet	0.01	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00
Esneklik	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02
Güvenilirlik	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00
Fiyat	0.00	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00
Finansal Kuvvet	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
Atık Oluşturma	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00

6. Adım: Kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması

Tablo 19. Kriter Önem Ağırlıkları

	w_i
Teslim Süresi	0.11
Kalite	0.14
Hizmet	0.15
Esneklik	0.14
Güvenilirlik	0.12
Fiyat	0.13
Finansal Kuvvet	0.14
Atık Oluşturma	0.07

6.3.1.6 Raf tedarikçisi seçiminde VİKOR yönteminin uygulanması

Uygulama adımlarındaki hesaplamalar Microsoft Excel programı yardımı ile yapılmış ve işlem sonuçları tablolarda belirtilmiştir.

1. Adım: Karar matrisi

Tablo 20. Karar Matrisi

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
w_i	11%	14%	15%	14%	12%	13%	14%	7%
X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	min	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
1.Tedarikçi	6	90	80	70	100	13	100	0
2.Tedarikçi	4	70	70	90	50	15	50	50
3.Tedarikçi	4	80	60	85	40	18	40	100
4.Tedarikçi	5	75	50	70	80	14	60	100

2. Adım: Belirlenen kriterler için en iyi (f_j^*) ve en kötü (f_j^-) değerlerinin belirlenmesi.

Tablo 21. En İyi (f_j^*) ve En Kötü (f_j^-) Değerleri

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
f_j^*	4	90	80	90	100	13	100	0
f_j^-	6	70	50	70	40	18	40	100

3. Adım: Normalize edilmiş karar matrisinin (R) oluşturulması

Tablo 22. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
w_i	11%	14%	15%	14%	12%	13%	14%	7%
R	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	min	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
1.Tedarikçi	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.Tedarikçi	0.0000	1.0000	0.3333	0.0000	0.8333	0.4000	0.8333	0.5000
3.Tedarikçi	0.0000	0.5000	0.6667	0.2500	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4.Tedarikçi	0.5000	0.7500	1.0000	1.0000	0.3333	0.2000	0.6667	1.0000

4. Adım: Normalize edilmiş olan karar matrisindeki sütunlar ile ağırlıkların çarpılması sonucunda ağırlıklandırılmış karar matrisinin elde edilmesi

Tablo 23. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

	Teslim Süresi	Kalite	Hizmet	Esneklik	Güvenilirlik	Fiyat	Finansal Kuvvet	Atık Oluşturma
w_i	11%	14%	15%	14%	12%	13%	14%	7%
V	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	min	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
1.Tedarikçi	0.1100	0.0000	0.0000	0.1400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.Tedarikçi	0.0000	0.1400	0.0500	0.0000	0.1000	0.0520	0.1167	0.0350
3.Tedarikçi	0.0000	0.0700	0.1000	0.0350	0.1200	0.1300	0.1400	0.0700
4.Tedarikçi	0.0550	0.1050	0.1500	0.1400	0.0400	0.0260	0.0933	0.0700

5. Adım: S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması

Tablo 24. S_i ve R_i Değerleri

	S_i	R_i
1.Tedarikçi	0.2500	0.1400
2.Tedarikçi	0.4937	0.1400
3.Tedarikçi	0.6650	0.1400
4.Tedarikçi	0.6793	0.1500

6. Adım: S^* , S^- , R^* , R^- değerlerinin ve bu değerler kullanılarak Q_i değerlerinin hesaplanması

Tablo 25. S^* , S^- , R^* , R^- Değerleri

S^*	0.2500
S^-	0.6793
R^*	0.1400
R^-	0.1500

Tablo 26. Q_i Değerleri

	S_i	R_i	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
			$Q_i (q=0.00)$	$Q_i (q=0.25)$	$Q_i (q=0.50)$	$Q_i (q=0.75)$	$Q_i (q=1.00)$
1.Tedarikçi	0.2500	0.1400	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.Tedarikçi	0.4937	0.1400	0.00000	0.14189	0.28377	0.42566	0.56755
3.Tedarikçi	0.6650	0.1400	0.00000	0.24165	0.48331	0.72496	0.96661
4.Tedarikçi	0.6793	0.1500	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

7. Adım: S_i , R_i ve Q_i değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanması ile oluşturulan sıralama listesi

Tablo 27. Sıralama listesi

	q=0.00	q=0.25	q=0.50	q=0.75	q=1.00
1.Tedarikçi	1	1	1	1	1
2.Tedarikçi	1	2	2	2	2
3.Tedarikçi	1	3	3	3	3
4.Tedarikçi	4	4	4	4	4

Minimum Q_i değerine sahip alternatifin Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar koşullarının sağlayıp sağlamadığının kontrol edilmesi

Tablo 28. Koşulların Kontrolü

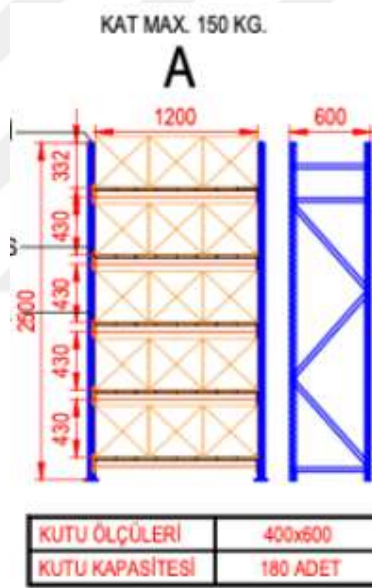
	q=0.00	q=0.25	q=0.50	q=0.75	q=1.00
$Q(A^2)$	1.00000	1.00000	1.00000	0.42566	0.56755
$Q(A^1)$	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
$Q(A^2) - Q(A^1)$	1.00000	1.00000	1.00000	0.42566	0.56755
DQ	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333
Koşul 1	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Sıralama listesinde her iki koşulu da sağlayan tüm q değerlerine karşılık gelen 1.Tedarikçi'nin sıralamada 1. olduğu görülmüştür. Bu nedenle Vikor yöntemi sonucu en iyi tedarikçinin 1. Tedarikçi alternatifi olduğuna karar verilmiştir.

Seçilen tedarikçi firmanın önerdiği raf sistemi çözüm detayları aşağıda verilmiştir.

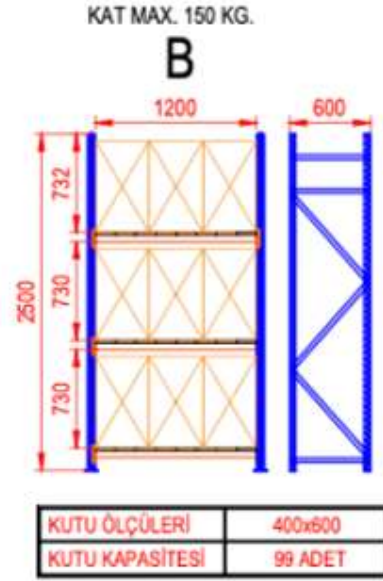
Sunulan raf sistemi çözüm önerisinde raflar beş ayrı bölümde sınıflandırılmıştır.

A Bölümü: Bu bölümdeki raflar 60 cm derinliğinde, 120 cm genişliğinde ve 250 cm yüksekliğindedir. Raflar 5 kattan oluşmakta ve her kat aralığı 43 cm olarak tasarlanmıştır. Bu bölümdeki rafların 40x60 cm lik kasalardan 180 adet alabileceği hesaplanmıştır.



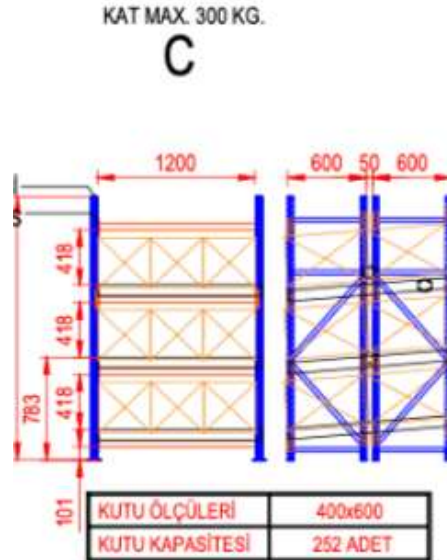
Şekil 37. A Bölümü Raf Tasarımı

B Bölümü: Bu bölümdeki raflar 60 cm derinliğinde, 120 cm genişliğinde ve 250 cm yüksekliğindedir. Raflar 3 kattan oluşmakta ve her kat aralığı 73 cm olarak tasarlanmıştır. Bu bölümdeki rafların 40x60 cm lik kasalardan 99 adet alabileceği hesaplanmıştır.



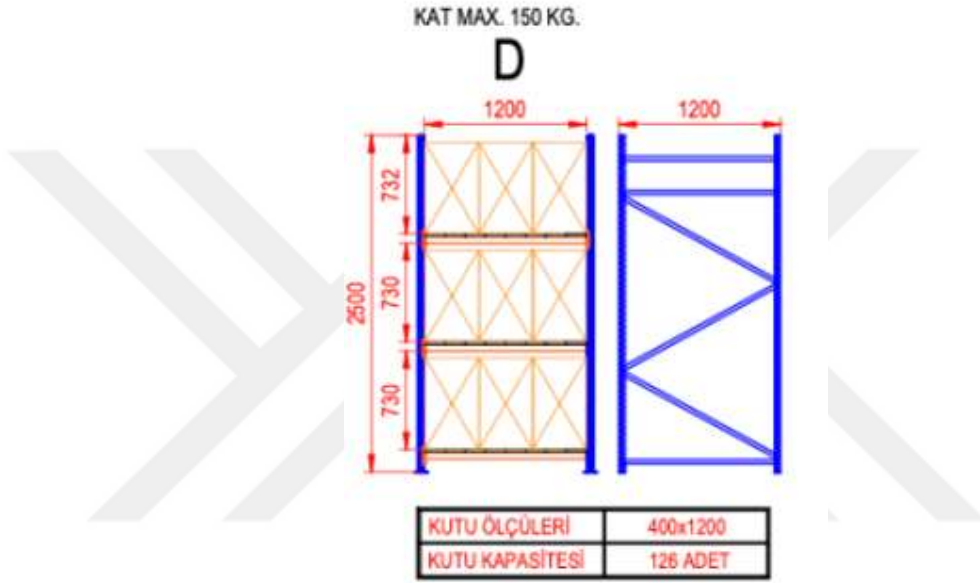
Şekil 38. B Bölümü Raf Tasarımı

C Bölümü: Bu bölümdeki raflar 125 cm derinliğinde, 120 cm genişliğinde ve 200 cm yüksekliğinde kayar raf olarak tasarlanmıştır. Raflar 3 kattan oluşmakta ve her kat aralığı 42 cm olarak tasarlanmıştır. Bu bölümdeki rafların 40x60 cm lik kasalardan 252 adet alabileceği hesaplanmıştır.



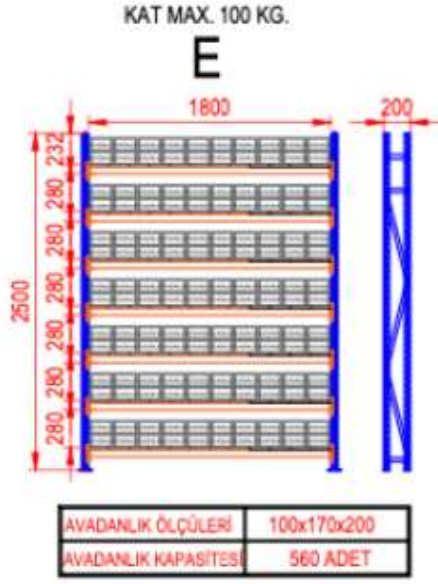
Şekil 39. C Bölümü Raf Tasarımı

D Bölümü: Bu bölümdeki raflar 120 cm derinliğinde, 120 cm genişliğinde ve 250 cm yüksekliğindedir. Raflar 3 kattan oluşmakta ve her kat aralığı 73 cm olarak tasarlanmıştır. Bu bölümdeki rafların 40x120 cm lik kasalardan 126 adet alabileceği hesaplanmıştır. Ancak bu bölüm bariyer tipi uzun ürünler için kullanılacağından plastik kasa kullanılmayacaktır.



Şekil 40. D Bölümü Raf Tasarımı

E Bölümü: Bu bölümdeki raflar 20 cm derinliğinde, 180 cm genişliğinde ve 250 cm yüksekliğindedir. Raflar 7 kattan oluşmakta ve her kat aralığı 28 cm olarak tasarlanmıştır. Bu bölümdeki rafların 10x17 cm lik kasalardan 560 adet alabileceği hesaplanmıştır.



Şekil 41. E Bölümü Raf Tasarımı

6.3.2 Yerleştirme politikası

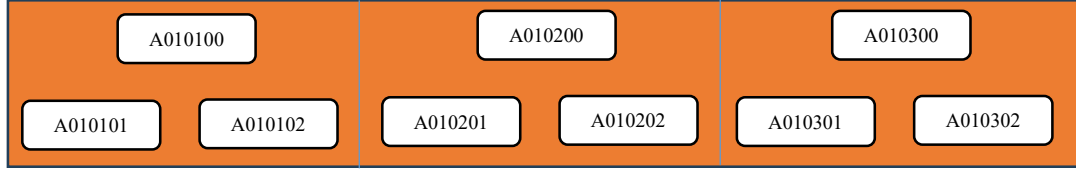
Raflama yöntemine ve stok hareketine göre sınıflama yapılan ürünlerin uygun bulunan raf düzenine göre yerleşimi için dinamik adresleme ve veri analizlerine göre raf yerleşim konuları ele alınmıştır.

6.3.2.1 Dinamik adresleme

Firmanın raf yerleştirme kısıtlarından “aynı lokasyona aynı ürününün konulamaması” kısıtı adreslemede dinamik adresleme yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu kısıt lokasyon sayısının mümkün olan maksimum sayıda olmasını gerektirmektedir. Maksimum lokasyon sayısına ulaşabilmek için aşağıdaki şekilde adreslemeler önerilmiştir.

A, B ve D raf bölümlerinde raf genişlikleri 120 cm olarak tasarlanmıştır. 120 cm lik genişlikte 40 cm lik 3 lokasyon ve 20 cm lik 6 lokasyon adreslemesi yapılacaktır. 40 cm lik lokasyon üst satırda, 20 cm lik lokasyon ise alt satırda yer alacaktır. Böylece ihtiyaç durumunda 40 cm genişlikli kasaların depolanması gerektiği durumlarda veya kendi ambalajı ile depolanacak ürünler için 40 cm lik alana ihtiyaç olan durumlarda üst sıradaki lokasyon, 20 cm lik kasaların depolanması gerektiği durumlarda veya kendi ambalajı ile

depolanacak ürünler için 20 cm lik alanın yeterli olduğu durumlarda al sıradaki lokasyon kullanılacaktır.



Şekil 42. Dinamik Adresleme Örneği

Adresleme yapısında A, raf bölümünü, nümerik kısmın ilk iki hanesi rafın kat sayısını, ikinci ikinci hanesi sıra sayısını, üçüncü iki hanesi ise alt lokasyon sayısını göstermektedir. Örnekte ilgili göz 40 cm lik lokasyon olarak kullanılacak ise A010100 adresi kullanılacak, 20 cm lik iki ayrı lokasyon olarak kullanılacak ise A010101 ve A010102 lokasyonları kullanılacaktır.

Bu adresleme yöntemi A, B ve D raf bölümlerinde uygulandığında bu bölümler için toplam lokasyon sayısı 405 iken, ulaşılabilecek arttırılmış lokasyon sayısı 810 olacaktır.

C raf bölümü ise kutu kayar raf olarak tasarlanmıştır. Bu bölümde raflama yöntemine göre 1 olarak numaralandırılan (100 adet üzeri, küçük ürünler – 40x60 cm boyutunda plastik kasa içerisinde) ve stok hareketine göre A ve B olarak sınıflandırılan ürünlerin stoklanması planlanmıştır. Bu grup ürünler çoğunlukla ayrı siparişler ile parça parça gelmektedir. SAP'nin FIFO prensibi kısıtından dolayı ürünler aynı lokasyona konulamamaktadır. Kutu kayar raf sisteminde önlü arkalı iki sıra halinde 40x60 boyutlarında plastik kasalar bulunacaktır. Rafa ürün besleme arka taraftaki kutudan yapılacak, sipariş toplama ise ön taraftaki kutudan yapılacaktır. Ön taraftaki ürün bittiğinde arka taraftaki kasa öne alınacak, boş kasa ise ürün besleme için arka tarafa yerleştirilecektir. Aynı lokasyonda mutlaka tek çeşit ürün olacaktır. Ön taraftaki kutunun lokasyonu ana lokasyon olarak adreslenecek, bu adresin son iki hanesine bakılmaksızın sipariş toplama her zaman bu kutudan yapılacaktır. Örnek olarak operatör ekranında ürünün lokasyon adresini C010103 görse de sipariş toplamayı C010100 adresindeki kutudan yapacaktır. Arka taraftaki kutu için ise 9 ayrı sanal lokasyon tanımlanacaktır. Ürün besleme yapılırken bu 9 lokasyondan hangisi boş ise ürün bu lokasyona

adreslenecek ama bu 9 lokasyon için de ürünler fiziki olarak aynı kutuya konulacaktır. Böylece aynı ürünler fiziki olarak bir arada olacak şekilde 10 ayrı lokasyonda adreslenebilecek, ürünler bittikçe arkadaki kasadaki ürünler ön tarafa geleceği ve sipariş toplama da buradan yapılacağı için FIFO prensibi de bozulmamış olacaktır. Bu yöntem ile sipariş toplama süreci de hızlanacak ve doğruluk oranı artacaktır.



Ana Lokasyon: C010100

Sanal Lokasyonlar: C010101,
C010102, C010103, C010104,
C010105, C010106, C010107,
C010108, C010109

Şekil 43. Sipariş Toplama ve Ürün Besleme

6.3.2.2 Raf yerleşimi

Stok hareketine göre A, B, C ve D olmak üzere dört gruba ayrılan ürünlerin raf yerleşiminde sık hareket gören A ve B tipi ürünlerin paketleme istasyonuna yakın olmasına dikkat edilmiştir. Aynı zamanda ürünlerin raflama yöntemine göre sınıflaması da raf yerleşiminde önemli bir kriter olmuştur. Örnek olarak; 3 numara olarak

sınıflandırılan ürünler 10x17 kasa içinde 20 adet altı küçük ürünleri içermektedir ve bu tip ürünler hareket sıklığına bakılmaksızın E bölümündeki raflarda depolanacaktır. Ancak raftaki bulunduğu kat sayısını belirlerken sık hareket görme kriteri dikkate alınacaktır. Dolayısıyla raf yerleşimlerinde öncelikli olarak raflama yöntemi dikkate alınacak, ikinci aşamada ise stok hareketine göre sınıflama dikkate alınarak ilgili raf bölümündeki konumu belirlenecektir.

Bu kapsamda raf bölümlerine göre yerleşimler şu şekilde olacaktır:

- 1:** 100 adet üzeri, küçük ürünler – 40x60 cm boyutunda plastik kasa içerisinde / A, B veya C raf bölümlerinde
- 2:** 20 ila 100 adet üzeri, küçük ürünler – 20x30 cm boyutunda plastik kasa içerisinde / A, B veya C raf bölümlerinde
- 3:** 20 adet altı, küçük ürünler – 10x17 cm boyutunda plastik kasa içerisinde / E raf bölümünde
- 4:** Bariyer tipi uzun (1200 mm>Uzunluk >600 mm) veya yüksek adetli kutulu ürünler – 1200 mm derinlikli rafta, kendi ambalajında / D raf bölümünde
- 5:** Kutulu ürünler (600 mm>Uzunluk) – 600 mm derinlikli rafta kendi ambalajında / A veya B raf bölümlerinde
- 6:** Çok uzun ürünler (Uzunluk>1200 mm) – Raf dışı

6.3.3 Sipariş toplama politikası

Sipariş toplama ve toplama sonrası paketleme süreci sipariş toplama politikası adı altında ele alınmış ve bu iki süreç ayrı ayrı incelenmiştir. Her siparişte toplama ve sonrasında paketlemenin aynı kişi tarafından yapılması yerine iş gücünün yapılan işe göre bölünmesi önerilmektedir. Operatörlerden biri sadece sipariş toplayıp paketleme istasyonunu beslerken, diğer operatörün sadece gelen siparişleri paketlemesinin daha verimli olacağı öngörülmüştür.

6.3.3.1 Sipariş toplama süreci

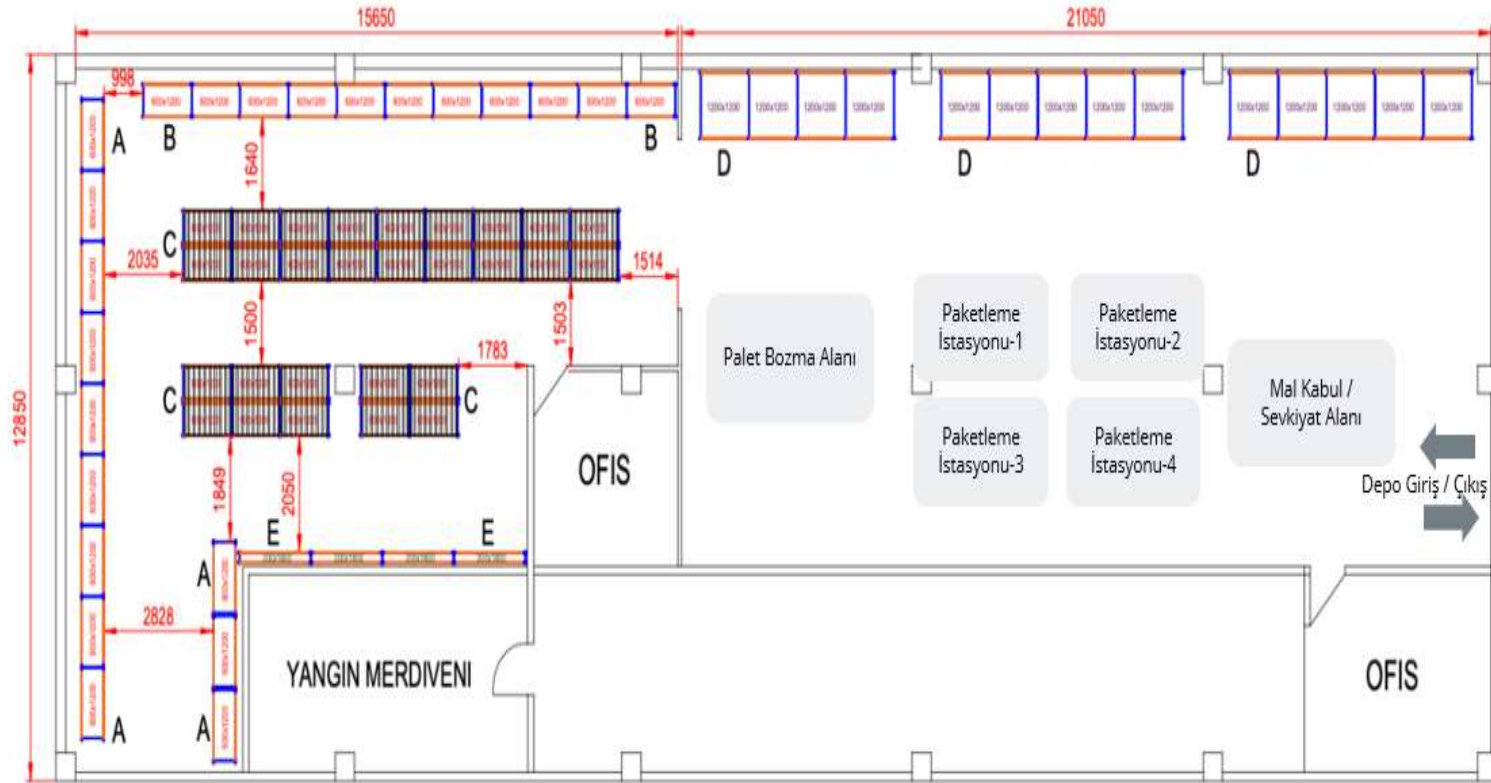
Sipariş toplamanın her sipariş için ayrı olacak şekilde yapılması ve her bir sipariş için çıktı alınarak kâğıt kullanılmasının hem toplama sürecini uzattığı hem de kâğıt israfına yol açtığı görülmüştür. Bu sebeple kavramsal tasarımda sipariş toplama politikasında kesikli toplamadan parti toplama yöntemine geçilmesi önerilmiştir. Bu yöntem için firmanın ürün tiplerine uygun olacak şekilde sipariş toplama arabası tasarlanmıştır. Önerilen yöntemde iş emirleri dijital bir ortamda birleştirilecek ve operatöre her satırda sipariş toplama arabasının ilgili göz numarası da belirtilecek şekilde toplu bir liste verilecektir. Bu listedeki sıralama ürünlerin bulunduğu rafların konumuna göre optimum rota ile oluşturulacak ve operatörün minimum sürede siparişleri toplaması hedeflenecektir. Kâğıt israfının da önüne geçmek için bu operasyonda sipariş toplama arabasına entegre bir tablet kullanılması önerilmektedir.

6.3.3.2 Paketleme istasyonu

Mevcut depo alanında birbirinden ayrı yerlerde ve standart düzende olmayan üç paketleme istasyonu yerine yeni depo alanında konum olarak raf alanı ile sevkiyat alanı arasında kalacak şekilde dört istasyonluk bir alan planlanmıştır. Bu alandaki masalar aşağıdaki örnekte görüldüğü şekilde ergonomik olarak tasarlanmış ve operatörün ihtiyacı olan tüm ekipmanlar rahat kullanılabilir olacak şekilde konumlandırılmıştır. Operatör toplanan siparişlerin bulunduğu kasadaki ürünleri paketlemeden önce tek tek okumasını yapmaktadır. Bu süreci hızlandırmak ve operatörün iki elini de serbest kullanabilmesini sağlamak için istasyona otomatik okuma yapan endüstriyel bir kamera da eklenmiştir. Bu şekilde okutmanın el ile okutma yöntemine göre süreci %70 oranında hızlandırdığı test edilmiştir.

6.3.4 Yerleşim planı üzerindeki iş akışı

Yapılan kavramsal tasarım neticesinde ortaya çıkan nihai yerleşim planı Şekil 42’de gösterildiği şekildedir.



Şekil 44. Nihai Yerleşim Planı

Mal Kabul: Gelen paletler forklift ile depo içersine alınarak Mal Kabul alanına bırakılacaktır. Paletler sırasıyla mal kabul alanından transpalet yardımı ile palet bozma alanına alınacaktır. Palet bozma alanında sadece bir palet bulunacak, bir paletin işlemi bittikten sonra diğer palete geçilecektir.

Raf Yerleştirme: Palet üzerinde bulunan her koli açılarak ürünler raflara yerleştirilecektir. Raf yerleşiminde ürün kodu okutulduğunda sistem, operatöre ürünün raflama tipine ve stok hareketine göre sınıflama kriterlerine göre uygun raf alanlarına yönlendirecektir. İlgili raf alanına giden operatör ürünü lokasyon ile eşleştirecektir.

Sipariş Toplama: Sevkiyat birimi sevk edilmesi gerekli siparişler için iş emri oluşturduğunda sipariş toplama operatörünün ekranına sipariş toplama listesi düşecek ve sistemin önereceği sıra ile raflardan ürünleri toplayacaktır. Sipariş toplama şekli her zaman parti toplama şeklinde yapılamayacağı için iş emri oluşturma aşamasında kesikli veya parti toplama şeklinde seçim yapılacaktır, operatör de toplama işlemini belirtilen yöntem ile gerçekleştirecektir. Sipariş toplama operatörü sipariş toplama operasyonu süresince başka bir görev yapmayacak, işi sadece sipariş toplamak olacaktır.

Paketleme ve Sevkiyat: Kesikli veya parti şeklinde toplanan siparişler sipariş toplama istasyonuna getirilecek ve görev paketleme operatörüne bırakılacaktır. Paketleme operatörü ayrı ayrı toplanmış siparişlerdeki ürünlerin barkod okutmalarını yaparak uygun bir şekilde paketlemesini yapacaktır. Taşıma esnasında ürünlere zarar gelmeyecek şekilde, uygun malzemeleri gerektiği kadar kullanarak paketleme yapmak önemli bir kriterdir. Paketleme operatörü paketleme operasyonu süresince başka bir görev yapmayacak, işi sadece paketleme olacaktır. Paketler kapatıldıktan sonra tartım işlemi gerçekleştirilerek sevkiyat etiketi basılacak ve paket üzerine uygulanacaktır. Sevk edilmeye hazır olan paketler sevkiyat alanına bırakılacak ve ilgili paket taşıyıcı firma teslim almak üzere gelene kadar bu alanda bekletilecektir.

İade Süreci: İade gelen veya tamir edilmek üzere gelen ürünler mevcut depoya alınmayacak, paket taşıyıcı firma tarafından bir alt katta bulunan yedek depoda İade/Tamir Kabul masasına teslim edilecektir. Bu operasyonun sorumluluğu depo operasyonundan ayrılıp, kalite kontrol aşamasını gerçekleştirecek olan teknik servis operasyonuna verilecektir. Kalite kontrol sonrası stoğa girişi yapılacak ürünler teknik

servis sorumlusu tarafından depo sorumlusuna teslim edilecek, barkod okuması yapılarak raf yerleşimi gerçekleştirilecektir.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, endüstriyel otomasyon sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın depo süreçleri detaylı biçimde analiz edilerek, mevcut sistemde yaşanan sorunlara çözüm sunacak kavramsal bir depo tasarımı geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında, depo yönetimi, yerleştirme politikaları, sipariş toplama stratejileri ve süreç performanslarının iyileştirilmesi gibi temel lojistik fonksiyonlar ele alınmış; literatür taraması ve saha verileri ışığında öneri sistem tasarımı oluşturulmuştur.

Mevcut depo yapısında karşılaşılan temel sorunlar arasında; fiziksel alan yetersizliği, rastgele yerleşim, FIFO kısıtları, ergonomik eksiklikler ve kesikli sipariş toplama gibi operasyonel verimliliği düşüren unsurlar tespit edilmiştir. SAP sisteminden elde edilen verilerle ürünler boyut, ağırlık ve stok hareketlerine göre sınıflandırılmış; bu sınıflandırma doğrultusunda raf yapısı ve yerleşim planı yeniden tasarlanmıştır. Yeni tasarımda, dinamik adresleme, Pareto destekli yerleşim, kutu kayar raf sistemleri ve dijital sipariş toplama arabaları gibi modern depo yönetimi yaklaşımları benimsenmiştir.

Ayrıca, raf tedarikçisi seçimi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan VIKOR yöntemi uygulanmış; kalite, fiyat, teslim süresi, hizmet, esneklik, güvenilirlik, finansal güç ve atık oluşturma gibi kriterler dikkate alınarak en uygun tedarikçi belirlenmiştir. Bu yöntem, karar vericilere hem grup faydasını hem de bireysel pişmanlığı dikkate alan dengeli bir çözüm sunmuştur.

Öneriler:

- Depo Yönetim Sistemlerinin (WMS) Entegrasyonu: SAP sisteminin mevcut kısıtları, depo operasyonlarında esneklik kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, SAP ile entegre çalışabilecek gelişmiş bir WMS yazılımı kullanılarak lokasyon yönetimi, sipariş toplama ve stok takibi süreçleri daha etkin hale getirilebilir.
- Ergonomik Paketleme İstasyonları: Yeni tasarımda önerilen ergonomik istasyonlar, çalışan sağlığı ve iş verimliliği açısından önemlidir. Bu istasyonların uygulanması, iş kazalarını azaltacak ve paketleme süresini kısaltacaktır.
- Parti Toplama ve Dijitalleşme: Kesikli sipariş toplama yerine önerilen parti toplama

yöntemi, iş gücü verimliliğini artıracaktır. Bu yöntemin dijital sipariş toplama arabaları ve tablet destekli sistemlerle desteklenmesi, kâğıt israfını azaltacak ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır.

- İade Süreçlerinin Ayırıştırılması: İade ürünlerin teknik servis birimine yönlendirilmesi, depo operasyonlarının yükünü azaltacak ve kalite kontrol süreçlerinin daha sağlıklı yürütülmesini sağlayacaktır.
- Süreç Performans Göstergelerinin Takibi: Depo süreçlerinin izlenebilirliğini artırmak için SMART kriterlerine uygun KPI'lar belirlenmeli ve düzenli olarak analiz edilmelidir. Bu göstergeler, sürekli iyileştirme kültürünün yerleşmesine katkı sağlayacaktır.
- Eğitim ve Sürekli Gelişim: Yeni sistemin uygulanabilirliği için depo personeline süreçler, sistem kullanımı ve ergonomi konularında düzenli eğitimler verilmelidir. Bu sayede değişime adaptasyon süreci hızlandırılabilir.

Sonuç olarak; bu tez çalışması, endüstriyel otomasyon sektöründe faaliyet gösteren firmalar için depo tasarımı ve yönetimi konusunda uygulanabilir, sürdürülebilir ve verimliliği artırıcı bir model sunmaktadır. Literatürde yer alan teorik bilgiler ile saha verilerinin bütünleştirilmesi sayesinde, sektöre özgü ihtiyaçlara yanıt verebilecek kapsamlı bir çözüm önerisi geliştirilmiştir. Bu modelin benzer sektörlerde faaliyet gösteren diğer firmalar tarafından da örnek alınabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Arslan, H. M. (2017). Selection of the best supplier with the AHP-VIKOR method and an application. 15 Mart 2025 tarihinde <https://www.researchgate.net/publication/320335882> adresinden alındı.

Arslan, M. (2019). *Depo yönetiminde karar destek sistemleri kullanımı ve ürün yerleşiminde önemli olan kriterlerin belirlenmesi üzerine bir uygulama* (Yayın no. 608854) [Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Batarlienė, N., ve Jarašūnienė, A. (2024). Improving the quality of warehousing processes in the context of the logistics sector. *Sustainability*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/su16062595>

Can, A. (2014). *Bir lojistik firmasında sipariş toplama stratejisi seçim problemi ve çözümü* (Yayın no. 371660) [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Çakmak, E. (2022). *Depolama ve Depo yönetimi* Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık

Çelik, S. (2019). *Warehouse optimization and organization: Case study at a steel casting company* (Yayın no. 617249) [Yüksek Lisans Tezi, Yaşar Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Di Luoizzo, S., ve Schiraldi, M. M. (2022). Optimal shape for a rectangular warehouse with a lateral receive/ship dock. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(4), 663–669. <https://doi.org/10.3926/jiem.4078>

Evinsel, C. (2010). *Depo tasarımı ve yerleşimi* (Yayın no. 257995) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Gómez-Montoya, R. A., Cano, J. A., Cortés, P., ve Salazar, F. (2020). A discrete particle swarm optimization to solve the put-away routing problem in distribution centres. *Computation*, 8(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/computation8040099>
- Gozali, L., Marie, I. A., Natalia, Kustandi, G. M., ve Adisurya, E. (2020). Suggestion of raw material warehouse layout improvement using class-based storage method (case study of PT. XYZ). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1007, 012024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012024>
- Günay, S. N. (2017). *AHP ve VIKOR yöntemlerine dayalı yeşil tedarikçi seçimi ve bir uygulama* (Yayın no. 472757) [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Hopbaoglu, F. (2009). *Tedarik zincirinde ve lojistik süreçlerde depo tasarımı ve depo yönetimi: Kozmetik sektöründe bir uygulama* (Yayın no. 251946) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Horta, M., Coelho, F., ve Relvas, S. (2016). Layout design modelling for a real world just-in-time warehouse. *Computers and Industrial Engineering*, 101, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.013>
- İlhan, D. A. (2016). *Sensor technology and supplier selection via fuzzy axiomatic design methodology* (Yayın no. 447104) [Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi] <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Indap, S. (2018). Application of the analytic hierarchy process in the selection of storage rack systems for e-commerce clothing industry. *Pressacademia*, 5(4), 255–266. <https://doi.org/10.17261/pressacademia.2018.986>
- Kahraman, C., Cebeci, U., ve Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16(6), 382–394. <https://doi.org/10.1108/09576050310503367>
- Karakış, İ. (2014). *Dağıtım merkezi depolarına ilişkin hiyerarşik depo tasarım metodolojisi ve konvansiyonel/otomatik depo karar problemine ilişkin analitik bir*

- model* (Yayın no. 353771) [Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Karataş, Ö. (2023). *Elektrik sektöründe EDAS ve VIKOR yöntemi ile yeşil tedarikçi seçimi* (Yayın no. 786999) [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Kłodawski, M., Jacyna, M., Lewczuk, K., ve Wasiak, M. (2017). The issues of selection warehouse process strategies. In *Procedia Engineering* (Vol. 187, pp. 451–457). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.399>
- Kordos, M., Boryczko, J., Blachnik, M., ve Golak, S. (2020). Optimization of warehouse operations with genetic algorithms. *Applied Sciences*, 10(14).
<https://doi.org/10.3390/app10144817>
- Kostak, A. (2022). *Etkili bir depo tasarımı: Pareto analizi ile parçacık sürü algoritması ile raf yerleşimi iyileştirme* Etkin bir depo tasarımı: Pareto analizi ile parçacık sürü algoritması ile raf yerleşimi iyileştirme (Yayın no. 764296) [Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Öztürkoğlu, Ö., ve Hoşer, D. (2018). A new warehouse design problem and a proposed polynomial-time optimal order picking algorithm. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(4), 1569–1588.
<https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416453>
- Perkumienė, D., Ratautaitė, K., ve Pranskūnienė, R. (2022). Innovative solutions and challenges for the improvement of storage processes. *Sustainability*, 14(17).
<https://doi.org/10.3390/su141710616>
- Saderova, J., Rosova, A., Sofranko, M., ve Kacmary, P. (2021). Example of warehouse system design based on the principle of logistics. *Sustainability*, 13(8).
<https://doi.org/10.3390/su13084492>

- Sayın, A. A., ve Barman, H. (2020). Depo tasarımı ve sistemlerinin gıda sektöründe uygulaması. *Turkish Studies – Social Sciences*, 15(3), 1445–1455. <https://doi.org/10.29228/turkishstudies.41638>
- Şener, B. (2015). *Envanter sınıflandırma tabanlı depo içi yerleşim planlaması ve bir uygulama* (Yayın no. 397136) [Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Şenocak, M. (2014). *Kozmetik sektöründe bir depo tasarımı* (Yayın no. 370356). [Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Silva, A., Coelho, L. C., Darvish, M., ve Renaud, J. (2020). Integrating storage location and order picking problems in warehouse planning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 140, 102003. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102003>
- Sudiarta, N., Gozali, L., Marie, I. A., ve Wayan Sukania, I. (2020). Comparison study about warehouse layout from some paper case studies. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 852, Article 012112). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012112>
- Süer, Ü. (2012). *Çağdaş depo tasarımı: Kırtasiye sektöründe bir uygulama*. [Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi]. 15 Nisan 2024 tarihinde <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/664650> adresinden alındı.
- Tanyaş, M., ve Acar, A. Z. (2022). *Depo yönetimi*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Tezcan, I. (2007). *Sektörel lojistik yönetim sistemlerinde depo tasarım metodolojisi* (Yayın no. 201308). [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Toktaş-Palut, P., ve Okçuoğlu, F. (2019). Depo tasarımı ve yerleşimi: Bir gerçek hayat uygulaması. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 14–22. <https://doi.org/10.20854/bujse.577992>
- Turan, G. (2006). *Depo sistemleri ve depo tasarımı* (Yayın no. 197887). [Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Üçüncü, T. (2019). *Bütünleşik ANP, TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle tedarikçi seçimi: Mobilya endüstrisinde bir uygulama* (Yayın no. 607374) [Yüksek Lisans Tezi, Kastamanu Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yaldırak, B. İ. (2023). *Farklı ağırlıklandırma yöntemlerine dayalı VIKOR ve PROMETHEE II ile hazır beton sektöründe tedarikçi seçimi* (Yayın no. 802447) [Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yürekli, O. (2024). *Enhancing warehouse efficiency through geographic information system and genetic algorithm* (Yayın no. 885663) [Yüksek Lisans Tez, İstanbul Telnik Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Zhang, W., Jin, Y., Zhang, R., ve Wang, Y. (2024). Layout optimization of irregular storage areas under class storage strategy based on clustering and multi-bin size packing problem. *PLOS ONE*, 19(8), Article e0307218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307218>
- Živičnjak, M., Rogić, K., ve Bajor, I. (2022). Case-study analysis of warehouse process optimization. In *Transportation Research Procedia* (Vol. 64, pp. 215–223). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.026>

ÖZ GEÇMİŞ

Ayşen ÖZTOPRAK

Eğitim

Derece	Yıl	Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı
--------	-----	---

Lisans	2008	Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik- Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
--------	------	---

İş/İstihdam (Varsa)

2002 - ...	SICK – Sensörler ve İleri Cihazlar Kontrol A.Ş. – Lojistik Otomasyonu Bölüm Müdürü
------------	---

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri (Varsa)

Yıl	Kurum
2012-... -	LODER Lojistik Derneği

