

**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
BİLİM DALI**

**LOJİSTİK 4.0 UYGULAMALARINI ETKİLEYEN
FIRSATLARIN VE ZORLUKLARIN
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BELİRLENMESİ:
ANKARA LOJİSTİK ÜSSÜ'NDE BİR ARAŞTIRMA**

BEDRİYE SEDA KANDUZA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN:
DOÇ. DR. ABDULLAH OKTAY DÜNDAR**

KONYA-2023

**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
BİLİM DALI**

**LOJİSTİK 4.0 UYGULAMALARINI ETKİLEYEN
FIRSATLARIN VE ZORLUKLARIN
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BELİRLENMESİ:
ANKARA LOJİSTİK ÜSSÜ'NDE BİR ARAŞTIRMA**

BEDRİYE SEDA KANDUZA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN:
DOÇ. DR. ABDULLAH OKTAY DÜNDAR**



KONYA-2023

		<p>T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü</p>			
Öğrencinin	Adı Soyadı	Bedriye Seda KANDUZA			
	Numarası	18812501015			
	Ana Bilim / Bilim Dalı	ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK BİLİM DALI			
	Programı	Tezli Yüksek Lisans		X	
		Doktora			
Tezin Adı	Lojistik 4.0 Uygulamalarını Etkileyen Fırsatların ve Zorlukların Sürdürülebilirlik Bağlamında Belirlenmesi: Ankara Lojistik Üssü'nde Bir Araştırma				

Bilimsel Etik Sayfası

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

BEDRİYE SEDA KANDUZA

		T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü		 SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	
Öğrencinin	Adı Soyadı	Bedriye Seda KANDUZA			
	Numarası	18812501015			
	Ana Bilim / Bilim Dalı	ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK BİLİM DALI			
	Programı	Tezli Yüksek Lisans		X	
		Doktora			
Tezin Adı	Lojistik 4.0 Uygulamalarını Etkileyen Fırsatların ve Zorlukların Sürdürülebilirlik Bağlamında Belirlenmesi: Ankara Lojistik Üssü'nde Bir Araştırma				

ÖZET

Sanayi devriminde yaşanan büyük sıçramalar lojistik sektörünü de derinden etkilemiştir. Lojistik 4.0 işletmelere yeni iş modelleri, rekabetçi yapı, verimlilik, esneklik gibi fırsatlar sunmaktadır. Lojistik 4.0 ile birlikte gelen yeni iş modelleri ve teknolojik ilerlemeler sürdürülebilirliği önemli ölçüde etkilemektedir. Lojistik 4.0 teknolojileri ile sürdürülebilirlik arasında döngüsel bir ilişki bulunmaktadır ve lojistik için itici bir güç konumunda yer almaktadır. Tüm bunların yanı sıra pazara giren rakiplerin artması, bilgi yetersizliği, maliyetlerin yüksek oluşu gibi faktörler firmaların Lojistik 4.0'ı uygulamasını geciktirmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada, şirket boyutları, firma faaliyet alanları, teknoloji kullanım düzeyleri gibi faktörleri dikkate alarak Lojistik 4.0 uygulamaları ile ilgili fırsatları ve zorlukları sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirmek amaçlanmıştır. Çalışma Türkiye'nin ilk özel lojistik merkezi olan Ankara Lojistik Üssünde ulusal ve uluslararası düzeyde faaliyet gösteren 209 işletme üzerinde yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre firma büyüklüğü, faaliyet alanı, çalışan sayısı ve teknoloji kullanımının Lojistik 4.0'a bakış açısını etkilediği belirlenmiştir. Lojistik 4.0 ile ilgili fırsatların ve zorlukların gelecekte Lojistik 4.0 uygulama üzerinde itici güçler olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Endüstri 4.0, Lojistik 4.0, Sürdürülebilirlik, Ankara Lojistik Üssü

 KONYA	T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü	 NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
--	---	--

Öğrencinin	Adı Soyadı	Bedriye Seda KANDUZA		
	Numarası	18812501015		
	Dalı	ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK BİLİM DALI		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans		
		Doktora		
Tezin Adı	Lojistik 4.0 Uygulamalarını Etkileyen Fırsatların ve Zorlukların Sürdürülebilirlik Bağlamında Belirlenmesi: Ankara Lojistik Üssü'nde Bir Araştırma			

ABSTRACT

The great leaps in the industrial revolution have also deeply affected the logistics industry. Logistics 4.0 offers businesses opportunities such as new business models, competitive structure, efficiency and flexibility. New business models and technological advances that come with Logistics 4.0 significantly affect sustainability. There is a cyclical relationship between logistics 4.0 technologies and sustainability and is a driving force for logistics. In addition to all these, factors such as the increase in competitors entering the market, lack of information, and high costs delay the implementation of Logistics 4.0 by companies. In this context, in this study, it is aimed to evaluate the opportunities and challenges related to Logistics 4.0 applications in the context of sustainability, taking into account factors such as company dimensions, company activity areas, technology usage levels. The study was conducted on 209 companies operating at national and international level at Ankara Logistics Base, Turkey's first private logistics center. According to the results obtained from the research, it was concluded that the size of the firm, the field of activity, the number of employees and the use of technology affect the perspective on Logistics 4.0. It is concluded that the opportunities and challenges related to Logistics 4.0 are the driving forces on the implementation of Logistics 4.0 in the future.

Keywords: Logistics, Industry 4.0, Logistics 4.0, Sustainability, Ankara Logistics Base

TEŞEKKÜR

Tez hazırlama sürecim boyunca desteklerini ve yönlendirmelerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Abdullah Oktay DÜNDAR'a teşekkür ederim.

Eğitim ve öğrenim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, bana inanan ve yoluma ışık tutan sevgili annem Belkıs KANDUZA ve babam Mehmet KANDUZA'ya teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Bilimsel Etik Sayfası.....	i
Özet	ii
Abstract	iii
Teşekkür.....	iv
Şekiller Listesi	viii
Tablolar Listesi	ix
Kısaltmalar Listesi	x
Giriş.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİĞE GENEL BAKIŞ

1.1. Lojistiğin Tanımı ve Önemi.....	3
1.2. Temel Lojistik Faaliyetleri.....	8
1.2.1 Satın Alma.....	8
1.2.2 Ambalajlama	10
1.2.3 Envanter Yönetimi	11
1.2.4 Sipariş Yönetimi	13
1.2.5 Depolama	15
1.2.6 Taşımacılık.....	18
1.2.7 Elleçleme.....	26
1.3. Lojistik Türleri	28
1.3.1 Tedarik Lojistiği.....	28
1.3.2. Üretim Lojistiği.....	29
1.3.3 Dağıtım Lojistiği.....	31
1.4 Lojistik Sektöründe Yeni Eğilimler	32
1.4.1 Yeşil Lojistik.....	33
1.4.2 Tersine Lojistik	35
1.4.3 E-Lojistik	38
1.4.4 Akıllı Lojistik.....	41
1.5 Lojistik Ve Sürdürülebilirlik.....	45

İKİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİKTE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: LOJİSTİK 4.0

2.1 Endüstriyel Devrimler.....	49
2.1.1 Endüstri 1.0.....	50
2.1.2 Endüstri 2.0.....	50
2.1.3 Endüstri 3.0.....	50
2.1.4 Endüstri 4.0.....	51
2.1.5 Endüstri 5.0.....	79
2.2 Lojistik 4.0 Kavramı ve Önemi.....	81
2.3 Lojistik 4.0 Teknolojileri Kullanım Örnekleri.....	84
2.3.1 Lojistik Sektöründe Nesnelerin İnterneti.....	84
2.3.2 Lojistik Sektöründe Yapay Zekâ.....	87
2.3.3 Lojistik Sektöründe Arttırılmış Gerçeklik.....	89
2.3.4 Lojistik Sektöründe Siber Fiziksel Sistemler.....	90
2.3.5 Lojistik Sektöründe Blockchain.....	92
2.3.6 Lojistik Sektöründe Robotik.....	94
2.3.7 Lojistik Sektöründe 3 Boyutlu Baskı.....	95
2.3.8 Lojistik Sektöründe Büyük Veri.....	97
2.3.9 Lojistik Sektöründe Bulut Bilişim.....	98
2.4 Lojistik 4.0'ın Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkisi.....	99
2.5 Lojistik 4.0 Uygulamalarını Etkileyen Fırsatlar Ve Zorluklar.....	101

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LOJİSTİK 4.0 UYGULAMALARINI ETKİLEYEN FIRSATLARIN VE ZORLUKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BELİRLENMESİ: ANKARA LOJİSTİK ÜSSÜNDE BİR ARAŞTIRMA

3.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	106
3.2 Araştırma Soruları.....	107
3.3 Araştırma Konusu ile ilgili Literatür Taraması.....	107
3.4 Yöntem.....	113
3.5 Araştırma Evreni ve Örneklemi.....	113
3.6 Araştırmanın Sınırlılıkları.....	113
3.7 Araştırmanın Etik Boyutu ve Veri Toplama Yöntemi.....	114
3.8 Veri Toplama Araçları.....	114
3.9 Araştırmanın Hipotezleri.....	115
3.10 Normal Dağılıma Uygunluk Testleri.....	116

3.11 Araştırmanın Bulguları	118
3.11.1 Demografik bulgular	118
3.11.2 Ölçeklerin Betimsel İstatistiklerine Dair Bulgular.....	120
3.11.3. Ölçek İfadeleri Arasındaki İlişki.....	123
3.11.4. Araştırmanın Hipotezlerine Dair Bulgular.....	124
Sonuç ve Öneriler	134
Kaynakça.....	138



ŞEKİLLER

Şekil 1. 1: Lojistik Sistem Konsepti.....	6
Şekil 1. 2: Lojistikteki Envanter Akışı.....	12
Şekil 1. 3: Sipariş Döngüsü.....	14
Şekil 1. 4: Depo Yönetim Sistemi.....	17
Şekil 1. 5: Demiryolu Faaliyetleri.....	23
Şekil 1. 6: Tedarik (Gelen) Lojistiği Süreci.....	29
Şekil 1. 7: Üretim Lojistiği Kaynakları ve Süreçleri	31
Şekil 1. 8:Yeşil lojistiği etkileyen faktörler	34
Şekil 1. 9:Tersine Lojistik Süreçleri	36
Şekil 1. 10: E-lojistik Operasyon Süreci.....	40
Şekil 1. 11: Akıllı Lojistik Sistemi Mimarisi.....	44
Şekil 1. 12: Lojistik Hizmet Sağlayıcılarının Sürdürülebilir Kalkınma Piramidi	47
Şekil 2. 1:Endüstriyel Devrim Süreci	49
Şekil 2. 2: Endüstri 4.0'ın Kaldıraçları	54
Şekil 2. 3:Nesnelerin İnterneti Katmanları	59
Şekil 2. 4: Siber-Fiziksel Sistem Mimarisi	63
Şekil 2. 5: Blockchain İşlem Süreci Adımları.....	68
Şekil 2. 6:Robotiğin Evrimi	72
Şekil 2. 7: Bulut Bilişim Sistemi Mimarisi	77
Şekil 2. 8: Siber Fiziksel Sistemler Uygulamaları ve Gereksinimleri	91

TABLOLAR

Tablo 1. 1: Tersine Lojistik ve İleri Lojistiğin Farklılıklar.....	37
Tablo 2. 1: Endüstri 4.0 İtici Güçleri ve Endüstri 4.0 Önündeki Engeller.....	56
Tablo 2. 2: Endüstri 5.0 Uygulamaları.....	80
Tablo 3. 1: Ölçeklerin Cronbach's Alpha Değerleri	115
Tablo 3. 2: Normal Dağılıma Uygunluk Testleri	117
Tablo 3. 3: İşletmelerin faaliyet alanlarına göre dağılımları.....	118
Tablo 3. 4: İşletmelerin çalışan sayısına göre dağılımları	118
Tablo 3. 5: İşletmelerin hizmet verdiği sektöre göre dağılımları.....	119
Tablo 3. 6: İşletmelerde dijital teknolojilerin kullanılma oranına göre dağılımı	119
Tablo 3. 7: Ölçeklerin Betimsel İstatistiklerine Dair Bulgular (n=209)	120
Tablo 3. 8: Ölçek İfadeleri Arasındaki İlişki	123
Tablo 3. 9: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarının faaliyet alanlarına göre farklılık analizi	124
Tablo 3. 10: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarının faaliyet alanlarına göre farklılık analizi	125
Tablo 3. 11: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarının dijital teknoloji kullanım oranlarına göre farklılık analizi	125
Tablo 3. 12: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Fırsatlar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları	126
Tablo 3. 13: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Stratejik Fırsatlar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları.....	127
Tablo 3. 14: Lojistik 4.0 Uygulamaları İle Operasyonel Fırsatlar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları	128
Tablo 3. 15: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Çevresel ve Sosyal Olanaklar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları.....	128
Tablo 3. 16: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Zorluklar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları	129
Tablo 3. 17: Lojistik 4.0 Uygulamaları İle Rekabet Edebilirlik ve Gelecekte Uygulanabilirlik Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları ..	130
Tablo 3. 18: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Organizasyonel ve Üretime Uyum Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları.....	131
Tablo 3. 19: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Çalışanların Kabulü ve Nitelikleri Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları.....	131
Tablo 3. 20: Hipotezlerin Kabul/Red Durumları	132

KISALTMALAR LİSTESİ

- RFID:** Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
AIDC: Otomatik kimlik veri yakalama (Automatic Identification and Data Capture)
IOT: Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
CPS: Siber-Fiziksel Sistemler (Cyber Physical System)
ITS: Akıllı Taşıma Sistemleri (Intelligent transportation system)
WCED: Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environment and Development)
PLC: Programlanabilir Mantık Denetleyicileri (Programmable Logic Controllers)
AR: Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
AI: Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)
P2P: Eşler Arası (Peer to Peer)
EWF: Enerji Web Vakfı
POW: İş Kanıtı Protokolü (Proof of Work)
TMS: Nakliye Yönetim Sistemi (Transport Management System)
WMS: Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System)
M2M: Makineden Makineye (Machine to Machine)
IHA: İnsansız Hava Araçları
IBM: International Business Machines
API: Uygulama Programlama Ara Yüzleri (Application Program Interfaces)

GİRİŞ

Lojistik teknolojik, sosyal ve endüstriyel değişimleri süregelen bir biçimde takip eden önemli bir faaliyet alanıdır (Radivojević & Milosavljević, 2019:283). Son yıllarda yaşanan teknolojik ilerlemeler, sanayi devrimlerinin beraberinde getirdiği yeni müşteri gereksinimleri, karmaşık lojistik ağları, büyüyen ve belirsizleşen lojistik pazarlar işletmelerin yeni yöntemler, hizmetler ve ürünler üretmesini zorunlu kılmıştır (Wang, 2016: 68).

Endüstri 4.0'ın beraberinde getirdiği yenilikler lojistiği önemli ölçüde etkilemiştir ve Lojistik 4.0 kavramını ortaya çıkarmıştır. Lojistik 4.0 yalnızca verimliliği, müşteri taleplerine daha hızlı yanıt vermeyi, daha iyi izlenebilirliği ve sürdürülebilirliği iyileştirmekle ilgili değildir. Tüm bunların yanında işletmelerin temel unsurlarını da etkilemektedir. Özetle Lojistik 4.0 işletmelerin iş modellerini değiştirme fırsatı sunmaktadır (Strandhagen vd., 2017:363).

Lojistik 4.0 ile birlikte gelen yeni iş modelleri ve teknolojik ilerlemeler sürdürülebilirliği önemli ölçüde etkilemektedir. Lojistik 4.0 trendleri ve sürdürülebilirlik arasında döngüsel bir ilişki bulunmaktadır ve sürdürülebilirlik için değişen ihtiyaçlar yeni lojistik çözümleri için itici güçlerden biri olmaktadır. Ek olarak günümüz çevre sorunları hakkında bilinçli müşteriler lojistikte yeni sürdürülebilir çözümler bulmayı ve uygulamayı zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda Lojistik 4.0'ı sadece teknolojik gelişmeler ışığında incelemek yeterli olmamaktadır (Strandhagen vd., 2017:365).

Bu çalışmada Lojistik 4.0 uygulamalarını etkileyen fırsatlar ve zorluklar sürdürülebilirlik bağlamında incelenektir. Çalışmanın ilk aşamasında lojistiğin tanımı, önemi, temel lojistik faaliyetleri, türleri, lojistik sektöründeki yeni eğilimler ve lojistik ve sürdürülebilirlik arasında ilişki incelenecek olup, ikinci bölümde endüstriyel devrimler

tarihsel açıdan incelenecektir. Çalışmanın üçüncü bölümünde Lojistik 4.0'ın tanımı, önemi, temel Lojistik 4.0 teknolojileri ve kullanım alanlarına yer verilmiş olup, Lojistik 4.0 ve sürdürülebilirlik arasında ilişki incelenecek ve Lojistik 4.0'ın uygulanmasını etkileyen zorluklara değinilecektir. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise konu hakkında anket yöntemi ile araştırma yapılacak ve araştırma bulguları analiz edilecektir



BİRİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİĞE GENEL BAKIŞ

Lojistik birçok alanda aktif olarak rol oynayan ve firma faaliyetlerinin temel yapı taşları arasında yerini alan oldukça önemli bir kavramdır. Bu sebeple lojistiği uygulama alanında incelemeden önce kavramsal olarak anlamak oldukça önemlidir.

1.1. LOJİSTİĞİN TANIMI VE ÖNEMİ

Lojistik kavramı ve faaliyetlerinin başlangıcı aslında insanlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır. Lojistik kavramı, köken olarak incelendiğinde hesap ve mantık kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluştuğu görülmektedir. Lojistik en genel anlamda, müşteri ihtiyaçlarını gidermek için üretilmiş bir ürünün, üretim ve tüketim noktası arasında verimli bir şekilde hareketini sağlayan bir mekanizmadır (Oğuz ve Oğuz, 2019:66). Lojistiğin tarihsel olarak gelişimine bakıldığında önemli değişimlerin yaşandığı dönem olarak karşımıza 20. yüzyılın ikinci yarısı çıkmaktadır. Bu dönemde başlarda sadece taşıma ve depolama olarak bilinen lojistik her geçen yıl gelişim göstermiştir ve günümüzde fiziksel mekân kavramının ortadan kalkmasıyla birlikte sanal ortamlarda da var olan bir faaliyet alanı haline gelmiştir. 2. Dünya Savaşı'nın sona ermesi ile savaştan etkilenmiş olan ülke ekonomileri ve dünya ticaretinin iyileştirilip, dünya barışının kalıcı olarak sağlanması amacına hizmet eden bölgesel bütünleşme çabaları önem kazanmıştır. Keynesyen politikaların çöküşü ve 1970'li yıllara kadar dünya ticaretinin yeniden şekillenmesi ile yaşanan petrol krizi gibi olaylar da lojistiğin gelişimini oldukça etkilemiştir. Diğer bir taraftan bilişim alanında 1990'lı yıllarda yaşanan gelişmeler, lojistiğin yeni boyutlar kazanmasında oldukça etkili olan gelişmelerdir (Özdemir ve Gökmen, 2016:118).

Lojistiğin yıllar içerisinde gelişimini 3 aşamada incelemek mümkündür (Bakkal ve Demir, 2011:4-5);

1) 1960-1980 Parçalanma Dönemi: Parçalanma döneminde lojistik faaliyetlerinin birbirinden bağımsız olarak yapıldığı görülmektedir. Operasyonların bazıları işletme içinde gerçekleştirilirken bazıları ise dışarıdan hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmekteydi. Bu operasyonlar; üretim planlaması, ihtiyaç planlaması, talep tahmini, satın alma işlemleri, malzeme işlemleri, depolama, fabrika stokları, mamül stokları, paletleme, sipariş, taşıma süreci, müşteri hizmetleri ve dağıtımını kapsamaktadır.

2) 1980-2000 Birleşme Dönemi: Birleşme dönemindeki lojistik faaliyetleri ise iki başlık altında toplamak mümkündür:

- **Fiziksel Dağıtım Faaliyetleri**
- **Malzeme ve Madde Yönetimi**

3) 2000-Günümüz Toplam Bütünleşme: Günümüzde de devamlılığını sürdürmekte olan bu süreç içerisinde birleşme ve parçalanma döneminde bahsedilen süreçlerin bir çatı altında toplanması gündeme gelmiştir. Dünya ekonomisi üzerinde etkiye sahip olan liberalleşme, küreselleşme, firmalar üzerinde baskıya sebep olan uyum çabaları gibi faktörler ile lojistik faaliyetlerin önemi artmış ve entegre lojistik kavramı gündeme gelmiştir.

Lojistik geniş bir uygulama alanına sahiptir. Kavrama farklı açılardan bakılmasından dolayı literatürde lojistik ile ilgili farklı birçok tanım bulunmaktadır (Gülenç ve Karagöz, 2008:75). Yapılan lojistik tanımlarını incelememiz gerekirse;

- Ballou (1999) tarafından yapılan tanıma göre lojistik; müşteri istek ve ihtiyaçlarını gidermek amacıyla, hammadde, yarı mamul ve mamullerin stoklanması, planlama, verimi kontrol etme, maliyetleri düşürme gibi süreçlerin yönetilmesi olarak tanımlanmıştır.
- Russell (2000) tarafından yapılan ve literatüre büyük katkı sağlayan 7 doğru tanımına göre lojistik; doğru müşteri için, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru

miktarda ve doğru yerde, doğru maliyet ile doğru şartlar altında kullanılabilirliğini sağlamak olarak tanımlanmıştır.

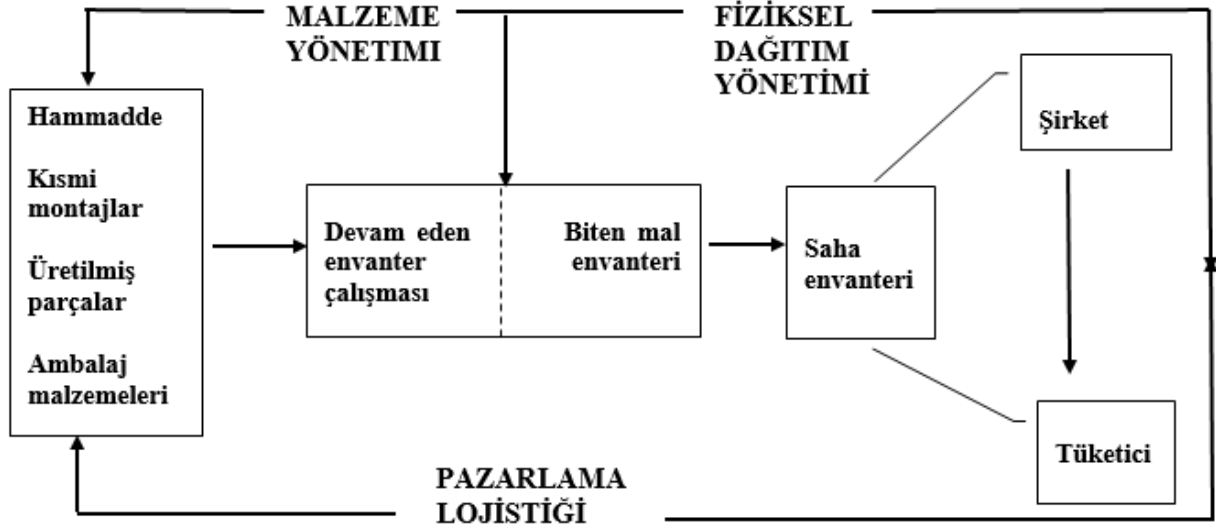
- Orhan (2003) lojistiği; bir ürünü üretildiği ana noktadan, nihai tüketiciye teslimatını sağlamak için gereken tüm faaliyetler olarak tanımlamıştır. Bu faaliyetler ise tedarik zinciri içerisindeki akış ile gerçekleştirilmektedir.

- Gürdal (2006) tarafından yapılan tanıma göre lojistik; müşteri ihtiyacına göre ürün ve hizmet üretimi için kullanılacak olan malzemelerin, hammaddelerin, süreç içerisinde yer alan stokların, nihai ürünler ile bilgilerin, üretildiği noktadan tüketim noktasına varıncaya kadar masrafları minimuma indirilmiş bir şekilde ve etkin bir biçimde ulaşımının sağlanması için tercih edilen yerde, tercih edilen zamanda, uygun şartlarda ve tercih edilen miktarda teslim edilmesini kapsayan yürütme, planlama ve kontrol sürecidir. Özetle lojistik, müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına ürün ve hizmetleri, ürün ve hizmet ile alakalı bilgileri ve envanterin üretim noktasından tüketim noktasına etkin ve yeterli şekilde iletimini sağlamak amacıyla kontrol etme, planlama ve yürütme süreçlerini kapsamaktadır.

- Dinçel (2016) lojistiği; ana hedefi müşteri ihtiyaçlarını karşılamak olan, üretimin başladığı noktadan tüketim noktasına kadar etkili depolama, taşıma ve planlama faaliyetlerini gerektiren bir süreç olarak tanımlamıştır.

- Canatan ve Tolun (2019) lojistiği; nihai ürünün tercih edilen noktaya ulaştırılmasında birbirini takip eden ve iç içe geçmiş süreçlerin bütünü olarak tanımlamaktadır. Lojistik ile ilgili genel hizmetlere ve araçlar incelendiğinde akla ilk gelen faaliyetler; ürünün elleçlenmesi, taşınmasının sağlanması, stoklanması ve dağıtımıdır.

Şekil 1.1. de gösterildiği üzere lojistik geleneksel olarak tanımlanan malzeme yönetimini ve fiziksel dağıtımını bir araya getirmektedir (Childerley, 1980:185).



Şekil 1. 1: Lojistik Sistem Konsepti

Kaynak: (Childerley, 1980:185)

Lojistik tanımlarından yola çıkarak lojistik; müşteri istek ve ihtiyaçları dikkate alınarak üretilen ürün veya hizmetin üretim noktasından, nihai tüketiciye ulaştırılincaya kadar tedarik zinciri içerisinde gerçekleştirilen tüm faaliyetleri ve bu faaliyetlerin etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesini kapsamaktadır. Lojistik her organizasyon için gerekli ve önemlidir, çünkü lojistik olmadan hiçbir işlem gerçekleşemez, malzeme hareketi olamaz, müşteriye hizmet verilemez ve ürün teslim edilemez. Lojistiği göz ardı eden işletmelerin gelişmesi beklenmemelidir. Lojistiği işletmeye uygun bir biçimde organize etmek rekabet avantajını da beraberinde getirmektedir. Lojistik hizmet sunan kuruluşlar da dâhil olmak üzere tüm kuruluşlar için malzeme akışını sağladığından önem arz etmektedir. Lojistik özel hizmet sunan tedarikçiler veya araçlar gibi kuruluşların büyümesini de teşvik etmektedir. Lojistik pahalı bir faaliyettir, maliyetleri genelde yüksek ciro oranı oluşturmaktadır. Aynı zamanda kârları ve diğer organizasyonel performans kriterlerini de doğrudan etkilemektedir. Lojistik tedarikçilerle bağlantı kurarak çift yönlü fayda sağlayan

ve uzun vadede ticari ilişkilerin geliştirilmesine yardımcı olan bir faaliyet alanıdır. Aynı zamanda işletmenin müşterileri ile bağlantı kurmasını sağlayarak katma değere ve müşteri memnuniyetine katkı sağlamaktadır. Müşteri hizmetlerinin sağlanma süresi, güvenilirliği ve önlemler üzerinde lojistiğin büyük bir etkisi bulunmaktadır. Ek olarak lojistik tesisler için en uygun büyüklüğü ve konumu belirlemede, tehlikeli maddelerin taşınması veya aşırı miktarda yüklerin taşınması gibi tehlike oluşturabilecek bazı işlemleri yasaklamaktadır (Waters, 2003:23).

Lojistik, yalnızca üretim operasyonlarıyla sınırlı değildir. Hükümetler, okullar, hastaneler, finansal hizmet kuruluşları, bankalar ve perakendeciler gibi hizmet kuruluşlarıyla da alakalı bir kavramdır (Erkan, 2014:1242). Lojistik kendi içinde incelendiğinde istihdam yaratmakta, katma değer sağlamakta ve hizmet üretmektedir. Lojistiğin farklı iş kollarına istihdam sağlaması ekonomiye de katkı sağlamaktadır. Dağıtım ve tedarik hizmetlerini diğer sektörlerin yan sektörü olarak sağlayan lojistik, sektörlerin tüm süreçlerinde doğrudan veya dolaylı olarak yer almaktadır. Bilgi akışından ürün veya kaynak akışına kadar ürün ve hizmet sektöründe harekete konu olan bütün faktörlerin lojistiğin ilgi alanı içerisine girdiğini söylemek mümkündür. Farklı sektörlerde gerçekleştirilen süreçlerin tümünde lojistikten faydalanılmaktadır ve lojistiğin bilgi ve dağıtım alt yapısından destek alınmaktadır. Kısaca lojistik faaliyet alanı olarak hizmet sektörünün içinde yer alsa da tüm sektörler için hayati bir öneme sahip olduğunu söyleyebiliriz. Lojistik uluslararası pazarlara açılmış olan işletmeler için de önem arz etmektedir. Özellikle uluslararası pazarlarda faaliyet gösteren işletmeler bilgide yetersizliği ve özgüven eksikliği gibi sorunlardan dolayı uluslararası pazarlarda sınırlı faaliyet göstermekte, süreklilik sağlayamamaktadır. Lojistik hem uluslararası pazarlarda bu sorunlara sahip işletmelere hem de uluslararası pazarlara açılmayan işletmelere faaliyetlerini uygun alternatiflerle ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirebilmeleri için yardım sağlamakta ve önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Lojistiğin her ne kadar iktisadi ve ticari anlamda yararlar sağladığına değinilse de aslında kültürel ve sosyal olarak da toplumlara ve ülkelere çeşitli faydalar sağlayan önemli bir sektör olduğunu söyleyebiliriz. Lojistik dünyada yer alan çeşitli kültürleri bir araya getiren, iletişim sayesinde homojen

bir dünya sağlayan ve sivil toplum etkileşimine katkıda bulunan bir sektördür (Küçük, 2021:45-46).

1.2. TEMEL LOJİSTİK FAALİYETLERİ

Müşteri tarafından sipariş edilen ürünün, müşteriye ulaştırılmasındaki akışı lojistik süreç tarafından izlenmektedir. Lojistik süreçte gerçekleştirilen birtakım faaliyetler bulunmaktadır. Önceleri işletme fonksiyonlarını tamamlayıcı ya da destekleyici olan lojistik faaliyetler, günümüzde işletmenin temel fonksiyonları arasında yerini almaktadır. Geçmişte yalnızca taşıma ve depolamadan oluşan lojistik faaliyetleri günümüzde teknolojide ve ticarete yaşanan gelişmelerle birlikte daha fazla faaliyeti kapsar hale gelmiştir (Aydın, 2018:9). Lojistik faaliyetler, işletme etkinliğinin artmasını sağlamakta ve değer katmaktadır. Müşteri değeri yaratmak ve işletme başarısını sağlama konusunda lojistik faaliyetler önemli bir yere sahiptir. Pazardaki değişimlerin bir sonucu olarak rekabet, lojistik faaliyetler ile tedarik zinciri arasında yaşanan rekabet haline gelmiştir. Bu sebeple işletme tarafından hedeflenen başarının yüksek bir performans sergileyerek sağlanması lojistik yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerine büyük oranda bağlıdır (Kayabaşı ve Özdemir, 2008:196).

Mal ya da hizmet üretmesi veya işletmenin küçük ya da büyük olması fark etmeksizin her işletme birtakım lojistik faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Lojistik hizmetin sorunsuz bir şekilde üretilebilmesi için faaliyetlerin kesintisiz gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Faaliyetleri gerçekleştirmek için kullanılan kaynaklara sahip olmak, faaliyetlerin zamanında ve problemsiz bir biçimde yerine getirilmesine olanak tanır (Suvacı ve Tonus, 2015:33).

Lojistik faaliyetlerini satın alma, ambalajlama, envanter yönetimi, sipariş yönetimi, depolama, taşımacılık ve elleçleme olarak sıralamak mümkündür.

1.2.1 Satın Alma

İşletmenin temel ve yardımcı faaliyetlerini en iyi biçimde yapabilmesi, yürütebilmesi ve sürdürebilmesi için gerekli olan hizmet, bilgi, yetenek ve malzemenin

dış kaynaklardan temin edilmesi işlemi satın alma olarak tanımlanmaktadır (Karakış, 2007:4). Satın alma faaliyeti, firmanın ekipman ve harici parça tedarikçileri ile en önemli bağlantısıdır. İşletmenin ihtiyaç duyduğu malzemelerin zamanında alınması nihai ürünün üretimini ve teslimatını etkilemekte ve bu sebeple satın alma işletmeler için kritik önem taşımaktadır. Ürün kalitesi, ürün performansı, teslimat güvenilirliği ve kullanılabilirlik günümüzde tedarikçi seçerken ürün maliyetinden daha önemli olarak görülmektedir. Ek olarak birçok satın alma departmanı tarafından tedarikçiler stratejik ortaklar olarak görülmekte ve buna göre hareket edilmektedir (Vonderembse vd., 1995:46).

İşletmeler için satın alma süreci talep tahmini ile başlamaktadır. Talep tahmini sonrasında işletme kendisi için en uygun tedarikçiyi bulmak adına pazar araştırması yapmakta ve minimum maliyete sahip tedarikçiyi seçmektedir. İşletmeler genel olarak üretim için gereken girdileri işletme dışında var olan tedarikçilerden temin etmekte ve satın alma işlemine başlamaktadır. İstenilen ürünün üretimi için ve üretim esnasında herhangi bir aksaklık yaşanmaması için satın alınacak olan girdilerin kısa sürede sağlanması ve ürün kalitesinde herhangi bir eksiklik yaratmayacak biçimde olması gerekmektedir (Aydın, 2018:17).

Satın alma işlemi genellikle hammadde, alt montaj, onarım ve bakım öğeleri ve hizmetlerin satın alınması yoluyla operasyonların ihtiyaçlarını desteklemektedir. Satın alma, üretimi tamamlanmış ürünlerin veya yedek parçaların depolanmasından ve nihai tüketicilere ulaştırılmasından sorumlu fiziksel dağıtım merkezlerinin gereksinimlerini de destekleyebilmektedir. Satın alma işleminin müşteri tarafından ihtiyaç duyulan kesintisiz yüksek kalitede mal ve hizmet akışını sağlaması gerekmektedir. Bu akışı sağlayabilmek adına satın alma sürecinin aşağıdaki şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir (Monczka vd., 2009:38-39):

1. Ürün veya hizmet doğru kaynaktan alınmalıdır.
2. Ürün veya hizmet müşteri ihtiyacını karşılayacak doğru teknik özelliklerle satın alınmalıdır.
3. Ürün veya hizmet alımı doğru fiyatta olmalıdır.

4. Doğru miktarda satın alım gerçekleştirilmelidir.
5. Ürün teslimatı doğru zamanda gerçekleştirilmelidir.
6. Doğru müşteriye teslimatı yapılmalıdır.

Günümüzde etkili bir satın alma, işletmelere düşük toplam maliyet veya maksimum verimlilik vaat eden bir işlem değildir, bunun yerine işletme ihtiyaçlarına uygun ve işletme yetenekleriyle tedarik zinciri boyunca var olan rekabet avantajını sağlamak için çaba gösteren bir faaliyettir. Bu gelişmeler ile satın almanın bilginlik ve uygulamada rolü ve önemi artmaktadır (Gundlach vd., 2006:435).

1.2.2 Ambalajlama

Ambalajlama, bir ürünün üreticiden tüketiciye güvenli ve sağlam bir şekilde ulaştırılması için dağıtım zinciri içerisinde ürünleri kaplamak üzere kullanılan koruyucu araçların tümüdür. Ambalaj ürünü nakliye, depolama, teşhir ve kullanım süresi boyunca çevreye duyarlı ve ekonomik bir biçimde sunmakta, tanıtmakta, korumakta, ürün için uygunluk ve kolaylık sağlamaktadır. Diğer taraftan ambalajlama üretimin bir parçası olarak ele alınması gerekmektedir (Bilgin vd., 2001:15-18).

Lojistik açısından bakıldığında ambalajlamanın temel görevi ürünün talep edilen yere kolayca ve güvenli bir biçimde ulaştırılmasını sağlamaktır. İkinci görevi ise ürünü korumak ve yurt içi veya yurt dışı fark etmeksizin gönderilecek bir ürünün hasar görmeden ulaştırılmasını sağlamaktır (Bulut, 2007:92).

Lojistik açısından bakıldığında ambalajlama 6 görevi yerine getirmektedir (Robertson, 1990:38-39):

1. **Koruma:** Paket içerisinde yer alan ürünü nem, böcekler, toz gibi zararlı dış etkilere kaynaklanacak kayıp ve hasarlardan korumaktadır.
2. **Bölüştürme:** Üretim sonucu elde edilen çıktı yönetilebilmekte, tüketici tarafından arzu edilen boyuta getirilebilmekte; büyük üretim çıktısı müşteri talebi doğrultusunda daha küçük miktarlara dönüştürülebilmektedir.

3. Önleme: Ürünlerin taşıma işlemi gerçekleştirilmeden önce kontrolleri sağlanmalıdır. Paket herhangi bir sebepten dolayı açılırsa ürün zarar görebilir, kaybolabilir veya zararlı bir madde taşıyorsa çevre kirliliğine sebep olabilir.

4. Kolaylık: Ürünlerin müşteriler tarafından rahatça kullanımını sağlamak için blister ambalajlar veya kaplar kullanılmalıdır.

5. Birleştirme: Birleştirme işlemi birincil ambalajların ikincil ambalajlar içersine yerleştirilmesidir (örn; oluklu bir kutu içine yerleştirmek), ikincil paketler streç ile sarılmış olan palete yerleştirilir ve son olarak birkaç palet yüklenen konteynerde birleştirilir. Bu süreç sayesinde ürünün işlenmesi gereken sefer sayısında azalma sağlanır.

6. İletim: Evrensel ürün kodu gibi net ve anlaşılır simgeler kullanılmalıdır.

İyi bir ambalaj tasarımı için; fiyatlandırma (maliyet), standardizasyon, koruma düzeyi, ürüne veya pakete uyarlanabilirlik, ürün paketlenebilirliği, taşıma kabiliyeti, geri dönüştürülebilirlik veya yeniden kullanılabilirlik gibi faktörlerin üzerinde durulması gerekmektedir (Lambert vd., 2001:332).

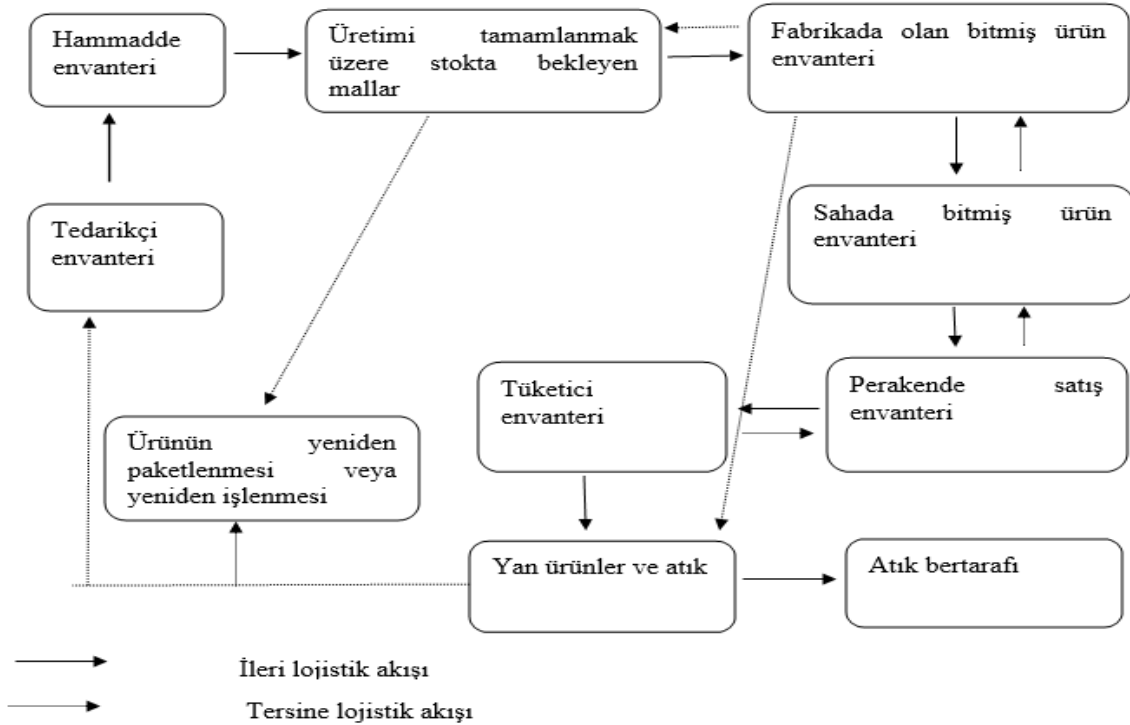
1.2.3 Envanter Yönetimi

Envanter, işletme tarafından kullanılmak üzere tutulan ham maddeler, bitmiş mallar, devam eden işler, sarf malzemeleri ve depolardır. Envanter, ekonomik değeri olan her türlü kaynaktır (Bose, 2006:4). Envanter işletmenin en önemli varlıklarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır ve satışa hazır olacak veya hazır olan yarı mamuller, hammadde ve bitmiş ürünlerden oluşmaktadır (Singh ve Verma, 2018:3868). Envanter yönetimi işletmeler için önemlidir çünkü; ürünlerin tedarik edilememe riskini minimuma indirmekte, arz ve talep süreçleri arasında var olan uyumsuzluğu kapatmaya yardımcı olmakta ve tedarik zincirindeki maliyetleri minimuma indirmeyi sağlamaktadır. Lojistikte ise envanter dağıtım maliyetlerinin azaltılması, yük boyutunun optimize edilmesi ve dağıtım sürecinin verimli kullanılması gibi süreçlerde avantaj olarak görülmektedir (Wild, 2017:2-3).

Envanter yönetimi firma içerisinde 5 amaca hizmet etmektedir (Lambert vd.,2001:112):

1. Arz ve talebi dengelemeye sağlamakta,
2. Firmanın ölçek ekonomilerini kayıt altında tutmasına yardımcı olmakta,
3. Üretimde uzmanlık sağlanmasına yardımcı olmakta,
4. Talepteki belirsizliklere karşı koruma sağlamakta,
5. Dağıtım kanalı ve sipariş döngüsü içerisindeki birimler arasında bir tampon görevi görmektedir.

Lojistikteki envanter akışı Şekil 1.2. de gösterilmektedir (Lambert vd., 2001:115).



Şekil 1. 2: Lojistikteki Envanter Akışı

Kaynak: (Lambert vd., 2001:115)

Hammaddeler temin edildiği kaynaktan, üretime dâhil olacağı üretim tesisine taşınmalıdır. Yarı mamul stoku birçok durumda fabrikada (tesiste) tutulmaktadır. Üretim süreci tamamlandıktan sonra ürünün, fabrika içerisinde bitmiş ürün stokuna taşınması gerekmektedir. Sonraki adım, bitmiş ürün envanterinin toptancı depoları, kamu depoları, perakende satış noktaları gibi konumlara dağıtımını içermektedir. Bir diğer adımda ise envanterler, müşterinin satın almasını sağlayabilmek amacıyla konumlandırılmaktadır. Benzer şekilde müşteri ise kurumsal veya bireysel tüketime yardım etmek amacıyla envanter tutmaktadır. Ortaya çıkan ürün akışlarının tümü tüketicinin ürünü almak için verdiği kararın bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürecin gerçekleşmesi müşteriden işletmeye, işletmeden ise tedarikçilere gerçekleşen doğru bilgi akışına bağlıdır (Lambert vd.,2001:116).

1.2.4 Sipariş Yönetimi

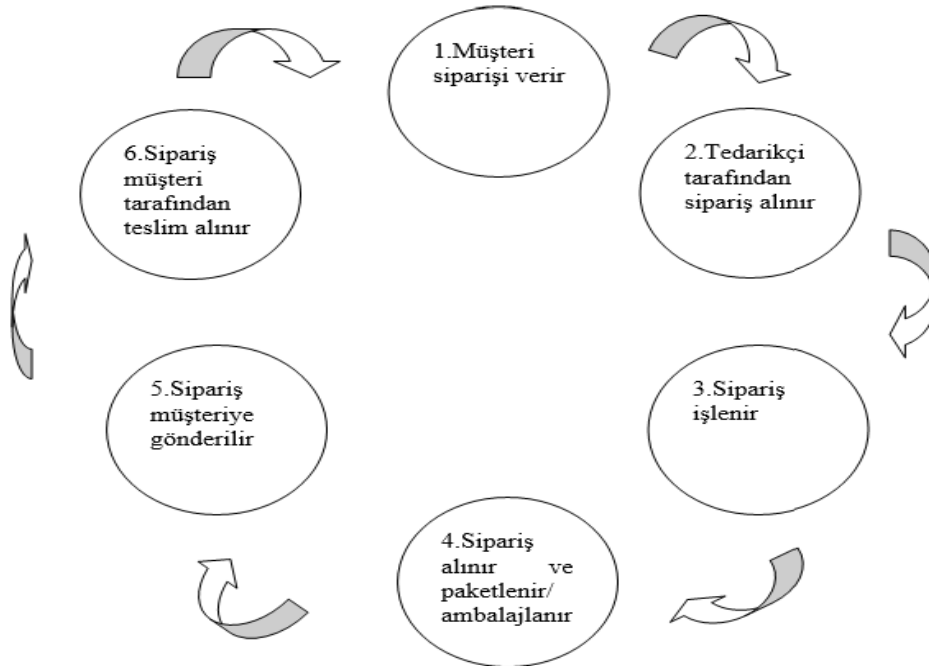
Sipariş yönetimi, müşteri tarafından siparişin verilmesi, siparişin işletme tarafından işleme alınması, kredi kontrollerinin yapılması, sipariş ile ilgili işlemlerin hızlandırılması, dağıtım, müşteri tarafından siparişin teslim alınması ve faturalandırma faaliyetlerinden oluşmaktadır. Müşteri sipariş döngüsü kavramı, müşterinin sipariş verdiği noktadan, siparişi teslim alacağı noktaya kadar geçen tüm süreci ifade etmektedir. Müşteri sipariş döngüsünün etkin yönetimi sayesinde, müşteri hizmetleri ve lojistik performansta iyileştirmeler sağlanmakta ve ek olarak döngü süresinin azalmasına olanak tanımaktadır (Lai ve Cheng, 2009:58).

Sipariş döngüsünü; siparişin toplanması, sipariş planlama, sipariş süreci, siparişin ulaştırılması ve iletimi oluşturmaktadır. Müşteri tarafından sipariş edilen bir ürünün en kısa sürede müşteriye ulaştırılmasını sağlamak sipariş işleminin en temel amacıdır. Sipariş işleme ve müşteriye ulaştırılması konusunda lojistiğin diğer faaliyetleri de önemli bir yere sahiptir. Sipariş döngüsünün etkili bir biçimde işleyebilmesi taşıma ve depolama gibi lojistik faaliyetlerinin de etkin işleyişine bağlıdır (Kayabaşı, 2010:99).

Alınan siparişlerin işlenmesiyle birlikte birçok lojistik faaliyet harekete geçmektedir. Bunlar (Lambert vd., 2001:90);

- Taşıyıcı tarafından hangi taşıma modunun kullanılacağı ve yükleme sırasının belirlenmesi,
- Envanter tahsisi, toplanması ve paketlenmesi için gereken listenin hazırlanması,
- Depolama ve ambalajlama işlemlerinin yapılması,
- Envanter dosyasının güncellenmesi ve seçilen gerçek ürünlerin çıkarılması,
- İkmal listesinin yazdırılması,
- Sevkiyat için gerekli belgelerin hazırlanması (örneğin; ortak bir taşıyıcı kullanılacaksa bir konşimento hazırlanması gibi),
- Ürünün müşteriye teslimatının gerçekleştirilmesi.

Müşteri tarafından verilen sipariş, döngü içinde şu aşamalardan geçer (Lai ve Cheng, 2009:59);



Şekil 1. 3: Sipariş Döngüsü

Kaynak: (Lai ve Cheng, 2009:59)

Sipariş döngüsünün başlangıcı müşterinin sipariş vermesi ile başlamaktadır. Firmalar geleneksel uygulamalara göre siparişleri toplu bir biçimde ele alıp gruplandırmaktadır. Bu sayede idari süreçlerde ve nakliye süreçlerinde ölçek ekonomilerinden yararlanma imkanını elde etmektedirler. Siparişler firma tarafından istenilen hacimde olduğunda tedarikçiye gönderilmekte ve tedarikçi tarafından siparişler hazırlanmaya başlanmaktadır. Tedarikçi sipariş detaylarıyla birlikte stok düzenlemelerini gerçekleştirir. Müşteri tarafından talep edilen siparişi sağlamak amacıyla tedarikçi, kendi tedarikçileriyle birlikte başka bir sipariş döngüsü yaratabilir. Bu süreçte ek olarak sipariş bilgileri faturalandırma işlemi gerçekleştirilmek üzere muhasebe departmanına iletilir. Siparişler paketlenme için depolardan paketlenme kısmına aktarılır. Dondurma, taze meyveler gibi özel bakım gerektiren ürünleri işleyebilmek için koruyucu ekipmanlar kullanılır. Sipariş edilen ürün müşteriye teslim edilmeye hazır olduğunda lojistik işletmesi, üretici işletme veya tedarikçi tarafından müşteriye gönderimi sağlanır. Bu aşamada müşteriye siparişin istenilen sürede ulaştırılması ve ürünlerin hasar görmeden iletilmesi için taşıma modunun seçimi oldukça önem taşımaktadır (Lai ve Cheng, 2009:58-59).

1.2.5 Depolama

Depo, işletmenin ihtiyaç duyduğu hammadde, yarı mamul, yedek parça ve üretimi tamamlanmış ürünlerin depolandığı alandır. Depolama ile ürünler üretim noktası ile tüketim noktası arasında kullanımının tercih edildiği zamana dek bekletilmektedir. Depolama, lojistik sistemin temel fiziksel fonksiyonudur ve depolama süreci çeşitli faaliyetleri içerisinde barındırmaktadır. Depolama lojistik sistemin hem dağıtım hem de tedarik aşamasında etkin bir rol oynamaktadır. Fiziksel tedarik ve dağıtım sürecinde benzer hedefler doğrultusunda kullanılan depolar ürünlere zaman ve yer faydası sağlamaktadır. Depo, ürüne değer katan işlemler depoda gerçekleştiğinden lojistikte değer ekleme alanı görevini üstlenmektedir. Depo aynı zamanda hizmet sağlamaktadır. Müşteri tarafından ürün sipariş edildiğinde yakın konumdaki depodan ürünün müşteriye ulaştırılması sayesinde müşteri memnuniyeti sağlanmaktadır. Depolama sayesinde

olumsuz ihtimaller minimuma düşürülerek satıcıdaki stok eksikliği, nakliyedeki gecikmeler gibi olası durumlara karşı depoda var olan stoktan ürün sağlanabilir ve bu sayede müşteride olumsuz bir itibar oluşmasının da önüne geçilir (Tezcan, 2007:35).

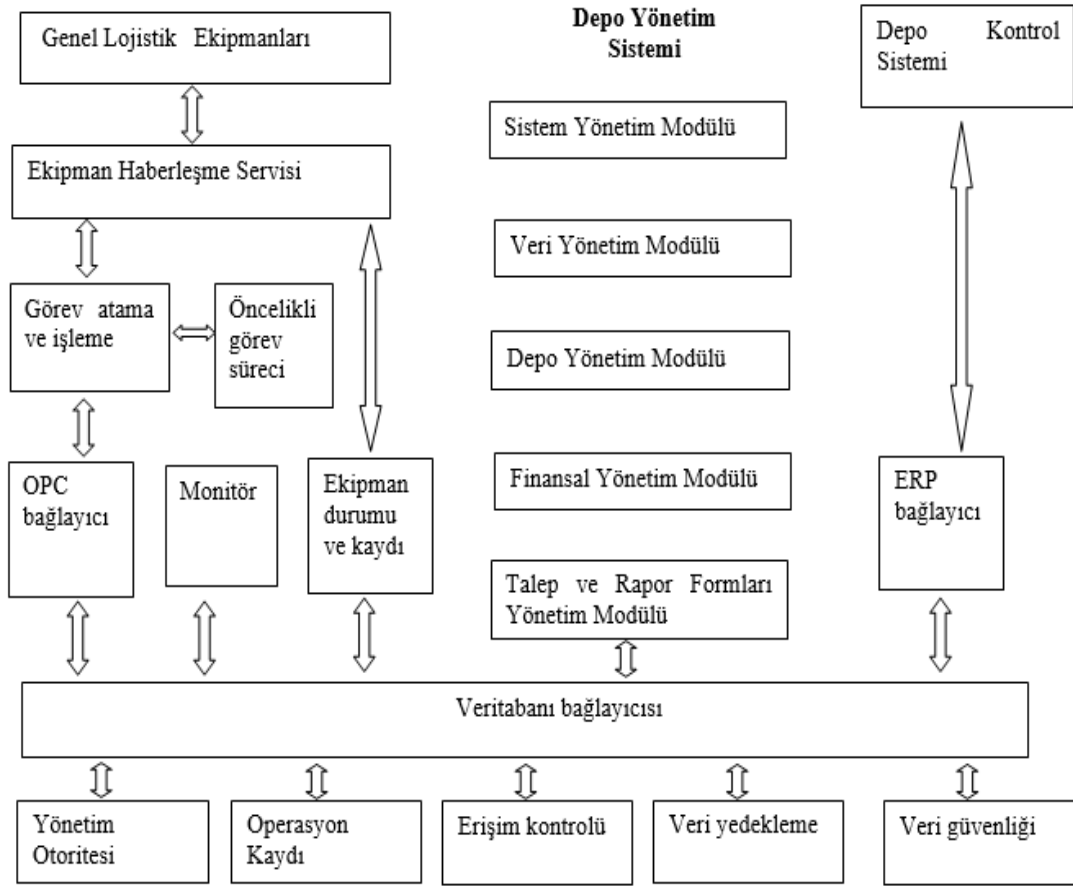
Depo içerisinde gerçekleştirilen faaliyetleri yönetmek üzere kullanılan depo yönetim sistemi, depo içinde yer alan malzemelerin depolanmasını, hareketini kontrol etmeyi ürünler ile ilgili olan nakliye, yerleştirme, teslimat ve toplama gibi işlemleri gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Depo yönetim sistemi, veri tabanına bağlı olarak çalışan bir bilgisayar uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Depo yönetim sistemi genel olarak ekipmanları, operasyonel süreçleri ve insanları yönetmek amacıyla işletme tarafından kullanılan bir ara yüzdür. Deponun verimliliğini arttırmak ve işlemleri kaydederek uygun envanteri bulundurmak amacına hizmet eder. Ek olarak depo yönetim sistemi sayesinde depo kullanımı ile ilgili gerçek zamanlı bilgiler aracılığıyla stoklar yönetilmekte ve optimize edilmektedir. Ürün akışını verimli bir şekilde takip edebilmek adına depolarda genellikle RFID (Radio Frequency Identification) Radyo Frekansı ile Tanımlama, barkod tarayıcılar, bilgisayarlar, kablosuz LAN (Yerel ağ), AIDC (Automatic Identification and Data Capture) Otomatik kimlik veri yakalama gibi dijital teknolojiler kullanılmaktadır. Veri tabanı sayesinde depoda olan ürünlerin durumu hakkında raporlara da erişilebilmektedir. Depo yönetim sisteminin temel görevi, ana bilgisayarda var olan bilgiler sayesinde günlük işlemleri gerçekleştirebilmektir. Bilgilerin depo yönetim sistemi ile otomatik olarak toplanması ve tek bir sistemde kaydedilmesi depo çalışanlarına kolaylık sağlamaktadır (Ramaa vd., 2012:14).

Depo yönetim sistemi işletmelerin kârını arttırmayı ve müşteri hizmetlerini iyileştirmeyi hedeflemektedir. Depo yönetim sistemine sahip bir depo (Mulcahy ve Sydow, 2008:5);

1. Stok tutma biriminin işlemlerini azaltır ve stok tutma biriminin doğru konuma taşınmasını sağlar.
2. Depolama/seçme konseptinin en üst düzeyde kullanımını sağlar.

3. Bir tesisi, ulaşım konseptini, satıcı veya müşteri teslimat aracı için alan kullanımını en üst düzeye çıkarmayı sağlar.
4. Çalışan kullanımını maksimum düzeye çıkarır.
5. Depo yönetim sistemi, envanter izleme yeteneğini ve erişilebilirliğini korumaya yardımcı olur.
6. Tasarlanmış olan stok tutma biriminin rotasyonunu sağlar.
7. Lojistik operasyonel giderleri minimuma indirir.
8. Firmanın varlıklarını korur ve müşteri memnuniyeti sağlar.

Depo yönetim sistemi işleyişi genel hatları ile Şekil 1.4'de gösterilmektedir (Chen vd., 2018:2).



Şekil 1. 4: Depo Yönetim Sistemi

Kaynak: (Chen vd., 2018:2)

Depo yönetim sistemi bağımsız bir sistem olmamakla birlikte, çok katmanlı bir sistemdir. 10 modüle ayrılmış olan depo yönetim sisteminin ana modüllerini veri yönetimi, sistem yönetimi, iletişim yönetimi ve depo yönetim modülü oluşturmaktadır. Sistem yönetim modülü temel olarak rutin bakım işlerinden, operatörlerin izinlerinden ve yükseltme işlemlerinden sorumludur. Veri yönetim modülü, veri tabanı ile gerçek zamanlı iletişim kurabilmektedir. Temel olarak veri güvenliğinden ve veri yedekleme işlemlerinden sorumludur. Depo yönetim modülü ise esas olarak 5 işleve sahiptir; otomatik depolama, depo durumunu görebilmek için tablo oluşturma, manuel depolama giriş ve çıkışı, depo durumunu izlemek, ürünlerin depo tahsisini gerçekleştirmek. (Chen vd., 2018:2).

1.2.6 Taşımacılık

Taşımacılık temel olarak, daha kullanışlı ve faydalı olmaları için ürünlerin yer değiştirmesi işlemidir. Taşımacılık lojistiğin temel işlevlerinden biridir; malın durumu ve alanın durumunu değiştirir, mallar tedarikçiler ve talep edenler arasındaki boşluktan ayrılır ve tedarikçi talebi karşılamak için gerekli işlemleri makul bir süre içerisinde gerçekleştirir. Taşıma, kısa vadeli envanter işlevini ve ürünün yer değiştirmesini sağlamaktadır. Lojistik işletmelerindeki taşımacılık yönetimi, çeşitli departmanlardaki malzeme, insan, ekipman, finans ve taşıma ekipmanlarının, tüm taşıma planlarının, tüm nakliye ve transit geçişlerinin organizasyonu, kontrolü, denetimi ve birleşik kullanımının yönetimidir. Taşımacılık için önemli hususlardan biri taşıma işlemine karar verme sürecidir. Taşıma operasyonu gerçekleşmeden önce taşıma güzergahı, modu, süresi, personeli, sigortası, maliyeti ve bütçesi gibi faktörler işletme için en uygun biçimde seçilmelidir (Shi vd., 2018:14-15).

Taşıma işlemini gerçekleştiren kişi de taşıma sisteminin içinde kritik bir öneme sahiptir. Çünkü, ürünlerin malzeme akışının oluşturulduğu yerden nihai tüketiciye ulaştırılmasını sağlamak ve sistemin içerisinde yer alan tüm unsurları birbirine

bağlamaktadır. Bu sebeple, bütünsel bir şekilde gerçekleşen akışın taşıma verimliliğini etkilediğini söylemek mümkündür. Mevcut piyasa koşullarında taşıma verimliliği oldukça önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun sebebi, malzeme akışı içerisinde sürekli değişim gösteren talepler, ülkede değişen ekonomik koşullar ve perakende ağı içerisinde var olan katılımcılar arasındaki rekabettir. Bu bağlamda güvenilirliği sağlamak, maliyetleri minimuma indirmek ve taşıma operasyonunda iyileştirmeler sağlamak gerekmektedir (Kush vd., 2018:217). Taşıma sistemi, ürünleri taşınabilir hale getirip minimum maliyet ilkesine dayanarak katma değere teşvik etmekte, bölgesel ve zamanında etkinlik sağlamayı amaçlamaktadır. Taşımacılık, üretim ve satışı etkilediği gibi lojistik faaliyetlerin sonucunu da etkilemektedir. Farklı endüstrilere göre taşımacılığın değeri değişiklik göstermektedir. Düşük ağırlıkta, küçük hacimli ve yüksek değeri olan ürünlerin taşıma maliyeti satışın küçük bir kısmını oluşturmakta ve daha az dikkate alınmaktadır. Fakat ağırlığı fazla olan, büyük hacimli ve düşük değerli ürünler için taşıma maliyeti, satışın büyük bir kısmını oluşturmakta ve karı daha çok etkilediğinden daha fazla önemsenmektedir. Taşımacılığın lojistik sistem içerisindeki rolü ürün sahipleri için ürün taşımaktan daha karmaşıktır. Bu karmaşıklık yüksek kaliteli bir yönetim ile çözülebilmektedir. Müşteri taleplerini karşılayabilmek için ürünlerin doğru zamanda doğru yere gönderilmesi, iyi yönetilen bir taşımacılık sistemiyle sağlanabilmektedir. Bu sayede üretici ve tüketici arasında bir köprü kurulmakta ve verimlilik sağlanmaktadır. Taşımacılık, işletme lojistiğinde ekonominin ve verimliliğin temelini oluşturmakta ve lojistik sistem içerisinde yer alan diğer fonksiyonları da genişletmektedir. Ek olarak lojistik faaliyetler içerisinde var olan iyi bir taşıma sistemi sadece hizmet kalitesine etki etmemekte, şirketin rekabet gücünü de olumlu bir biçimde desteklemektedir (Tseng vd., 2005:1661-1662).

Taşımacılıkta malın büyüklüğüne, değerine, fiziksel özelliklerine göre farklı taşıma modları kullanılabilir. Taşıma modları karayolu, denizyolu, demiryolu,

havayolu ve boru hattı taşımacılığı gibi türlere ayrılmıştır. Kısaca bu modlara değinmemiz gerekirse;

a. Karayolu Taşımacılığı

Karayolu taşımacılığı verimli, hızlı ve dünyanın birçok yerine erişebilen bir taşımacılık sistemidir. Diğer taşımacılık sistemleri ile entegre bir biçimde kullanılabilen karayolu taşımacılık sistemi lojistik sektörü içerisinde de önemli bir yere sahiptir.

Karayolu taşımacılığı işletmeye bazı avantajlar sağlamaktadır (Öz, 2019:105);

- Kapsamlı ve neredeyse dünyanın tamamına yayılmış ulaşım ağı bulunmaktadır.
- Özel ve güvenli teslimata olanak tanımaktadır.
- Maliyetleri genellikle düşüktür.
- Taşımacılık planlaması yapmaya ve ürünlerin konumunu takip etmeye olanak tanımaktadır.
- Karayolu taşımacılığının avantajları olduğu kadar dezavantajları ve riskleri de mevcuttur (Öz, 2019:105);
- Trafikte aksamalar ve gecikmeler yaşanabilmektedir.
- Bazı ülkeler tarafından alınan vergiler yüksek olabilmektedir.
- Uzun mesafe yolları gitmek zaman alabilmektedir.
- Özellikle uzun mesafe taşımacılıkta ürünlerin zarar görme riski mevcuttur.
- Bazı ülkelerdeki yol ve trafik yönetmeliklerinin farklı olması taşıma işlemini gerçekleştiren kişi için zorluk yaratabilmektedir.

b. Denizyolu Taşımacılığı

Ürünlerin ve malzemelerin su yolu ile taşınması yüzyıllardır bölgeler ve uluslararası ticaretin ön koşulu olmuştur. Dolayısıyla refah ile ekonomik kalkınmanın yaratılmasında etkin bir rol oynamaktadır. Denizyolu taşımacılığı

maliyeti kara ve hava yolu ile taşıma maliyetine nispeten daha azdır ve bu yüzden çok rekabetçidir (Kristiansen, 2005:3).

Denizyolu taşımacılığı, üretim süresi boyunca üretim malzemelerinin, hammaddelerin, bitmiş ürünlerin taşınmasını gerçekleştiren bir ulaşım yolu olarak çeşitli endüstrilerin üretim süreçlerine katılmaktadır. Hammaddelerin çıkarılması, işlenmesi, ayrıca diğer üretimlerde kullanılmak üzere bitmiş malzeme veya makine parçalarının üretimi, üretimi tamamlanan ürünlerin müşterilere teslimi gibi faaliyetler denizyolu taşıma sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Denizyolu taşımacılığı sadece uluslararası ticarete bağlı bir taşıma modu değildir, ürünlerin üretim sürecini de takip eden ikincil bir talebe sahiptir. Genel olarak ölçek ekonomisinden faydalanmak amacıyla hammadde taşımacılığı büyük miktarlar halinde gerçekleştirilmekte, yarı mamul ürünler ve sonraki üretim malzemeleri ise daha küçük gemiler aracılığı ile taşınmaktadır (Dimitrakieva vd., 2021:142-143).

Denizyolu taşımacılığı düşük maliyet ile büyük hacimli ürünleri ulaştırma imkânı sağlamaktadır. Denizyolu ile taşımacılığın bazı dezavantajları mevcuttur; diğer taşıma modlarına kıyasla daha yavaştır ve kötü hava koşulları ortaya çıktığında gecikmeler yaşanabilmektedir. Ürünlerin takibi zordur, tarifeler ve rotalar genelde esnek değildir. Varış noktasına ulaşabilmek adına bazı durumlarda karadan daha fazla nakliye gerekebilmektedir. Temel navlun oranları, döviz ve yakıt ek ücretlerine bağlıdır. Tüm bu dezavantajlara rağmen işletmenin hızlı bir şekilde teslim etme baskısı olmadan büyük miktarlarda ürün taşınması gerekiyorsa denizyolu taşımacılığı uygun bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır (Öz, 2019:104).

c. Demiryolu Taşımacılığı

Demiryolu taşımacılığı uzun mesafelerde kullanılmakta olan, ekonomik ve güvenli bir taşıma şeklidir. Özellikle kum, kömür, çimento gibi tonajlı ve ağır yükler taşınırken demiryolu tercih edilmektedir (Kutlu ve Başar, 2006:105).

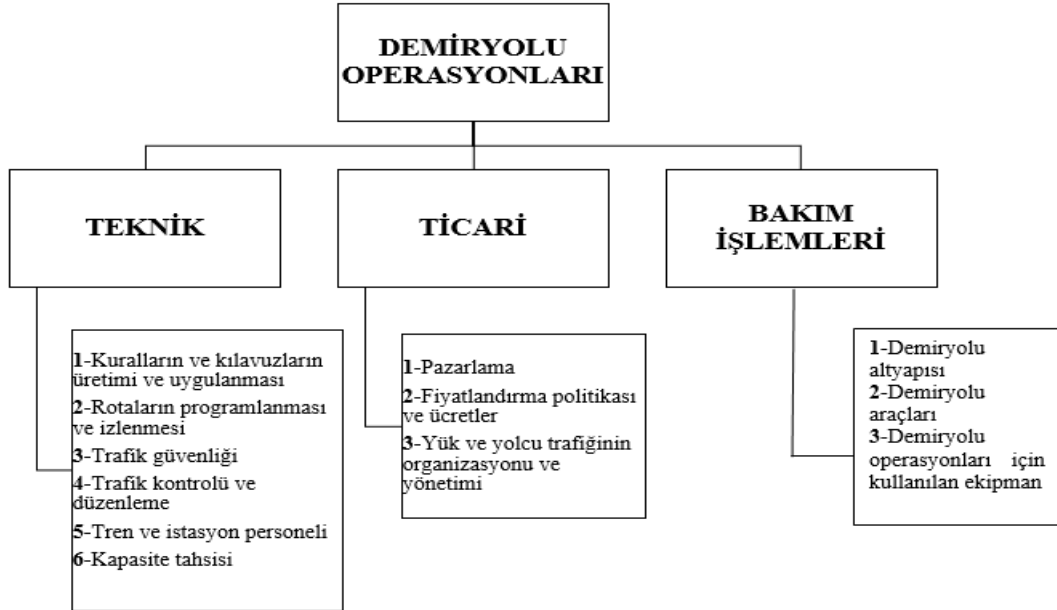
Demiryolu taşımacılığının bazı avantajları bulunmaktadır (MEB, 2011:5);

- Diğer taşıma türlerine kıyasla çevreye daha duyarlı bir taşıma şeklidir.
- Demiryolu taşımacılığı diğer taşıma şekillerine kıyasla enerji tüketimi açısından daha avantajlıdır ve yüksek miktarda yolcu ve yük taşımacılığına elverişlidir.
- Demiryolu taşımacılığı karayolu trafik yükünün hafiflemesine yardımcı olmaktadır. Karayolu taşımacılığı uluslararası geçişlerde çeşitli sınırlamalara takılırken demiryolu taşımacılığı, özellikle transit ülkeler tarafından tercih edilen bir taşıma şekli olduğundan geçiş üstünlüğü kazanmaktadır.
- Yüksek hızlara küçük çekiş gücü ile ulaşılabilen demiryolu taşımacılığı emniyetlidir ve bununla birlikte kazalar daha az görülmektedir.
- Hava koşullarından etkilenmeyen bir donanıma sahip olduğundan ideal bir taşıma şekli olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Taşınan yükün durumuna göre vagonlar hareket ettirilebilmektedir.

Tüm bu olumlu yönlerinin yanında demiryolu taşımacılığının bazı dezavantajları da bulunmaktadır (MEB, 2011:6);

- Kapıdan kapıya teslimatta fabrika içine kadar ray sistemi olmayan bölgeler ve ülkelerde zorluk yaratabilmektedir. Bu durumlarda kapıdan kapıya teslimatta karayolu ile aktarmaya ihtiyaç duyulmaktadır.
- Teslimat süresi uzun zaman alabilmektedir.
- İlk yatırım için büyük arazi gerekmektedir. İnşaat süresi uzundur ve maliyetlidir.

Demiryolunda gerçekleştirilen operasyonları ticari, teknolojik ve bakım olarak ayırmak mümkündür. Bu operasyonlar Şekil 1.2.6. da gösterilmektedir (Pyrgidis, 2016:8).



Şekil 1. 5: Demiryolu Faaliyetleri

Kaynak: (Pyrgidis, 2016:8)

d. Havayolu Taşımacılığı

Havayolu taşımacılığı tarifeli veya tarifersiz bir biçimde ticari hedefler doğrultusunda yük ve yolcu taşımacılığı için ortaya çıkmış bir sistemdir. Ülkeleri, şehirleri ve kıtaları en kısa zamanda ve en hızlı biçimde birbirine bağlayan bir sistemdir (Oğuz ve Oğuz, 2019:69). Havayolu taşımacılığı maliyetli bir taşımacılık modu olsa da ürün göndermek için en hızlı seçenektir. Havayolu taşımacılığı kısıtlı zamanda kargo gönderimi için en uygun seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır (Öz, 2019:101).

Havayolu taşımacılığı işletmeye uluslararası ticaret için bazı avantajlar sağlamaktadır (MEB, 2011:23; Öz, 2019:102);

- Hassas ürünler için yüksek seviyede güvenlik,
- Ürünleri uzun mesafede hızlı bir şekilde teslim etme imkanı,
- Küçük miktarda ürünler için en uygun taşıma şekli olması,
- Ülkeler arasında doğrudan bağlantı sağladığı için bürokratik ve siyasi olumsuzluklardan en az seviyede etkilenme,
- Dünya çapında yaygın bir havayolunun varlığı sayesinde ürünlerin çoğu yere ulaşabilmesi,
- Diğer taşıma şekillerine kıyasla daha düşük sigorta primleri,
- Kargo hareketlerinin planlı ve programlı bir şekilde yapılması.

Havayolu taşımacılığının avantajları yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır (MEB, 2011:24; Öz, 2019:102);

- Her türden yükün taşınmasına elverişli değildir.
- Uçakların hacim ve ağırlık sınırı olduğundan dolayı maliyetleri diğer taşıma modlarına göre daha yüksektir.
- Büyük miktarda ürünlerin taşınması için elverişli değildir.
- İstenilen ürünün havayolu ile taşınmasından sonra alıcı deposuna teslimi için bazı zamanlar karayolunun kullanılması gerekmektedir.
- Nakliye ücretlerine genellikle yakıt ücretleri ve döviz de eklenmektedir.

Havayolu taşımacılığı çabuk bozulabilecek bir ürünün kısa sürede iletimini sağlamaktadır. Canlı hayvan taşımacılığının kısa sürede gerçekleştirilmesini sağlayarak, taşıma esnasında meydana gelebilecek tehlikeleri minimuma indirmektedir. Ticari değeri yüksek ve çabuk bozulabilir malların zamanında ulaştırılmasına imkân tanımaktadır. Kargo elleçlemede hassas davranıldığından dolayı taşıma ve ambalajlama sigorta maliyetlerinin düşürülmesine imkan tanımaktadır. Havalimanlarının genellikle büyük merkezlere yakın alanlarda kurulmuş olması taşıma öncesi ve sonrası akış maliyetlerinin azalmasına olanak tanımaktadır. (MEB, 2011:24-25).

e. Boru Hattı Taşımacılığı

Boru hattı taşımacılığı, günümüzde petrol, doğalgaz ve su sıvı ve gaz halindeki kaynaklarının güvenilir ve hızlı bir şekilde üretim noktasından tüketim noktasına doğru akışını sağlayan bir taşımacılık şeklidir. Demiryolu taşımacılığında olduğu gibi boru hattı taşımacılığının da ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen taşıma maliyeti açısından oldukça avantajlı bir taşıma şeklidir. Yüksek miktardaki ürünlerin güvenilir ve ekonomik bir biçimde taşınmasına olanak tanımaktadır. Kısa ve uzun mesafe taşımacılık için tercih edildiği gibi devamlı taşımacılık için de tercih edilen bir taşıma şeklidir. Diğer taşıma şekilleri ile kıyaslandığında sadece gaz ve sıvı ürünlerin taşınması ile sınırlıdır. Esneklik derecesinin az olması boru hattı taşımacılığının dezavantajlarından biridir (Oğuz ve Oğuz, 2019:70).

Boru hattı taşımacılığı taşıma sistemleri içerisinde özel bir konuma sahiptir. 720 mm çapında olan bir boru hattı, yüz bin tonluk petrol tankerinden veya tek hatlı bir demiryolunun yıllık hacmine eşit olan iki milyon tondan daha fazla verimliliğe sahip olabilmektedir. 1200 mm çapında olan bir boru hattının verimi ise demiryolu taşımacılığından daha üstün olabilmekte ve yüz bin tona kadar çıkabilmektedir. Ayrıca boru hattı sınırlı bir araziyi işgal etmekte ve iklim değişiklikleri boru hattı üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. Boru hattının %95'lik kısmı yer altına gömüldüğünden demiryoluna göre %10'luk, karayoluna göre ise %3'lük bir arazi işgali yaratmaktadır. Bu durum boru hattı için ne kadar sınırlı bir arazi kullanıldığını göstermektedir. İnşaat maliyeti ise demiryoluna kıyasla %60 daha az ve karayoluna kıyasla daha kısa sürede yapımı tamamlanmaktadır. Boru hattı taşımacılığı, daha az gürültülü, güvenli, daha çevre dostu ve sürekli bir taşıma sistemidir (Qian vd., 2009:26).

Genel olarak boru hattı taşımacılığında sıvılar ve gazların taşındığı bilirse de günümüzde kömür taşımacılığı da boru hattı sayesinde gerçekleştirilmektedir. Geleneksel olarak kömür karayolu ve demiryolu ile taşınmaktadır. Boru hattı taşımacılığının

avantajları göz önüne alındığında kömür taşımacılığı için boru hattının kullanımı günümüzde yaygınlaşmaktadır (Qian vd., 2009:27).

1.2.7 Elleçleme

Elleçleme, basit olarak ürünlerin kısa mesafede en verimli biçimde yüklenip boşaltılması faaliyeti olarak tanımlanmaktadır. Günlük aktivitelerde hacimli ve ağır endüstriyel malzemelere kıyasla elleçlenmesi gereken az miktarda malzeme olmasına rağmen bu hacimli ve ağır malzemeler verimli bir biçimde taşınmamaktadır. Bu sebeple bu malzemeleri taşıyabilmek adına elleçleme ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde endüstriler, ağır yükleri güvenilir ve hızlı bir biçimde taşıyabilen elleçleme ekipmanlarına ihtiyaç duymaktadır. Ek olarak elleçleme herhangi bir faaliyet zamanının çoğunluğunu kapsadığı için de önemlidir (Arora ve Shinde, 2007:2).

Elleçleme, fabrika içerisinde malzemelerin mekanik ya da manuel olarak partiler halinde veya tek seferde hareketini kapsamaktadır (Arora ve Shinde, 2007:5). Lojistik sistemi içerisinde gerçekleşen elleçleme faaliyetleri genel olarak depo içinde ya da çevresinde gerçekleştirilmektedir. Mallar genel olarak depoya büyük miktarlarda ulaşmaktadır. Bu durumda gerçekleşen ilk elleçleme faaliyeti nakliye aracının boşaltılması olarak karşımıza çıkmaktadır. Çoğu depoda boşaltma işlemi manuel olarak gerçekleştirilse de değişen ürün özelliklerine uyum sağlayabilen sınırlı mekanize ve otomatik yöntemler de geliştirilmiştir. Ürünler genel olarak bir veya iki kişi tarafından boşaltılmakta, hareket verimliliği oluşturmak adına birim yük oluşturacak biçimde ürün kayar levhalar veya paletler üzerine elle istiflenmektedir. Bazı durumlarda ürünleri daha hızlı boşaltabilmek adına konveyör kullanımı da mevcuttur (İsmail, 2008:225).

Lojistikte gerçekleştirilen etkili bir elleçleme faaliyeti şu amaçları kapsamaktadır (Martin, 2018:359):

1. Ürünlerin zarar görmesini engellemek,
2. Taşıma performansını arttırmak,

3. Personel maliyetini azaltmak,
4. Araçların dinlenme süresini kısaltmak,
5. Ekipman dikkate alınarak organizasyonel süreç tasarımını optimize etmek.

Elleçleme işletmeye bazı avantajlar sunmaktadır. Bunlar (Arora ve Shinde, 2007:2-3);

- Ulaşım maliyetini düşürmek,
- Malzeme taşıma ve işçilik maliyetlerinde azalma sağlamak,
- Tesislerin ve zemin alanının daha verimli kullanımını sağlamak,
- Verimliliği iyileştirmek,
- Çalışanlar için iyileştirilmiş bir çalışma ortamı sağlamak,
- Çalışanların daha az yorulması,
- Daha fazla esneklik sağlamak,
- İş sürecinde tıkanıklığı azaltmak,
- İyileştirilmiş malzeme akışı sağlayıp, stokta azalmaya ve daha az geri izlemeye olanak tanımak,
- Kazaların azalmasına ve güvenliğin iyileştirilmesine olanak tanımaktadır.
- Elleçlemenin işletmeye sağladığı avantajların yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Arora ve Shinde, 2007:3);
- Elleçleme süreci iyi bir şekilde işlemezse kazalara yol açabilmekte,
- Ekipmanların ilk yatırım maliyeti yüksek olabilmekte,
- Düzenli ekipman bakımı gerektirmekte,
- Elleçlemede kullanılacak ekipmanı çalıştırmak ve kullanmak için vasıflı, deneyimli operatör gerekmekte,
- İşletme maliyeti ve kurulum maliyeti yüksek olabilmekte,
- Bazı durumlarda envanter taşıma maliyeti oldukça artabilmektedir.

Elleçleme faaliyetlerinde kullanılan ekipmanlar sürekli ve kesintili olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sürekli kullanılan elleçleme ekipmanları; torba yükleme ve boşaltma

için teleskopik bantlı ve bantlı konveyörlerden, çoklu ambalajlar, kasalar ve paketler için makaralı paletler ve küçük makaralardan, paletler için ise makaralı ve zincirli konveyörlerden oluşmaktadır. Kesintili bir biçimde kullanılan elleçleme ekipmanları ise, ağır parçaların elleçlenmesi için vinçlerden, paletli yükleme için forkliftler veya alçak kaldırma kamyonlarından oluşmaktadır. Taşıma hacmine bağlı olarak manuel veya tam otomatik elleçleme tercih edilebilmektedir (Martin, 2018:361).

1.3. LOJİSTİK TÜRLERİ

Günümüzde lojistik işlemlerine modern yöntemlerin kullanılması ile birlikte lojistik hizmetleri de çeşitlilik kazanmıştır. Her ürüne uygulanan lojistik hizmetleri farklı olduğundan lojistik tedarik, dağıtım ve üretim lojistiği olarak alt başlıklarda incelemek mümkündür.

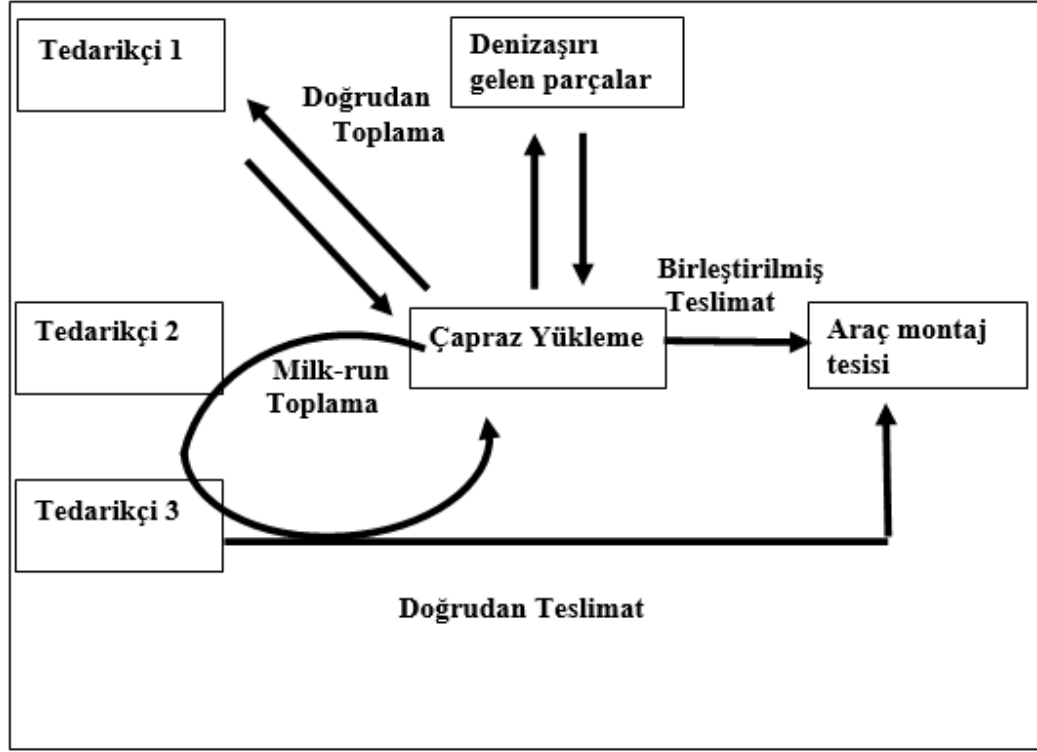
1.3.1 Tedarik Lojistiği

Literatüre gelen lojistik (Inbound) olarak da geçen tedarik lojistiği, hammaddenin kaynağından fabrikaya gelene kadar bilgi ve malzeme akışı ile bağlantılı operasyonlara karşılık gelen lojistiğin bir parçasıdır (Takita ve Leite, 2016:15).

Tedarik lojistiğinin amacı, doğru parçayı, doğru miktarda, doğru yerde ve doğru zamanda kullanmaktır. Tedarik lojistiği süreci tedarikçinin sevkiyat noktasından montaj hattındaki tüketim noktasına doğru uzanmakta ve bu süreçte yönetilen ana faaliyetler şunları içermektedir (Neubert ve Bartoli, 2009:1805):

- İç ve dış elleçleme faaliyetleri,
- Ambalajlama faaliyetleri,
- Taşıma (iade ve ekstra taşımalar dahil),
- Depolama,
- Envanter yönetimi,
- Takım hazırlığı, yeniden paketleme vb.,

Şekil 1.6. Tedarik lojistik sürecini göstermektedir (Miemczyk ve Holweg, 2004:178).



Şekil 1. 6: Tedarik (Gelen) Lojistiği Süreci

Kaynak: (Miemczyk ve Holweg, 2004:178)

1.3.2. Üretim Lojistiği

Üretim lojistiği, üretim sürecinde var olan malların veya hammaddelerin depolardan üretimin yapılacağı yere taşınması, ayıklanması, temizlenmesi, istiflenmesi, paketlenmesi ve korunmasına yönelik faaliyetler olarak tanımlanmaktadır (Deran vd., 2014:11).

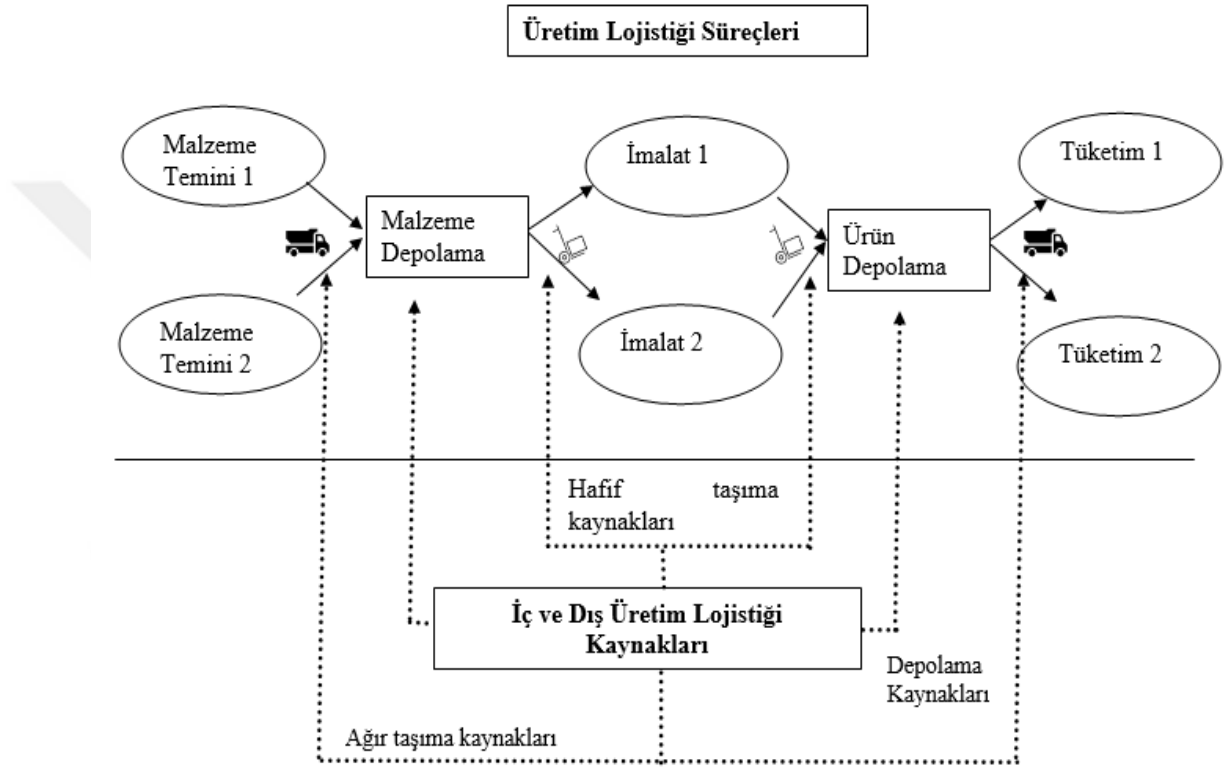
İşletme içi lojistik olarak da bilinen üretim lojistiği şu süreçleri içermektedir (Deshmane ve Shinde, 2009:3-4):

1. **Teslim alma:** Konteynerlerin ve kamyonların boşaltılması, malların hareketi ve mal miktarının kontrolü,
2. **Depolama:** Malzeme hareketi, malzemelerin stoklar içinde ele alınması ve stok denetimleri,
3. **Stok veya parça sayımı:** Döngüsel parça sayımı,
4. **Tüketim noktalarında tedarik:** Üretim hattında var olan parçaların ele alınması, stoklardan tüketim noktasına doğru malzeme hareketi ve operasyonların kalite kontrollerinin sağlanması.

Üretim lojistiği, üretim süreci için gerekli yarı mamul, mamul ve hammadde gibi gerekli malzeme ve üretim araçlarının temini, malzeme akışı, bilgi akışı, üretim süreci ve alt süreçlerin uyumu ve üretilen ürünlerin tüketiciye ulaştırılmasını sağlamak için gerekli olan bir sistemdir (Nagy vd., 2018:4).

Üretim lojistiği, üretim esnasında malzeme transferinden sorumlu olan ve üretim süreci içerisinde gerçekleştirilen lojistik faaliyetleri ifade etmektedir. Üretim lojistiği tüm üretim sürecinin %95 yürütme sürecini kapsamaktadır ve bu durum genel üretim verimliliği üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Üretim lojistiğinin yürütülmesi süreci iç ve dış dinamiklerle bağlantılıdır ve dış dinamiklerde müşterilerden ziyade birbiri ile bağlantılı üretim aşamaları yer almaktadır. Müşteri talepleri işletme tarafından üretim görevine dönüştürüldükten sonra yürütme döngüsü kısalmakta ve etki kapsamı genişlemekte ve üretim lojistiği sürecine fazla dış dinamik getirmektedir. Aynı zamanda forklift gibi üretim lojistiği ekipmanlarının operatörün davranışlarına bağlı olması daha fazla iç dinamik gerektirmektedir. Tüm bu faktörler üretim lojistiği sürecinin kontrolünü ve yönetimini zorlaştırmakta ve tam zamanında üretim gibi üretim süreçleri ile üretim lojistiğinin sıkı bir biçimde birleşmesine neden olmaktadır. Üretim lojistiği sürecine 3PL katılımı faaliyetlerin kapsamını ve kaynak türlerini genişletmektedir. Üretim lojistiği performansını etkin bir biçimde sağlamak dinamiklerle nasıl başa çıkılacağı ile yakından ilgilidir (Qu vd., 2016:148).

Üretim lojistiği kaynakları ve süreçleri Şekil 1.7.'de gösterilmektedir (Qu vd., 2016:149).



Şekil 1. 7: Üretim Lojistiği Kaynakları ve Süreçleri

Kaynak: (Qu vd., 2016:149)

1.3.3 Dağıtım Lojistiği

Malların üretim noktasından alınıp depolara taşınması, depodaki kontrollerin sağlanması, bakımların gerçekleştirilmesi, elleçleme ve malzeme yönetimi faaliyetleri, malların perakendeci, toptancı veya tüketiciye ulaştırılması amacıyla araçlara yüklenmesi ile istenilen yere teslimatının gerçekleştirilmesi işlemi ve bu süreçte ortaya çıkabilecek diğer tüm faaliyetler, bu faaliyetlerin yönetimi ve bilgi akışının sağlanması dağıtım lojistiği olarak tanımlanmaktadır (Deran vd., 2014:12).

Dağıtım lojistiğinin kapsadığı faaliyetler aşağıda verilmiştir (Öz, 2019:64-65):

- Sözleşmeli depoculuk,
- Tüm faaliyetlerin gerçek zamanlı izlenebilmesi için elektronik bilgi yönetimi,
- Malların istenilen yere (toptancı, perakendeci, müşteri vb.) teslim edilmesi
- Garanti kapsamında olan ve hurda olarak tanımlanan malın dağıtım merkezine iadesinin gerçekleştirilmesi.

Dağıtım lojistiği literatürde giden yük (outbound) lojistiği olarak da tanımlanmaktadır. Dağıtım lojistiği malları toplama, malzeme taşıma, ağ yönetimi ve planlanması, sipariş işleme, depolama, araç rotalama, araç programlama ve tüketiciye teslim etme gibi faaliyetleri içermektedir. Dağıtım lojistiği genel olarak bitmiş ürünlerle ilgilenir ve daha fazla seçeneğe sahiptir. Yüksek değerli ürünler ve sıkı müşteri teslimatı gereksinimlerinden dolayı süreç biraz daha karmaşıktır (Wu ve Dunn, 1995:29).

1.4 LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE YENİ EĞİLİMLER

Lojistik sektörü bulunduğu konum itibariyle değişimlerin merkezinde yer almaktadır. Ürün özellikleri ve müşteri taleplerindeki hızlı değişim, hizmet ve üretim sektörünü etkilediği kadar lojistik sektörünü de etkisi altına almış durumdadır. Lojistik faaliyetlerine birtakım zorluklar getiren üretim süreçlerinde meydana gelen değişiklikler, küreselleşmeyle dünyanın tek bir pazar haline gelmesi, yeni üretim felsefeleri ve pazardaki sürekli değişimler, işletmelerin ekonomik performanslarını artırma isteği, yeni üretim teknolojilerinin ortaya çıkması, çevreye olan bilincin giderek artması gibi durumlar sonucu yeni iş fikirlerine ihtiyaç duyulmuş ve lojistik sektöründe yeni eğilimler ortaya çıkmıştır. İşletmeler yeni eğilimlere ayak uydurarak işletme içinde ve dışında daha etkin ve verimli olmayı amaçlamaktadırlar.

1.4.1 Yeşil Lojistik

Ekonomik, teknolojik ve ticari gelişmelerin beraberinde getirdiği yenilikler ile çevreye verilen değerin azalması, kaynakların hızlı tüketimi, açlık, kıtlık, iklimdeki olumsuz değişimler gibi olumsuz faktörler işletmeleri çevrenin ve kaynakların korunması konularına çekmiş ve yeşil lojistik kavramı ortaya çıkmıştır.

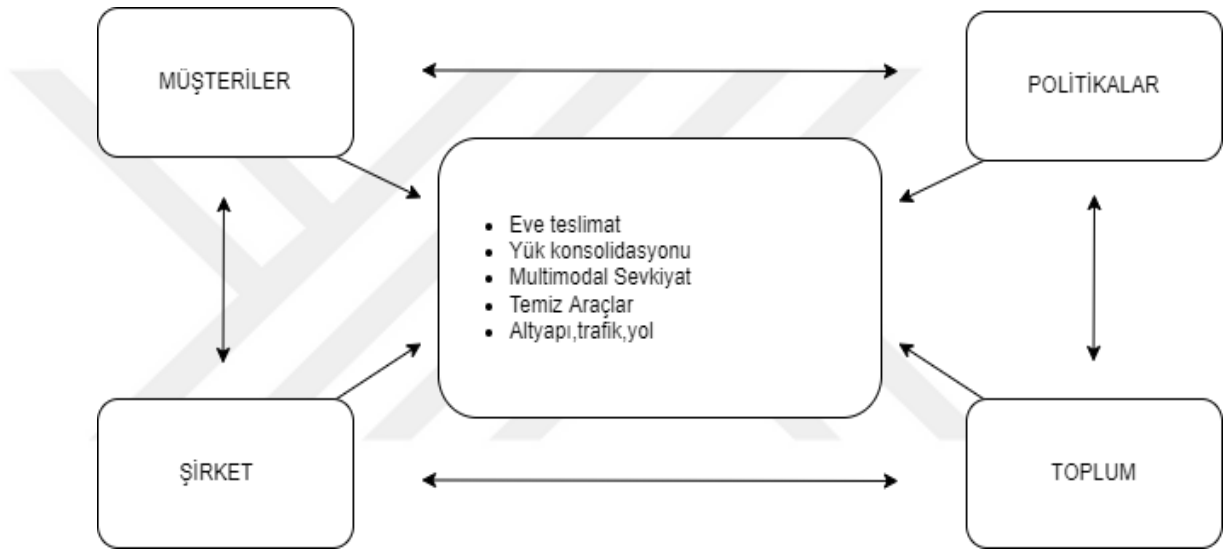
Üretim ve dağıtımda uygulanmakta olan geleneksel lojistik faaliyetleri genel olarak maliyetleri minimuma indirmeye odaklanmıştır. Geleneksel lojistik faaliyetlerinde çevrenin korunması ile ilgili özel bir amaç bulunmamaktadır. Buna karşın yeşil lojistik, çevrenin korunmasına önem göstererek yeni iş uygulamaları ortaya koymaktadır. Yeşil lojistik çevresel ve sosyal faktörler dikkate alınarak ürünlerin çevreye zarar vermeden ve sürdürülebilir bir biçimde üretilmesi ve dağıtımı ile ilgilenmektedir. Bu bağlamda yeşil lojistik hedefleri yalnızca lojistik sektörüyle alakalı değildir. Oluşan kirliliğin ve zararın çevre üzerindeki etkilerinin yanı sıra toplum üzerindeki etkilerini de dikkate almakta ve bu etkileri minimuma indirmeyi amaçlamaktadır. Yeşil lojistik faaliyetleri kapsamında enerji kullanımında azalma sağlamak, atıkların azaltıp arıtmak ve dağıtım stratejilerinin çevresel etkilerini ölçmek gibi uygulamalar gerçekleştirilmektedir (Sbihi ve Eglese, 2007:99-100).

Lojistik malların transferi, bilgi ve ortaya çıkan lojistik sürecin koordinasyonuna odaklanırken yeşil lojistik, çevre dostu ulaşım modlarının işletmeye nasıl dahil edileceğine ve lojistik süreçlerin çevresel etkilerinin hangi yollarla azaltılacağına odaklanmaktadır. Lojistik temel olarak teslimat hızını arttırmaya, maliyetleri düşürmeye, optimizasyona ve maksimum gelir elde etmeye odaklıdır ve yeşil ulaşım modları ve çevreci çözümler odak noktasında bulunmamaktadır. Yeşil lojistiğin odağında ise kaynakların, atıkların, emisyonların verimsiz kullanımının sebep olduğu olumsuz etkiler yer almaktadır (Tamulis vd., 2012:710).

Yeşil lojistik temel olarak çevrenin korunmasını, yenilenebilir kaynakların kullanılmasını, doğal kaynakların korunmasını, atıkların ve karbon salınımının en aza

indirilmesini amaçlamaktadır. Yeşil lojistiğin verimli olabilmesi için gerçekleştirilen tüm lojistik faaliyetlerin çevreye duyarlı bir biçimde iş birliği içinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Yılmaz ve Keser, 2018:641).

Yeşil lojistik uygulamalarını etkileyen faktörler Şekil 1.8. de gösterilmektedir (Tamulis vd., 2012:710).



Şekil 1. 8:Yeşil lojistiği etkileyen faktörler

Kaynak: (Tamulis vd., 2012:710)

Çevrenin korunması konusunda hassas olan müşteriler, emisyonları en aza indirecek biçimde temiz enerjili araçlarla teslim edilebilen ürünler tercih edebilir. Bu durum sonucunda tedarikçi normal faaliyetlerini çevreci bir şekilde gerçekleştiriyor olsa bile yeşil çözümler sunmaya zorlanmaktadır. Müşteriler fazla emisyon salınımını önlemek adına yakın mağazalardan ürününü teslim almak isteyebilir veya eve teslimatı tercih edebilir. Müşteriler gibi toplum da yeşil lojistik faaliyetlerini etkilemektedir. Toplum da müşteriler gibi yeşil taşımacılık ile teslim edilen ürünleri almayı tercih edip, işletmeleri yeşil faaliyet gerçekleştirmeye zorlamaktadır. Politika yeşil lojistiği etkileyen faktörlerin en güçlüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeşil lojistik ile ilgili çözümler alt yapı inşa etme, teşvikler sağlama, kanun yayınlama gibi düzenlemelerle sağlanmaktadır. Şirketin

yeşil lojistiğe geçmesi durumu veya geleneksel lojistik faaliyetlerine devam edip etmeyeceği politika ile de yakından ilgilidir (Tamulis vd., 2012:709-710).

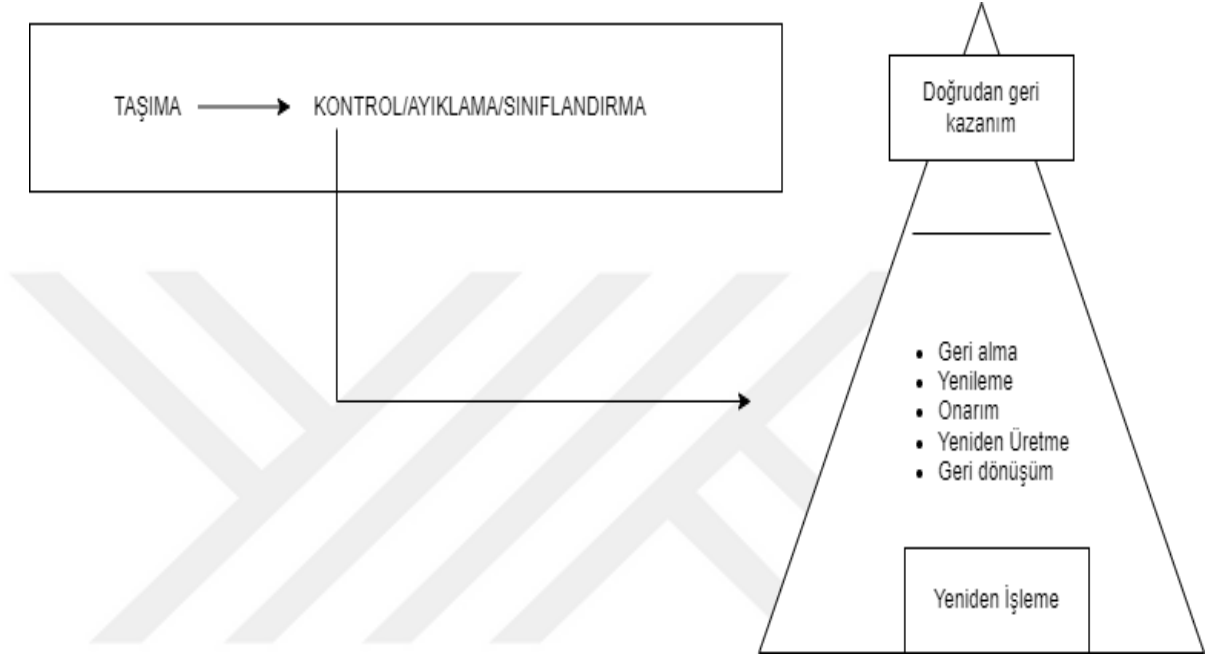
1.4.2 Tersine Lojistik

Tersine lojistik, temel anlamda ürünleri tüketicilerden satıcılara veya üreticilere doğru taşıyan bir lojistik süreçtir ve geri dönüşüm, iade gibi faaliyetleri içermektedir. Geleneksel olarak ürünün değerini yeniden yakalamak veya elden çıkarmak amacıyla tüketim noktasından kanal üyeleri aracılığıyla üretim noktasına geri taşıma olarak ifade edilmektedir. Tersine lojistik ileri akış sistemindeki malzemeyi azaltmak, iadeleri önlemek ve malzemelerin geri dönüştürülüp yeniden kullanımını sağlamak amacıyla hizmet etmektedir (Gattorna, 2003:267).

Tersine lojistik, mevsimlik envanteri, zarar görmüş malların iadesi, yeniden stoklama işlemleri, eski ekipmanları elden çıkarma, geri dönüşüm ve varlık kurtarma gibi faaliyetleri içermektedir. Tersine lojistik süreci, geri akışın esas olarak ambalajlardan mı yoksa ürünlerden mi kaynaklandığına bağlı olarak iki temel alana ayrılabilir. Tersine lojistik uygulamaları kanal türüne ve sektöre göre de değişiklik gösterebilmektedir. Operasyonel maliyetler içinde geri dönüşüm maliyetleri daha büyük paya sahip olan endüstriler daha gelişmiş tersine lojistik süreçlerine ve sistemlerine sahip olma eğilimindedirler (Elmas ve Erdoğan, 2011:163-164).

Tersine lojistik faaliyetleri ürünlerin geri kazanımı veya değerinin geri alınması talebiyle tedarik zincirine geri dönmesi ile başlamaktadır. Prensip olarak, ürünü geri gönderen bir taraf ve ürünün değerini kazanıp, yeniden satmaya ve dağıtmaya çalışan bir diğer taraf bulunmaktadır (De Brito ve Dekker, 2002:6).

Şekil 1.9. Tersine Lojistik Süreçlerini göstermektedir (De Brito ve Dekker, 2002:14).



Şekil 1. 9:Tersine Lojistik Süreçleri

Kaynak: (De Brito ve Dekker, 2002:14)

Tersine lojistikte 4 ana süreç bulunmaktadır; ilk olarak toplama, ardından birleşik olarak gerçekleştirilen kontrol/ayıklama/sınıflandırma, üçüncü olarak doğrudan geri kazanım ve son olarak yeniden dağıtım süreçleri bulunmaktadır. Toplama, ürünleri müşterilerden alıp geri kazanım noktasına getirme faaliyetidir. Bu süreçte ürünler kontrol edilmekte, kaliteleri değerlendirilmekte ve geri kazanım türüne karar verilmektedir. Doğrudan geri kazanım yeniden kullanımı, yeniden satışı ve dağıtımı kapsayan bir süreçtir. Yeniden işleme süreci ise yenileme, onarım, yeniden üretim ve geri dönüşüm faaliyetlerini kapsamaktadır. Son olarak yeniden dağıtım ile geri kazanılan ürünler yeni tüketicilere ulaştırılmaktadır (De Brito ve Dekker, 2002:13-14).

Tersine lojistik ve ileri lojistik arasındaki fark Tablo 1.1 de gösterilmektedir (Farahani vd., 2011:248).

Tablo 1. 1:Tersine Lojistik ve İleri Lojistiğin Farklılıklar

İLERİ LOJİSTİK	TERSİNE LOJİSTİK
Birden çok taşıma modu bulunmaktadır.	Birden çok taşıma modu bulunmaktadır.
Tahmin nispeten basittir.	Tahmin daha zordur.
Variş yeri, rota ve düzenleme seçenekleri mevcuttur.	Variş yeri, rota ve düzenleme seçenekleri belirsizdir.
Paketleme, fiyatlandırma ve ürün kalitesi nispeten standarttır.	Paketleme, ürün kalitesi gibi faktörler standart değildir.
Kullanılan muhasebe sistemi ileriye dönük dağıtım giderlerini yakından takip etmektedir.	Geriye dönük giderleri ölçmek genellikle imkânsızdır.
Standartlaştırılmış bir kanal mevcuttur.	Kanal içerisinde sapmalar bulunmaktadır.
Ürün yaşam döngüsü kontrol edilmektedir.	Ürün yaşam döngüsünün tahmini daha zordur.
Envanter yönetimi uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmektedir.	Envanter yönetimi uyumlu bir şekilde gerçekleştirilememektedir.
Net pazarlama yöntemleri bulunmaktadır.	Pazarlama süreci karmaşıktır.

Ürün takibi için gerçek zamanlı verilere kolayca erişilebilmektedir.	Süreç görünmezdir.
Taraflar arasında gerçekleştirilen işlemler basittir.	Görüşmelerin fazla olması işlem karmaşıklığını da beraberinde getirir.
	Fiyatlandırmayı belirleyen birçok öge bulunmaktadır.

Kaynak: (Farahani vd., 2011:248)

Tersine lojistik ve atık yönetimi kavramları birbirini çağrıştırırsa da aralarında bazı temel farklılıklar bulunmaktadır. Atık yönetimi, genellikle yeniden kullanımı mümkün olmayan ürünlerin verimli bir biçimde toplanıp işlenmesi ile ilgili bir faaliyettir. Tersine lojistik ise, yeni bir ürün olarak geri kazanabilmesi mümkün ve bir değere sahip olan ürünleri dönüştürme faaliyetidir. Ürünlerin geri kazanımı noktasında yeşil lojistik ve tersine lojistik kavramları da birbirini çağrıştırırsa da aralarında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Yeşil lojistik, lojistiğin çevreye olan etkisini anlamak ve bu etkinin azaltılması ile ilgilenirken, tersine lojistik, malların tüketim noktasındaki değerinin yeniden kazanılması ile ilgilenmektedir (Farahani vd., 2011:247).

1.4.3 E-Lojistik

E-lojistik tedarik zinciri üyeleri arasında veri, bilgi ve tecrübeleri teknolojiyi kullanarak paylaşan ve temel lojistik sürecinin odağına müşteriye yerleştirecek şekilde dönüştüren dinamik bir bilgi işlem, iletişim ve iş birliği olarak tanımlanmaktadır. E-lojistik doğru karar vermeyi ve olayların eş zamanlı bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. E-lojistiğin amacı; doğru ürünü, doğru müşteriye, doğru yerde, doğru zamanda ve doğru miktarda ulaştırmaktır. E-lojistik internet ve diğer teknolojilerin gücünden faydalanarak tedarik zinciri ortaklarına sağlam bilgi ve yüksek düzeyde görünürlük sunmaktadır (Wang vd., 2004:187).

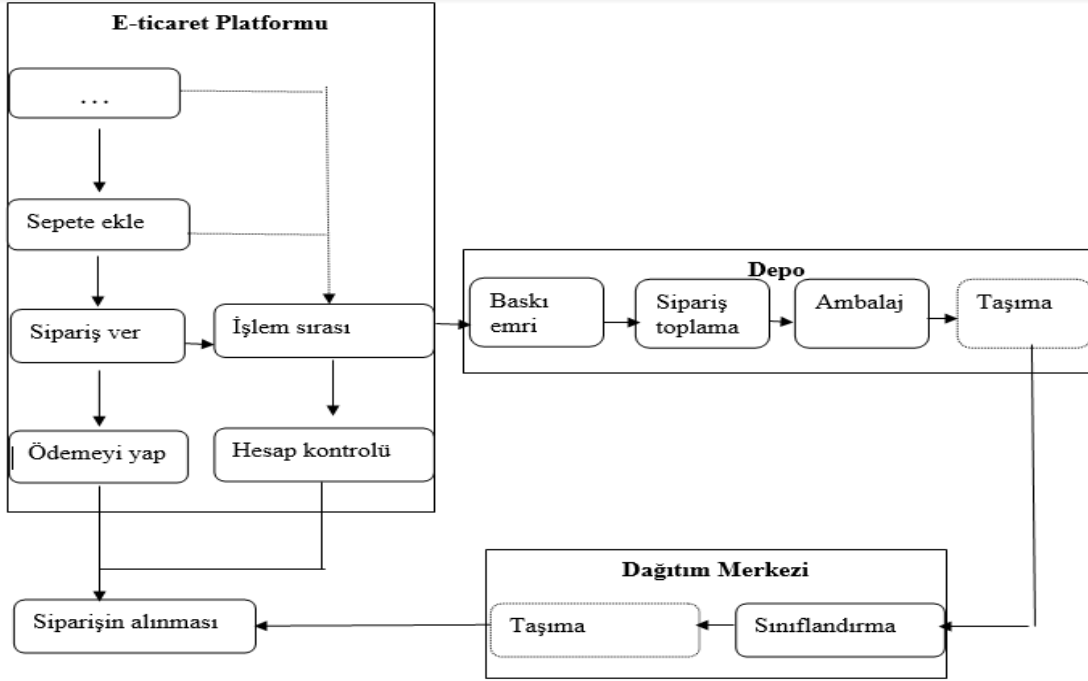
E-lojistik depo ve araç sistemleri ile doğrudan ilişki kurarak tüm bilgilere erişim sağlamayı mümkün kılmaktadır. Üretim ağı boyunca var olan tüm işlemler e-lojistik sayesinde hızlı ve basit veriler şeklinde iletilmektedir. E-lojistik sayesinde nakliye siparişleri verilebilmekte, kargo ücretleri hesaplanabilmekte, depodaki prosedürler ve sevkiyatlar aşamalı olarak takip edilebilmekte ve koordinasyon için gerekli olan doğru bilgilere ulaşılabilmektedir (Kanagavalli ve Azeez, 2019:12807).

E-lojistik 4 ana bileşenden oluşmaktadır (Gunasekaran vd., 2007: 336-337);

1. Elektronik bilgi yönetimi
2. Tek noktadan katma değerli hizmetler
3. Ulaşım ağı
4. Depo işlemlerinde otomasyon

E-lojistiğin operasyon süreci, içerisinde lojistik hizmet sağlayıcıları, e-ticaret platformları, müşteriler ve e-perakendeciler gibi birbirinden farklı paydaşları barındıran karmaşık bir yapıdır. Bu süreçte operasyonel riskler ortaya çıkabilmektedir. İşletme tarafından operasyonel riskleri önlemenin yolu, geçmiş e-ticaret işlem verilerinden faydalanıp, öncelikle temel e-lojistik faaliyetlerini sağlamaktan geçmektedir. E-lojistik operasyonları müşterinin siparişi vermesiyle başlar. Sonraki adımda e-perakendeciler siparişi alır, detayları kontrol eder ve siparişleri işleme alırlar. Sipariş edilen ürünler içeriklerine göre farklı depolara gönderilir, çıktısı alınır ve depo operatörüne yönlendirilir. Operatörler ürünleri depo raflarından toplar, siparişteki ürünleri sevkiyata hazır hale getirmek için paketleme işlemini gerçekleştirir. Bu ürünler dağıtım merkezine yönlendirilir, varış yerine göre sınıflandırılır ve nihai müşteriye teslimatı gerçekleştirilir. Müşteriler siparişi almadan önce online veya offline olarak ödemeyi gerçekleştirmeli ve bu işlemten sonra perakendeci kendi hesabını kontrol etmelidir. Siparişler müşteri tarafından sorunsuz bir şekilde teslim alındıktan sonra e-ticaret lojistiği süreci sona ermektedir (Xu vd., 2019:30-31).

Şekil 1.10’da E-lojistik operasyon sürecini şematik olarak göstermektedir (Xu vd., 2019:30-31).



Şekil 1. 10: E-lojistik Operasyon Süreci

Kaynak: (Xu vd., 2019:30-31)

- E-lojistiğin işletmeye avantajlarını şöyle sıralayabiliriz (Karagöz, 2012:85):
- İşletmenin süreçlerini hızlandırır,
- İşletmenin ürün yelpazesinin genişlemesine yardımcı olur,
- İşletmenin evrak, kırtasiye vb. harcamalarında azalma sağlanır ve tekrarlı işlemlerden kurtulmaya yardımcı olarak maliyetleri azaltır,
- İşletmenin içinde ve dışında var olan iletişim eksikliğinin sebep olduğu sorunlar ortadan kalkar.

E-lojistiği dış kaynak kullanımı olarak tercih eden işletmelere sağladığı avantajları ise şöyle sıralayabiliriz (Karagöz, 2012:85):

- İşletmenin maliyetlerinin azalmasına yardımcı olur ve etkinliği arttırır,
- Müşterinin gözünden işletmenin saygınlığı artar,
- Satın alma, dağıtım vb. faaliyetlerinde gelişme sağlanır,
- İşletme bilgi teknolojilerinden faydalanarak kendi işlerine odaklanır.
- E-lojistiğin müşterilere sağladığı avantajları sıralamak gerekirse (Karagöz, 2012:86):
- Online sipariş sayesinde müşteri fiyat kıyaslaması yapabilir,
- Siparişlerin yanlış adrese gönderilmesi veya kaybolması gibi olası hatalara anında tepki verilir,
- Müşteriler, istedikleri bilgilere istedikleri zaman ulaşabilirler,
- Müşteriler, sipariş süreciyle ilgili bilgilere anlık ulaşabildiklerinden normal hayatlarındaki planlamalarını kolayca yapabilirler,
- Üretim için gerekli malların ve malzemelerin tespiti önceden gerçekeştiğinden teslimi de hızlı bir biçimde gerçekeştirilir.

1.4.4 Akıllı Lojistik

Akıllı lojistik, literatürde Lojistik 4.0 olarak da geçmekte ve temeli modern, gelişmiş bilgi iletişim teknolojilerine dayanmaktadır. Akıllı lojistik süreçler ile ilgili bilgileri gerçeğe zamanlı olarak işlemekte, kapsamlı bir biçimde analiz etmekte ve bu sayede akıllı bir biçimde modern lojistik sistemini gerçekeştirmektedir. Akıllı lojistik sistemi zaman ve maliyet tasarrufu konusunda işletmeye yardımcı olabilmekte, uçtan uca görünürlük sağlayabilmekte, lojistik depolama, işleme, dağıtım, taşıma ve bilgi hizmetleri gibi faaliyetlerde iyileşmeler sağlayabilmektedir (Song vd., 2021:4250).

Akıllı lojistik, lojistik çözümlere dayalı olan yeni nesil Endüstri 4.0 için güçlü bir temel sağlayarak dijital ilerlemeyi destekleyecek bir biçimde tasarlanmış olan bir

sistemdir. Bu sebeple akıllı lojistik ekonomik büyümeyi de aşağıdaki yollarla desteklemektedir (Issaoui vd., 2021:3184):

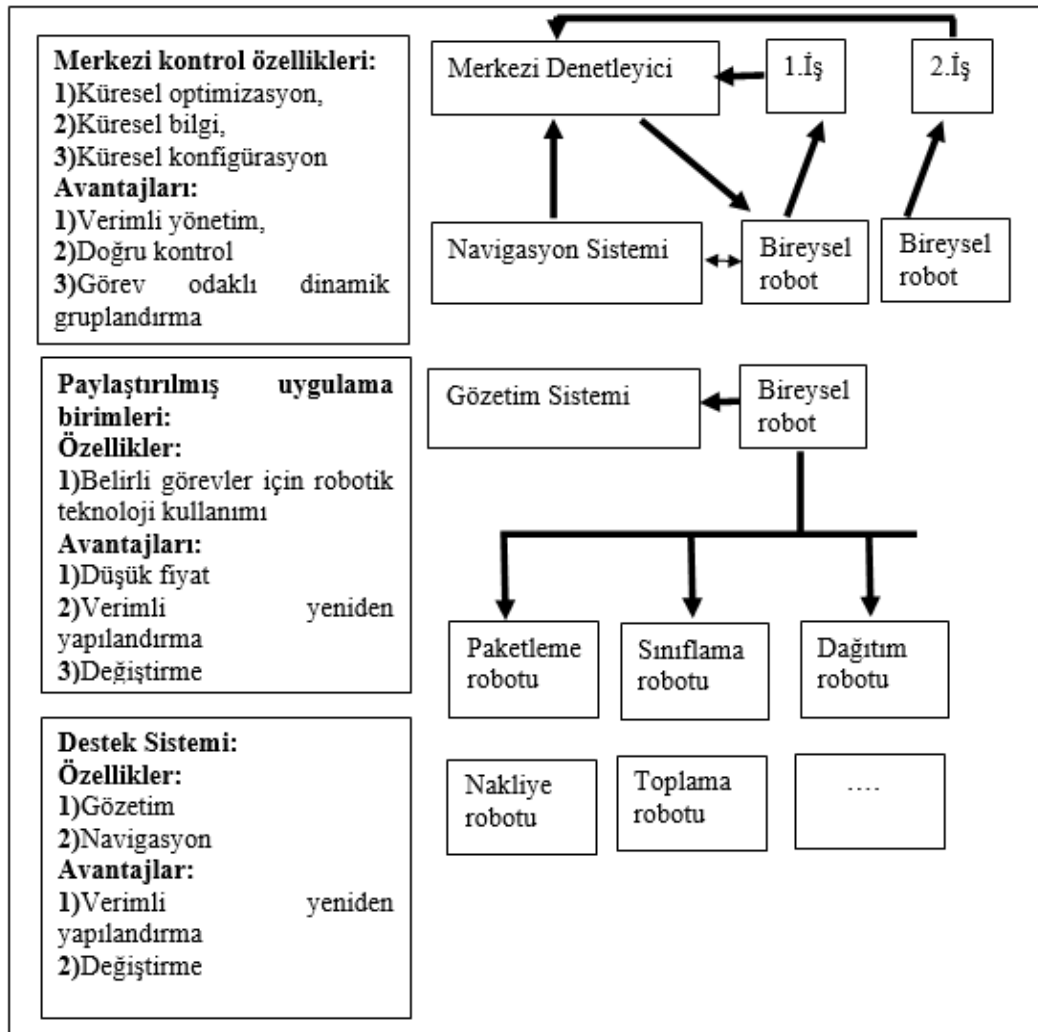
- Siparişlerin hazırlanması sürecinde kullanılan robotların ortalama tepki süresi minimizasyonunu sağlayarak,
- İşletici ve sensörler gibi Nesnelerin İnterneti IOT (Internet of Things) bileşenlerinin entegrasyonu ile platform iyileştirmesi sağlayarak,
- Yeterli hizmet, müşteriye özel ürünler ve zamanında teslimat aracılığı ile müşteri sadakatini sağlayarak,
- Görevleri otomatikleştirerek, otomatik öğrenme algoritmaları vasıtasıyla güzergahları optimize edip maliyet optimizasyonu sağlayarak,
- Çalışma yöntemlerini Siber Fiziksel Sistemler CPS (Cyber Physical System) sistemlerini güncelleyerek, karar verme sürecini ise merkezden bağımsız olarak gerçekleştirilmesi yoluyla desteklemektedir.

Akıllı lojistik sistemi içerisinde bilgi teknolojilerine dayalı olarak gerçekleştirilen lojistik faaliyetler aşağıda verilmiştir (Wen vd., 2018:103-104);

- **Akıllı Depolama:** Robotlar malları taşıma, sınıflandırma, yükleme ve boşaltma gibi görevlerde insan gücünün yerini almak veya yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Akıllı bir depolama sistemi depo yöneticilerine depodaki mevcut durum ve giriş-çıkış faaliyetleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Böylelikle olası gecikmeler gibi ortaya çıkabilecek durumlara önceden müdahale edilebilmekte ve işler zamanında gerçekleşmektedir.
- **Verimli Taşımacılık:** Taşımacılık talepleri, taşıma araçları hakkında detaylı ve gerçek zamanlı bilgiyi sağlamakta ve her talebe uygun optimum çözümler sunmaktadır.
- **Güzergâh Takibi:** Güzergâh takibinin amacı, tüm güzergâh boyunca malları doğru bir biçimde konumlandırmaktır. Üreticilerin ve tüketicilerin ürünlerini gerçek zamanlı olarak takip etmelerini ve öngörülebilir çizelgeler elde

etmelerini sağlayan sistemdir. Lojistik şirketleri yüksek şeffaflık sağlayarak müşteri memnuniyeti sağlayabilmektedir.

- **Akıllı Teslimat:** Akıllı teslimat sistemi, tüketiciler için kapıdan kapıya teslimatı gerçekleştiren dronlar ve otonom araçları içeren bir sistemdir. Verimli teslimata benzer biçimde akıllı teslimat sistemi rota planlama algoritmaları ile rota belirlemede küresel optimizasyonu sağlayarak kullanıcı için önemli olan ortalama bekleme süresinin azalmasına yardımcı olur. Sistem ek olarak acil durumlarda mevcut planları duruma göre güncelleyebilmektedir.
- **Kesin Tedarik Zinciri:** Lojistik şirketler akıllı lojistiğin getirdiği büyük veri ve, yapay zekâ gibi teknolojilerle önceki verileri inceleyebilmekte ve müşteri davranışlarını daha düzgün bir biçimde tahmin edebilmektedirler.
- Bu sayede tedarik zincirinde var olan müşterilerle kesin bağlantılar sağlayabilmekte ve tedarik ağını gclendirebilmektedirler.
- **Yeşil Lojistik:** Sürdürülebilir kalkınma amaçları dikkate alındığında, evre dostu elektrikli ve hibrit araçların şehir lojistiği sistemlerinde kullanılması lojistik hizmet sağlayıcıları ve yerel yönetimler için yükselen bir değerdir. Bu sayede lojistik hizmet sağlayıcıları sadece teslimat maliyetlerinde azalma elde etmekle kalmayıp bunun yanı sıra sorumlu ve olumlu bir imaja sahip olacaklardır.
- **Akıllı Taşıma Sistemi:** Akıllı taşıma sistemleri ITS (Intelligent Transportation System) ve akıllı lojistik birçok teknolojiyi paylaşmaktadır. Her iki akıllı sistem de teslimat ve yk planlaması, filo takip sistemleri ve insansız araçlar gibi teknolojilerden yararlanmaktadır. Akıllı lojistik ile verimlilik üzerindeki herhangi bir iyileştirme akıllı ulaşım sisteminde daha az yakıt kullanımını, daha az gürültü oluşmasını ve araç kapasite kullanım oranlarını doğrudan artmasını sağlayacaktır. Akıllı lojistik sistemi ana hatları ile şekil 1.11.'de gösterilmektedir (Wen vd., 2018:104).



Şekil 1. 11: Akıllı Lojistik Sistemi Mimarisi

Kaynak: (Wen vd., 2018:104)

1.5 LOJİSTİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Küreselleşme ve sanayileşmenin etkisiyle lojistik süreçlerinde ve günlük hayatta kullanılan tüm araç ve gereçler çevreye zarar verecek atıklara neden olmaktadır. (Demirci ve Manavgat, 2019:103). Gerçekleştirilen faaliyetlerin sebep olduğu zararlı etkiler ve küreselleşme ile birlikte lojistik süreçlerin daha yoğun bir biçimde uygulanmasının çevreye verdiği zararlar işletmeleri sürdürülebilir yaklaşımlara zorlamaktadır. Bu sebeple sürdürülebilir kalkınma kavramının önemi her geçen gün daha fazla artmaktadır.

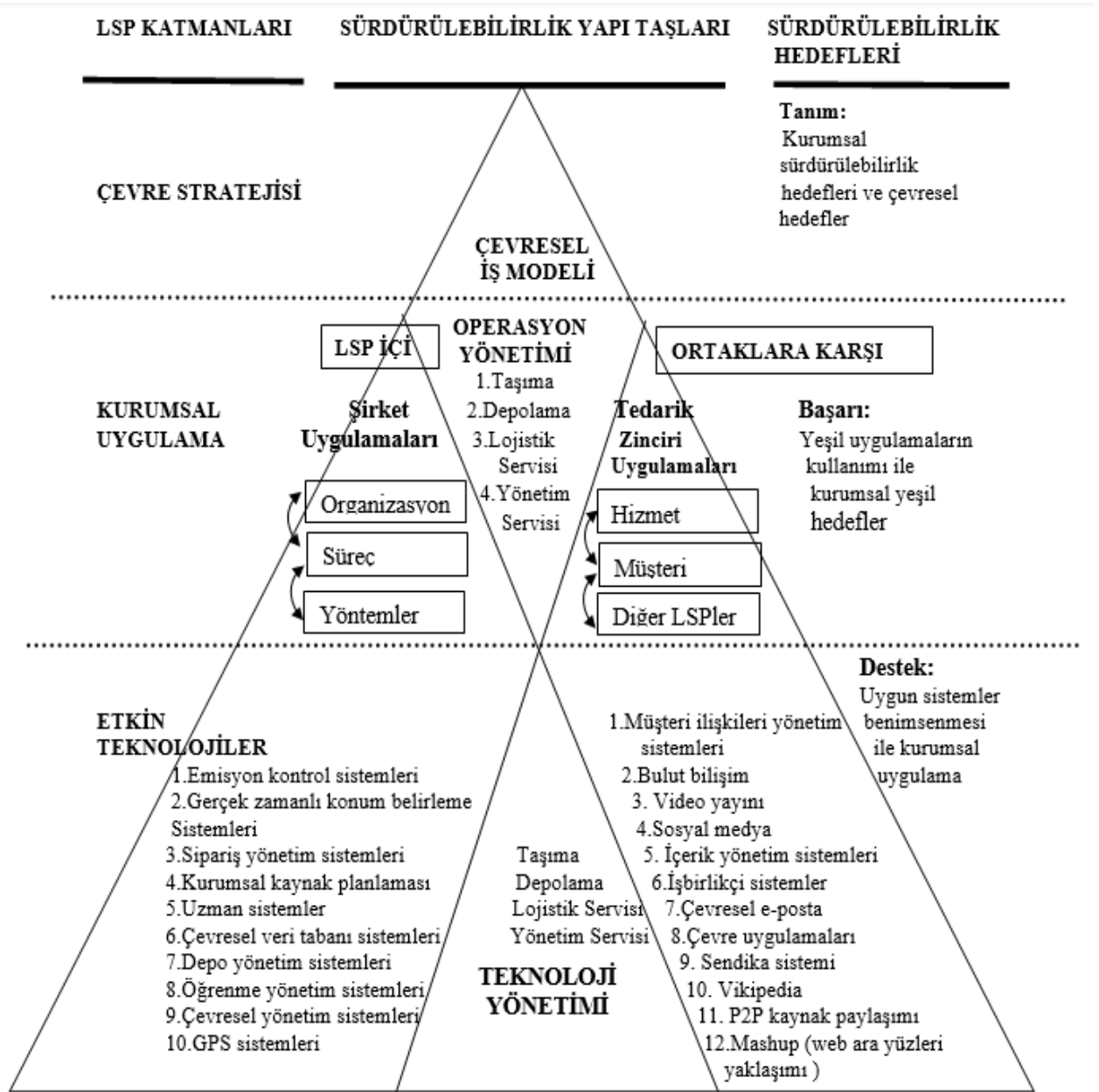
Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun WCED (World Commission on Environment and Development) tanımına göre “sürdürülebilir kalkınma; gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneklerini onların elinden almadan bugünkü ihtiyaçları kaynakları tüketmeden, geleceği göz ardı etmeden karşılamaktır” (WCED, 1987:54).

Sürdürülebilir kalkınmanın ana felsefesi gerçekleştirilen tüm faaliyetlerde geleceğini ve gelecek nesilleri düşünerek kaynak kullanılmasını sağlamaktır. Sürdürülebilir kalkınma çevresel, ekonomik ve sosyal boyutta sürdürülebilirliği kapsamaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için sorunların çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları ele alarak bütünsel bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir (Seydioğulları, 2013:19).

Sürdürülebilir lojistik ise, sürdürülebilir kalkınma ile lojistik sisteminin birleşmesiyle oluşan bir kaynak yönetim sürecidir. Sürdürülebilir lojistik sistemi faaliyetlerin çevresel etkilerini azaltmaya, maliyetleri düşürmeye ve topluma olan etkisini ele almaya odaklanarak tedarikçi seçimi, satın alma, üretim, dağıtım, depolama gibi lojistik operasyonları sürdürülebilir bir biçimde gerçekleştirmektedir. Sürdürülebilir lojistik sistemi işletmeye, enerji verimliliği, artan varlık kullanımı, gelişmiş müşteri hizmetleri, toplum üzerindeki negatif etkilerin azalması ve iyileştirilmiş yaşam kalitesi gibi çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar sağlamaktadır (Wichaisri ve Sopadang, 2013:1018).

Etkili bir çevresel sürdürülebilirliğin, kurumsal uygulama, çevresel stratejiler ve teknolojileri mümkün kılan üç düzeyin her birini uzun vadede kapsamaları gerekmektedir. Lojistik hizmet sunan işletmeler çevresel stratejilerini tanımlarken çevresel iş modellerinin fırsatlarını ve tehditlerini değerlendirmek ve buna göre hareket etmek durumundadırlar. Kurumsal uygulama ise tedarik zinciri ortaklarına doğru ve şirket içerisinde olmak üzere iki yönde hareketini gerçekleştirmektedir. Teknoloji ise sürdürülebilir bir girişimin merkezinde olmasa da aslında bu girişimi kolaylaştırmaktadır. Teknoloji, yeşil faaliyetlerle temsil edilen uygulama blokları sayesinde kurumsal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını desteklemektedir. Bu sebeple teknoloji, işletmenin çevresel modelinin evrimini mümkün kılmaktadır (Centobelli vd., 2020:2). Bu bağlamda teknoloji işletmeye sürdürülebilirlik konusunda yardımcı olup itici bir güç haline gelebilir. Diğer taraftan işletme yalnızca faaliyetlerini tamamlamak adına sürdürülebilirliği dikkate almadan da teknolojiyi kullanabilir. Dolayısıyla işletmenin teknolojiyi hangi şekilde kullanacağı kendi tercihine bağlıdır.

Şekil 1.12. lojistik hizmet sağlayıcıları için bir sürdürülebilir kalkınma piramidini göstermektedir (Centobelli vd., 2020:3.



Şekil 1. 12: Lojistik Hizmet Sağlayıcılarının Sürdürülebilir Kalkınma Piramidi

Kaynak: (Centobelli vd., 2020:3)

Sürdürülebilir kalkınma piramidinde var olan üç seviyenin her biri birbiri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Başarılı bir çevresel sürdürülebilirlik programı için çevreci bir girişime sistematik bir biçimde yaklaşmak gerekmektedir. Teknoloji, uygulama veya strateji faktörleri tek başına lojistik hizmet sağlayıcısının çevresel davranışına etki etmemektedir. Ancak farklı yapı taşlarında bulunan faktörler arasında sistematik bir entegrasyon oluşturulursa çevresel dönüşüm sağlanır. Şekilde var olan öğelerin her biri birbiri ile bağlantılıdır. sürdürülebilir girişimlerin benimsenmesinde farklı öğeler arasındaki ilişkilerin de dikkate alınması gerekmektedir (Centobelli vd., 2020:3).

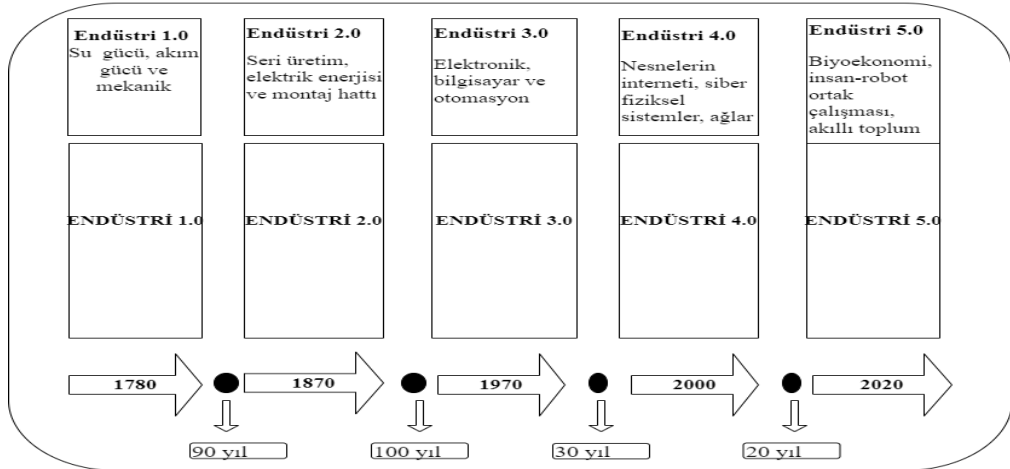
İKİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİKTE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: LOJİSTİK 4.0

Teknolojini sürekli bir biçimde gelişim kaydetmesi, lojistik firmalarının değişmekte olan müşteri taleplerine uyacak biçimde iş modellerini değiştirmesine öncü olmaktadır. Dijital dönüşümün lojistiğin üzerindeki etkisi oldukça büyüktür ve lojistik zincirindeki her bir halkalı önemli ölçüde etkilemektedir.

2.1 ENDÜSTRİYEL DEVRİMLER

Teknolojinin gelişimi ve yeniliği insanların çalışma koşullarını, yaşam tarzlarını ve üretim biçimlerini değiştirmiştir. Üretimin, tüketimin ve ekonominin temeli olan endüstri tarihte bir dizi gelişim yaşamış ve günümüzde de süreç devam etmektedir. Endüstride kullanılan teknolojinin gelişmeye başlamasıyla sanayi devrimi kavramı şekillenmiş ve endüstriyel alanda gerçekleşen devrimler birbirini takip eden süreçler şeklinde ilerleme kaydetmiştir. Şekil 2.1’de Endüstri 1.0’dan Endüstri 5.0’a kadar endüstriyel devrim süreci gösterilmektedir (George ve George, 2020:219).



Şekil 2. 1:Endüstriyel Devrim Süreci

Kaynak: (George ve George, 2020:219)

2.1.1 Endüstri 1.0

Endüstri 1.0, 18. yüzyıl ve 19. yüzyıl arasını kapsayan süreçte ortaya çıkan ilk endüstriyel devrimdir. Endüstri 1.0'da tarım ağırlıklı insan faaliyetleri buhar gücünün keşfiyle birlikte sanayiye evrilmiştir (Yin vd., 2018:848). Buhar gücünün endüstriyel amaçlar için kullanımı üretkenliği arttırmanın büyük bir adımı olarak bu dönemde karşımıza çıkmaktadır. El emeğine dayalı üretim yöntemlerinden buhar ve su gücüne geçiş sanayi devriminin ilerlemesine destek olmuştur (Vinitha vd., 2020:3956). Buharlı lokomotifler ve gemiler ile eşyaların ve insanların daha kısa sürede daha uzun mesafelerde taşınması da Endüstri 1.0'daki büyük değişimlerden bir diğeridir (George ve George, 2020:217-218).

2.1.2 Endüstri 2.0

19. yüzyılın sonlarında başlayan ikinci endüstriyel devrim olan Endüstri 2.0, ürünlerin hem hacim hem de çeşitlilik açısından gelişim gösterdiği bir dönemdir. Bu dönemde ortaya çıkan başlıca teknolojik yenilikler elektrik, arabalar, mekanik ve elektronik cihazlardan oluşmaktadır (Yin vd., 2018:848). Makinelerin geliştirilmesiyle birlikte Endüstri 2.0 devriminin odak noktasında seri üretim bulunmaktadır. Endüstri 2.0'da içten yanmalı motorlar, elektrik gücü, demiryolu ağları, gaz, kanalizasyon ve telgraf gibi yeni teknolojiler ortaya çıkmıştır (Vinitha vd., 2020:3957). Ek olarak yalın ve hızlı üretim ilkeleri, üretim şirketlerinin kalitelerini ve aynı zamanda çıktılarını geliştirmesine yardımcı olmuştur (George ve George, 2020:218).

2.1.3 Endüstri 3.0

20. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan Endüstri 3.0, elektrik teknolojilerinin yanı sıra bilgisayar teknolojilerinin de piyasaya sürüldüğü bir dönemdir. Bu dönemde fabrikalarda üretim otomasyonu uygulanmasına izin verilmiştir. Teknolojideki ilerleme ile zorlu görevlerde çalışanlar rahatlıktan faydalanabilmişlerdir. Endüstri 3.0 döneminde seri üretim ve robotiğin de tanıtımı yapılmıştır (George ve George, 2020:218). Endüstri

3.0 döneminde elektrik ve mekanik tabanlı üretim makinelerinin yerini Programlanabilir Mantık Denetleyicileri (PLC) ile programlanabilen cihazlar almıştır (Baygın vd., 2016:1).

2.1.4 Endüstri 4.0

İlk olarak 2011 yılında Almanya’da gerçekleştirilen Hannover fuarında duyurulan ve dördüncü endüstriyel devrim olan Endüstri 4.0 kavramı, vasıfsız iş gücü gerektiren işlemleri otomatik hale getirip, nitelikli işlerde uzmanlaşma sağlanması ile katma değer yaratan bir devrimdir (Şener ve Elevli, 2017:26). Endüstri 4.0 önceki endüstriyel devrimlerden farklı olarak bilgi ve iletişim teknolojilerinin endüstrilere de uygulanması ile ayırt edilmektedir. Temeli Endüstri 3.0’a dayanmakta olan Endüstri 4.0’da bilgisayar teknolojilerine sahip üretim sistemleri ağ bağlantısı sayesinde genişletilip internet üzerinden dijital ikiz ile donatılmaktadır. Bu sayede diğer tesislerle iletişim kurulabilmekte ve şirketin kendisiyle alakalı bilgi çıkışına da izin verilmektedir. Tüm bu sistemlerin birbirine bağlanarak ağ oluşturması, siber-fiziksel üretim sistemlerini de beraberinde getirmektedir (George ve George, 2020:218).

Endüstri 4.0’ın özünü, kendi kendini düzenleyen ve üretimi mümkün kılan akıllı ağ bağlantılı sistemler oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 insanların, ekipmanların, ürünlerin ve makinelerin birbirleri ile iletişim kurmasını mümkün kılmaktadır. Endüstri 4.0’ın amacı, esnek olan özel üretimi ekonomik hale getirip, kaynakları verimli bir biçimde kullanmayı sağlamaktır. Bilgi akışının düzenlenmesi merkezi bir üretim kontrol sistemi tarafından gerçekleştirilmektedir. Ürünler ürün kodları aracılığıyla ekipmanlar ve makinelerle iletişim kurarak kendi üretim süreçlerini kontrol edebilmektedirler. Bu durum üretim esnasında sanal ve gerçeğin bir araya geldiğini göstermektedir. Üretimin planlanması ise iletişimi sağlayan ürünler tarafından gerçekleştirilmektedir. Fabrikalar Endüstri 4.0 sayesinde kendi kendini düzenleyebilmekte ve operasyonlarını optimize edebilmektedir (Gubán ve Kovács, 2017:2).

Endüstri 4.0’ı önceki devrimlerden farklı kılan bazı faktörler bulunmaktadır. Bunlar (Fırat ve Fırat, 2017:213);

- 1. Derinlik ve Genişlik:** Endüstri 4.0 alt yapısında dijital teknolojilerin yer aldığı bir devrimdir. Toplumda ve iş dünyasında benzersiz paradigmlar ile yayılmakta, donanımlar ve teknolojik değişimler hızlı bir biçimde gelişim göstermektedir.
- 2. Hız:** Endüstri 4.0 hızlı bir biçimde gelişimini sürdürmektedir. Bu durum gelişen ve küreselleşen dünyada üstün teknolojiler üretilmesi ile alakalıdır.
- 3. Sistem Etkisi:** Endüstri 4.0 dünyada var olan sistemlerin ve diğer her şeyin ağ bağlantısı sayesinde birbiri ile bağlantılı olabildiği bir dönüşümü sağlamaktadır.

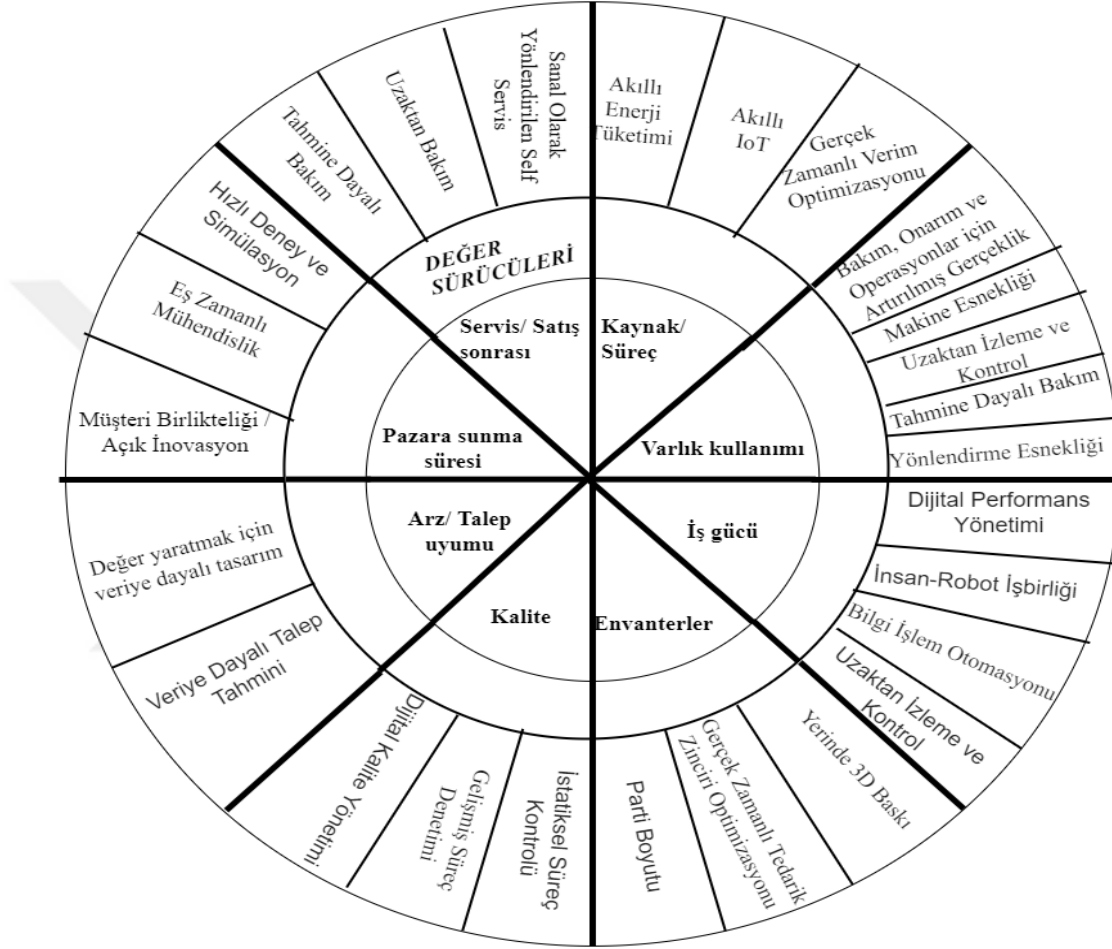
Zhou vd., (2015:2148)' e göre Endüstri 4.0'a ulaşmanın temelinde 8 adet planlama hedefi bulunmaktadır:

- **Verimli yönetim:** Gelecekteki fabrikalar verimli bir biçimde yönetilmesi gereken büyük ve karmaşık sistemlere sahip olacağından, yönetimi optimize etmek için uygun planlamalar yapılmalı ve açıklayıcı modeller geliştirilmesi gerekmektedir.
- **Sistemlerin standartlaştırılması ve örnek bir mimari oluşturulması:** Şirketler ve farklı fabrikalar arasındaki ağın birbirine bağlanabilmesi için tek tipte standart geliştirilmesi gerekmektedir.
- **Güvenilir ve kapsamlı endüstriyel geniş bant altyapısı kurulumu:** Endüstri 4.0 iletişim ağlarına bazı katı kriterler uygulamaktadır. Dolayısıyla iletişim ağları bu kriterleri karşılayabilmeli aynı zamanda kapsamlı, yüksek kalitede ve güvenilir olmalıdır.
- **Organizasyon ve iş tasarımı:** Süreçler ve çevresel değişiklikler ile üretim yönetimine; otomasyon, çevre dostu üretim ve yönetim konularında daha yüksek talepler doğmaktadır.
- **Güvenlik ve emniyet:** Ürünün ve üretim tesisinin çevre ve insanlar için bir tehdit oluşturmaması sağlanmalı, ek olarak üretim tesisine izinsiz girişler ve ürünün kötüye kullanılması gibi faktörlerin önlenmesi gerekmektedir.

- **Kaynak kullanımında verimliliği arttırmak:** Yeni süreçlerin, malzemelerin ve teknolojilerin kullanılması ve tedbirlerin alınması kaynak kullanımında verimliliği artırır. Kirliliğin ve diğer olumsuz faktörlerin çevre üzerinde oluşturduğu etki dengelenip, azaltılabilir.
- **Meslekli gelişim ve personel eğitimi:** İşletmelerin çalışanlarını eğitme sorumluluğu bulunmaktadır. Çalışanların yeni taleplerle başa çıkabilmelerini sağlamak için mesleki anlamda sürekli gelişim programları ve yaşam boyu öğrenme programları oluşturulması gerekmektedir.
- **Düzenleyici bir çerçeve oluşturmak:** Yenilikler sorumluluk, kişisel veriler, kurumsal veriler ve ticari kısıtlamalar gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. İşletmeler sözleşmeler, standartlar, denetim ve diğer kontrol araçlarına ihtiyaç duymaktadır.

Endüstri 4.0 üretim atölyelerinin işleyişinde köklü bir değişim yaratmaktadır. İnternetin ve dijitalleşmenin devreye girmesiyle birlikte üretim endüstrisindeki küresel dönüşüm, ürünlerin ve sistemlerin üretim ve tasarım sürecinde, hizmetlerinde ve operasyonlarında devrim niteliğinde olacak iyileştirmeler yapmak üzerine odaklanmaktadır (Tjahjono vd., 2017:1176). Endüstri 4.0'a bir endüstrinin modernize edilmesi demek Endüstri 4.0'ın sunduğu tüm teknolojileri ve özellikleri endüstriye yerleştirmek anlamına gelmemekte, var olan teknolojilerin ve bu teknolojilerin yeniden nasıl kullanılabileceğini belirlemek gerekmektedir. Endüstriler hızlı geri dönüş alabilecekleri ve düşük maliyetli teknolojileri kullanarak ve Endüstri 4.0 teknolojilerinden birkaçını ekleyerek iyileştirmeler sağlayabilmektedirler. Endüstri 4.0'dan istenen verimin alınabilmesi süreçler ve ekipmanlar için gerekli ihtiyaçların ve iyileştirmelerin iyice araştırılmasına bağlıdır(Lins vd., 2018:10).

Şekil 2.2. Endüstri 4.0'ın kaldıraçlarını detaylı bir biçimde göstermektedir (Baur ve Wee, 2015:3).



Şekil 2. 2: Endüstri 4.0'ın Kaldıraçları

Kaynak: (Baur ve Wee, 2015:3)

Rajnai ve Kocsis (2018:227) Endüstri 4.0 düzeylerini şu şekilde sıralamıştır:

- **Görünürlük:** Sensörler olayları görmektedir.
- **Şeffaflık:** İlgili bütün bilgiler mevcuttur ve analiz edilmektedir.
- **Tahmini Kapasite:** Olaylar tahmin edilip gelecekteki senaryolar simüle edilmektedir.

- **Uyarlanabilirlik:** Bilgi teknolojileri ile sürekli uyum mevcuttur ve optimize edilmiş kararlar verilmektedir.

Endüstri 4.0'ın sunduğu dijitalleştirilmiş üretim ile üretim süreçlerinde, iş modellerinde, üretim sonuçlarında çeşitli yenilikler karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, Endüstri 4.0'ın sağladığı teknolojilerden biri olan akıllı fabrikalar sayesinde üretimde daha fazla esneklik sağlanabilecektir. Üretim süreci otomasyonu sayesinde ürünle ilgili verilerin iletimini sağlamakta, üretimde yapılandırılabilir robotlar kullanılmakta ve aynı üretim biriminde farklı ürünler üretilebilmektedir.

Yeni ürünler veya prototipler, yeni üretim hatları kurulumuna veya karmaşık yeniden işleme sürecine gerek kalmadan hızlı bir biçimde üretilmektedir. Bu durum esnekliğin yeniliğe teşvik ettiğini göstermektedir. Endüstri 4.0 sayesinde bir ürünün üretilme hızı da artmaktadır. Üretim sürecinin sanal olarak modellenmesi, dijital tasarımlar, ürünün tasarımı ile teslimatı arasında geçen süreyi kısaltabilmektedir. Ürün geliştirme sürecini fiziksel ve dijital üretimle entegre bir biçimde gerçekleştirmek, ürün kalitesini arttırmakta ve hata oranlarını azaltmaktadır. İşletmeler hataları tespit etmek için örneklem kullanmak yerine üretilen her parçayı sensörlerden gelen verileri kullanarak izleyebilir veya hataları düzelten makineler üretim süreçlerini gerçek zamanlı bir biçimde ayarlayabilir. Bu veriler büyük veri kullanımı ile de toplanıp, analiz edilebilmektedir. Müşteriler, Endüstri 4.0 sayesinde kendi tasarımlarını tasarım sürecine daha fazla dahil edebilecek ve bu tasarımları hızlı ve ucuz bir biçimde üretilebilecektir (EU, 2015:3-4).

Horváth ve Szabó (2019: 127) tarafından belirlenen Endüstri 4.0'a ait itici güçler ve engeller Tablo 2.1'de gösterilmektedir.

Tablo 2. 1: Endüstri 4.0 İtici Güçleri ve Endüstri 4.0 Önündeki Engeller

İTİCİ GÜÇLER	FAKTÖRLER		ENGELLER
<ul style="list-style-type: none"> • Artan iş gücü açığı • İş gücünün başka alanlara tahsis edilmesi • İnsan emeğinin azaltılması 	İnsan Kaynakları		<ul style="list-style-type: none"> • Uzun süren personel eğitimi • Uygun yetkinliklerin ve kalifiye iş gücünün eksikliği
<ul style="list-style-type: none"> • İnsan kaynakları, envanter yönetimi, işletme maliyetleri vb. maliyetleri azaltmak 	Finansal Kaynaklar ve Kârlılık		<ul style="list-style-type: none"> • Karlılık ve geri dönüş • Finansal kaynak eksikliği • İhaleler için uzun değerlendirme dönemi • İhale sistemlerindeki eksiklikler
<ul style="list-style-type: none"> • İş modeli inovasyonu • Artan rakip baskısı • Piyasa rekabeti • Pazar trendlerini takip etmek 	Pazar Koşulları ve Rakipler	Yönetim Gerçekliği	<ul style="list-style-type: none"> • Bilinçli planlama eksikliği: adımları, hedefleri, gerekli kaynakları tanımlama • Uygun yetkinliklere becerilere ve deneyime sahip bir lider eksikliği
<ul style="list-style-type: none"> • Üst yönetimden gelen daha fazla kontrol isteği • Şirket performansının sürekli takibi 	Yönetim Beklentileri		
<ul style="list-style-type: none"> • Verimliliğin artırılması • Teslim sürelerinde iyileştirme (piyasa şartlarına uyum) • Hata oranının azalması • Güvenilir çalışma ortamının sağlanması (örneğin, daha az kesinti 	Üretkenlik ve Verimlilik	Örgütsel Faktörler	<ul style="list-style-type: none"> • Orta yönetim ve çalışanların direnişi • Farklı örgütsel birimlerin çelişkili çıkarları • Yetersiz örgütsel yapı ve süreç organizasyonu
		Teknolojik ve süreç entegrasyonu iş birliği	<ul style="list-style-type: none"> • Güvenli olmayan veri toplama sistemleri • Büyük miktarda depolama kapasitesi ihtiyacı • Ortak ve uygun düşünce eksikliği • Birleşik iletişim protokolü eksikliği • Entegrasyon için arka-yüz sistem eksikliği • Teknoloji ve süreçler dahil olmak üzere, standart eksikliği • Tedarik zinciri düzeyinde işbirliği yapma isteksizliği

Kaynak: (Horváth ve Szabó (2019: 127)

2.1.4.1 Endüstri 4.0 Teknolojileri

Dördüncü sanayi devrimi olan Endüstri 4.0 işletmelere iş süreçlerinde birçok konuda fayda sağlayacak teknolojileri kapsamaktadır.

2.1.4.1.1 Nesnelerin İnterneti (IoT)

İot, nesnelerin belirlenen faydalı hedeflere ulaşabilmek adına internet vasıtasıyla tanımlama, algılama, ağ oluşturma ve işleme gibi özelliklerle birbirleriyle, hizmetlerle veya cihazlarla iletişim kurmalarına yardımcı olmaktır. RFID, sensör ağları vb. teknolojiler yıllardır üretim ve endüstriyel anlamda kullanıldığından nesnelerin internetinin altında var olan kavramların yeni olmadığını söylemek mümkündür. İot, mevcut teknolojilerin cihaz türleri ve sayısı bakımından kullanımının yanı sıra cihaz ağlarının internet üzerinden birbirine bağlanmasına olanak tanımaktadır. Günümüzde internette bulunan cihazların birçoğu başlangıçta internetin bir parçası olacak biçimde tasarlanmış ve ağ yetenekleri, entegre işleme, depolama gibi özelliklere sahiptir. Akıllı telefonlar, dizüstü ve masaüstü bilgisayarlar ve sunucular örnek olarak verilebilmektedir. İot, her cihaza internet aracılığıyla erişim ve cihazları içeren ağların entegrasyonunu sağlamaktadır. Örneğin RFID teknolojisi, tedarik zincirinden geçen ürünleri takip etmek için hali hazırda kullanılmakta olan bir teknolojidir. İot, her ürüne benzeri olmayan bir tanımlayıcı verip verileri internet üzerinden kullanıma sunarak, ürünün yaşam döngüsü boyunca izlenebilirliğini mümkün kılmaktadır (Whitmore vd., 2015:261-262).

İot, kavramsal açıdan bakıldığında akıllı nesnelerin yetenekleriyle ilgili aşağıda belirtilen 3 temel üzerine kuruludur (Miorandi vd., 2012: 1502):

1. *Tanımlanabilir olma:* Akıllı nesneler, dijital bir isimle tanımlanır. Fiziksel ara bağlantı kurulmadığı durumlarda nesneler arasındaki ilişkiler tanımlanabilir olma özelliği sayesinde dijital alanda belirlenebilir.
2. *İletişim kurma:* Akıllı nesneler, birbirine bağlı nesnelerle geçici ağlar oluşturma ve kablosuz bir biçimde iletişim kurma yeteneğine sahiptirler.

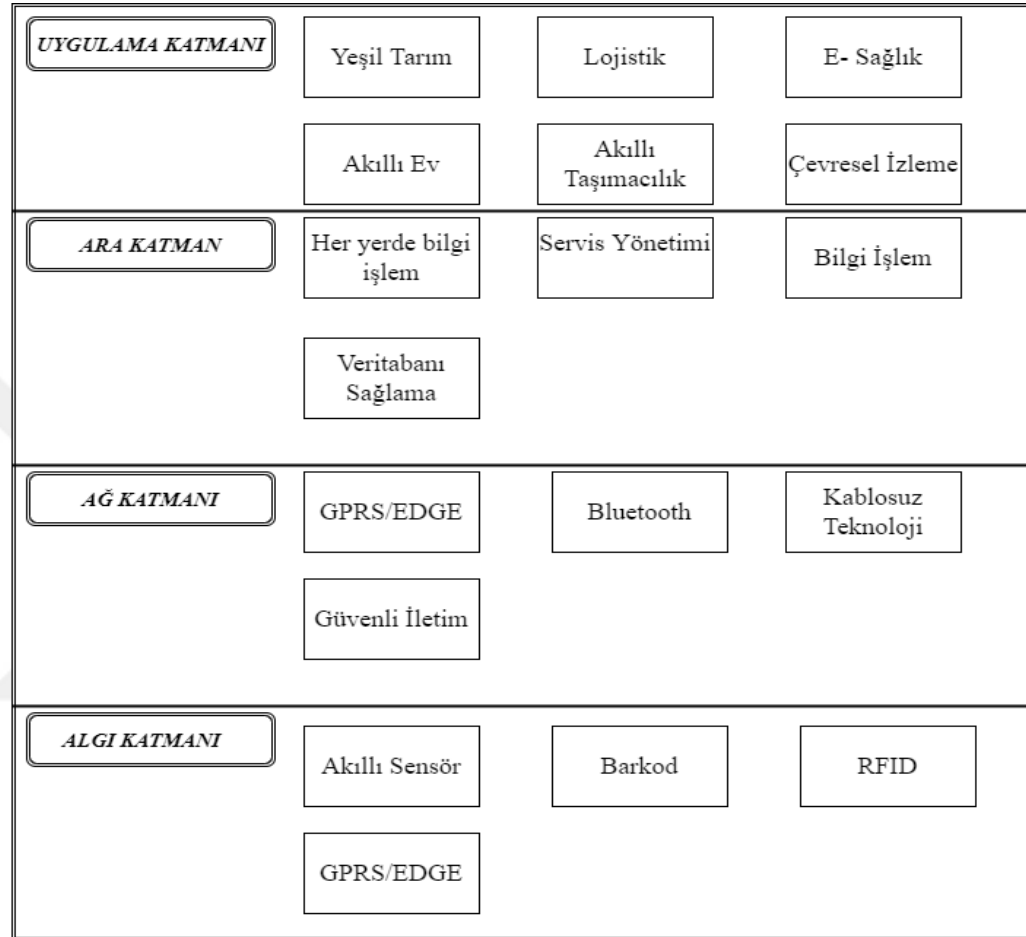
3. *Etkileşime geçme:* Akıllı nesnelere, algılama ve harekete geçirme yetenekleri sayesinde yerel çevre ile etkileşime girebilmektedirler.

Nesnelerin interneti dünyada var olan ürünlerin, internet vasıtasıyla birbirleriyle etkileşim kurmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede dinamik bilgilere bağlı olan ve akıllı ürün haline gelmiş olan herhangi bir ürünü tanımlamak için gerekli olan yer ve zamanı sağlamaktadır. Ürün bilgilerinin paylaşılması için hızlı ve verimli bir ağ platformu oluşturmakta ve lojistik ile ürün bilgi akışını birbirine senkronize etmektedir (Yuqiang vd., 2010:659-660).

İot yapısal olarak 4 katmana ayrılabilir (Sri vd., 2016:189-190; Yuqiang vd., 2010: 660):

1. **Algı katmanı:** Bilgi toplama işlemini üstlenir ve RFID, akıllı kart, sensörler ve kimlik kodu gibi teknolojiler uygulanabilir. Dünyadan bilgilere erişmek algı katmanının görevidir. Bilgi elde etmek için algılama ve tanıma teknolojileri kullanılabilir. Bilgileri toplamak, incelemek ve işletmek için kablosuz sensör ağları kullanılmaktadır. Tanıma teknolojisi yardımıyla, nesnelerin tanımlanması işlemi gerçekleştirilmektedir. Nesnelere tanımlamak için RFID etiketleri, barkodlar ve iki boyutlu kodlar gibi teknolojiler kullanılmaktadır.
2. **Ağ katmanı:** Bilgi iletimini üstlenir ve var olan kablosuz ağ, sabit bağlantı mobil ağ, radyo ağı, internet vb. ile erişilebilir.
3. **Ara katman:** Ağ katmanı ve uygulama katmanı arasında yer alır ve müşterilere hizmet sunmanın yanı sıra alt katman verilerini de saklama imkanı sağlar.
4. **Uygulama katmanı:** İnsanlar ile nesnelere ve nesnelerin kendi aralarındaki algılama ve tanıma işlemini gerçekleştirir. Uygulama katmanı, ara katmandan elde edilen bilgilerin uygulama yönetimini içermektedir. Sağlık, akıllı posta hizmetleri, tarım, akıllı otomobil, akıllı ev, lojistik, kamu hizmetleri vb. alanlarda uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir.

Şekil 2.3. İot katmanlarını göstermektedir (Sri vd., 2016:189).



Şekil 2. 3:Nesnelerin İnterneti Katmanları

Kaynak: (Sri vd., 2016:189)

2.1.4.1.2 Siber Fiziksel Sistemler (CPS)

CPS, yeni yöntemler aracılığı ile insanlarla etkileşim kurabilen, fiziksel özelliklere ve entegre bilgi işleme sahip olan yeni nesil sistemlerdir(Baheti ve Gill, 2011:161). CPS, fiziksel süreçleri kontrol etme ve izleme yeteneğine sahip ağları ve gömülü bilgisayarları içeren, hesaplama ile fiziksel süreçlerin entegrasyon içinde olduğu sistemlerdir (Lee, 2007:1).

CPS, bir bilgi işlem ve iletişim çekirdeği vasıtasıyla operasyonları izleyen, entegrasyonu sağlayan, kontrol ve koordine eden teknik ve fiziksel sistemlerdir. Siber ve fiziksel arasında var olan ilişki nano dünya dışında büyük ölçekte geniş alana sahip sistemlere kadar etkisini göstermektedir. İnternetin insanların birbiri ile iletişim ve etkileşim şeklini veya bilgiye erişim biçimini değiştirdiği gibi CPS’de insanların fiziksel dünyayı kontrol etme ve etkileşim kurma şekillerini değiştirmektedir. CPS’nin, fiziksel dünya ile etkileşim halinde olduğundan emniyetli, güvenilir, gerçek zamanlı ve verimli bir biçimde çalışması gerekmektedir (Rajkumar vd., 2010:731).

CPS, ağlar vasıtası ile fiziksel sistemler ile etkileşime giren, akıllı kablosuz sensörlerden oluşan fiziksel sistemleri içerisinde barındıran, merkezi ve sıkı bir biçimde bağlanmış gömülü bilgi işlem sistemidir ve aşağıda bahsedilen özelliklere sahiptir (Liu vd., 2017:28-29):

- *Siber-fiziksel sistemin çekirdeğini bilgi sistemi oluşturmaktadır:* Bilişim sistemi alanında çalışan mühendisler, fiziksel sistemdeki bilgileri yazılım sisteminin modellerine ve kurallarına dönüştürebilmektedirler. Çalışanların en temel görevi ağ sistemi, dosya sistemi, hiyerarşik depolama sistemi, bellek yönetimi, gerçek zamanlı sistem vb. faktörler arasında bir dengeye ulaşılmasını sağlamaktır.
- *Siber- fiziksel sistemin en önemli alanı fiziksel sistemlerdir:* Fiziksel sistem modeli donanım modeli, sistem testi, enerji yönetimi, bağlantı kapsülleme ve donanım boyutu gibi faktörleri içermektedir. Fiziksel sistemlerin her biri kendi ağ özelliklerine sahiptir. Ek olarak yüksek düzeyde çok seviyeli ağ kapsamına, yüksek düzeyde otomasyona ve farklı görevlerin zaman ihtiyacını karşılamak için çeşitli mekânsal ve zamansal ölçeklere sahiptir.
- *Heterojen sistemlerin entegrasyonunun ürünü siber-fiziksel sistemlerdir:* Siber-fiziksel sistemler, fiziksel sistemler ve bilgi sistemlerinin derin etkileşimi ve entegrasyonu ile heterojen bir biçimde dağılmış sistemlerdir. Diğer taraftan farklı bileşenlerin yer konumu ile zaman senkronizasyonu gibi problemlerle de ilgilenmektedirler.

- *Siber-fiziksel sistemler gerçek zamanlı yetenek, öngörülebilirlik ve güvenliğe ihtiyaç duymaktadır:* Fiziksel sistem ve ağ sistemi açık olma özelliği nedeniyle kötü amaçlı saldırılar, sahtecilik ve ağ iletim sistemi içerisinde gecikmelerin yaşanması gibi problemlerle karşı karşıya kalabilmektedir. Bu sebeple siber-fiziksel sistemler güvenilirlik, etkinlik, verimlilik ve öngörülebilirlik gibi problemleri çözebilme yeteneğine sahip olmalıdır. Güvenirlik, kontrol talimatı gönderenlerin veya bilgiyi toplayan kaynağın kimliğinin doğrulanması ve alıcının sahteciliğin önlenmesi için gönderenin gerçek kimliğini belirlemesi ile sağlanmaktadır. Güvenliği sağlamak için alınan veya gönderilen bilgilerin şifrelenmesi ve bilgilerin gizliliğinin korunması gerekmektedir. Gerçek zamanlı yetenek ise görev işlemenin gerçek zamanlı ihtiyaçlarını karşılamak için toplanan talimatların ve bilgilerin zamanında iletilmesi anlamına gelmektedir. Geçerlilik, siber-fiziksel sistem içerisindeki parazitlerin ve belirsizliklerin sistem işleme doğruluğunu etkilemesini önlemek için talimat ve bilgi setinin bütünlüğü ve geçerliğinin güvence altına alınmasıdır. Öngörülebilirlik ise siber-fiziksel sistemin kaynak tahsis stratejisinin gerçek zamanlı ihtiyaçların ve görevlerin karşılanabilmesi için kaynakları uygun bir biçimde tahsis edebilmesi anlamına gelmektedir.

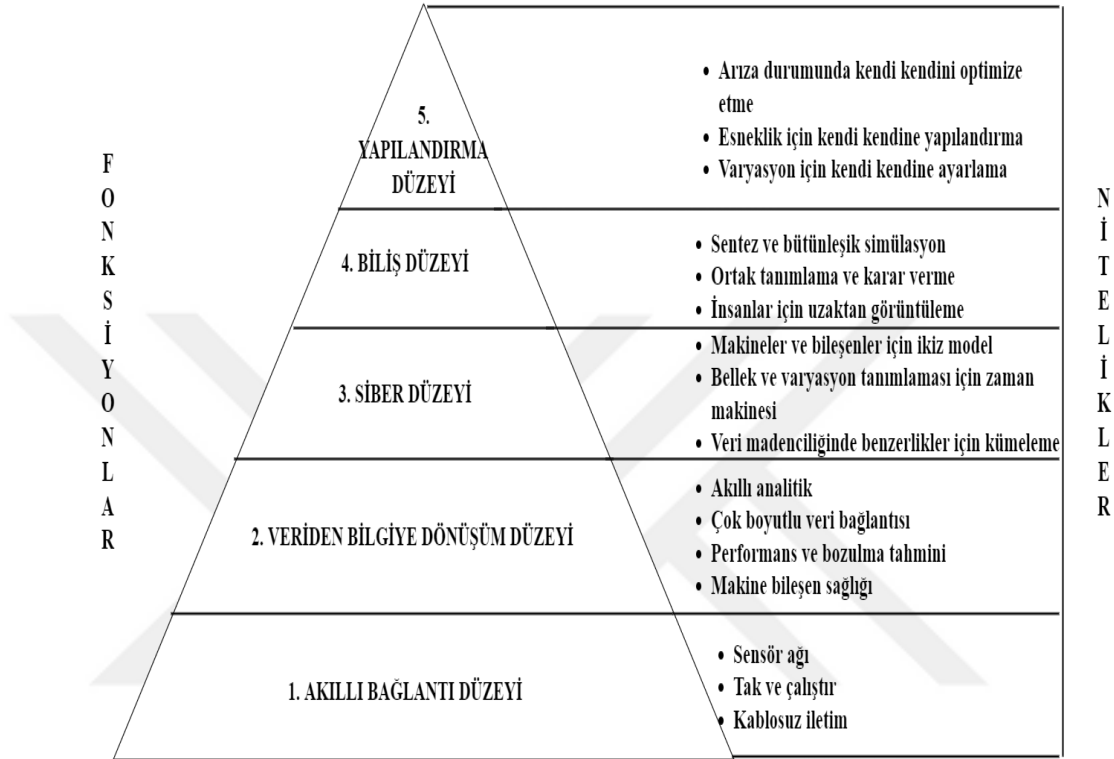
Bir CPS, fiziksel dünyadan gerçek zamanlı veri alımının gerçekleştirilmesi ile siber alandan bilgi geri bildirimini sağlayan gelişmiş bağlantı ve siber alanı oluşturan akıllı veri yönetimi, bilgi işlem yeteneği ve analizler olmak üzere 2 ana işlevden oluşmaktadır. Ancak bu tanımlama çok soyut olduğundan Lee vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada CPS mimarisi daha kapsamlı olarak sunulmuş ve CPS'nin nasıl oluşturulacağı açıkça tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre siber fiziksel sistem mimarisi aşağıdakilerden oluşmaktadır (Lee vd., 2015:19-20):

- **Akıllı Bağlantı:** CPS uygulamasının başlangıcını bileşenlerden ve makinelerden güvenilir ve doğru veri elde etme oluşturmaktadır. Veriler doğrudan sensörler aracılığı ile ölçülebilmekte veya üretim sistemlerinden elde edilebilmektedir. Bu düzeyde iki önemli faktöre dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunlardan ilki akıllı bağlantı için uygun sensörlerin

seçilmesidir. İkincisi ise, çeşitli veri türleri dikkate alınarak verileri merkezi sunucuya aktarmak ve veri alma prosedürlerini yönetmek için kesintisiz ve sorunsuz bir yöntem gerekmektedir.

- **Veriden Bilgiye Dönüştürme:** Verilerden elde edilen bilgilerin anlamlı olması gerekmektedir. Veriden bilgiye dönüşüm düzeyi için çeşitli metodolojiler ve araçlar kullanılmaktadır.
- **Siber:** Siber düzeyi, CPS mimarisinin merkezi, bilgi merkezi görevini üstlenmektedir. Makine ağı oluşturabilmek için her makineden bilgi aktarımı gerçekleşmektedir. Özel analizler, çok sayıda bilgi toplandığında ağdaki her makinenin durumu hakkında daha iyi bilgiler elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu analizler makineler kendi kendini sorgulama yeteneği sağlamaktadır. Bu sayede makineler performansını ağ performansı ile kıyaslayabilmekte ve derecelendirebilmektedir.
- **Biliş:** Biliş düzeyi, izlenen sistem hakkında kapsamlı bilgiye sahip olmayı mümkün kılmaktadır. Makinenin durumu ile ilgili bilgiler de yer aldığından, bakım sürecini optimize etmek için görev önceliğine karar verme konusunda da yardımcı olabilmektedir. Biliş düzeyinde elde edilen bilgilerin kullanıcılara aktarılması için uygun bilgi grafiklerinin olması gerekmektedir.
- **Yapılandırma:** Yapılandırma düzeyi, siber alandan fiziksel alana geri bildirimini içermekte ve makinelerin kendi kendini uyarlaması ve yapılandırması sürecinde denetleyici görevini üstlenmektedir.

Şekil 2.4. CPS mimarisini göstermektedir (Lee vd., 2015:19).



Şekil 2. 4: Siber-Fiziksel Sistem Mimarisi

Kaynak: (Lee vd., 2015:19)

2.1.4.1.3 Arttırılmış Gerçeklik (AR)

AR (Augmented Reality), bilgisayar ortamında oluşturulan bilgilerin gerçek ortama entegrasyonu anlamına gelmektedir (Paelke, 2014:1). AR, sanal gerçekliğin bir çeşidi olarak karşımıza çıkmaktadır. AR sayesinde gerçek dünyanın, sanal nesnelere yardımıyla görülmesine olanak tanımakta ve gerçekliği değiştirmek yerine onu tamamlamaktadır (Azuma, 1997:2).

AR, gerçek dünya ile dijital bilgi katmanının optik olarak birleştirilmesidir. Bu sayede çevre, insanlar ve dijital veriler arasındaki iletişimi sağlamaktadır. (Masood ve Egger, 2021:2-3). AR ortamı, nesnenin bilgisayar tarafından oluşturulan 3 boyutlu

görüntüsünü gerçekliğin görselleştirilmesi yolu ile sağlamaktadır (Ginters ve Martin-Gutierrez, 2013:9).

AR sistemi arttırılmış gerçeklik yazılımı, sensörler ve bir ekrandan oluşmaktadır. Sensörler kullanıcının gerçek dünyadaki yönü ve konumunun belirlenmesini sağlamaktadır. AR içerisindeki yazılıma ve sensörlere, kullanıcı hareketlerini izlediklerinden dolayı izleme sistemi adı verilmektedir. Sensörler tarafından elde edilen bilgiler, ilgili bilgileri seçmek ve kullanıcı tarafından görülecek görüntüleri belirlemek için kullanılmakta ve görüntü oluşturulmaktadır. Son adımda ise kullanıcının gerçek dünya görüşü ve elde edilen bilgiler birleştirilmekte ve görüntülenmektedir (Paelke, 2014:3).

Üretim ve bilgisayar alanındaki teknolojik gelişmeler ile birlikte üretim süreçlerinde yer alan çalışanların üretim bilgileriyle doğrudan etkileşim kurmalarına olanak tanıyan gelişmeler mevcuttur. Bu noktada endüstri alanında AR, yöntemleri gerçek zamanlı olarak çalışma ortamına entegre edebilmektedir. Bu özelliği, montaj, bakım, eğitim ve üretim faaliyetleri için oldukça faydalıdır. Çalışanı, üretim sürecindeki bilgilerle doğrudan etkileşim halinde olmasını sağlayarak sezgisel bir yol sağlayabilmektedir. Operatörlerin sanal bilgi vasıtasıyla gerçek dünyada varlık hissini elde etmelerini sağlamaları için doğal algılama ve bütünleştirme becerilerini kullanmaya imkân tanımaktadır (Ong vd., 2008:2714).

AR teknolojisi yalnızca basit bir görüntüleme teknolojisi değildir. Dijital cihazlar ve nesnelere insan etkileşimi için gerekli olan gerçek zamanlı doğal ara yüzü temsil etmektedir. Metin, grafik, video, ses, dokunma duyusu ile geri bildirim, koku ve GPS verileri de dahil olmak üzere her türlü sanal içerik veya nesneyi kullanıcıya sunabilmektedir. (DHL, 2014:3-5).

2.1.4.1.4 Yapay Zeka (AI)

AI (Artificial Intelligence), problem çözüme ve öğrenme gibi bilişsel insan zihni yeteneklerini taklit edebilen, bunun üzerine programlanmış olan robotlar ve bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilen insan zekası simülasyonudur (Lee ve Yoon, 2021:3). Makineler tarafından sergilenen insan zekası olarak AI, insan düşüncelerini taklit edebilen, çoğaltabilen, otomatikleştirebilen ve geliştirebilen sistemlerdir. AI'nin temel bileşenleri; öğrenme, anlama, algılama, problem çözüme ve akıl yürütme becerisidir (DHL, 2018:3).

AI, ortamı gözlemleyip bilgi edinebilen ve bu bilgilerden ve deneyimlerden yola çıkarak akıllı kararlar önerebilen veya faaliyetlerde bulunan araçları ve makineleri ifade etmektedir (EU, 2018:19). AI, IoT veya diğer büyük veri kaynaklarından elde ettiği harici bilgileri makine öğrenimi yaklaşımları yardımı ile modelleri ve temel kuralları tanımlamak amacıyla girdi olarak kullanılmaktadır. Makine öğrenimi AI'nin önemli bir parçası olsa da, AI bir sistemin verilerini algılama (ses ve görüntü tanıma veya doğal dili işleme), nesnelere taşıma, kontrol etme ve hareket ettirme gibi yeteneklere sahip olduğundan makine öğreniminden daha kapsamlıdır (Kaplan ve Haenlein, 2019:17). AI, ulaşım verilerinden yeni bilgiler edinmek, bilgisayarlarla doğal dilde iletişim kurmak, uyarlanabilir ve otonom robotik sistemleri çalıştırmak, tedarik zincirlerini yönetmek, danışmanlık hizmetleri, üretim, ulaşım ve depolama gibi faaliyet alanlarında kullanılmaktadır (Hall ve Pesenti, 2017:8).

AI sistemleri 3'e ayrılmaktadır (Kaplan ve Haenlein, 2019:18-19):

1. **İnsandan İlham Alan AI:** İnsandan ilham alan AI, bilişsel olduğu kadar duygusal zekanın da öğelerine sahiptir. İnsan duygularını anlayabilmekte ve karar verme süreçlerinde insan duygularını dikkate alabilmektedir.
2. **Analitik AI:** Analitik AI, yalnızca bilişsel zekaya uygun özellikleri taşımaktadır. Bu sistemler geçmiş deneyimlere dayalı öğrenmeyi kullanarak, gelecekteki kararlar ile ilgili bilgiler vermektedir. Görüntü tanımadaki, finansal

hizmetlerde ve dolandırıcılık tespiti için kullanılan sistemler bu gruba dâhil olan örneklerdendir.

3. **İnsanlaştırılmış AI:** İnsanlaştırılmış AI bilişsel, duygusal ve sosyal zekâ gibi her türlü yetkinliğe sahiptir. İnsan faaliyetlerini tanıyıp, taklit edebilen sistemler gelişmiş olsa da dünyayı gerçekten temel bir biçimde deneyimleyecek AI sistemleri üzerinde çalışılan bir konudur.

Dünyada endüstriyel akıllı üretimin ve AI teknolojilerinin sürekli gelişimi ile beraber işletmeler, endüstriyel faaliyetlerini AI teknolojileriyle bütünleştirmeye başlamışlar ve endüstriyel AI kavramı ortaya çıkmıştır. Endüstriyel AI akıllı lojistik yönetimi, tedarikçiler arasında akıllı eşleştirme, müşteri gereksinimlerinin doğru tahmini, akıllı tahmin ve akıllı montaj gibi konularda işletmeye fayda sağlamaktadır (Zhang vd., 2019:2369). Endüstriyel AI'nin temel unsurları; bulut veya siber teknoloji, büyük veri teknolojisi, analitik veri teknolojisi, alan bilgisi ve kanıttan oluşmaktadır (Lee vd., 2018:20).

2.1.4.1.5 Blockchain

Blockchain, kriptografik yöntemler kullanılarak yapılan işlemlerin izinsiz kullanımına karşı koruma garantisiyle donatılmış, merkezi olmayan, dağıtılmış veri tabanı teknolojisidir. Blockchain, dağıtılmış veri tabanında gerçekleşen işlemlerin varlığı ve yokluğu için evrensel, doğrulanabilir kanıtlar sunmaktadır. Blockchain teknolojisi, çok sayıda merkezi olmayan bağımsız taraflarca ortaklaşa sürdürülmekte ve merkezi otoriteye ihtiyaç duymadan işlemlerin tutarlılığını sağlamaktadır. Blockchain, sistemdeki tüm kullanıcılara işlemleri görünür ve şeffaf kılmaktadır. Aynı zamanda kullanıcılar anonim bir biçimde işlemler oluşturabilmektedir (Faber vd., 2019:6857).

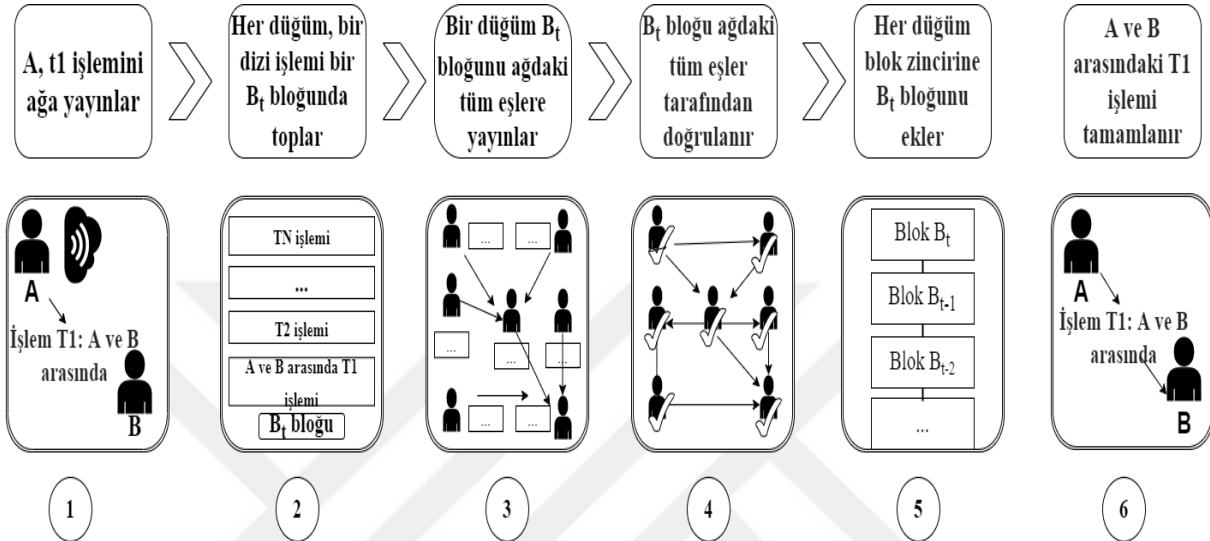
Değerli verilerin güvenli bir biçimde depolanmasını sağlayan Blockchain, aracıya ihtiyaç duymadan iki taraf arasında alışverişin gerçekleşmesini ve yönetimini sağlayan doğrulanabilir ve şeffaf bir teknolojidir (BCTR, 2019:11). Blockchain, verilerin bir ağ üzerinden iki taraf arasında Eşler Arası P2P (Peer to Peer) paylaşıldığı dağıtılmış bir veri

sistemi veya defteridir. Ağdaki üyeler/düğüm, merkezi otorite olmadan tanımlanmış protokolü takip ederek verileri iletmekte ve doğrulamaktadır. Blockchain ağının her düğümünde defterin bir kopyası olduğundan doğası gereği dağıtılmış bir defterdir. Blockchain kullanıcı hakkına göre merkezi veya merkezi olmayan bir defter biçiminde tasarlanabilmektedir. Blockchain sisteminde karar verme birkaç kullanıcı arasında paylaşılacak biçimde tasarlandıysa merkezi değildir. Ancak tek merkezi birincil karar verici varlık var ise o zaman merkezileştirilebilmektedir (Esmailian vd., 2020:3).

Blockchain internete erişimi olan herkesin, her yerde kullanabileceği küresel bir veri tabanı teknolojisidir. Blockchain, hükümetler, bankalar vb. bir merkeze ait olan geleneksel veri tabanlarından farklı olarak hiç kimseye ait değildir. Blockchain teknolojisinde bütün ağ gözetlendiği için sahte işlemler, belgeler vb. durumlarla sistemin kandırılması imkansız hale gelmektedir. Blockchain bilgileri düğümler arasında bir ağ üzerinden depolamayı sağlamaktadır. Bu sayede bilginin merkezsizleştirilmesinin yanı sıra dağıtımını da gerçekleştirilmektedir. Ağdaki düğümler arasında tutarlılığı sağlamak için her bir düğüm düzenli aralıklarla güncellenen blockchain sisteminin yerel kopyasını saklayabilmektedir. Düğümlerden her biri, bir işlemi başlatmak, bitirmek veya madencilik gibi farklı faaliyetleri gerçekleştirebilmektedir (Mohanta vd., 2019:2-3).

Blockchain genel olarak şeffaflık, değişmezlik, güvenilirlik ve güvenilir üçüncü taraflara olan ihtiyaçların kaldırılması ile âdemi merkezîyetçilik açısından verimlilik gibi faydalar sağlamaktadır. Ek olarak blockchain, bir işlemin başladığı andan itibaren tüm verileri tutmakta ve net kaynaklar ile izlenebilirlik sağlamaktadır. Bu sayede defterde var olan bir varlığın geçmişi bilinebilmektedir. Verilerin dağıtılmış bir platformda tutulmasına izin veren blockchain teknolojisi, işlemlerin üzerinde herhangi bir değişim olup olmadığını katılımcıların görmesine izin verdiğinden kolayca manipüle edilememektedir. Bu sayede dolandırıcılık ve veri kaybı imkansız hale gelmekte ve kullanıcılara güven vermektedir. Tüm bu faydalarının yanı sıra ölçeklendirme, depolama ve elektrik maliyetlerinin yüksek olması gibi zorlukları da mevcuttur (Hughes vd., 2018: 64-65).

Şekil 2.5. Blockchain sürecini ve doğrulama adımlarını göstermektedir (Kouicem vd., 2018:18).



Şekil 2. 5: Blockchain İşlem Süreci Adımları

Kaynak: (Kouicem vd., 2018:18)

Basit bir deyişle A varlığı, B varlığı ile bir işlem gerçekleştirmek istediği zaman blok zincir ağında var olan tüm eşlere bir işlem talebi göndermektedir. Ardından her düğüm düzenli aralıklarla bir dizi işlem toplamakta ve bunlar tek bir blokta gruplandırılmaktadır. Son olarak ağda madenci adı verilen düğümler tarafından yürütülmekte olan bir fikir algoritması ile de dağıtılmış bir biçimde her bir bloğun doğrulama süreci gerçekleşmektedir (Kouicem vd., 2018:17).

Blockchain teknolojisinin temel unsurlarını şöyle sıralamak mümkündür (BCTR, 2019:11-12):

- **Blok Yapısı:** Blok adı verilen, kriptografik yöntemler ile bağlanan ve güveni sağlayan blockchain sürekli büyüyen bir kayıt listesinden oluşmaktadır. İlk bloğa başlangıç bloğu (genesis block) adı verilmektedir. Her blok kendinden önceki bloğa bağlanmakta ve bloklar belli sayıda işlemi tutmaktadırlar. Zincir üzerinde var olan her bir blok kısmen kendinden önce gelen bloktan üretildiğinden, bir önceki bloğun özetini içermektedir.

- **Dağıtık Ağ Yapısı:** Blockchain üzerinde gerçekleştirilen işlemlerin kayıtları tek bir merkezde bulunmamakta, ağ yapısı üzerinde var olan her katılımcıya aynı kayıtlar dağıtılmaktadır. Katılımcılar kayıtları tek bir kayıt defterine yazmakta ve her katılımcıda bu defterin bir kopyası bulunmaktadır. Bu sayede verilerin olduğu veri tabanı çok sayıda parçaya bölünüp, çok sayıda bilgisayar tarafından erişilebilmektedir.
- **Değiştirilemezlik:** Blok içinde yer alan bilgilerin değiştirilmesini imkânsız hale getirmek için zaman bilgisi ve kriptografik özet (hash) kullanılmaktadır.
- **Mutabakat Yapısı:** Blockchain ağında gerçekleştirilen işlemin geçerli sayılabilmesi için katılımcılar işlem üzerinde fikir birliğine sahip olmalıdır.

Blockchain ağları erişim türüne göre alt başlıklara ayrılmaktadır (Ghiro vd., 2021:2 ; Verma vd., 2019:718):

- *Özel defterler:* Özel blockchain ağı aynı zamanda izinli ağ olarak da bilinmektedir. Yalnızca belirli kişilerin erişimine açık olup katılım ile ilgili kısıtlama bulunmaktadır. Genel olarak büyük şirketler veya bankalar tarafından kullanılmaktadır. Sadece kayıtlı kuruluşların veri yazma iznine sahip olmasından dolayı karşılıklı bir güven mevcuttur. Hyperledger projelerinden olan Fabric ve Sawtooth ve Multichain özel defterlere örnek verilebilir.
- *Genel defterler:* Genel blockchain ağı, izinsiz zincir olarak da bilinmektedir. Herkes madencilik, düğüm veya işlem yoluyla zincire katılabilmekte ve zincirin bir parçası olabilmektedir. Genel defterlerdeki kayıtların herkese açık olması herkes defteri doğruluğunu onaylayabilmesi ve anonim yabancıların da ağa katılıp, mutabakat protokolüne uymak şartı ile işlemleri doğrulayabilmesi anlamına gelmektedir. Anonim olan kullanıcıların hesap verme yükümlülüğü bulunmamasından dolayı genel defterler güven açısından sorun yaratabilmektedir. İzinsiz defterlere en yaygın örnek olan Bitcoin ve Ethereumda yeni işlem bloğu öneren katılımcının, “iş kanıtı” protokolünü

PoW(Proof of Work) sağlaması gerekmektedir. Bu sayede kötüye kullanım ve saldırıların önüne geçilmektedir.

- *Konsorsiyum*: Yarı veya kısmen merkezi olmayan bir defter olan konsorsiyum blockchain, bir kuruluşun aksine bir grup kuruluş tarafından kontrol edilmektedir. Üye kuruluşlar madencilikle veya düğüm olarak katılma hakkına sahiptirler. Enerji Web Vakfı (EWF) ve R3 örnekleri arasındadır.

2.1.4.1.6 Robotik

Robotlar, insanlara nazaran görevlerini daha hızlı, kaliteli ve insanlardan daha düşük fiyata tamamlayabilen hızlı, hassas ve sağlam makinelerdir. Robotlar düşünme yeteneğine sahip değildir. Yalnızca önceden öğrenilmiş hareketleri ve komutları yerine getirme yeteneğine sahiptir (Vysocky ve Novak, 2016:903). Robotik sistemler sağlık, eğlence, üretim, eğitim ve güvenlik gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Otomatik endüstriyel robotlar tekrarlanan ve yüksek doğruluk gerektiren kaynak, döşeme ve boyama gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Makine öğrenimi teknolojileriyle yapay zekânın geliştirilmesi ve robotikte uygulanması faydalı ve akıllı robotların yaratılmasının ön koşuludur. Bir robot nesne hassasiyetiyle dış ortamın özelliklerini ölçme üzerine tasarlanmış kinestetik ve dokunma sensörlerini kullanarak nesnelere niteliklerini belirleyebilme yeteneğine sahiptir. Kinestetik ve dokunsal sensörler her yerde çalışabilmektedir (Bryndin , 2020:6-7).

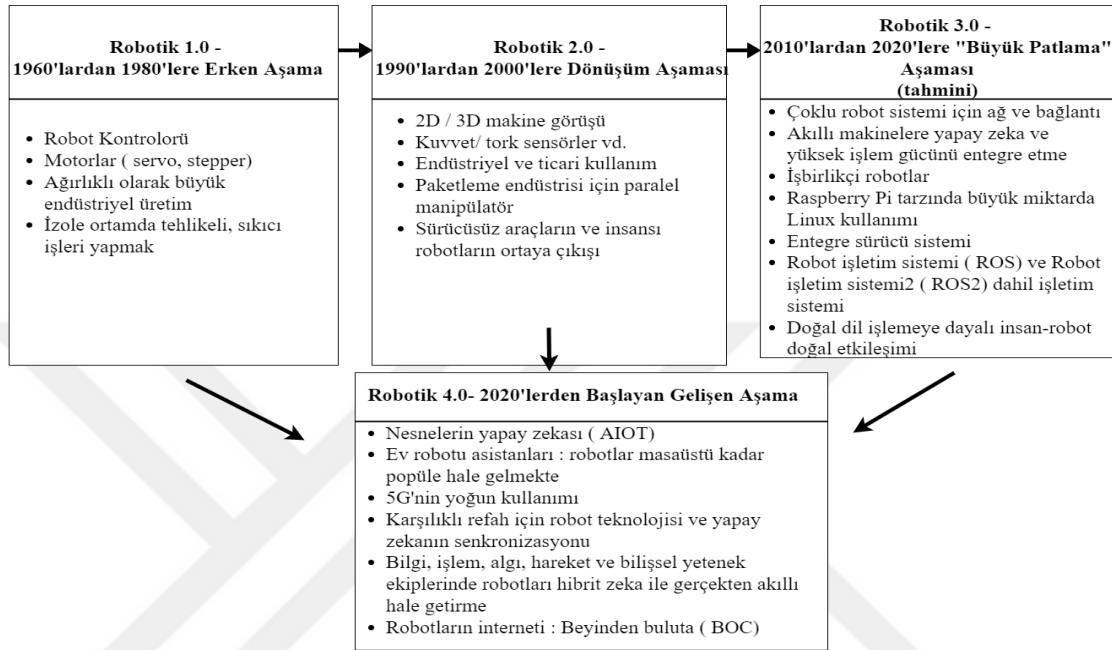
Endüstriyel robotlar yıllardır üretim sektöründe sınıflandırma, boyama, istifleme, lehimleme vb. işlerde kullanımı ile köklü bir yere sahiptir. Görevleri doğru ve sürekli bir biçimde yerine getirmesi ve insanlar için zor olan çalışma ortamlarında kullanılması, endüstriyel robotların önemini göstermektedir (Heyer, 2010:4749). Endüstriyel robotlar, insan yeteneklerini simüle edebilmek için sensörlere ihtiyaç duymaktadır. Sensörler aracılığıyla insanlar gibi görebilmekte, duyabilmekte ve nesnelere dokunabilmektedirler. Endüstriyel robot sensörlerin entegrasyonu ile bir cismin boyutunu, yakınlığını belirleyebilmekte ve nesneyi tanımlayabilmektedir (Goel ve Gupta, 2020:164).

Mevcut robotik çalışmaları üretkenliği artırma ve maksimum verimliliği elde etme yolunun, robot ve insan iş birliğinden geçtiğini göstermektedir (Bryndin , 2020:6-7). İşbirlikçi robotlarla var olan robotik uygulamalar arttırmakta ve birçok avantaj sağlamaktadır (Vysocky ve Novak, 2016:903):

- Robotlar işlemleri hızlandırabilmekte ve üretimi arttırabilecek özel koşullara uyum sağlayabilmektedir.
- Sosyoekonomik açıdan bakıldığında robotların kullanımı, ucuz iş gücüne sahip ülkelerle kıyaslandığında şirketler için artan rekabet gücü anlamına gelmektedir.
- Robotların tekrarlanabilir konumlandırma doğruluğu ve sürekli çalışma yetenekleri ile kalite kontrolü ve işlem sonrası için daha kaliteli, daha düşük gereksinimler sağlamaktadır.
- İnsan yükünün azalmasına yardımcı olmakta ve sıkıcı, sürekli tekrarlayan işlemlerin sınırlandırılmasını sağlamaktadır.
- Çalışma ortamının iyileştirilmesi ile mesleki hasarlarda, yaralanmalarda azalma sağlanmaktadır.

Günümüzde robotların hala evrimi devam etmektedir. Geçmişte ise robotik teknolojisinin 1.0' dan 4.0'a, Endüstri 4.0 gibi evrildiği düşünülmektedir. 1960-1980 arasında kapsayan Robotik 1.0'da robotun çevresini zor algıladığından tekrarlayan, emek yoğun işleri gerçekleştirmek adına yol noktası öğretime güvenilmiştir. 1990-2000 arasında kapsayan Robotik 2.0 çağında ise bilgi işlem teknolojisi ve bilgi edinme teknolojileri sayesinde, geri bildirimli otomatik sistemle endüstriyel robotların gelişimi hızlanmıştır. Robotik 3.0 ve etkileştirici teknolojileri sahne algılama, gerçek zamanlı görüntü tanıma, derin öğrenme, insan-robot doğal etkileşimi, RFID, robot işletim sistemi (ROS) ile hâkim durumdadır. 2020'de başlayan ve gelişimi devam eden Robotik 4.0'da ise, daha gelişmiş robotik teknolojilerle endüstriyel ve toplumsal ihtiyaçlar karşılanabilmektedir.

Şekil 2.6. Robotiğin evrimini göstermektedir (Gao vd., 2020:592).



Şekil 2. 6:Robotiğin Evrimi

Kaynak: (Gao vd., 2020:592)

2.1.4.1.7 Büyük Veri (Big Data)

Büyük veri, yapısal olan veya yapısal olmayan video, fotoğraf, medya paylaşımları, ağ günlükleri vb. farklı kaynaklardan toplanmış bütün verinin işlenebilir ve anlamlı biçimidir (Ünal, 2015:3). Aynı zamanda büyük veri, geleneksel veri tabanı teknolojileri kullanılarak işlenmesi, analizi ve depolanması zor olan veri hacmindeki yükselişi ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Büyük veriler belirsiz bir doğaya sahiptir. Verileri tanımlamak ve yeni iç görümlere dönüştürmek önemli süreçleri içermektedir (Hashem vd., 2015:100).

Büyük veri, geleneksel veri kümelerine nazaran fazla miktarda gerçek zamanlı analiz gerektiren yapılandırılmamış veri yığınlarını içermektedir. Büyük veri, yeni değerler keşfetme konusunda yeni fırsatlar sunmakta ve gizli değerleri derinlemesine anlama konusunda yardımcı olmaktadır. Fakat aynı zamanda bu değerlerin etkili bir

biçimde nasıl düzenlenip, yönetileceği konusunda bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Büyük veri, soyut bir kavram olmakla birlikte geleneksel bilgi teknolojisi ve yazılım araçları tarafından uygun süre içerisinde elde edilemeyen, algılanamayan, işlenemeyen ve yönetilemeyen veri kümeleri anlamına gelmektedir (Chen vd., 2014:171-173).

Büyük veriler mobil işlemler, sosyal medya, internet tıklamaları vb. günden güne artan kaynaklardan ve sensör ağları, satın alım işlemleri gibi ticari işlemler vasıtasıyla bilinçli bir şekilde oluşturulan içeriklerden oluşturulmaktadır. Büyük verilerin çıkarımından elde edilen yeni iç görüler anketleri, arşiv veri kaynaklarını ve resmi istatistikleri anlamlı bir biçimde tamamlayabilmekte ve kolektif deneyimlerden iç görü ve deneyim ekleme yoluyla ve bunu gerçek zamanlı bir biçimde gerçekleştirerek bilgi ve zaman boşluklarını daraltabilmektedir (George ve Haas, 2014: 321).

Büyük verinin 4 boyutu aşağıda sıralanmaktadır (Katal vd., 2013:404; Khan vd., 2014:2):

- *Hacim*: Büyük veri hacmi video, ses, sosyal ağ, görüntü, hava tahmini, suç raporları, tıbbi veriler vb. tüm kaynaklardan bir araya getirilen verilerin boyutunu ifade etmektedir. Büyük veri kavramının içerisinde geçen büyük kelimesi hacmi tanımlamaktadır.
- *Hız*: Büyük veride hız, yalnızca kaynaklardan gelen verilerin hızını ifade etmemekte, aynı zamanda verinin akış hızını da içermektedir. Örneğin, sensör cihazlarından gelen veriler küçük miktarlarda değildir ve sürekli veri tabanı deposuna taşınmaktadır. Bu sebeple geleneksel veri sistemleri, sürekli hareket halinde olan bu veriler üzerinde analitiği gerçekleştirme konusunda yeterli değildir.
- *Çeşitlilik*: Üretilen veriler geleneksel verilerin yanı sıra web sayfaları, e-postalar, sosyal medya siteleri, sensör cihazları, belgeler vb. birçok kaynaktan

gelen hem yarı yapılandırılmış verileri hem de aktif ve pasif cihazlardan gelen verileri kapsamaktadır.

- *Değer:* Büyük veride değer, veri setlerinin herhangi birinden maksimum değeri elde etmeyle ilgilenmektedir. Kullanıcı filtrelenen verilere karşı sorgulamalar yapabilmekte, önemli sonuçları elde edebilmekte ve ihtiyaç duyduğu şekilde sıralayabilmektedir.

Büyük veri sistemi; verinin kendisi, analitiği ve analitik sonuçlarının sunumu olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Endüstriler ve büyük işletmeler pazarlama, bilgi güvenliği ve tedarik zinciri gibi alanlarda kendilerini geliştirmek için büyük veri analitiğine ağırlık vermektedirler. Büyük veriyi anlamaya yardımcı olacak 9 özellik şu şekilde sıralanmaktadır (ENISA, 2015:8-9):

- **Dağıtılmış yedek veri toplama:** Büyük veri depolama yöntemi yüksek kullanılabilirliği sağlayan ve gerekli yedeklilikteki dağıtılmış bir dosya sistemini içermektedir.
- **Hızlı veri ekleme:** Her saniye oluşturulan büyük miktarda veri analiz edilmekte ve depolanmaktadır.
- **Farklı türde veriler:** Görüntü, ses, konuşma, sensör verileri vb. yapılandırılmamış veriler toplanmakta ve analiz edilmektedir.
- **Paralel Görev işleme:** Büyük hacimde yapılandırılmamış veriler, kısa süre içinde verimli bir biçimde işlenebilmekte ve hesaplamalar paralel bir biçimde gerçekleştirilmektedir.
- **Ölçeklenebilirlik:** Büyük veri sistemleri, büyük miktardaki veri kümelerini paralel bir biçimde çalışan çok sayıda sisteme dağıtmakta ve depolamaktadır.
- **Donanımdan bağımsızlık:** Büyük veri işleme ve analitiği, altyapı ne olursa olsun verimli bir biçimde yürütülmektedir. Bu durum donanım yatırımları konusunda daha doğru bir karar alma ve yönlendirme imkanı sağlamaktadır.
- **Büyük ölçekte analitik:** Hızlı veri ekleme özelliği büyük miktarda veri oluşturmaktadır. Bu veriler uygun oldukları alanın daha iyi bir biçimde

yönetilmesine ve planlanmasına katkıda bulunan büyük ölçekte analitikler üretmek için analiz edilmektedir.

- **Erişilebilirlik:** Yeni veri kaynaklarına kolayca erişilebilmekte ve bu verilerden değer üretmek için farklı veri türlerinden yararlanılabilmektedir.
- **Etkin maliyet:** Büyük veri sistemleri, geleneksel ilişkisel veritabanı yönetim sistemleri sorununu da çözüme kavuşturmaktadır. Geleneksel ilişkisel veritabanı yönetim sistemlerinin yüksek fiyata sahip büyük hacimli verilerini yönetmek için özel veritabanları kullanımı sağlamaktadır.

2.1.4.1.8 Bulut Bilişim

A.B.D Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST, 2011:2) tarafından yapılan tanıma göre “bulut bilişim; hizmet sağlayıcı etkileşimi veya minimum yönetim çabası ile hızlı bir biçimde sağlanabilen ve piyasaya sürülebilen ağlar, sunucular, uygulamalar, hizmetler, depolama vb. yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarından oluşan ortak bir havuzda paylaşılan, her yerde kullanışlı olarak isteğe bağlı bir biçimde ağ erişimini sağlayan bir modeldir.”

Bulut bilişimin sahip olduğu temel özellikler şunlardır (Bello vd., 2021:2):

1. Bulut hizmetlerine konum ve zamana bağımlı olmadan erişilebildiğinden, geniş bir ağ erişimi anlamına gelmekte ve her zaman her yerde bulunabilmektedir. Bulut hizmetlerine, her yerde bulunabilen temel bilgi işlem altyapısındaki herhangi bir cihaz aracılığı ile internet üzerinden erişilebilmektedir.
2. Paylaşılan havuz, birçok uygulama ve kullanıcıyı barındırabilme özelliğine sahip çok kullanıcı bir altyapıdır. Bu özellik sayesinde birçok kullanıcı aynı bilgi işlem altyapısını bireysel güvenlik ve gizlilik güvencesi altında paylaşmaktadır.
3. Esneklik özelliği sayesinde kullanıcıların talebi üzerine bilgi işlem bu talebi arttırabilmekte veya azaltabilmektedir. Örneğin, işletme aniden yoğun bir

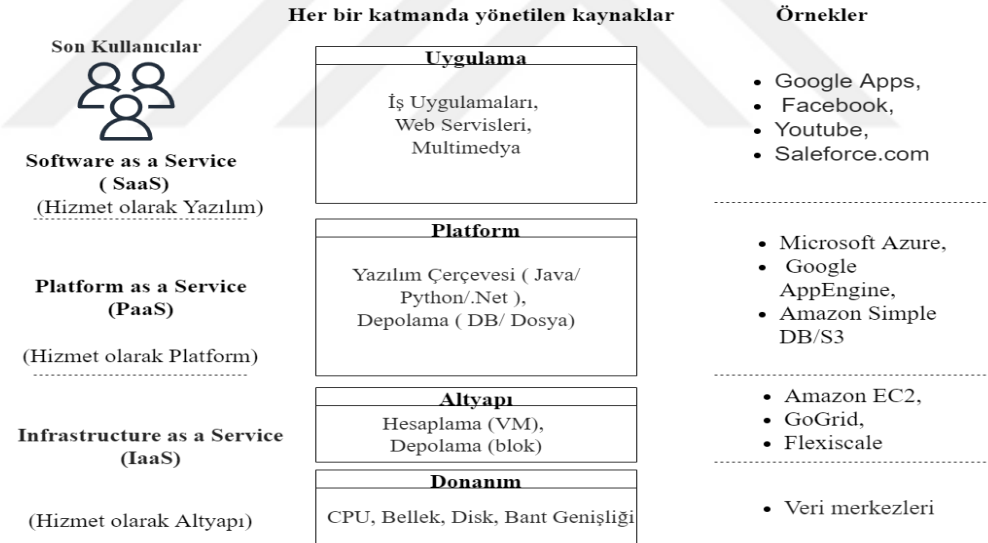
trafik ile karşı karşıya kalırsa, bulut altyapısı sayesinde talebi yeniden ölçeklendirebilmektedir.

4. İsteğe bağlı self servis özelliği kullanıcılara otomatik olarak bilgi işlem yeteneği sağlamaktadır. Önceleri kullanıcılar bilgi işlem servisini sipariş etmekte, beklemekte ve sistemi kullanmak için kurulumunu yapmaktaydı. Günümüzde ise bilgisayar kullanıcıları yalnızca bulut sağlayıcısının web sitesine girmekte ve birkaç dakika içinde erişime sahip olabilmektedir. Bulut sağlayıcısının müdahalesi olmadan bulut kullanıcıları web hizmet portalını kullanabilmektedir.
5. Kullandıkça öde özelliği ile kullanıcılar sadece kullandıkları bulut hizmeti için ödeme yapmaktadırlar. Elektrik, su vb. hizmetlerin ölçümü şeklinde bulut kaynaklarının kullanımının ölçümü gerçekleştirilmekte ve kullanıcılar ay sonunda faturayı ödemektedir.

Bulut sistemi farklı biçimlerde kullanılabilir. Tüketiciler, genel olarak dosya depolama, e-posta hizmetleri, ödeme hizmetleri, müzik ve video akışı, içerik ve bilgi paylaşımı biçiminde kullanmaktadır. İşletmeler ise bulut sistemini ekip çalışması, proje yönetimi, temel ofis araçları ve özel uygulamaların tasarımı amacıyla kullanmaktadır. Bulut ortamının esneklik, düşük maliyetler, kullanım kolaylığı, içerik paylaşma yeteneği, güvenlik, içeriğe ve bilgiye çevrimiçi erişim gibi tüketiciler için birçok faydası bulunmaktadır. Bulut sistemi kullanımı işletmelere en çok bilgi teknolojileri sermaye masrafından kaçınarak ve bilgi teknolojileri kaynaklarını ölçeklendirme yoluyla fayda sağlamaktadır. Bu durum pazara giriş engellerini azaltmakla birlikte yeni ürünleri pazarlara daha hızlı sunmaya ek olarak yenilikçi KOBİ'lerin yaratılmasına olanak tanımaktadır. Dahası, yeni ve ilginç fikirlere sahip olan işletmeler özel uygulamalar tasarlamak, işletmelere, insanlara veya yönetici gruplarına orijinal ürünler ve hizmetler sağlamak için bulut sağlayıcılarının altyapısını kullanabilmektedirler. Hükümetler ise, maliyet tasarruflarına ek olarak vatandaşlarına ve işletmelere sağladıkları e-devlet hizmetlerinde bulut teknolojilerini kullanarak kaliteyi ve yeniliği arttırabilmektedirler (EU, 2012:8-9).

Tüm bu faydaların yanı sıra KOBİ'ler ve tüketiciler için bulut bilişimin benimsenmesi önünde veri güvenliği, mahremiyet eksikliği, standardizasyon eksikliği, geçerli yasalar ve bu yasa uygulayıcılarının verilere erişimi ile ilgili problemler gibi riskler bulunmaktadır. Bulut bilişimin sebep olabileceği olası genel veri güvenliği riskleri; ortak bulut altyapısı içerisinde verilerin yoğunlaşması sebebi ile veri gizliliği tehditlerinde artış, bulut hizmetlerini kullanan kuruluşların bilgi teknolojileri yönetimi ve denetimini kaybetmesi, iletim prosedürlerinde ve kimlik doğrulamada verileri ele geçirme riskinin artması şeklinde sıralanmaktadır. Bulut sağlayıcılarının veri güvenliğine ilişkin hükümlerinde şeffaflık bulunmaması da risklerden bir diğeridir (EU, 2012:8-9).

Şekil 2.7. Bulut bilişim sistemi mimarisini göstermektedir (Zhang vd., 2010:9).



Şekil 2. 7: Bulut Bilişim Sistemi Mimarisi

Kaynak: (Zhang vd., 2010:9)

Bulut bilişim sistemi 4 katmandan oluşmaktadır; donanım katmanı yönlendiriciler, fiziksel sunucular, güç ve soğutma sistemleri gibi bulutun fiziksel kaynaklarının yönetiminden sorumludur. Sanallaştırma katmanı olarak da bilinen altyapı katmanı ise, sanallaştırma teknolojilerini kullanarak fiziksel kaynaklardan bilgi işlem ve depolama

kaynakları havuzu oluşturmaktadır. Altyapı katmanı bulut bilişimin önemli bir bileşenidir çünkü dinamik kaynak ataması benzeri temel özellikler sanallaştırma teknolojileri ile sağlanabilmektedir. Altyapı katmanı üzerine inşa edilen platform katmanı ise, işletim sistemleri ve uygulama çerçevelerinden oluşmaktadır. Sistemin en üstünde yer alan uygulama katmanı ise gerçek bulut uygulamalarından oluşmaktadır (Zhang vd., 2010:9).

2.1.4.1.9 3 Boyutlu Baskı / Katmanlı Üretim

Katmanlı üretim olarak da bilinen 3 boyutlu baskı, parçaya bağlı araçlar kullanılmadan, doğrudan 3D-CAD verilerinden faydalanarak ölçeklendirilmiş 3 boyutlu nesnelere yapmaya yarayan katman tabanlı otomatik bir üretim sürecidir. Katmanlı üretim veya 3 boyutlu baskı katman tabanlı teknoloji ilkesinden geliştirilmiş olan otomatik bir süreçtir (Gebhardt, 2011:2-4).

3 boyutlu baskı, üç boyutlu model verilerinden karmaşık geometriler ve çok çeşitli yapılar üretmek için kullanılan bir katmanlı üretim tekniğidir. Üretim birbirinin üzerine oluşturulmuş ardışık malzeme katmanlarının basılması ile gerçekleşmektedir. Çeşitli yöntem, malzeme ve ekipmanı içeren 3 boyutlu baskı yöntemi lojistik ve üretim süreçlerini de dönüştürme yeteneğine sahiptir (Ngo vd., 2018:172).

3 boyutlu baskı, ürünlerin enine kesit dilim aracılığıyla katman katman oluşturulduğu eklemeli üretim sürecidir. 3 boyutlu yazıcıların tümünde her bir katmanın nasıl oluşturulacağını belirlemek için her ürünün kesitini ölçebilen 3 boyutlu CAD yazılımı kullanılmaktadır. 3 boyutlu baskı makinesi ince bir sıvı reçine dağıtmakta ve her tabakayı belirtilen kesit modelinde sertleştirmek için bilgisayar kontrolünde ultraviyole lazer kullanılmaktadır (Berman, 2012:155).

3 boyutlu baskı üretimdeki karışıklığı büyük ölçüde azaltabilmektedir. Tek bir 3 boyutlu yazıcının çeşitli ürünler üretebilmesi yeteneği, 3 boyutlu baskının en önemli özelliklerinden biridir. Bu özelliği sayesinde işletmelerin üretim zincirindeki adım sayısını azaltarak talep üzerine ve merkezi olmayan bir biçimde üretimden

faydalanmalarını sağlamaktadır (DHL, 2016:4). 3 boyutlu baskı, üretimde tasarım özgürlüğü sunmakta, katmanlı üretim sayesinde başka hiçbir şekilde üretilmeyen geometriler oluşturulabilmekte, montaja gerek kalmadan fonksiyonel parçalar üretilmekte ve kimyasal maddeler minimum düzeyde kullanılabilir (Ivanova vd., 2013:353). 3 boyutlu baskının avantajlarından bir diğeri de toplu özelleştirme. Toplu üretim ile düşük fiyat korunurken her ürünün farklı olabileceği kişiselleştirilmiş mal üretimi de gerçekleştirilebilmektedir. Katmanlı üretim aynı zamanda geleneksel üretim yöntemlerinin uygulanmasının kolay olmadığı durumlarda, daha fazla son işlem ve malzeme kullanımı gerektiren karmaşık geometrilerin de seri üretimi için uygun bir üretim seçeneğidir. Fakat yüksek maliyet ve zaman, katmanlı üretimin seri üretimde kullanılmasını engelleyen faktörlerdir (Ngo vd., 2018:173).

Katmanlı üretimde takım veya geleneksel işleme ihtiyacı duyulmadığından tek parti boyutlarına uygun maliyetlerle sahip olunabilmektedir. Bir üretim tesisi kurmak için gerekli olan iki temel malzeme 3 boyutlu yazıcı ve bilgisayardır. Bazı son işlemler hariç el emeğine ihtiyaç duyulmamaktadır (Brans, 2013:468-469).

2.1.5 Endüstri 5.0

Endüstri 5.0, makineler ve insan arasındaki etkileşimi odağında bulunduran bir devrimdir. Endüstri 5.0, insan üreticilere daha fazla odaklanmakta ve insan ve makine iş birliği ile verimliliği arttırmayı hedeflemektedir. Endüstri 5.0 devrimi robotlar ve akıllı makineler ile birlikte çalışan insanları ifade etmektedir. Büyük veri, nesnelerin interneti gibi gelişmiş teknolojileri kullanarak insanlara destek olan robotlarla alakalı bir devrimdir (George ve George, 2020:219-220).

Endüstri 5.0, insan ve makinenin üretim araçlarını iyileştirmek ve verimliliği arttırmak için uzlaşıp birlikte hareket ettiği bir devrimdir. İnsan ve makine arasındaki iş birliğine odaklanan Endüstri 5.0, işbirlikçi robotlar ile insanların birlikte üretim yapmasını amaçlamaktadır. Bu sayede çalışanlar üretimde katma değerli görevleri sağlama becerisini edinecek ve müşteriler için toplu özelleştirme sağlanabilecektir. Endüstri 4.0'dan Endüstri

5.0' a geçişte insan üreticilere daha çok önem verilmiştir. İnsan beyin gücüyle eşleştirilmiş daha iyi otomasyon sağlayan daha hızlı ve gelişmiş insan makine etkileşimi amaçlanmaktadır (Majid vd., 2019:106-107).

Endüstri 5.0'ın teknolojileri şöyle sıralanmaktadır (Müller, 2020:3):

- Gömülü sensörler ve gelişmiş özelliklere sahip olan malzemelerin geri dönüştürülmesine izin veren teknolojiler ve akıllı malzemeler,
- İnsan ve makine gücünü birleştiren, insan merkezli çözümler ve makine ile insan etkileşimi,
- Tüm sistemleri modellemek için simülasyon ve gerçek zamanlı dijital ikizler,
- Karmaşık ve dinamik sistemlerdeki nedensellikleri tespit etmek ve eyleme geçebilmek için yapay zeka kullanımı,
- Yukarıda sayılan teknolojiler enerji gerektireceğinden, enerji verimliliği ve güvenilirliğe yönelik teknolojiler.

Tablo 2.2. Endüstri 5.0 uygulamalarını göstermektedir (Maddikunta vd., 2022:6).

Tablo 2. 2:Endüstri 5.0 Uygulamaları

ENDÜSTRİ 5.0 UYGULAMALARI	
AKILLI SAĞLIK	<ul style="list-style-type: none"> • Kişiyeye özel implant üretimi • Ameliyatları daha hassas bir şekilde gerçekleştirmek • Azaltılmış hata oranları: Daha iyi hasta bakımı
TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	<ul style="list-style-type: none"> • Kayıpları ve hataları en aza indirme • Paydaşlar arasında etkin iletişim • Marjların artması, operasyonel maliyetlerin azalması

BULUT ÜRETİMİ	<ul style="list-style-type: none"> • Güvenirlik, yüksek kalite, isteğe bağlı yetenekler • Uzun mesafeli teslimat gereksinimlerinin ortadan kalkması • Düşük maliyetli üretim süreci
ÜRETİM/İMALAT	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji verimliliği • Geliştirilmiş verimlilik • İnovasyon ve yüksek kalitede ürünler
AKILLI EĞİTİM	<ul style="list-style-type: none"> • Gerçek zamanlı karma öğretim ve öğrenim • Görselleştirme ve yaratıcılığı geliştirme • Etkileşimli öğrenme deneyimi
AFET YÖNETİMİ	<ul style="list-style-type: none"> • Hazırlık seviyesini artırma • Arama kurtarma operasyonlarında kullanım • Felaketin sonuçlarıyla başa çıkma yeteneği

Kaynak: (Maddikunta vd., 2022:6)

2.2 LOJİSTİK 4.0 KAVRAMI VE ÖNEMİ

Endüstride yaşanan büyük devrimlerin getirdiği teknolojik yenilikler, üretim sistemlerinin gelişimi ve değişimi, e-ticaretin her geçen gün daha da artması, müşteri davranışlarındaki değişiklikler gibi faktörler lojistiği de temelden etkilemiş ve endüstriyel devrimlerle birlikte lojistik sektörü de gelişim kaydetmiştir.

Lojistik devriminin başlangıcı olan 19. yüzyılın sonlarını ve 20. yüzyılın başlarını kapsayan Lojistik 1.0'daki ilk yenilik ulaşımın mekanizasyonu olmuştur. Uzun mesafelerde konteyner ve mal taşımacılığında hayvan gücü ve insan gücü yerine ana

taşıma aracı olarak buharlı motorlara sahip gemiler ve trenler kullanılmaya başlanmıştır. İkinci sanayi devriminin yaşanması ile lojistik daha önemli hale gelmeye başlamıştır. Seri üretime geçiş ve üretimde elektrik enerjisinin kullanımı, kargo elleçlemede otomasyon Lojistik 2.0 devrimini ortaya çıkartmıştır (Wang , 2016:69). Lojistik 2.0 ile birlikte lojistik ağlar gelişmiş, tedarik zinciri yönetimi küresel hale gelmiş, belirli lojistik süreçler ve faaliyetlerde uzmanlaşmış yeni lojistik şirketleri ortaya çıkmıştır (Radivojević ve Milosavljević, 2019:284). Lojistik 3.0 ile gelen yenilik ise lojistik yönetiminin sistematik hale gelmesidir. Nakliye Yönetim Sistemi TMS (Transport Management System) ve Depo Yönetim Sistemi WMS (Warehouse Management System) gibi bilgi teknolojilerinin kullanımı ile envanter ve sevkiyat otomasyonu, verimlilik ve lojistik yönetiminde ilerleme ve gelişme kaydedilmiştir (Wang , 2016:69).

Lojistik 4.0, Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik sektöründe uygulanması olup, Endüstri 4.0 ile aynı prensiplere sahiptir. Lojistikte süreç verimliliği önem arz ettiğinden Lojistik 4.0 uygulamaları verimliliği arttırmaya odaklanmıştır (Horenberg, 2017:4). Endüstri 4.0'ın amacı değişen koşullara etkili, verimli ve esnek bir biçimde uyum sağlarken, organizasyonel ve teknik bir çerçeve içerisinde kontrolün sağlanabileceği endüstriyel ağlar ve sistemler geliştirebilmektir. Amaç insanlar ve nesnelar arasında sürekli bilgi alışverişini sağlayan birbirine bağlı karmaşık, dağıtılmış sistemler oluşturmaktır. Bu bağlamda lojistik bu gelişmelerin temelinde yer almakta ve Endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesini Lojistik 4.0 olmadan düşünmek neredeyse imkansızdır. Endüstri 4.0'ın itici gücünü ve temelini Lojistik 4.0 oluşturmaktadır (Delfmann vd., 2018:2).

Lojistik 4.0'ın ilgilendiği başlıca konular; büyük veri ve madenciliği, siber fiziksel sistemler, nesneların ve hizmetlerin internetidir. Veri madenciliği hesaplama hızı ve verilerin hacmi dikkate alınarak doğru bir biçimde yönetilmelidir. Siber fiziksel sistemler, sensörler kullanarak fiziksel ve dijital dünyayı birbirine entegre etmektedir. Nesneların interneti diğer kullanıcılar ve sistemlerin etkileşim sağlamasına yardımcı olmakta, hizmetlerin interneti ise birden çok sağlayıcı tarafından sağlanan iş modellerini, hizmetleri

ve kullanıcıları içermektedir. Lojistik 4.0'ın önemli bileşenleri arasında fiyatlandırma, ölçüm ve bilgi hizmetleri sağlayan akıllı hizmetler ve süreçleri kontrol etmeye, iletişimi kurmaya yardımcı olan akıllı ürünler yer almaktadır (Göçmen ve Erol, 2018:77).

Esas olarak nesnelerin ve hizmetlerin interneti ile büyük veri tarafından yönlendirilmekte olan Lojistik 4.0'ın amacı, tedarik zinciri yönetiminde standardizasyon ve iş gücü tasarrufunu sağlamaktır (Wang, 2016:69). Taşımacılık, elleçleme, bilgi akışı, envanter yönetimi gibi lojistik faaliyetleri Lojistik 4.0'dan etkilenmekte ve dördüncü lojistik devrimi, lojistik faaliyetlerden açısından önem arz etmektedir. Lojistik 4.0'ın beraberinde getirdiği teknolojiler işletmeye bir dizi kolaylık sağlayabilmektedir. Bunlar; ürün ve malzeme taşımacılığı için gerekli en uygun rota, araç, tesis ve ürün konumlarının gerçek zamanlı büyük veri analitiği ile bulunması, yerinde, hızlı ve talebe bağlı üretim depolama ihtiyacını azalması, depolarda otonom araç ve robotların sağlamış olduğu karar verme ve izleme sistemlerinin envanter üzerindeki kontrolünün sağlanması, bulut destekli ağ ve akıllı ürünlerle bilgi akışının bozulmadan gerçekleştirilmesi ve son olarak aktörler arasındaki gerçek zamanlı bilgi alışverişiyle lojistik sınırlarının ortadan kalkması ve kamçı etkisini azaltmasıdır (Strandhagen vd., 2017:4-5).

Endüstri 4.0 için hizmet vermekte olan Lojistik 4.0, zincir izlenebilirliği, kaynak ve zaman optimizasyonu, verilerin bütünlüğü ve güvenliği, dijital aktörler ve farklı insanların uygun bir biçimde birlikte çalışabilirliği ile karakterize edilmektedir. Lojistik 4.0, tedarik zinciri temsilcileri arasındaki iş birliğinin artmasına yardımcı olmakta, tüm lojistik zincirinin görünürlüğünün ve izlenebilirliğinin iyileştirilmesini sağlamakta, kargo akışının gerçek zamanlı yönetimini gerçekleştirmekte ve teknolojik kaynakların kullanımını kolaylaştırmaktadır. Lojistik 4.0 ile gelen teknolojik yenilikler, bilgi tabanlı lojistik hizmetlerini geliştirmekte, bu sayede ise mevcut alt yapıdaki veya talepteki değişiklikleri gerçek zamanlı olarak optimize etmek ve yönetmek için sistemler ve hizmetler entegre hale gelmektedir. Bu durumda transit süreler ve maliyetler azalmakta, müşteri teslimat deneyimi iyileşmektedir (Barleta vd., 2019:3).

2.3 LOJİSTİK 4.0 TEKNOLOJİLERİ KULLANIM ÖRNEKLERİ

Lojistik 4.0 teknolojilerini Endüstri 4.0 teknolojileri oluşturmakta ve bu teknolojileri nesnelerin interneti, yapay zeka, artırılmış gerçeklik, siber fiziksel sistemler, blockchain, robotik, 3 boyutlu baskı, büyük veri ve bulut bilişim şeklinde sıralamak mümkündür. Bahsedilen teknolojilerin tanımları ve işleyişine Endüstri 4.0 teknolojileri başlığı altında yer verildiğinden bu bölümde lojistik sektöründeki kullanım örneklerinden bahsedilecektir.

2.3.1 Lojistik Sektöründe Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti (IoT) , akıllı cihazlar veya kullanıcılar tarafından makineden makineye machine to machine (M2M) iletişim yolu ile gerçek zamanlı karar verme için verileri ve bilgileri birbirleriyle veya diğer dijital platformlarla paylaşan, akıllı cihazların internet vasıtası ile birbirine bağlanmasına izin veren bir teknolojidir. Lojistik sektöründe nesnelerin interneti teknolojisinin kullanım amacı rotaların optimizasyonu, gönderilerin takibi, son km teslimatın iyileştirilmesi yolu ile müşteri için katma değerde artış sağlamak ve varlıkların esnek yönetimini kolaylaştıran, verileri gerçek zamanlı elde ederek hizmetleri daha ekonomik, verimli ve kârlı hale getirmek için büyük bir fırsat kapısı açmaktadır. Ek olarak, işletmenin sabit varlıklarının planlı bakımını, depo kapasite optimizasyonunu ve lojistik konfigürasyonun sürekli değişen pazar dinamiklerine adapte olması için gerekli verilerin toplanmasını da kolaylaştırmaktadır (Barleta vd., 2019:7).

Nesnelerin interneti teknolojilerinin kullanımı, hizmet kalitesinde iyileştirme ve kontrolü artırma fırsatı sunmaktadır. Buna ek olarak toplam uygulama maliyetlerinin yüksek olması, yasal düzenlemedeki eksiklik ve güvenlik endişeleri gibi sebeplerden dolayı lojistik şirketleri nesnelerin interneti teknolojisinden endişe duymaktadır. Fakat sensör fiyatlarının düşmesi ve düşük maliyetli ağların geliştirilmesi mevcut eğilimin değişmesine yardımcı olabilir (Ilin vd., 2019:295).

Nesnelerin interneti teknolojisinin lojistiğe sağladığı fırsatları şu şekilde sıralamak mümkündür (DHL, 2020:61);

- Müşteriler için daha dinamik, özelleştirilmiş teslimat hizmetleri oluşturulması,
- Nesnelerin interneti verilerinden otomatik bir biçimde başlatılan eylemler ile geliştirilmiş operasyonel verimlilik,
- Lojistik faaliyetlerinin güvenilirliğini, izlenebilirliğini, görünürlüğünü ve güvenliğini arttırmak,
- Gerçek zamanlı bağlantı ile varlık kullanımı optimize etmek, hizmet kalitesini iyileştirmek ve operasyon desteği sağlamak için gerekli yanıt sürelerinin kısaltılmasını sağlamaktır.

Filo yönetimi, lojistik merkezlerde veya limanlarda önemli konular arasındadır. Demiryollarını, gemileri, karayollarını ve limanları etkileyen tüm faaliyetleri koordine ederek bekleme süresi azaltılabilmekte veya yüksek verimlilik sağlanabilmektedir. Ek olarak filo yönetimi ile limanlardaki tıkanıklığın şehir trafiği üzerindeki etkisi de minimuma indirilebilmektedir. Trafik kontrol programlarında nesnelerin interneti teknolojisi verimli toplu taşımayı sağlamak için kullanılmaktadır. Hamburg limanı, liman faaliyetlerini koordine etmek için nesnelerin internetini kullanmaktadır. Limandaki trafiği izlemek için karayolu sensörleri kurulmuştur. Sensörler kamyon şoförleri ve gemi kaptanları için park yerleri ve yön tayinine ilişkin yardımlar sağlamaktadır. Nesnelerin interneti tarafından elde edilen veriler, limandaki tıkanıklığın karayolları üzerindeki etkisini minimuma indirmek ve kesintileri yönetmek için de kullanılmaktadır (Diwan, 2016:8).

Nesnelerin interneti teknolojilerinden biri olan sensörler, üretim süreci kontrolü ve endüstriyel otomasyon alanlarında da kullanılmaktadır. Bu alana yatırım yapan kuruluşlar arasında General Electric, Bosch, ABB(Asea Brown Boveri) ve Rockwell Automation yer almaktadır. Geçmişte üretim katlarının çoğu kapalı bir biçimde yani eski yönetim

uygulamaları ve tescilli ağ protokolleri ile yönetilmekte iken, nesnelerin interneti ile bu sistemler açık IP standartlarına geçmiştir. Bu durum işletmelere çalışılabilirlik, artan ölçeklenebilirlik, güvenlik ve yönetilebilirlik gibi faydalar sağlamaktadır. Yöneticiler fabrikadaki makine performansı, enerji tüketimi, envanter durumu ve malzeme akışı gibi konuları nesnelerin interneti sayesinde inceleyebilmektedir. Üretim katında nesnelerin interneti kullanımlarından biri olan önleyici bakım kritik öneme sahiptir. Ek olarak sensörler fabrikadaki bir varlığın bozulacak seviyeye geldiğini, arızalı olma durumunu, sıcaklık veya titreşim seviyelerini aştığını yöneticilere bildirip uyarabilmektedir (DHL, 2015:9).

Depolarda ürün veya palet etiketleme amacıyla RFID benzeri düşük maliyetli, küçük tanımlama cihazlarının yaygın olarak kullanımı, nesnelerin interneti odaklı akıllı envanter yönetimine olanak tanıyacaktır. Nesnelerin interneti teknolojisi aynı zamanda kusurlu depolamanın sebep olabileceği riskleri tespit etmek ve ürün ya da paletin raftan düşme riskini hesaplamak adına kamera ve sensörler kullanılabilir. Sorunu tespit ettiğinde depo ekibine bildirerek, malların ve işçilere verilecek zararın azalmasına yardımcı olur. Yük taşımacılığında ise kamyonlardaki telematik sensörler veya ürünler üzerindeki sensör etiketleri bir paketin açık ve kapalı olma durumu, bir eşğin aşılıp aşılmadığı veya konum hakkındaki verileri iletmekte ve bu sayede ulaşım görünürlüğü ve güvenliği sağlanmaktadır (DHL, 2015:16-18).

Nesnelerin internetinin taşımacılıkta kullanımı ise, ağ üzerinden bağlanan merkezi bir kontrol vasıtası ile çeşitli araçların izlenebilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu sayede malzeme ve malların ithalat ve ihracatı da yönetilebilmektedir. Taşımacılıkta nesnelerin interneti teslimat durumunu izlemek için coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak canlı ve bütünleştirici hizmet sunmaktadır (Kumar ve Dash, 2017).

Nesnelerin interneti lojistik ağların karmaşıklığının üstesinden geldiği için akıllı gönderiler de artmaktadır. Bazı durumlarda paketlenmiş ürünlerin farklı taşıma modları ile birkaç sınırı geçmesi gerekmektedir. Bu noktada nesnelerin interneti dijital güç ve

bağlantı sağlarken, fiziksel ve yasal gereksinimleri sağlamak adına ürünlere eşlik etmesi gerekmektedir. Zorluklarına rağmen nesnelerin interneti hız, sıcaklık, konum, hasar izleme, ışık vb. kullanım şekilleriyle tedarik zincirinin bir parçası haline gelmiştir. DHL, sıkışma önleme sistemleri, hırsızlık soruşturması ve uydu coğrafi sınır tabanlı kilitleme kutuları gibi gelişmiş nesnelerin interneti çözümleri sunmaktadır. Decathlon ise, ürünleri bulmak, tanımlamak, farklı ülkelerdeki mağazalarına teslim etmek için RFID etiketlerinden faydalanmaktadır (DHL, 2020: 61).

2.3.2 Lojistik Sektöründe Yapay Zekâ

Yapay zekâ çevreyi gözlemleyip, kazandığı deneyim ve bilgiler sayesinde insanlar gibi çalışan, tepki veren, akıllı eylemlerde bulunabilme ve kararlar önerebilme yeteneğine sahip araçlar ve makineleri ifade etmektedir (Abdullayeva, 2019:168; EU, 2018:19).

Yapay zekâ kullanımı ile daha dikkatli envanter yönetimi sağlanabilmektedir. Örneğin kamera ile donatılmış bir robot sistemi tasarlanarak envanter raftan rafa kontrol edilebilir ve bu sayede envanter yönetimi sağlanabilir. Yapay zekânın gelişimi ile manuel bir biçimde yapılan kalite kontrolü de otomatikleştirilebilmektedir (Soltani, 2021:4490). Yapay zekâ teknolojisi her sektörde olduğu gibi lojistikte de arızaları önlemek, nakliye ihtiyaçlarını öngörmek ve müşteri beklentilerini karşılayamama ihtimalini minimuma düşürmek amacıyla kullanılmaktadır (Abdullayeva, 2019:170).

Yapay zekâ ve otomasyon teknolojileri lojistik ve tedarik zincirine, daha çevik rotalar ile müşterilere daha hızlı hizmet ve mal teslimatı sağlayarak, tahminleri ve müşteri hizmetlerini iyileştirerek, operasyonlarda optimizasyon ve maliyetlerde azalma yoluyla faydalar sağlayabilmektedir. Yapay zekâ insanlar yerine karmaşık ve tekrarlayan görevleri gerçekleştirebilmektedir (Foster ve Rhoden, 2020:59).

Dağıtımın son kilometresine katılmak adına yapay zekâ teknolojilerinden olan insansız hava araçlarından faydalanılmaktadır. Mercedes Benz tarafından üretilen “Vision Van” isimli tamamen elektrikli lojistik otomobili, ürün teslimatı yapabilmek için iki adet

drone ile donatılmıştır. Gelen sipariŖten sonra depoda mallar içeriğe göre otomatik bir biçimde tahsis edilecek, taŖıma bandı vasıtasıyla mallar makineye taŖınacak ve ardından lojistik dağıtım aracında toplanacaktır. Bu akıllı lojistik aracı her bir malın teslimat yerini eŖleyip, en hızlı rotada ürünleri istenilen yere ulaŖtıracaktır. Sürücü araca bindiği anda navigasyon alıŖmaya baŖladıęı için herhangi bir sıkıntı yaŖanmadan yola çıkabilecektir. Otomobilin bagajı tam otomatik yükleme sistemine sahiptir. Kullanılan dronelar araç diğer bölgelere teslimatı yaparken, belirli yerlere küçük paket teslimatı yapar ve lojistikte büyük ölçüde verimlilik sağlanır. Ek olarak mŖteriler gerçek zamanlı olarak sipariŖlerinin durumlarını izleyebilirler (Zhang, 2019:3).

Konteynerler için yükleme optimizasyonu, konteyner taŖımacılıęının uygun maliyette ve verimli bir biçimde gerekleŖtirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Konteyner yklemeŖi ıkıŖ noktası, varıŖ noktası, mŖteri tarafından belirlenen kısıtlamalar, yüke özel düzenlemeler, yükleme ve boŖaltma için optimum modeller, her bir konteynerin verimli bir biçimde yüklenmesi benzeri birçok faktörü içeren karmaŖık bir iŖlemdir. Bu sebeple 2020 yılında Maersk lojistik Ŗirketi, yapay zekâ destekli konteyner yükleme sistemini kullanmıŖ ve verimlilikte %9'luk bir artıŖ olduğunu gzlemlemiŖtir. İleriye dönük olarak konteynerlerin %95'inin bu Ŗekilde yüklenmesi ve gelecekte konteyner yüklemede yapay zekâdan yaygın Ŗekilde yararlanılması hedeflenmektedir. (MAERSK,2020:9).

Lojistikte sektörün ağ tabanlı yapısı yapay zekânın ölçeklendirilmesi ve uygulanması için doğal bir ereve sağlamakta ve yüksek düzeyde organize edilmiŖ olan küresel tedarik zincirinin insan bileŖenlerini güçlendirmektedir (DHL,2018:14). Yapay zekâ destekli görsel denetim, operasyonel lojistik alanında yüksek bir potansiyele sahiptir. IBM Watson, yapay zeka destekli görsel denetlemeyi kullanarak fiziksel varlıkların bakımını yapmaktadır (DHL,2018:26). DHL, malların taŖınması ve teslimatının verimli bir biçimde gerekleŖtirilmesinde akıllı rota optimizasyonu kritik bir öneme sahip olduğundan, sürücüleri gerçek zamanlı yönlendirecek algoritmalara sahip SmartTruck adlı giriŖime öncülük etmiŖtir (DHL,2018:28).

Ocado şirketi ise hizmetleri müşteri gereksinimlerine göre uyarlamak, teslimat rotalarını izlemek, yeni depolarda robotların rotasını ve eriştikleri depoyu optimize etmek, tıkanıklığı önlemek ve donanım arızalarına yanıt vermek için birinci nesil otomatik depolarda mal akışlarını yönetmek, sürücüsüz araç denemeleri gibi lojistik faaliyetlerinde ve bunların haricindeki e-ticaret, sipariş karşılama faaliyetlerinde yapay zeka teknolojilerinden faydalanmaktadır (Hall ve Pesenti, 2017:30-31).

2.3.3 Lojistik Sektöründe Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik, lojistik ortamında var olan gerçekliği karar verme becerisini geliştirmek adına bir ekrana yerleştirilen 3 boyutlu bilgileri, görüntüleme cihazlarını kullanarak önemli bilgisayar verileri ile birleştiren bir teknolojidir (Barleta vd., 2019:8). Fiziksel ve dijital dünyayı bir araya getiren arttırılmış gerçeklik, lojistiğin üretkenliğini ve kalitesini arttırarak çalışanlara doğru yerde ve doğru zamanda doğru bilgiler verme imkanı sağlamaktadır (DHL, 2020:53).

Üretim süreçlerinin kontrolü ve yönetimi için birçok seçenek sunan arttırılmış gerçeklik, görselleştirme ile sürecin anlaşılmasına ve çalışan performansında iyileşmeye yardımcı olabilmektedir (Rodnichenko vd., 2021:1). Arttırılmış gerçeklik lojistikte, çoğunlukla maliyet ve zaman gerektiren işlemler olan kalite, kontrol, ürün paketleme gibi süreçleri iyileştirmek amacıyla depo yönetiminde kullanılmaktadır. Arttırılmış gerçeklik kullanımı ile müşteri hizmet kalitesi iyileştirilebilir ve teslimatta gecikmeye veya ürün iadelerine neden olan paketleme hataları ve maliyetler azaltılabilmektedir (Barleta vd., 2019:8).

Lojistik sektöründe arttırılmış gerçeklik nakliye optimizasyonu, depolama, dağıtım ve genişletilmiş katma değerli hizmetlerde kullanılmaktadır. Ekranlı gözlükler, kameralar vb. teknolojiler ile depolamada kullanılmakta olan arttırılmış gerçeklik, malzemelerin kusursuz bir biçimde depolanmasına, depoda bulunmasına ve siparişlerin sorunsuz bir biçimde tamamlanmasına yardımcı olmaktadır. Taşımacılıkta ise, malzemelerin eksik olup olmadığının kontrolünü ve yükleme işlemlerini içermektedir.

Manuel palet hesaplamasının yerini, palet sayısını ve içindeki paketlerin sayısını hızlı ve doğru bir biçimde belirleme yeteneğine sahip ve hasarlı parçaları tespit edebilen 3 boyutlu sensörlere sahip tarayıcılar almaktadır (Çujan vd., 2020:114).

2.3.4 Lojistik Sektöründe Siber Fiziksel Sistemler

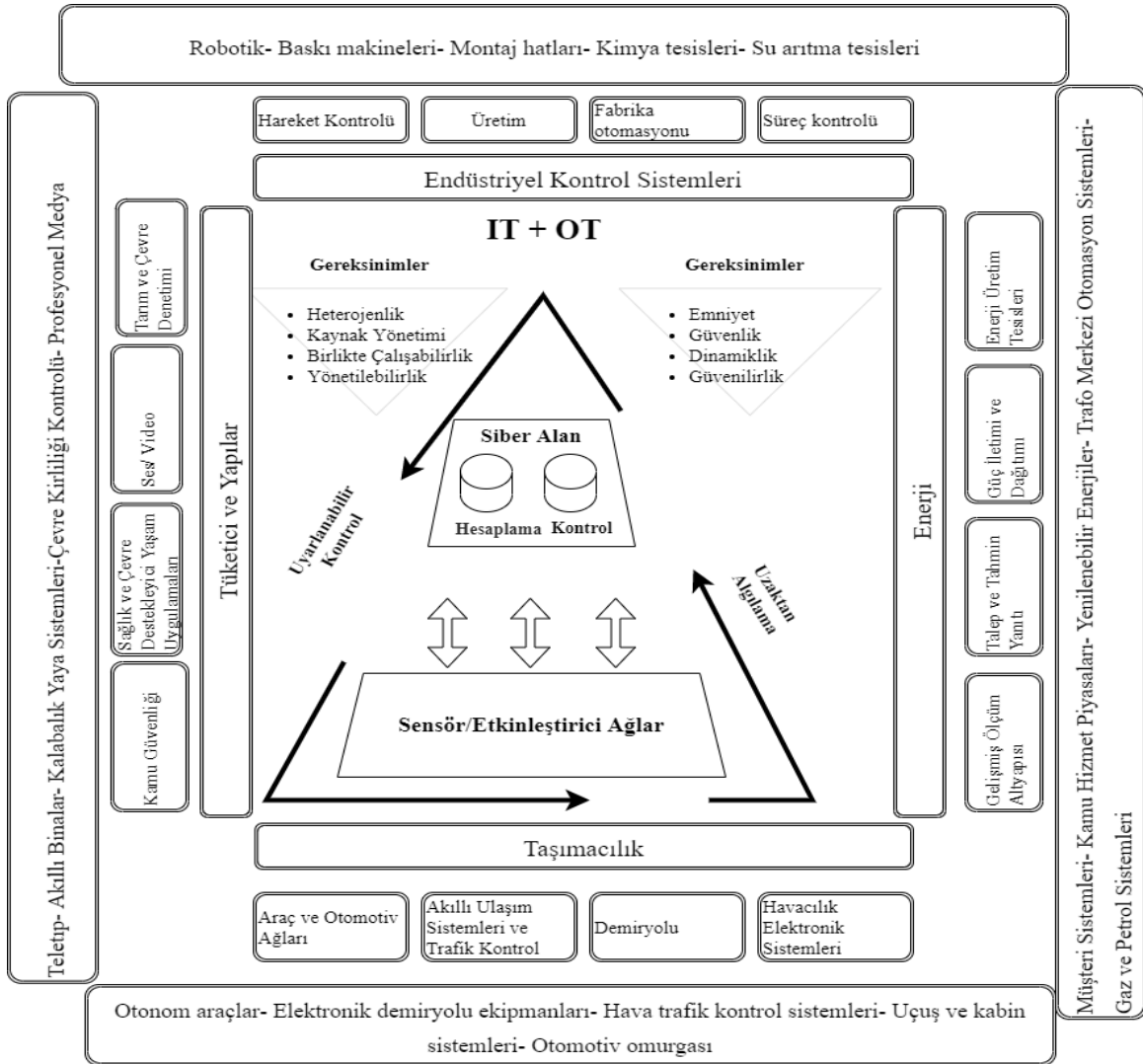
Fiziksel öğeleri ve bilgi öğelerini derinlemesine birbirine entegre eden karmaşık bir sistem olan siber fiziksel sistemlerde, büyük ölçekte birbirine bağlı fiziksel sistemlerin simülasyonu, analizi ve kontrolü, gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve bilgi işlem faaliyetleri, iletişim ve kontrol teknolojilerinin ve kapsamlı iş birliğinin bir araya getirilmesi ile gerçekleşmektedir. Siber fiziksel sistem, gömülü sistemlerdir fakat geleneksel gömülü sistemlerin aksine, uyarlanabilir ağ ve etkileşimini gerçekleştirebilmekte, bağımsız cihazları akıllıca ayarlayabilmekte ve bilgisayar mantığını otomatik olarak yapılandırma ve ayarlamak için görev gereksinimlerine göre çalışabilmektedir (Zhang, 2018:70809-70810).

Siber fiziksel sistemlerin önemli uygulama alanlarından biri akıllı fabrikalardır. Siber fiziksel sistemlerin üretim sistemlerine dâhil edilmesi ile ortaya çıkan akıllı fabrikalar, klasik üretim sistemlerine kıyasla önemli maliyet, kalite, zaman ve kaynak avantajı sağlamaktadır (MÜSİAD, 2017:70). Siber fiziksel sistemler lojistik sistemlerindeki çalışanların da geleneksel rolünü değiştirmiştir. Siber fiziksel sistemlerin lojistik vizyonunda çalışanlar, üretim sistemi asistanı kullanarak sürekli çevrimiçi olabilmektedir. Üretim asistan cihazı, çalışanın siber fiziksel sisteme bağlanıp iletişim kurmasına yardımcı olan bir ara yüz cihazıdır. Sanal dünyadaki işçiyi temsil etmek üzere bir avatar bulunmaktadır ve ek olarak tüm çalışanlar için farklı bireysel bilgiler, roller ve yetenekler gösterilmektedir. Çalışanlar karar vermekte ve avaturları tarafından ilişkilendirilen otonom sistemler ile ortak çalışmayı denetlemektedirler (Prasse vd., 2014:55).

Taşımacılıkta siber fiziksel sistemlerin kullanımı elektrikli araçlar, akıllı araçlar, demiryolu taşımacılığı araçları, su üstü ve altı taşımacılığı araçları ve insansız hava

araçları (IHA) vb. çeşitli araçları ve ulaşım sistemlerini kapsamaktadır (Mohanty, 2020:4). Siber fiziksel sistemlere dayalı trafik kontrol süreci ise, bilgi ve ulaşım süreçlerinin entegrasyonu ile gerçekleştirilmektedir (Möller ve Vakilzadian, 2016).

Şekil 2.8. Siber fiziksel sistemlerin kullanım alanlarını özetlemektedir (Molina ve Jacob, 2018:408).



Şekil 2. 8: Siber Fiziksel Sistemler Uygulamaları ve Gereksinimleri

Kaynak: (Molina ve Jacob, 2018:408)

2.3.5 Lojistik Sektöründe Blockchain

Blockchain internete erişimi olan herkesin, istediği her yerde kullanabileceği küresel veri tabanı teknolojisidir ve hükümetler, bankalar gibi geleneksel merkezi taraflara ait veri tabanlarından farklı olarak, hiç kimseye ait değildir. Bütün ağ tarafından izlendiğinden, sahte belge veya işlemlerle sistemi aldatmak imkânsız hale gelmektedir. Blockchain ile bilgiler bir ağ üzerindeki düğümler arasında kalıcı olarak depolanmaktadır (Mohanta vd., 2019:3).

Blockchain aktörlerin ürünleri ile ilgili bilgileri paylaşp, değiş tokuş etmeleri için güvenli bir platform sağlamaktadır. Tüketicilere ürünlerin güvenilir ve sürdürülebilir bir üreticiden geldiğini kanıtlamakta, müşteri sadakatini ve karlılığını arttırabilmektedir (Dobrovnik vd., 2018:6). Blockchainin kullanıcılara doğrulanmış verileri sunması, sisteme olan güvenin artmasını sağlayabilmektedir. Üretimden tüketime kadar olan süreçte ürün geçmişi, şeffaflık ve varlıkla ilgili bilgi sağlamaktadır. Bu sayede tüketiciler ve işletmelere ürünler hakkında daha fazla görünürlük sağlanmaktadır. Blockchain teknolojisi ile şirketler ürünlerle ilgili daha çok izlenebilirliğe eriştiğinden, sahte ürün riskini ortadan kaldırarak, tüketici güvenini arttırabilmektedir. Blockchain ile idari süreçler düzgün bir şekilde yönetilebilmekte ve maliyetler azalabilmektedir (Deloitte, 2017:06).

Blockchain teknolojisinin işletmelere sağladığı avantajların yanı sıra, öngörülemeyen riskleri ve zorlukları beraberinde getirmektedir. Blockchain sisteminin tek bir tarafa ait olmaması bir avantajdır. Fakat bu durum yönetim ve operasyon sorunlarına yol açmaktadır (Irannezhad, 2020:299). Blockchaini mevcut uygulamalar üzerinden eski uygulamalara entegre etmek konusunda zorluklar yaşanabilmektedir. Eski uygulamalar farklı ortamlar, programlama dilleri ile geliştirilmiş olabilir ve yeni uygulamalar ile sorunsuz bir biçimde entegre edilmeye hazır olmayabilirler. Blockchain fikir birliği, sahiplik gibi konularda teknik kanıtlar sunabilmektedir fakat bu kanıtların yasal olarak desteklenmesi gerekmektedir (Al-Jaroodi ve Mohamed, 2019: 36508-36509).

Lojistik sektöründe blockchain birçok uygulama alanına sahiptir. Hyperledger ve Walmart, blockchain tabanlı bir gıda izlenebilirlik sistemi oluşturmuştur. Projenin iki temel hedefi ABD'deki mangoların ve Çin'de satılan etin takibini sağlamaktır. Çalışma sonucunda Çin'deki et takibi için sisteme özgünlük sertifikasının yüklenmesiyle güven unsuru oluşturulmuş, mangoların takibi için gereken sürenin ise 7 günden 2 saniyeye düştüğü sonucuna varılmıştır. Walmart bu sistemle 25 ürünün takibini gerçekleştirmeye başlamıştır (Hyperledger, 2019:4-5).

CargoX dijital olarak kurye hizmeti veren bir şirkettir ve yeni ürün geliştirmede blockchain teknolojisinin ve akıllı sözleşmelerin ademi merkezîyetçiliğinden ve güvenliğinden faydalanmaktadır. Ek olarak CargoX belge işleme güvenliğini blockchain ile sağlamaktadır. CargoX kullanıcıların belgelerini ve bu belgelerin sahipliğini yüksek gizlilik düzeyinde şifrelenmiş bir şekilde aktarmalarına yardımcı olmaktadır (CargoX, 2021:6-7). CargoX platformuna entegre akıllı konşimento kullanımı ile taşımacılık ve lojistikte sevkiyatla ilgili diğer belgeler ile birlikte konşimento aktarımı da kolayca yapılmaktadır (CargoX, 2021:15).

Maersk ve IBM (International Business Machines) iş birliği ile gerçekleştirilen TradeLens, blockchain tabanlı dijital konteyner lojistik platformudur. TradeLens lojistik sağlayıcıları, nakliye komisyoncuları, kara ve deniz taşıyıcıları, kargo sahipleri, gümrük yetkilileri ve limanlar gibi tedarik zinciri ortaklarından oluşan bir sistemdir. Dağıtılmış defter teknolojisini kullanarak işlem üzerinde güvenli ve tek paylaşımlı bir görünüm sağlamaktadır. Kullanıcılar nakliye verilerine ve belgelerine gerçek zamanlı bir biçimde erişmekte ve verimli bir etkileşim kurabilmektedir (MAERSK, 2020:10).

Blockchain teknolojisinin yaygınlaşmasıyla fiziksel sözleşmelerin yerini akıllı sözleşmeler almıştır. Akıllı sözleşmeler iki veya daha fazla taraf arasında gerçekleşecek işlemlerde, aracıları ortadan kaldırarak sürecin daha hızlı ve daha az maliyette gerçekleşmesini sağlamaktadır. Blockchainin en önemli teknolojilerinden biri olan akıllı

sözleşmeler şeffaflık, değiştirilemezlik ve güvenilirlik özelliklerine sahiptir (BCTR,2021:6). Lojistik sektöründe akıllı sözleşme girişimlerinden biri Shipchain'dir. Shipchain sistemi, ürünün fabrikadan çıkıp müşteriye teslimatına kadar olan süreci izlemek için oluşturulmuş blockchain tabanlı bir sistemdir. Shipchain sistemi tüm nakliye yöntemlerini kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem tüm tedarik zinciri bilgilerini blockchain tabanına kaydetmektedir. Shipchain'in önemli uygulamalarından biri "gemi jetonları" adı verilen dijital para birimidir ve kullanıcılar ödeme işlemlerini gerçekleştirmek için gemi jetonlarını kullanabilmektedir (DHL, 2018:17).

2.3.6 Lojistik Sektöründe Robotik

Lojistik 4.0 teknolojileri arasında yer alan ve kullanılmakta olan otonom robotlar, lojistik faaliyetlerinde şu şekillerde kullanılmaktadır (Majid vd., 2019:109):

- **Üretim:** Süreç içerisinde montaj ve işleme gibi faaliyetleri yerine getirmede,
- **Yük oluşturma:** Üretim hattının sonunda bir palet yükünü bir araya getirmede,
- **Kalite kontrol:** Tekrarlayan ve tehlikeli işlerde ve test ile inceleme prosedürlerini gerçekleştirmede
- **Depolama:** Ürünlerin paletlerden çıkarılıp, tesis içindeki depolama birimine iletilmesinde,
- **Nakliye:** Nakliye gerçekleşmeden önce paletlerin yüklenmesinde kullanılmaktadır.

Lojistik faaliyetlerinden konteyner yükleme ve boşaltma işlemlerinde ürün boyutlarının ve şekillerinin çeşitliliğinden dolayı yükleme ve boşaltma işlemlerinin zorlu olması sebebiyle robot teknolojisi kullanılabilir. Robotik yazılım ile birleştirilmiş olan 3 boyutlu lazer görüşü sayesinde konteyner, palet veya kap içindeki farklı ürünler görüntülenebilmekte, uygun yükleme ve boşaltma sırası oluşturulabilmektedir (Majid vd., 2019:110).

Robotlar depo içerisinde sabit parça toplama işlemine de yardımcı olabilmektedirler. Ürünlerin hangi ürün olduğunu algılayabilecek görüş sistemine sahip olan endüstriyel robot kolları, parça toplama işlemine yardımcı olmakta ve bu sayede depoda doğruluk ve verimlilik artmaktadır. Kişiyeye özel paketleme faaliyetinde ise işbirlikçi robotlar insanların etrafında çalışabilmektedir. Robotlar hızlı bir biçimde taşımacılık ve lojistik sektörüne girmektedirler. Çoğunlukla dağıtım merkezlerindeki çeşitli uygulamalarda doğruluk, verimlilik ve güvenilirlik sağlamaktadırlar (Majid vd., 2019:109-110).

İşbirlikçi robotlar fabrikalarda önemli bir rol oynamakta ve üreticilere daha uygun maliyette üretim yapmalarına olanak tanımaktadırlar. Cobotics olarak adlandırılan işbirlikçi robotlar insan özelliklerini gelişmiş biçimde uygulayan ve ortak bir alanda çalışan robotlardır. Atık toplama, ayırma, ağır yükleri kaldırma ve yükleme gibi işlemleri gerçekleştirebilen Cobotları kullanan firmalara örnek olarak Amazon verilebilir. Amazon depoda teslimatı hızlandırmaya yardımcı olmak üzere 200.000'den fazla mobil cobota sahiptir (EU, 2021:6).

2.3.7 Lojistik Sektöründe 3 Boyutlu Baskı

3 boyutlu baskı, katmanlı üretim olarak da bilinen bir üretim sürecidir ve dijital verilerden üç boyutlu nesnelerin yazdırılmasını sağlamaktadır. 3 boyutlu baskı eklemeli şekilde gerçekleşen bir süreç olduğu için, geleneksel üretim yöntemleri ile süreç taklit edilememektedir. Bu işletmeler ve bireyler için benzersiz ürün oluşturma anlamına gelmektedir (Grymol, 2014:1).

Eklemeli üretim teknolojisi endüstriyel ürünler, havacılık, otomotiv, savunma, mimari ve sağlık gibi birçok endüstride uygulanmakta olan bir teknolojidir. Geleneksel üretim yöntemlerini düzenlemek ve üretim verimliliğini arttırmak ve endüstrilerin olanaklarını geliştirmesi için çeşitli fırsatlar sağlamaktadır. 3 boyutlu baskı teknolojisi ile enerji tüketimini ve malzeme kullanımını azaltabilen hafif nesnelere elde edilebilecektir. Tedarik zinciri yönetiminde eklemeli üretimin etkilerini; esneklikte artış, üretim

maliyetlerinde azalış, algılanabilir üretim mekanizması, kesin üretim süresi şeklinde sıralamak mümkündür (Shree vd., 2020).

3 boyutlu baskı teknolojisi sayesinde esnek lojistik ve envanter yönetimi sağlanabilir, tedarik zinciri karmaşıklığı azaltılabilir, ürün tasarımında benzersiz esneklik, üretim ve teslimat, sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği sağlanabilir ve seri üretim özelleştirilebilir (Araújo vd., 2021:10). Birçok üretim şirketi 3 boyutlu baskı teknolojisini üretim süreçlerine dâhil etmiş ve başarılı sonuçlar elde etmiştir. 3 boyutlu baskı teknolojisini seri üretime dâhil eden işletmelerden bir tanesi BMW'dir. Local Motors adlı otomotiv şirketi 3 boyutlu baskı teknolojisi ile üretilen dünyanın ilk elektrikli otomobilini tasarlamıştır. 3 boyutlu baskı erişimi zor alanlarda da kullanılabilir. ABD Donanması 2014 yılında silah ve gerekli yedek parçaları üretmek için 3 boyutlu yazıcıları kullanmış ve tedarik süresini kısaltmayı başarmıştır (DHL, 2016:12-13).

Daha az atık, daha fazla kişiselleştirme ve daha yerelleştirilmiş üretim ve teslimat fırsatıyla birlikte gelen 3 boyutlu baskı teknolojisi, geleneksel üretimi 3 boyutlu baskı ile birleştirerek üretim stratejilerine çeşitlilik kazandırmaktadır. Lojistik sağlayıcılar 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanarak, karmaşık üretim ağlarını düzenleyebilmekte ve yeni lojistik hizmetler sunabilmektedir. Lojistikte 3 boyutlu baskı kullanımı ile ürünler tüketim noktasına yakın noktalarda üretilerek nakliye süresi ve maliyetleri azaltılabilmektedir ve isteğe bağlı yedek parça üretim ve teslimatı ve baskı çiftlikleri gibi yeni iş modelleri fırsatları ortaya çıkabilmektedir. 3 boyutlu baskı teknolojisindeki ilerlemeler daha fazla ürün çeşidini tüketicilerin ulaşabileceği yakınlığa getirdiğinden bölgesel lojistik ağları genişlemektedir. Dünyanın her yerine ulaşabilen hammaddeler ve 3 boyutlu baskı ile uyumlu olan ürünler, gümrük vergilerini, nakliye maliyetlerini ve ürün ile ilgili güvenlik sorunlarını önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olmaktadır. Katmanlı üretim teknolojisi ile daha fazla bölgesel üretim tesisi oluşmakta ve yük merkezleri ve son kilometre teslimat da dâhil olmak üzere yerel tedarik zincirleri yoğunluk kazanmaktadır. Covid-19 dönemi başlangıcında Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Servisi, talebe karşı yetersiz kalan koruyucu ekipmanı tedarik etmelerine izin vermek için 3 boyutlu yazıcı

sahiplerine yüz siper tasarımını açık kaynaklı hale getirmiştir. Katmanlı üretim envanter ihtiyacını büyük oranda azalttığından, rafların boşalması lojistik profesyonelleri için fırsatlar ortaya çıkarmaktadır. Prusa Research, Slant 3D ve Formlabs gibi şirketler 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanarak envanter maliyetlerini düşürürken aynı zamanda talep üzerine istenilen ürünü yüksek hacimlerde üretmek için pasif depolama alanlarını aktif üretim merkezlerine dönüştürmüşler ve baskı çiftlikleri ile sektörlerinde öncülük etmektedirler (DHL, 2020:50).

Lojistik ve envanter açısından incelendiğinde 3 boyutlu baskı ile ürün ihtiyaç duyulduğunda baskı yapılabildiğinden ,bitmiş ürünlerin rafta veya depolarda istiflenmesine ihtiyaç duyulmayacaktır. Bu durum tüm sisteme verimliliğini arttıracak, dağıtım maliyetlerden montaj ve taşımaya kadar tüm tedarik zincirini olumlu şekilde etkileyecek, hurdayı azaltacak, özelleştirmeyi en üst seviyeye çıkaracak ve montaj döngü sürelerini iyileştirecektir. Tüketim noktasına yakın yerde üretim imkânı sağlayan 3 boyutlu baskı teknolojisi, nakliye maliyetlerinde azalma sağlamaya yardımcı olacaktır. Siparişe göre üretim ve ürünlerin özelleştirilmesi stok seviyelerinde ve depolama gereksinimlerinde azalma sağlayacaktır. İmalat süreçleri tek bir tesiste bir araya getirildiğinden tedarikçi şirketlerin yukarı akış tedarik zincirine dahil olmaları için daha az fırsatları olacaktır. Çünkü 3 boyutlu baskı teknolojisi ile tedarikçi katmanları ortadan kalkmaktadır. Özetle 3 boyutlu baskı teknolojisi lojistik faaliyetlerinin birçoğu üzerinde önemli etkilere sahip olup lojistik süreçleri yeniden yapılandırması beklenmektedir (Manners-Bell ve Lyon, 2012:3; Kubáč ve Kodym, 2017:3-6).

2.3.8 Lojistik Sektöründe Büyük Veri

Büyük verinin özünü, karar alma sistemleri ve akıllı hizmetler için verilerden bilgi alınması oluşturmaktadır. Büyük veri değerlidir çünkü tek amacı veri değildir. Önemli sonuçlara yol açabilecek iç görüleri de keşfetmeyi amaçlamaktadır. Şu anda kullanılan ve halihazırda yakalanmış fakat şu anda kullanılmayan veriler dâhil olmak üzere çeşitli kaynaklardan önemli iş bilgileri elde edebilmektedir. Büyük veri, lojistik sektörüne büyük

faydalar sağlamaktadır. Lojistik hizmet sağlayıcılar, ürün akışını yönetecek geniş veri setleri yaratmaktadır. Gönderilerin varış noktası, boyutu, içeriği, ağırlığı, menşei ve konumu küresel dağıtım ağları üzerinden takip edilmektedir. Ek olarak büyük veri müşteri deneyimini geliştirmek, operasyonel verimliliği arttırmak ve yeni iş modelleri yaratmak için büyük bir potansiyel taşımaktadır (Mikavica vd., 2015:185-187).

DHL, son kilometre teslimatta operasyonel verimliliği sağlamak için SmartTruck uygulamasında büyük veriden faydalanmaktadır. SmartTruck teslimat aracı, trafik durumuna ve mevcut düzene göre rotaları yeniden hesaplayan bir dinamik yönlendirme sistemine sahiptir. Ek olarak gelen gönderi verilerine dayalı günlük optimize edilmiş ilk tur planlamasını sağlamaktadır. Sonuç olarak teslimatlarını SmartTruck ile sağlayarak maliyetleri düşürmekte ve CO₂ verimliliği sağlamaktadır (DHL,2013:18).

2.3.9 Lojistik Sektöründe Bulut Bilişim

Bilgi işlem teknolojisi endüstrisinde derin bir etkiye sahip olan bulut bilişim, bilgi işlem görevlerini farklı havuz kaynaklarına atamakta ve kullanıcıların çeşitli yazılım hizmetleri ve depolama alanı elde etmesine olanak tanımaktadır. Amazon, Google ve IBM gibi şirketlerin bulut bilişim uygulaması ile önemi günden güne artmaktadır. Bulut bilişimin uygulama maliyetinin, riskinin ve uygulama eşliğinin düşük olması lojistik için kritik teknik destek sağlamaktadır (Li vd., 2012:1238-1240).

Bulut bilişim dinamik olarak ortaya çıkan lojistik taleplerine karşı otonom lojistik uygulamalarının esnek bir şekilde ölçeklendirilmesini sağlamaktadır. Otonom lojistik bulutları kullanıcıların kendi bilgi teknoloji altyapılarına yatırım yapma ihtiyaçlarını ortadan kaldırmaktadır. Kullanıcılar bunun yerine talep edilen altyapıyı esnek bir biçimde edinebilmektedir (Schuldt vd., 2010:308-309).

Bulut tabanlı uygulamalar lojistik sektöründe geleneksel tedarik zinciri yönetimini değiştirmekte, uygulama programlama ara yüzleri (API), isteğe bağlı lojistik hizmetler ve gerçek zamanlı veri işleme sağlamaktadır. Bulut bilişim e-ticaret platformları, üçüncü

taraf satıcılar ve lojistik pazarlardan oluşan bir sistem için sorunsuz entegrasyon ile yeni fırsatlar sunmaktadır. Lojistikte bulut bilişim kullanımı ile iş çevikliğini artırma, maliyetleri düşürme ve ölçeklenebilir otomasyon süreçlerini sağlama mümkündür. Lojistikte iyi tasarlanmış uygulama programlama ara yüzleri API (Application Program Interfaces), mobil uygulamalar veya web aracılığıyla gönderi takibi, maliyet hesaplamaları, fiyat tedariki ve diğer lojistik hizmetleri sağlama açısından kritik bir önem taşımaktadır. Modüler bulut lojistik platformları kullanımı ile lojistik ve bilgi teknolojilerine erişim ölçeklendirilebilmekte ve kolaylaşabilmektedir. Bu sayede lojistik hizmet sağlayıcıları, taşıyıcılar ve nakliyeciler sipariş verme, faturalandırma ve takip için uygun maliyetli seçenekleri belirlemekte ve donanım bakım işlemleri ve sermaye harcamalarında azalma sağlamaktadır. Müşteriler ise bulut lojistik platformu sayesinde daha hızlı teslimat, fiyat şeffaflığı ve hizmet tekliflerinin genişletilmesine sahip olmaktadır. Dijital nakliye ağı şirketi olan Convoy, gerçek zamanlı fiyatlandırma teknolojisi ile nakliyecilerin maliyet tasarrufu sağlamasına ve verimliliklerini arttırmasına yardımcı olmak için yazılım araçları ve API sunmaktadır. Bulut destekli küresel tedarik zincirleri ise şirketlerin nakliye kanallarını ve malzeme akışlarını optimize etmelerini sağlamakta ve aynı zamanda sermaye harcamalarını minimuma indirmelerine olanak tanımaktadır (DHL, 2020:59).

2.4 LOJİSTİK 4.0'IN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Lojistik 4.0'ın getirdiği teknolojik yenilikler ve yeni iş modelleri sürdürülebilirliğin sosyal, çevresel ve ekonomik boyutunu etkileyebilecek potansiyeldedir. Sürdürülebilirliğin bir boyutu üzerindeki etki diğer boyutlarını da etkileyebilmektedir. Bu yüzden her bir boyutun üzerindeki etki tek başına değerlendirilmemelidir. Örneğin, atıklardan değer yaratmak, endüstrinin çevresel etkisini de azaltmakta ve sadece ekonomiyi etkilememektedir. Lojistik 4.0 sürdürülebilirlik üzerinde bazı olumlu etkilere sahiptir. Sürdürülebilirliğin sosyal yönünden bakıldığında hizmet verme, teknoloji ve paylaşım planları yolu ile ürünlerin ve hizmetlerin iş birliğine dayalı olarak tüketimini sağlamaktadır. Bu durum genel olarak sürdürülebilirliğin çevre

ve ekonomik boyutunu etkilemektedir. Hizmetleştirme ile endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkisi ve atık üretimi azalmaktadır. Çünkü enerji verimliliği, kaynak ve malzeme verimliliği ile doğrudan bağlantılıdır. Gerçek zamanlı büyük veri, siber fiziksel sistemler, akıllı süreçler gibi Lojistik 4.0 teknolojileri çevreye zarar verebilecek süreçlerin kaldırılması ve tüketimi iyi olmayan ürünlerin çıkarılması anlamına gelen seçim düzenlemesini destekleyebilir. Ek olarak işletmeler ve toplum, ürünleri kullanım ömründen önce elden çıkarmamaya ve üretim ve tüketim yeterliliklerini arttırmaya teşvik edilmelidir. Ekonomik açıdan bakıldığında Lojistik 4.0 teknolojileri ürün veya hizmetin geri dönüştürülmesi, yeniden üretimi ve yeniden kullanımı ile ikinci el pazarlarda işletmeler için daha fazla fırsat yaratabilmekte ve atıklardan değer yaratmayı kolaylaştırabilmektedir (Strandhagen vd., 2017:8-9).

Amazon operasyonlarını gerçekleştirirken verimliliği arttırmak ve karbon emisyonlarını azaltmak için bilime dayalı bir yaklaşım benimsemektedir. Gönderi Sıfır (Shipment Zero) hedefi ile Amazon, 2030 yılına kadar gönderilerinin %50'sini sıfır karbonlu teslim etmeyi amaçlamaktadır. Gönderi Sıfır ürünlerin stoklandığı, siparişlerin işlendiği ve hazırlandığı birinci sınıf sipariş karşılama tesisleri ile başlamaktadır. Bir Gönderi Sıfır siparişi Amazon'un elektrik ihtiyaçlarını karşılayan ve %100 temiz enerji ile çalışan tesislerden geçecektir. Ek olarak Amazon, tesislerde gönderileri taşıırken gereken enerjiyi minimuma indirmek için yenilikçi robotik ve taşıma sistemleri kullanımı ile bina faaliyetlerindeki enerji kullanımını optimize etmek üzerine çalışmaktadır. Gönderi Sıfır siparişi teslimat görevlisi tarafından yürüyerek, elektrikli dağıtım aracı ile veya bisikletle teslim edilecektir. Amazon, yoldaki verimliliği en üst seviyeye çıkarmak için teslimat noktalarını müşterilere yakın bir konuma yerleştirerek teslimat mesafelerini azaltmak amacıyla yenilikçi teknolojilerden faydalanmaktadır. Ambalajlamada ise Gönderi Sıfır siparişi, karbon nötr ambalajda veya ambalaj eklenmeden gönderilecektir. Amazon teslimatlarında elektrikli araç kullanımının yanı sıra Paris ve Tokyo gibi yoğun nüfuslu merkezlerde paketleri yürüyerek veya bisikletle teslim etmektedir. New York'taki müşterilerine teslimat yapmak için 300'ü aşan e-kargo bisikletine sahiptir. Yük taşımacılığında karbon emisyonunu azaltmak için akülü elektrikli kamyonlar ve

hidrojenle çalışan kamyonları test etmeye başlamıştır. Ek olarak çöp sahalarından ve süt çiftliklerinden elde edilen yenilenebilir doğal gazla çalışan traktörler piyasaya sürmüştür (Amazon,2020).

DHL yan kuruluşu olan Greenplan ise geçmiş seyahat sürelerini, trafik verilerini, teslimat pencerelerini ve araç türüne göre emisyonları kullanarak, ihtiyaç duyulan rota sayısını ve kat edilen kilometreleri azaltan ve kendi yeşil stratejilerini kullanmasına izin veren tamamen özelleştirilebilir, dinamik bir rota planlama aracı geliştirmiştir. Greenplan, teslimat rotalarının optimum başlangıç zamanını hesaplayıp acil durum planlarını birleştirerek operasyon maliyetlerini %20 oranına kadar azaltabilir ve karbon ayak izinin azalmasını sağlayabilir. Trailar şirketi ise, elektrikli olmayan araç römorklarının üst kısmına takılabilen ve kullanıcılara %3 ile %7 oranında yakıt tasarrufu sağlayan esnek güneş panelleri geliştirmiştir. Havacılık endüstrisinde ise 2019 yılında Eviation, tamamen elektrikli ilk yolcu uçağını tanıtmıştır. 2018’de Caterpillar maden araçlarını dizelden elektrikli araçlara dönüştürmeye başlamış ve bu sayede saatte 400 litrelik yakıt tasarrufu sağlamıştır (DHL,2020:47).

2.5 LOJİSTİK 4.0 UYGULAMALARINI ETKİLEYEN FIRSATLAR VE ZORLUKLAR

Lojistik fırsatları ve pazar beklentilerinde kökten bir değişiklik sağlayan dijitalleşme oldukça önemlidir. Lojistikte üretim ve hizmetlerde sunulan yeni teknolojiler, ürünlerin çeşitliliği, küreselleşme ihtiyacı ve çeşitli ağların işletilmesi gibi hususlar lojistik sistemlerin karmaşıklığının artmasına yol açmakta ve bu sistemlerin şeffaflığının sağlanmasını da gerekli kılmaktadır. Bu durum yalnızca optimize edilmiş, otomatik karmaşık süreçler ve alt süreçler ile çözülebilmektedir. Bu noktada Lojistik 4.0’ın sağladığı teknolojiler işletmelerin iş süreçlerini kolaylaştırmakta ve çeşitli faydalar sağlamaktadır. Üretim ve hizmet alanındaki lojistik faaliyetlerin operasyonel parametlerine daha fazla erişim sağlanabilirken, IoT ile veri kümelerinin yönetimi

sağlanmakta ve lojistik hizmetlerinde müşteri tarafından kontrol edilen faaliyetler güçlendirilmektedir. Lojistik 4.0, lojistikte çift yönlü ve entegre bağlantılar vasıtasıyla ortaklara esnek ve büyük ölçekte bilgi erişimini sağlamaktadır. Şirket içi lojistik süreçlerin tasarlanması, planlanması ve işletilmesi Endüstri 4.0 devrimi başarılarından önemli ölçüde etkilenmekte ve şirketler müşteri ihtiyaçları ve satın alma siparişlerini gerçek zamanlı olarak takip edebilmektedir. İşletme teslim edilecek olan ürünleri alma, depolama ve üretim adımlarında talebe kendini hazırlamak için kaynaklarını ve kapasitesini planlayabilmektedir. Lojistik 4.0 ile üretim süreçlerinde sağlanan şeffaflık ve dijitalleşme, tedarik için hazırlanmış tahmin ve üretim planına dayanarak gerekli hammadde ve alt montajların elde edilmesini sağlamaktadır. Gerçek zamanlı verilerin sağladığı güncel planlar ve üretim bilgileri sayesinde hangi miktarda ve hangi konumda hammaddeye ihtiyaç duyulacağı hesaplanabilmekte ve bu sayede tedarik lojistiği sisteminin performansı artmaktadır (Skapinyecz vd., 2018:4-5).

E-ticaret ve internet uygulamalarını kullanan lojistik teknolojik sistemler, fiziksel satın alma faaliyetlerini bir sistem olarak aktif hale getirmekte ve önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlamaktadır. İşletmeler fiziksel tedarik kaynaklarıyla ilgili ticari faaliyetlerini bilgi teknolojisindeki gelişmeler ve yenilikler ile etkinleştirmekte ve beklenti, hız ve esneklik olan üç basit yönetim ilkesini sağlamaktadır. Lojistik 4.0 teknolojileri, geleneksel lojistik yönetim araçlarından farklıdır. İşletmeler ve genişleyen fiziksel tedarik kaynakları arasında stratejik iş birliğine olanak tanımaktadır. Bu sayede işletmeler kaynaklarına yönelmekte iletişim, stok, üretim ve nakliye gibi faaliyet alanlarında stratejik avantajlar sağlamaktadır (Bardakçi, 2020:1483).

Lojistik 4.0'dan yararlanan işletmelerin elde edeceği fırsatları şu şekilde sıralamak mümkündür (Karadoğan, 2019:463);

- Gelişmiş dijital teknolojiler sayesinde insan ve makine arasında gerçek zamanlı ve etkili bir iletişim ağ yapısı kurabilecek,
- Dijital alt yapı ve üstün teknoloji ile müşteri hizmetleri kalitesi artacak,

- Ulusal ve küresel ticaret, lojistik ve tedarik zincirinin doğasının, yapısının ve görünümünün radikal bir biçimde değişimine katkıda bulunacak,
- Ulusal ve küresel pazarların daha dinamik, rekabetçi ve değişken hale gelmesine yardımcı olacak,
- Lojistik ve tedarik zincirinin ilgi alanlarının ve yeteneklerinin devamlı bir şekilde değişimine yardımcı olacak,
- Müşteri ve pazar ihtiyaçlarını, beklentilerini hızlı bir şekilde değiştirecek,
- Ulusal ve küresel ticaretin gelişmesine ve büyümesine katkı sağlayacak,
- Dijital dünyada sarmal ve hızlı bir yapının oluşmasına yardımcı olacak,
- Gelen ve giden lojistikte varlıkların optimizasyonunu sağlayacak ve entegre edecek,
- Tüm tedarik zinciri ve lojistik süreçlerini, aktörlerini ve aşamalarını daha verimli, şeffaf, çevik ve akıllı hale getirecek,
- Satıcı, alıcı ve üçüncü tarafları yeniden şekillendirecek,
- Faaliyetler ve taşıma operasyonları için ise en iyi uygulamaları sunacaktır.

Lojistik 4.0 gelişimini sürdürmektedir ve başlangıçta benimsenmesi zor olan bir kavramdır. Bu sebeple işletmeler Lojistik 4.0'ı benimsemeye yönelik karar verme sürecinde, kendilerine yardımcı olacak bir karar destek sistemi aramaktadırlar. Bu noktada Lojistik 4.0'ın uygulanabilmesi için maddi ve manevi açıdan üst yönetimin desteği ve taahhüdü sağlanmalıdır. Lojistik 4.0'ın etkin bir biçimde benimsenmesi için gerekli bir diğer faktör ise teknolojik bir altyapının geliştirilmesidir. Bu altyapı kamu ile özel sektör iş birliği ile geliştirilebilir. Bu noktada yönetim teknolojik altyapının geliştirilmesi hususunda yatırım yapmaya hazır olmalıdır (Khan vd., 2022:11).

Lojistik 4.0'ın uygulamasını etkileyen zorluklar Ilin vd. (2019:299) tarafından şu şekilde sıralanmıştır:

- *Standart eksikliği ve veri güvenliği*: Karmaşık ve parçalı olan lojistik sektöründe lojistik süreçlerini optimize etmek için şirketlerin devamlı verileri paylaşmaları gerekmektedir. Stok seviyesinin minimum düzeyde tutulması bir avantajdır. Fakat güvenlik sorunları karar vericiler için bir endişe kaynağıdır. Güvenlik ihlali ile bir lojistik şirketi hassas verilerini kaybetme tehlikesi ile karşı karşıya kalabilmektedir. İşletme hassas olan verilere yetkisiz erişimler nedeniyle yüksek maliyetlerle karşı karşıya kalabilmektedir. Böyle bir durumda işletme üretim planını yeniden düzenlemek durumunda kalabilir ve bu durum ticaret ortakları ile bir anlaşmazlığa ve güven kaybına yol açabilir. Güvenlik normları ve standartları çok sayıda ağ ortağı elde etmenin bir yoludur. Küçük ve orta ölçekli şirketler düzenlemeler olmadan, tedarikçileri konumunda oldukları büyük şirketlerin standartlarına uymak zorunda kalacaklardır.
- *Verilerin toplanması, işlenmesi ve depolanması*: Oluşturulan yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri miktarındaki sürekli artış, verilerin depolanması ve işlenmesi için farklı yöntemlere duyulan ihtiyacı arttırmaktadır. Sensörler ile donatılmış yenilikçi bilgi iletişim teknolojilerine yapılan yatırımlar veri toplama, saklama, aktarma kapasitelerini arttırmakta ve ek performanslarda artış sağlamaktadır. Merkezi olmayan veri depolama veritabanı yerine, merkezi bir veritabanı kullanılmaktadır. Ancak veri yönetimi için hala bir düzenleme eksikliği bulunmaktadır.
- *Dijital strateji eksikliği*: Tedarik zinciri boyunca verilerin dikey ve yatay biçimde entegre edilmesi ve ilgili tüm taraflar için de kullanılabilir olması gerekmektedir. Dikey entegrasyon, çeşitli bilgi iletişim teknolojilerinin karmaşık bilgi sistemine entegrasyonudur. Yatay entegrasyon ise, tedarik zinciri boyunca paydaşlar arasında süreç entegrasyonu anlamına gelmektedir.

Bu durum, kapalı döngü tedarik zinciri boyunca lojistik şirketleri ile farklı sektörler arasında veri alışverişini içermektedir. Bu sebeple dijital bir tedarik zinciri elde edebilmek için kurumsal yatırımlar yapılması gerekmektedir.

Bamberger vd. (2017:44)'e göre lojistik hizmet sağlayıcılarının Lojistik 4.0'ı benimseme noktasında karşı karşıya kaldığı zorluklar şunlardır;

- İşletmeler yeni iş modellerini benimseme konusunda istekli değildirler.
- Yeni teknolojileri eski sistemler ile birleştirmek için mücadele etmektedirler.
- Nakit ve sermaye gereksinimleri sebebiyle yeni yatırımlar yapılamamaktadır.
- Yapılandırılmış yenilik süreçleri yoktur.
- Dış ekosistemlere açık değildirler.
- Finansal riski ve belirsizlikleri yönetme konusunda zorluk çekmektedirler.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LOJİSTİK 4.0 UYGULAMALARINI ETKİLEYEN FIRSATLARIN VE ZORLUKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BELİRLENMESİ: ANKARA LOJİSTİK ÜSSÜNDE BİR ARAŞTIRMA

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın amacı kapsamı, yöntemi, veri toplama, araştırma soruları, araştırmanın modeli, kullanılan istatistiksel analiz teknikleri ve bulgulara yer verilmiştir.

3.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi

Sanayileşmenin başlangıcından bu yana geçirilen 4 büyük devrimle birlikte büyük teknolojik sıçramalar yaşanmış ve lojistik sektörü de bu gelişmelere ayak uydurmuştur. Günümüzün üretim vizyonu, internet teknolojileri ve akıllı nesnelerin desteği ile birlikte üretimi daha verimli hale getirmek ve kendi üretim süreçlerini kontrol edebilen uygulamaları kapsamaktadır. Lojistik 4.0'ın sağladığı bilişim ve iletişim teknolojileri alt yapısı ile birlikte işletmeler yeni iş modellerinden ve hizmetlerden yararlanabilmektedir. Lojistik 4.0 uygulamalarını gerçekleştirmek isteyen işletmelerin doğru yatırım hamleleri yapması gerekmektedir.

Lojistik 4.0 artan küresel rekabet, değişmekte olan pazarlar ve değişken talepler için, zorlukların üzerinden gelmeyi hedeflemektedir. Lojistik 4.0 maliyetleri yüksek olsa da, işletmelere sağladığı faydalar göz önüne alındığında işletmeler hedefleri doğrultusunda bu yatırım maliyetlerine katlanabilmektedir. İşletme içerisinde gerçekleştirilen faaliyetler hızlı kaynak tüketimine sebep olduğundan ve çevreye zararlı atıklar bıraktığından, lojistik faaliyetlerini sürdürülebilir bir biçimde gerçekleştirmek günümüzde üzerinde durulması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Lojistik sektöründeki işletmelerin Lojistik 4.0 sürecinde fırsatları ve zorlukları çevresel sürdürülebilirliği göz ardı etmeden araştırmak ve mevcut durumda güçlü ve zayıf yönleri arasında dengeyi iyi kurabilmesi için Lojistik 4.0 ve eğilimlerine odaklanmalı ve hangi eğilimlerin faaliyetlerini önce etkileyeceğini analiz etmelidir. Bu bağlamda çalışmanın

amacı Lojistik 4.0 uygulamalarını etkileyen fırsatların ve zorlukların sürdürülebilirlik bağlamında belirlenmesidir. Yapılan literatür araştırmasına göre Türkiye’de lojistik merkezlerde faaliyet gösteren lojistik işletmelerine yönelik Lojistik 4.0 fırsat ve zorluklarını sürdürülebilirlik bağlamında ele alan yeterli düzeyde çalışma bulunmamaktadır. Çalışmanın bu yönüyle literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3.2 Araştırma Soruları

Bu araştırmanın genel amacı Lojistik 4.0 uygulamalarını etkileyen fırsatların ve zorlukların sürdürülebilirlik bağlamında belirlenmesidir. Bu bağlamda çalışmada aşağıdaki araştırma sorularına cevaplar aranacaktır.

1. Lojistik İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarında faaliyet alanlarına göre bir farklılık var mıdır?
2. Lojistik İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarında büyüklüklerine göre bir farklılık var mıdır?
3. Lojistik İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarında Lojistik 4.0 yatırım oranlarına göre bir farklılık var mıdır?
4. Lojistik işletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarına fırsatların etkisi ne düzeydedir?
5. Lojistik işletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarına zorlukların etkisi ne düzeydedir?

3.3 Araştırma Konusu ile ilgili Literatür Taraması

Lojistik 4.0 uygulamalarını etkileyen faktörler, uygulamadaki itici güçler, zorluklar ile ilgili çalışmalara bakılmış olup daha sonra Lojistik 4.0 ve sürdürülebilirlik üzerine yapılmış literatürdeki çalışmalar incelenmiştir.

Karagöz ve Doyduk (2019) “Lojistik 4.0 Uygulamaları ve Lojistik Firmalarının Bakış Açısı” başlıklı çalışmalarında Türkiye’deki lojistik hizmet sağlayıcılarının Lojistik

4.0'a olan bakış açılarını ve uygulama seviyelerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Lojistik hizmet sunan 10 firma üzerinde gerçekleştirilen derinlemesine mülakat yöntemiyle Lojistik 4.0 uygulamaları ve kavramı sorulmuş olup, uygulamaların işletmeleri nasıl etkilediği belirlenmek istenmiştir. Çalışmaya katılan işletmelerin Lojistik 4.0'ı yoğun olarak depolama ve taşımacılıkta kullandığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışanların başlangıçta Lojistik 4.0 uygulamalarını kabullenmekte zorlandıklarını fakat sonrasında süreçten memnun kaldıkları sonucuna varmışlardır. SWOT analizi ile işletmeler tarafından Lojistik 4.0'ın güçlü ve zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçların bir diğeri ise çalışanların teknolojik ilerlemelere açık ve istekli olduğudur. Müşteri ilişkileri yönetimi açısından artan hizmet kalitesi ve müşteri ilişkilerininin Lojistik 4.0'ın sağladığı avantajlardan olduğu gözlemlenmiş, bunun yanı sıra sektörler arası entegrasyon farkının dezavantajlardan biri olduğu sonucuna varılmıştır. İşletmeler Lojistik 4.0'ın avantajlarını sıraladıklarında öne çıkanların müşteri, yük ve araç takibi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bilgi güvenliği ise dezavantajlarında öne çıkmıştır. Ek olarak işletmelerin teknoloji yatırımlarına olan maliyetlerin yüksek olduğunu vurgulamaktadırlar ve yeniliğe çok değillerdir.

Seyhan (2019) "Lojistik 4.0: Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektörüne Uyarlanması Üzerine Bir Araştırma" başlıklı çalışmasında Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne nasıl uyarlanabileceği, Lojistik 4.0 yatırımlarına çalışanların bakış açıları, işletmelere hangi faydalar sağlayacağı, çalışanların Lojistik 4.0'dan beklentileri, neleri tehdit olarak algıladıkları ve demografik değişkenlere göre görüşlerinde bir farklılık olup olmadığını belirlemeye çalışmıştır. Türkiye'deki dış ticaret ve lojistik firmalarında çalışan 103 personel üzerinde gerçekleştirilen çalışma sonucunda cinsiyete göre erkeklerin kadınlara oranla Lojistik 4.0'a yapılan yatırımlardaki riski aşılabılır olarak görmedikleri sonucuna ulaşılmıştır. Çalışanlar sektörel olarak incelendiğinde lojistik sektöründe çalışanların dış ticaret sektöründe çalışanlara oranlar yatırımlara daha olumsuz yaklaştığı gözlemlenmiştir. Çalışan yaşlarına göre incelendiğinde 35-39 yaş arası katılımcıların Lojistik 4.0'ın beraberinde getirdiği riskleri tolere edilebilir olarak görmekteyler fakat 30-34 yaş arası çalışanlar tarafından risklerin tolere edilemeyeceği sonucuna ulaşmıştır.

Lojistik 4.0 yatırımlarına pozitif yaklaşan çalışanların risklerin aşılabilir olduğunu savunduğu gözlemlenmiş ve yatırımlara olumsuz bakan çalışanların ise Lojistik 4.0 yatırımlarının beraberinde getirdiği risklere karşı tolerans seviyelerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Saatçioğlu, Kök ve Özispa'nın (2018) "Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Yansımalarının Örnek Olay Kapsamında Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmalarında Lojistik sektöründe Endüstri 4.0'a dönüşümü incelemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda Türkiye'de Lojistik 4.0 uygulamalarını aktif bir biçimde kullanan bir işletme ile vaka analizi gerçekleştirmişlerdir. İşletmenin büyük veri, nesnelerin interneti, sensör, otomasyon, akıllı robotlar gibi teknolojileri aktif olarak kullandığını ve işletme tarafından gerçekleştirilen projelerde Lojistik 4.0'ın uygulanma amaçlarının çevreye verilen zararların ve maliyetlerin azaltılması, izlenebilirliğin artırılması olarak belirlenmiştir. Çalışmanın en önemli sınırlılığı sadece bir işletmenin sahip olduğu projelerin incelenmiş olmasıdır.

Alkış, Piritini ve Öztemel (2020) "Lojistik Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamalarının Operasyonel Verimliliğe Etkisi" başlıklı çalışmalarında Endüstri 4.0'ı kullanan lojistik işletmelerinin bu konuda yetkili üst ve orta düzey yöneticileri ile derinlemesine mülakat, gözlem ve doküman incelemeleri yapılmıştır. Verilerin güvenilirliğini sağlamak için Kappa Analizi kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre işgücü tasarrufu sağlamak, maliyetleri azaltmak, depo kapasitesini etkin kullanmak operasyonel verimliliği arttırmaktadır. Lojistik sektöründe Endüstri 4.0 uygulamalarını yüksek bütçeli işletmelerin uygulayabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Keskinkılıç, Yıldız ve Tüzemen'in (2018) "Lojistik ve Kargo Kurumlarının Lojistik 4.0 Açısından Değerlendirilmesi: Erzurum İlinde Nitel Bir Uygulama" başlıklı çalışmalarında ülkemizde faaliyet gösteren lojistik ve kargo firmalarının Erzurum ilinde bulunan bölge müdürlükleri ve acentelerden yetkili kişiler ile Lojistik 4.0'ın sağladığı bilgi teknolojilerine yönelik izlenimleri ve fikirlerini ölçmek amaçlanmıştır. Erzurum'da

var olan 10 lojistik firmasından 6 tanesi ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bölge müdürlükleri tarafından kullanılmakta olan bilgi teknolojilerini stratejik açıdan değerlendirilebilmesi yeteneklerinin zayıf olduğu sonucuna varılmıştır. Bölge müdürlükleri ve acenteliklerdeki yetkililerin lojistik kurumların belirlemiş olduğu stratejilerden habersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Bilişim personelinin beklenmedik sorunlar konusunda yetersiz kalacağı ve denetimin merkezden yapıldığı sonucuna varılmıştır. Ek olarak araştırmaya katılan bazı işletmelerin kullanıcı dostu ve esnek olmayan sistemler kullandığı gözlemlenmiştir.

Öztemel ve Gürsev (2018) “Türkiye’de Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0 Etkileri ve Yatırım İmkanlarına Bakış Üzerine Anket Uygulaması” başlıklı çalışmalarında Endüstri 4.0’ın lojistiğe etkilerini nasıl algıladıklarına yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de faaliyet gösteren L1 ve L2 hizmet belgelerine sahip havayolu ve demiryolu firmalarından anket yolu ile veriler elde edilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen verilere göre bazı teknolojik bileşenler işletmelerde olumsuz bir algı yaratmaktadır. Endüstri 4.0 lojistik sektöründe yanlış algılanmaktadır ve sektör içerisindeki temel ihtiyaçların doğru yatırım ve teknoloji yönetimi yapılması, sektöre dair verilerin doğru analiz edilmesi, nitelikli iş gücü gibi ihtiyaçlara sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Jagtap, Bader, Garcia, Trollman, Fadiji ve Salonitis (2021) “Food Logistics 4.0: Opportunities and Challenges” başlıklı çalışmalarında Gıda Lojistiği 4.0 içindeki önemli teknolojileri ve bu bağlamdaki fırsatları ve zorlukları tartışmaktadır. Gıda lojistiğinin geliştirilmesi konusunda büyük veri, robotik, otomasyon, nesnelerin interneti gibi Lojistik 4.0 teknolojilerinin oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma diğer gıda tedarik zinciri ortaklarına, çevresel etkilerin en aza indirildiği faydaların en üst düzeye çıkarıldığı daha sürdürülebilir bir gıda tedarik zinciri için bilgi aktarımına ve yeni yenilikçi çözümlere yol açabilecek Endüstri 4.0 teknolojileri hakkında fikir vermektedir.

Ferraro, Cantini, Leoni ve De Carlo (2023) “Sustainable Logistics 4.0: A Study on Selecting the Best Technology for Internal Material Handling” başlıklı çalışmalarında taşımacılık faaliyetleri için sürdürülebilir kalkınma hedefleri dikkate alınarak en iyi teknolojiyi seçme üzerine bir yöntem önerilmiştir ve yöntemin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla 3 işletme üzerinde test edilmiştir. Çalışmada her işletmenin sürdürülebilirliğin farklı bir boyutuna odaklandığı gözlemlenmiştir ve eklemeli imalatın, işbirlikçi robotların sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada en uygun seçenekler olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak sürdürülebilirlik kriterlerine ilaveten düzenleyici ve teknik yönler gibi diğer alanları da kapsayan başka kriterlerin de düşünülebileceği önerisinde bulunmuşlardır.

Bag, Gupta ve Luo (2020) “Examining the role of logistics 4.0 enabled dynamic capabilities on firm performance” başlıklı çalışmalarında organizasyonel, çevresel ve operasyonel yeteneklerin Lojistik 4.0 yetenekleri üzerindeki etkisi incelemekte ve Lojistik 4.0 yeteneklerinin firma performansı üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Güney Afrika’daki Otomotiv parçası üreticilerinden 230’u üzerine yapılan çalışmada çevresel, organizasyonel ve teknolojik yeteneklerin Lojistik 4.0 yetenekleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca çevresel ve teknolojik yeteneklerin Lojistik 4.0 üzerinde organizasyonel yeteneklerden daha güçlü bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Lojistik 4.0 yeteneklerinin firma üzerinde de önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sürdürülebilirlik hedeflerinin Lojistik 4.0 stratejileri ile uyumlu olmasının önemini vurgulamıştır.

Nantee ve Sureeyatanapas (2020) “The impact of Logistics 4.0 on Corporate Sustainability: A Performance Assessment of Automated Warehouse Operations” başlıklı çalışmalarında otomatik depolama sistemine odaklanan Lojistik 4.0 uygulamalarının firmaların sürdürülebilirlik performanslarının sosyal, çevresel ve ekonomik boyutları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Otomatik depolama uygulamalarında sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi adına yeni bir çerçeve sunan çalışmada, iki depolama hizmeti veren şirket üzerine bir vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda

teknolojinin benimsenmesinin firma performansına sağladığı faydaların yanında olumsuz etkilerinin de ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bu sebeple işletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarının avantajlarını ve dezavantajlarını anlayıp buna etkin bir biçimde uyum sağlamalıdır. Kapsamlı performans değerlendirmeleri işletmelerin Lojistik 4.0'a başarılı bir geçiş yapmalarına olanak tanır.

Woschank ve Dallasega (2021) "The Impact of Logistics 4.0 on Performance in Manufacturing Companies: A Pilot Study" başlıklı çalışmalarında Orta Avrupa'daki imalat işletmelerin Lojistik 4.0 teknolojileri ve lojistik performans göstergeleri arasındaki ilişkiyi bir pilot çalışma yürüterek incelemişlerdir. Çalışma sonucu elde edilen sonuçlara göre yalın ve akıllı tedarik zincirleri lojistik performans göstergeleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bilgi ve iletişim teknolojileri, otonom sistemler gibi Lojistik 4.0 uygulamaları imalat şirketlerinde yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Marko ve Vitliemov (2020) "Logistics 4.0 and Supply Chain 4.0 in the Automotive Industry" başlıklı çalışmalarında Tedarik Zinciri 4.0 ve Lojistik 4.0'ın Bulgaristan'da bulunan otomotiv fabrikalarında uygulanmasına yönelik potansiyel olasılıkları araştırmışlardır. 6 farklı lojistik pozisyonunda görev yapan 12 otomotiv lojistik sektörü uzmanına yönelik bir anket tasarlanmıştır. Çalışma sonucunda blockchain teknolojileri ve internet tabanlı montaj hatlarının tedarik zinciri ve lojistik için büyük öneme sahip olduğu fakat hatalı veriler ve siber güvenliğin uygulamalar üzerinde ana zorluklar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ek olarak otonom araç kullanımı önündeki engellerin güvenlik ve uygulama düzenlemelerinin yüksek maliyetli olması sonucuna ulaşılmıştır.

Horenberg (2017) "Applications within Logistics 4.0: A Research Conducted on the Visions of 3PL Service Providers" başlıklı çalışmada 3PL hizmet sağlayıcılarının Endüstri 4.0 uygulamalarını incelemişlerdir. Panalpina, DHL ve Kuehne+ Nagel ile ikinci araştıma ve DB Schenker ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla sonuçlar elde edilmiştir. 3PL hizmet sağlayıcılarının 3D Printing uygulamaları, dronelar ve otonom araçlar ile dağıtım ve depolama uygulamalarında aktif olarak rol oynadığı belirlenmiştir.

Strandhagen, Alfnes, Strandhagen ve Vallandingham (2017) “The fit of Industry 4.0 Applications in Manufacturing Logistics – A Multiple Case Study” başlıklı çalışmalarında üretim ortamının Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanabilirliğini nasıl etkilediğini belirlemek istenmiştir. Norveçli dört üretim şirketi ile çoklu vaka analizi çalışması yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Endüstri 4.0’ın üretim lojistiğinde uygulanabilirliği üretim ortamına bağlıdır. Üretim sıklığı düşük şirketler, Endüstri 4.0 uygulamalarındaki potansiyeli daha az görürken, yüksek üretime sahip olan işletmeler daha fazla potansiyel görmüşlerdir.

3.4 Yöntem

Araştırma Türkiye’nin ilk özel lojistik merkezi olan Ankara Lojistik Üssünde faaliyet gösteren lojistik işletmelerinin Lojistik 4.0 uygulamalarına olan bakış açılarını sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirmek ve uygulamaları etkileyen fırsatlar ve zorlukları değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiş nicel bir araştırmadır. Elde edilen verilerin analizi SPSS 27.0 programı ile yapılmıştır.

3.5 Araştırma Evreni ve Örneklemi

Araştırma evreni Ankara Lojistik Üssü’nde ulusal ve uluslararası düzeyde faaliyet gerçekleştiren lojistik işletmelerinden oluşmaktadır. Ankara Lojistik üssünde 400 adet lojistik işletmesi faaliyet göstermektedir. Araştırmaya konu olan evrenin çok geniş olmayışı ve tamamına ulaşılabileceği düşünüldüğünden firmaların hepsi örnekleme dâhil edilmiştir. Ancak bazı firmaların şirket politikaları gereği bilgi paylaşmak ve ankete dâhil olmak istememeleri nedeniyle 209 işletme ile anket gerçekleştirilmiştir.

3.6 Araştırmanın Sınırlılıkları

İlk olarak veriler yalnızca Ankara Lojistik Üssü’nde toplanmıştır. Araştırma konusu bakımından mevcut evrende bulunan işletme sayısı, söz konusu işletmelere ulaşım gibi kısıtlılıklar/sınırlılıklardan kaynaklı olarak, belirlenen evrende ulaşılabilirlik açısından daha sınırlı işletme ile görüşülmüştür. Ek olarak; zaman, firma çalışanlarının uygunluk durumu, bazı firmaların şirket politikaları gereği bilgi paylaşmak, ankete dâhil

olmak istememeleri, bazılarının ise faaliyetlerini durdurmaları da araştırma sınırlılıkları olarak değerlendirilmektedir.

Lojistik 4.0 nispeten yeni bir uygulama olduğundan terimin ne olduğuna dair genel bir bakış açısı olmaması sebebiyle bulguların genellenebilirliği uygulama alanına özeldir. Ek olarak, ankete katılan işletmelerin henüz Lojistik 4.0'ı değer yaratma süreçlerinde tam olarak uygulayıp uygulamadıkları da net değildir.

3.7 Araştırmanın Etik Boyutu ve Veri Toplama Yöntemi

Araştırma için Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığından 11.03.2022 tarih ve 2021/280 nolu karar ile etik kurul onayı alınmıştır. Araştırmaya dâhil 209 firmadan araştırma amacı açıklanarak sözlü izin alınmıştır. Anket firmalar ile yüz yüze görüşülerek gerçekleştirilmiştir.

3.8 Veri Toplama Araçları

Araştırmanın demografik soruları, literatürdeki benzer araştırmalar incelenerek çalışma konusuna uygun hale getirilmiş sorulardan oluşmaktadır. Araştırmada Müller vd. (2018) tarafından geliştirilen Endüstri 4.0 fırsatları, zorlukları ve uygulamaları ölçekleri araştırma amacına uyarlanarak ifadeler Lojistik 4.0 olarak düzenlenerek kullanılmıştır. Fırsatlar ölçeğinde 3 alt boyut yer almakta ve “Strateji” boyutunda 3 ifade, “Operasyonlar” boyutunda 10 ifade ve “Çevre ve İnsanlar” boyutunda 3 ifade yer almaktadır. Zorluklar ölçeği 3 alt boyuttan oluşmakta ve “Rekabetçilik ve Gelecekteki Uygulanabilirlik” boyutunda 7 ifade, “Organizasyonel ve Üretime Uygunluk” boyutunda 3 ifade ve “Çalışma Nitelikleri ve Kabulü” boyutunda 5 ifade bulunmaktadır. Uygulanabilirlik ölçeğinde ise 3 ifade yer almaktadır. Araştırmada kullanılan ölçeklerin Cronbach's Alpha değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3. 1: Ölçeklerin Cronbach's Alpha Değerleri

Ölçekler	İfade Sayısı	Cronbach's Alpha
FIRSATLAR		.849
Strateji	3	.706
Operasyonlar	10	.779
Çevre ve İnsanlar	3	.658
ZORLUKLAR		.785
Rekabetçilik ve Gelecekteki Uygulanabilirlik	7	.670
Organizasyonel ve Üretime Uygunluk	4	.718
Çalışma Nitelikleri ve Kabulü	5	.603
UYGULANABİLİRLİK	3	.764

Nunnally (1978)'e göre Cronbach Alpha değerinin 0.70 ve üstü olduğu durumlarda ölçeğin güvenilir olduğu kabul edilmektedir. Cronbach Alpha değeri ölçekteki veya faktördeki soru sayısına duyarlı bir değer olduğu için, soru sayısının az olduğu durumlarda 0.60 değeri ve üstü de kabul edilebilir sınır olarak dikkate alınabilmektedir (Sipahi ve diğerleri 2008: 89). Bu anlamda veri toplama aracında kullanılan tüm ölçeklerin ve alt boyutlarının güvenilirliklerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.

3.9 Araştırmanın Hipotezleri

Araştırma sorularına uygun şekilde hipotezler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

H₁: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları faaliyet alanlarına göre farklılık göstermektedir.

H₂: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları çalışan sayılarına göre farklılık göstermektedir.

H₃: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları dijital teknolojileri kullanım oranlarına göre farklılık göstermektedir.

H₄: Lojistik 4.0'ın fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulamaları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

H_{4a}: Lojistik 4.0'ın stratejik fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulamaları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

H_{4b}: Lojistik 4.0'ın operasyonel fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimleri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

H_{4c}: Lojistik 4.0'ın çevresel ve sosyal olanakları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

H₅: Lojistik 4.0'ın zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

H_{5a}: Lojistik 4.0'ın rekabet edebilirlik ve gelecekteki uygulanabilirlik ile ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

H_{5b}: Lojistik 4.0'ın organizasyonel ve üretime uyumla ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

H_{5c}: Lojistik 4.0'ın çalışanların kabulü ve nitelikleri ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

3.10 Normal Dağılıma Uygunluk Testleri

Verilerinin normal dağılıma sahip olup olmadığının tespitinde ilgili değişkenlerin çarpıklık ve basıklık kat sayılarına bakılmış ve bu kat sayılara ilişkin değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. 2: Normal Dağılıma Uygunluk Testleri

	Ölçekler	Skewness(Çarpıklık)	Kurtosis(Basıklık)
Fırsatlar	Strateji	-0.816	.083
	Operasyonlar	-0.601	.056
	Çevre ve İnsanlar	-0.717	.034
Zorluklar	Rekabetçilik ve Gelecekteki Uygulanabilirlik	-0.048	.265
	Organizasyonel ve Üretim Uygunluk	.402	.577
	Çalışma Nitelikleri ve Kabulü	.137	144
Uygulanabilirlik		-0.367	-0.039

Bu çarpıklık ve basıklık değerlerinden hareketle verilerin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerlerine ilişkin sonuçların +1.5 ile -1.5 (Tabachnick ve Fidell, 2013), +2.0 ile -2.0 (George, ve Mallery, 2010) arasında olması normal dağılım olarak kabul edilmektedir.

3.11 Araştırmanın Bulguları

Bu bölümde anket analizlerinden elde edilen bulgulara yer verilecektir.

3.11.1 Demografik bulgular

Ankete cevap veren işletmelerin faaliyet alanlarına göre dağılımları aşağıdaki tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 3. 3: İşletmelerin faaliyet alanlarına göre dağılımları

Faaliyet Alanı	Frekans	Yüzde
Ulusal Lojistik	154	73.7
Uluslararası Lojistik	20	9.6
Ulusal / Uluslararası Lojistik	35	16.7
Toplam	209	100.0

Ankete cevap veren işletmelerin faaliyet alanına göre dağılımı incelendiğinde, %73,7’sinin (154 adet) ulusal, %9,6’sının (20 adet) uluslararası ve %16,7’sinin (35 adet) hem ulusal hem de uluslararası düzeyde faaliyet gösterdiği belirlenmiştir.

İşletmelerin çalışan sayısına göre dağılımı aşağıdaki Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3. 4: İşletmelerin çalışan sayısına göre dağılımları

Faaliyet Alanı	Frekans	Yüzde
0-9 kişi	16	7.7
10-49 kişi	151	72.2
50-249 kişi	34	16.3
250 ve daha fazla	8	3.8
Toplam	209	100.0

Çalışan sayısına göre işletme dağılımı incelendiğinde %72,2’sinin (151 adet) 10-49 kişi çalıştırdığı ve %16,3’ünün (34 adet) 50-249 kişi çalıştırdığı görülmüştür.

İşletmelerin hizmet verdiği sektörlere göre dağılımları Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3. 5: İşletmelerin hizmet verdiği sektöre göre dağılımları

Hizmet Verilen Sektör	Frekans	Yüzde
Tekstil	79	37.8
Otomotiv	111	53.1
Gıda	96	45.9
İnşaat	166	79.4
Makine	154	73.7
Diğer	92	44.0
Toplam	698	334.0
*Ankette çoklu tercih hakkı tanındığı için yüzdeler toplamı %100’den fazladır.		

Lojistik işletmeleri birden fazla sektöre hizmet verdiği için bu soruda çoklu tercihe izin verilmiştir. İşletmelerin hizmet verdiği sektörlere göre dağılımı incelendiğinde %79,4’ünün inşaat sektörüne, %73,7’sinin makine sektörüne, %53,1’inin otomotiv sektörüne, %45,9’unun gıda sektörüne, %37,8’inin tekstil sektörüne ve %44’ünün diğer sektörlere hizmet verdiği belirlenmiştir.

İşletmelerde dijital teknolojilerin kullanılma oranına göre dağılımı Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3. 6: İşletmelerde dijital teknolojilerin kullanılma oranına göre dağılımı

Dijital Teknoloji Kullanma Oranı	Frekans	Yüzde
Çok ileri(%90-100)	10	4.8
İleri(%75-90)	41	19.6
Orta(%50-75)	115	55.0
Zayıf(%25-50)	35	16.7
Çok zayıf(%1-25)	8	3.8

Toplam	209	100.0
---------------	------------	--------------

Ankete cevap veren işletmelerin %55'i orta düzeyde, %19,6'sı ileri düzeyde, %4,8'i çok ileri düzeyde ve %20,5'i ise zayıf veya çok zayıf düzeyde dijital teknoloji kullandıklarını beyan etmişlerdir.

3.11.2 Ölçeklerin Betimsel İstatistiklerine Dair Bulgular

Araştırmada kullanılan ölçekler içerisindeki ifadelerle verilen görüşlerim betimsel istatistikleri aşağıdaki tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3. 7: Ölçeklerin Betimsel İstatistiklerine Dair Bulgular (n=209)

LOJİSTİK 4.0 UYGULAMALARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	Ortalama	Std. Sapma
STRATEJİ	4.1691	.63978
Lojistik 4.0, yeni iş modelleri oluşturmamıza olanak tanır.	4.41	.715
Lojistik 4.0, müşterilerimiz için lider çözümler yaratmamızı sağlar.	4.27	.739
Lojistik 4.0, taklit edilmesi zor çözümler üretmemizi sağlar.	3.83	.945
OPERASYONLAR	3.9986	.48333
Lojistik 4.0, ara bağlantı yoluyla maliyetlerin düşmesine olanak tanır.	3.59	.997
Lojistik 4.0, kalitenin artmasına olanak tanır.	4.36	.652
Lojistik 4.0, daha fazla izlenebilirlik sağlar.	4.47	.597
Lojistik 4.0, katma değeri olmayan faaliyetleri azaltır.	3.79	.904
Lojistik 4.0, daha düşük stok seviyesi sağlar.	3.84	.965
Lojistik 4.0, daha az dokümantasyon ve yönetim sağlar.	3.85	.902
Lojistik 4.0, üretim esnekliğinin artırılmasını sağlar.	3.79	.906

Lojistik 4.0, arttırılmış hız ve reaktif yetenekler sağlar.	3.80	.846
Lojistik 4.0, iyileştirilmiş yük dengelemesi sağlar.	4.03	.805
Lojistik 4.0, makine verilerinin akıllı bir şekilde kullanılmasını sağlar.	4.45	.686
ÇEVRE VE İNSANLAR	3.9219	.80977
Lojistik 4.0, yaşa uygun çalışma ortamlarına olanak tanır.	3.62	1.072
Lojistik 4.0, monoton ve tekrarlayan işlerde azalma sağlar.	3.95	1.050
Lojistik 4.0, atıkların ve çevresel etkilerin azalmasına sağlar.	4.19	1.029
REKABETÇİLİK VE GELECEKTEKİ UYGULANABİLİRLİK	2.9788	.62916
Lojistik 4.0, işletmemizi diğer işletmelere bağımlı hale getirir.	2.90	1.081
Lojistik 4.0, standardizasyon nedeniyle işletmemizi yeri doldurulabilir(değiştirilebilir) hale getirir.	3.14	1.069
Lojistik 4.0, doğrudan müşteri ile temas değerini kaybetmemize neden olur.	3.11	1.226
Lojistik 4.0, açık kaynak kodlu yazılımlar nedeniyle işletmemizi yeri doldurulabilir (değiştirilebilir) hale getirir.	3.04	.935
Lojistik 4.0, başarıımızı sağlayan pazar nişimizi kaybetmemize neden olur.	2.07	1.047
Lojistik 4.0, yüksek maliyetli çözümler gerektirerek esnekliğimizi kaybetmemize neden olur.	2.86	1.191
Lojistik 4.0, şeffaflığımızı arttırarak işletmememizi daha kullanılabilir hale getirir.	3.73	1.032
ORGANİZASYONEL VE ÜRETİME UYGUNLUK	2.3828	.80414

Lojistik 4.0'ı uygulamak işletmemize göre göre mantıklı değildir.	2.24	1.000
Müşteri taleplerinin kendine has özellikleri olduğu için Lojistik 4.0'ı uygulamak mümkün değildir.	2.35	1.013
Lojistik 4.0'ı uygulamak için işletmemiz çok az standardizasyona sahiptir.	2.76	1.256
İşletmemiz için maliyetler, Lojistik 4.0'ın faydalarından daha fazladır.	2.18	1.081
ÇALIŞAN NİTELİKLERİ VE KABULÜ	2.7895	.58349
Çalışanlarımız Lojistik 4.0 teknolojilerine güvenmemektedir.	2.17	.940
Çalışanlarımız Lojistik 4.0 teknolojilerine bağımlı olmaktan korkmaktadır.	2.66	1.050
Lojistik 4.0'ı çalışanlarımızın kabul etmeyeceğini tahmin ediyoruz.	2.18	1.057
Çalışanlarımızda Lojistik 4.0 uzmanlığı konusunda eksiklik olacağını bekliyoruz.	4.05	.979
Çalışanlarımız, Lojistik 4.0'ın neden olacağı veri şeffaflığından korkmaktadır.	2.89	1.014
UYGULAMA	3.7289	.73443
Tedarikçilerimiz, Lojistik 4.0'ı uygulama açısından önemli bulmaktadır.	3.20	.988
İşletmemiz, Lojistik 4.0'ı uygulama açısından önemli bulmaktadır.	4.37	.639
Müşterilerimiz, Lojistik 4.0'ı uygulama açısından önemli bulmaktadır.	3.62	.999

Tablo 3.7'deki veriler incelendiğinde, işletmeler Lojistik 4.0'ın yeni iş modelleri geliştirme, müşterilere yenilikçi çözümler sunma, lojistik süreçlerdeki izlenebilirliği sağlama, verileri daha akıllı kullanılarak kaliteyi artırma ve atık ve çevresel etkileri

azaltma konularında önemli fırsatlar sağladığı ile ilgili ifadelere yüksek düzeyde katılım sağlamışlardır. İşletmeler Lojistik 4.0'ın, süreç şeffaflığının ve standardizasyonun neden olacağı pazar kaybı, müşteri temasının azalması neticesinde müşteri değeri yaratmada olumsuzluklar, standardizasyon konularında tehditler getirdiği ile ilgili ifadelere orta düzeyde ve çalışan niteliklerinin yetersizliği konusunda tehditler getirdiği ile ilgili ifadelere orta düzeyde katılım sağlamışlardır.

3.11.3. Ölçek İfadeleri Arasındaki İlişki

Lojistik Uygulamaları ile ölçek ifadeleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3. 8: Ölçek İfadeleri Arasındaki İlişki

Ölçekler	Str.	Opr.	Çev.	Rek.	Org.	Çal.	Uyg.
Str.							
Opr.	.533						
Çev.	.449	.552					
Rek.	-.448	-.221	-.240				
Org.	-.584	-.474	-.434	.513			
Çal.	-.415	-.431	-.294	.341	.376		
Uyg.	.557	.560	.374	-.370	-.633	-.474	

Tabloda lojistik uygulamaları ile lojistik uygulamalarına etki eden faktörler arasındaki ilişki korelasyon analizi ile incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda lojistik uygulamaları ile strateji arasında ($r= 0,557$; $p < 0,05$) pozitif yönde orta düzeyde; operasyonlar arasında ($r= 0,560$; $p < 0,05$) pozitif yönde orta düzeyde; çevre ve insanlar arasında ($r= 0,374$; $p < 0,05$) pozitif yönde zayıf düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca lojistik uygulamaları ile rekabetçilik ve gelecekteki uygulanabilirlik arasında ($r= -0,370$; $p < 0,05$) negatif yönde zayıf düzeyde; organizasyonel ve üretime uygunluk arasında ($r=$

-0,633; $p < 0,05$) negatif yönde orta düzeyde; çalışan nitelikleri ve kabulü arasında ($r = -0,474$; $p < 0,05$) negatif yönde zayıf düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir.

3.11.4. Araştırmanın Hipotezlerine Dair Bulgular

Araştırmada yer alan ölçek ifadelerinin ortalamalarının normal dağılım gösterip göstermediğine göre parametrik veya parametrik olmayan istatistiksel testler yardımıyla kurulan hipotezler test edilmiştir.

H₁: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları faaliyet alanlarına göre farklılık göstermektedir.

Tablo 3. 9: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarının faaliyet alanlarına göre farklılık analizi

	Faaliyet Alanı		Ort.	Std. Sapma	F	P
Lojistik Uygulamaları	Ulusal	54	3.4978	.66802	40.060	<.001
	Uluslararası	0	4.3000	.45756		
	Ulusal Uluslararası	5	4.4190	.50061		

Lojistik 4.0 Uygulamalarının işletmelerin faaliyet alanına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği ($F = 40,060$; $p < 0,001$) tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi faaliyet alanından kaynaklandığını belirlemek için post hoc analizi yapılmış, varyansların homojen olması dolayısıyla Tukey testi sonucundan hareketle farklılığın Ulusal - Uluslararası lojistik ($\bar{X} = 4,419$) lehine olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre H₁ hipotezi kabul edilmiştir.

H₂: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları çalışan sayılarına göre farklılık göstermektedir.

Tablo 3. 10: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarının faaliyet alanlarına göre farklılık analizi

	Faaliyet Alanı		Ort.	Std. Sapma	F	P
Lojistik Uygulamaları	0-9 kişi	6	2.7917	.51460	29.004	<.001
	10-49 kişi	51	3.6446	.64712		
	50-249 kişi	4	4.3824	.55736		
	250+ kişi		4.4167	.49602		

Lojistik 4.0 Uygulamalarının işletmelerde çalışan kişi sayısına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği (F= 29,004; p <0,001) tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi faaliyet alanından kaynaklandığını belirlemek için post hoc analizi yapılmış, varyansların homojen olması dolayısıyla Tukey testi sonucundan hareketle farklılığın 250+ kişi ($\bar{X}=4,41$) lehine olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre H₂ hipotezi kabul edilmiştir.

H₃: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları dijital teknolojileri kullanım oranlarına göre farklılık göstermektedir.

Tablo 3. 11: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarının dijital teknoloji kullanım oranlarına göre farklılık analizi

	Faaliyet Alanı		Ort.	Std. Sapma	F	P
Lojistik Uygulamaları	Çok İleri	0	4.2667	.66295	35.716	<.001
	İleri	1	4.4390	.50243		

	Orta	15	3.6986	.53160		
	Zayıf	5	3.0381	.73106		
	Çok Zayıf		2.8750	.46930		

Lojistik 4.0 Uygulamalarının işletmelerin dijital teknolojileri kullanma oranına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği ($F= 35,716$; $p < 0,001$) tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi faaliyet alanından kaynaklandığını belirlemek için post hoc analizi yapılmış, varyansların homojen olması dolayısıyla Tukey testi sonucundan hareketle farklılığın ileri derecede kullanım ($\bar{X}=4,43$) lehine olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre H_3 hipotezi kabul edilmiştir.

H4: Lojistik 4.0'ın fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulamaları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Tablo 3. 12: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Fırsatlar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	.043	.340		.126	.900
Fırsatlar	.918	.084	.605	10.929	<.001
$R^2 = 0,366$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,363$; $F= 119,443$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Fırsatların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, fırsatların lojistik uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=119,443$; $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon

denklemini lojistik uygulamaları=0,043+0,918 (fırsatlar) şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.363'dür. Bu değere göre, lojistik uygulamalarındaki %36'luk varyansın fırsatlara bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_4 hipotezi kabul edilmiştir.

H_{4a}: Lojistik 4.0'ın stratejik fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulamaları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Tablo 3. 13: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Stratejik Fırsatlar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	1.062	.279		3.800	<.001
Stratejik fırsatlar	.640	.066	.557	9.657	<.001
$R^2 = 0,311$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,307$; $F= 93,266$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Stratejik fırsatların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, stratejik fırsatların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=93,266$; $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon denklemi lojistik uygulamaları=1,062+0,640 (stratejik fırsatlar) şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.307'dir. Bu değere göre, lojistik uygulamalarındaki %30'luk varyansın stratejilere bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_{4a} hipotezi kabul edilmiştir.

H_{4b}: Lojistik 4.0'ın operasyonel fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimleri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Tablo 3. 14: Lojistik 4.0 Uygulamaları İle Operasyonel Fırsatlar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	.326	.352		.925	.356
Operasyonel fırsatlar	.851	.087	.560	9.727	<.001
$R^2 = 0,314$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,310$; $F= 94,610$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Operasyonel fırsatların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, Operasyonel fırsatların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=94,610$; $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon denklemi lojistik 4.0 uygulamaları $=0,326+0,851$ (Operasyonel fırsatlar) şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.310'dir. Bu değere göre, lojistik 4.0 uygulamalarındaki %31'lik varyansın operasyonel fırsatlara bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_{4b} hipotezi kabul edilmiştir.

H_{4c}: Lojistik 4.0'ın çevresel ve sosyal olanakları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Tablo 3. 15: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Çevresel ve Sosyal Olanaklar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	2.399	.234		10.248	<.001
Operasyonel fırsatlar	.339	.058	.374	5.798	<.001
$R^2 = 0,140$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,136$; $F= 33,619$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Çevresel ve sosyal olanakların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, çevresel ve sosyal olanakların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=33,619$; $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon denklemi lojistik 4.0 uygulamaları= $2,399+0,339$ (Çevresel ve sosyal olanaklar) şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.136'dır. Bu değere göre, lojistik 4.0 uygulamalarındaki %13'lük varyansın çevresel ve sosyal olanaklara bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_{4c} hipotezi kabul edilmiştir.

H₅: Lojistik 4.0'ın zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

Tablo 3. 16: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Zorluklar Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	6.126	.220		27.813	<.001
Fırsatlar	-.865	.078	-	-	<.001
			.610	11.070	
$R^2 = 0,372$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,369$; $F= 122,536$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Lojistik 4.0 zorluklarının lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, zorlukların lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=122,536$; $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon denklemi lojistik 4.0 uygulamaları= $6,126-0,865$ (Zorluklar)

şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.369'dir. Bu değere göre, lojistik 4.0 uygulamalarındaki %36'luk varyansın negatif yönde zorluklara bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_5 hipotezi kabul edilmiştir.

H_{5a}: Lojistik 4.0'ın rekabet edebilirlik ve gelecekteki uygulanabilirlik ile ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

Tablo 3. 17: Lojistik 4.0 Uygulamaları İle Rekabet Edebilirlik ve Gelecekte Uygulanabilirlik Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	5.016	.229		21.863	<.001
Fırsatlar	-.432	.075	-.370	-5.734	<.001
$R^2 = 0,137$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,133$; $F= 32,878$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Rekabet edebilirlik ve gelecekteki uygulanabilirliğin lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, Rekabet edebilirlik ve gelecekteki uygulanabilirliğin lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=32,878$ $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon denklemi lojistik 4.0 uygulamaları=5,016-0,432 (Rekabet edebilirlik ve gelecekteki uygulanabilirlik) şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.133'dir. Bu değere göre, lojistik 4.0 uygulamalarındaki %13'lük varyansın negatif yönde rekabet edebilirlik ve gelecekteki uygulanabilirliğe bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_{5a} hipotezi kabul edilmiştir.

H_{5b}: Lojistik 4.0'ın organizasyonel ve üretime uyumla ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

Tablo 3. 18: Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Organizasyonel ve Üretime Uyum Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	5.107	.123		41.355	<.001
Fırsatlar	-.578	.049	-.633	-11.777	<.001
$R^2 = 0,401$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,398$; $F= 138,698$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Organizasyonel ve üretime uyumun lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, Organizasyonel ve üretime uyumun lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=138,698$ $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon denklemi lojistik 4.0 uygulamaları=5,107-0,578 (Organizasyonel ve üretime uyum) şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.398'dir. Bu değere göre, lojistik 4.0 uygulamalarındaki %39'luk varyansın negatif yönde organizasyonel ve üretime uyuma bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_{5b} hipotezi kabul edilmiştir.

H_{5c}: Lojistik 4.0'ın çalışanların kabulü ve nitelikleri ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.

Tablo 3. 19:Lojistik 4.0 Uygulamaları ile Çalışanların Kabulü ve Nitelikleri Arasındaki İlişkilere Yönelik Regresyon Analizi Sonuçları

	B	Std. Hata	Beta	t	P
Sabit	5.394	.219		24.574	<.001
Fırsatlar	-.597	.077	-.474	-7.748	<.001
$R^2 = 0,137$; Düzeltilmiş $R^2 = 0,221$; $F= 60,033$; $p<.001$ ** $P<0,01$ B: Standartlaştırılmamış Katsayı; Beta: Standartlaştırılmış Katsayı					

Çalışanların kabulü ve niteliklerinin lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, Çalışanların kabulü ve niteliklerinin lojistik 4.0 uygulamaları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($F=60,033$ $p<.001$) tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki basit doğrusal ilişkiye ait regresyon denklemi lojistik 4.0 uygulamaları=5,394-0,597 (Çalışanların kabulü ve nitelikleri) şeklindedir. Analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş R^2 değeri, 0.221'dir. Bu değere göre, lojistik 4.0 uygulamalarındaki %21'lik varyansın negatif yönde Çalışanların kabulü ve niteliklerine bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre H_{5c} hipotezi kabul edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre hipotezlerin kabul/red durumları Tablo 3.20'de özetlenmiştir.

Tablo 3. 20: Hipotezlerin Kabul/Red Durumları

Hipotezler	Kabul / Red
H₁: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları faaliyet alanlarına göre farklılık göstermektedir.	Kabul
H₂: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları çalışan sayılarına göre farklılık göstermektedir.	Kabul
H₃: İşletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açıları dijital teknolojileri kullanım oranlarına göre farklılık göstermektedir.	Kabul
H₄: Lojistik 4.0'ın fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulamaları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.	Kabul
H_{4a}: Lojistik 4.0'ın stratejik fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulamaları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.	Kabul
H_{4b}: Lojistik 4.0'ın operasyonel fırsatları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimleri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.	Kabul

H_{4c}: Lojistik 4.0'ın çevresel ve sosyal olanakları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.	Kabul
H₅: Lojistik 4.0'ın zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.	Kabul
H_{5a}: Lojistik 4.0'ın rekabet edebilirlik ve gelecekteki uygulanabilirlik ile ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.	Kabul
H_{5b}: Lojistik 4.0'ın organizasyonel ve üretime uyumla ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.	Kabul
H_{5c}: Lojistik 4.0'ın çalışanların kabulü ve nitelikleri ilgili zorlukları, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimini olumsuz yönde etkilemektedir.	Kabul

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde lojistik faaliyetlerini gerçekleştirmek amacıyla kullanılan teknolojilerin ilerlemesi, gelişen müşteri talepleri, pazar yapılarının büyümesi gibi faktörler lojistiğe yeni boyutlar kazandırmıştır. Günümüzün üretim vizyonu yalnızca müşteri ihtiyacını karşılamaktan ziyade müşteri ihtiyaçlarını minimum maliyetle, yüksek kalitede, kısa sürede karşılayacak biçimde karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Teknolojinin gösterdiği gelişim birçok faaliyet alanını etkilediği gibi lojistiği de etkisi altına almış ve lojistik sektörü büyük sıçramalar yaşamıştır.

Günümüz üretim vizyonuna uygun teknolojileri kapsayan ve yüksek potansiyele sahip Lojistik 4.0 nispeten yeni bir kavramdır. Lojistik 4.0 işletmelere ileri düzeyde bilgi ve çözümler sunmaktadır. Sağladığı dijital alt yapı ile tüm tedarik zinciri süreci sistematik bir biçimde gerçekleştirilmekte, hatalar ve kayıplar minimum düzeyde seyretmektedir.

İşletmelerin Lojistik 4.0 teknolojilerine olan ihtiyaçları yüksektir fakat ilk yatırım maliyetleri, nitelikli çalışan eksikliği, işletmelerdeki dijital kültürün eksikliği gibi sebeplerle çoğu işletme geleneksel biçimde lojistik faaliyetlerini sürdürmektedir. Bunun yanı sıra Lojistik 4.0 çoğu işletme tarafından sadece kavramsal olarak bilinmektedir.

Bu çalışmada, lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarını etkileyen fırsatlara ve zorluklara bakış açıları sürdürülebilirlik çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma Türkiye'nin ilk özel lojistik merkezi olan Ankara Lojistik Üssünde faaliyet gösteren lojistik işletmeleri üzerinde gerçekleştirilmiş nicel bir araştırmadır. Çalışmanın gerçekleştirildiği tarihte Ankara Lojistik Üssünde faaliyet gösteren ulusal ve uluslararası 400 işletme bulunmaktadır ancak 209 işletme görüşmeyi kabul etmiş ve bu işletmeler ile yüz yüze görüşme sonucu veriler elde edilmiştir.

Çalışmada işletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarına olan bakış açılarında faaliyet alanlarının etkili olup olmadığı, işletme büyüklüğünün Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açılarında bir farklılık yaratıp yaratmadığı, Lojistik 4.0'a yapılan yatırımların bakış açıları üzerinde bir etkiye sahip olup olmadığı ve Lojistik 4.0 uygulamalarını etkileyen fırsatların ve zorlukların bakış açılarını hangi düzeyde etkilediğini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Ankete katılan işletmelerin faaliyet alanları ve çalışan sayısı incelendiğinde %73,7'sinin (154 adet) ulusal, %9,6'sının (20 adet) uluslararası ve %16,7'sinin (35 adet) hem ulusal hem de uluslararası düzeyde faaliyet gösterdiği belirlenmiştir. Çalışan sayısına göre işletme dağılımı incelendiğinde %72,2'sinin (151 adet) 10-49 kişi çalıştırdığı ve %16,3'ünün (34 adet) 50-249 kişi çalıştırdığı görülmüştür. Ankete katılan işletmelerin büyük çoğunluğunun ulusal düzeyde faaliyet göstermekte olduğu ve çalışan sayısına bakıldığında nispeten küçük işletmeler olduğu anlaşılmaktadır.

İşletmelerin hizmet verdiği sektörler göre dağılımı incelendiğinde %79,4'ünün inşaat sektörüne, %73,7'sinin makine sektörüne, %53,1'inin otomotiv sektörüne, %45,9'unun gıda sektörüne, %37,8'inin tekstil sektörüne ve %44'ünün diğer sektörler hizmet verdiği belirlenmiştir. Ankete katılan işletmelerin %55'i orta düzeyde, %19,6'sı ileri düzeyde, %4,8'i çok ileri düzeyde ve %20,5'i ise zayıf veya çok zayıf düzeyde dijital teknoloji kullandıkları sonucuna varılmıştır.

Yapılan anketten elde edilen sonuçlara göre işletmelerin Lojistik 4.0'a bakış açılarında faaliyet alanlarının etkili olduğu ve çalışan sayılarına göre farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra dijital teknoloji kullanım oranlarının Lojistik 4.0 uygulamalarına bakış açısında etkili olduğu gözlemlenmiştir ve dijital teknoloji kullanımı yüksek düzeyde olan işletmelerin Lojistik 4.0 hakkında daha fazla bilgi sahibi olduğu sonucuna varılmıştır. Lojistik 4.0'ın işletmelere sağladığı stratejik, operasyonel, çevresel ve sosyal fırsatların gelecekte Lojistik 4.0 teknolojilerinden faydalanma üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Lojistik 4.0'ın sağladığı fırsatların yanı sıra

beraberinde getirmiş olduğu zorlukların işletmelerin gelecekte Lojistik 4.0 teknolojilerinden faydalanma konusunda olumsuz bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Gelecekte uygulanabilirlik, rekabet edilebilirlik, organizasyonel ve üretime uyum, çalışan nitelikleri ve çalışanların bu teknolojileri kabul etmesi ile ilgili zorlukların Lojistik 4.0'ın gelecekte uygulanabilirliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma işletme yapılarına göre Lojistik 4.0'a olan bakış açılarında olan farklılıkları analiz etmekte ve Lojistik 4.0 uygulamaları ile ilgili fırsatların ve zorlukların anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Lojistik 4.0 nispeten yeni bir kavram olduğundan küçük işletmelerde henüz yaygın olarak kullanılmamakta ve kavramsal olarak derinlemesine bilinmemektedir. Lojistik 4.0'ın beraberinde getirdiği rekabet avantajları, yeni iş modelleri, yeni üretim vizyonu, esneklik, verimlilik, kaynak tasarrufunun sağlanması, geliştirilmiş çalışma şartları, atık kullanımının azalması gibi faktörler Lojistik 4.0'ı uygulama eğilimi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Fırsatların yanı sıra yeni teknolojilerin beraberinde getirdiği güvenlik sorunları, yatırım maliyetlerinin yüksek olması, yeni rakiplerin pazarda var olması, doğrudan müşteri temasının kaybedilmesi korkusu, müşteri taleplerinin kendine has olması, veri şeffaflığı konusundaki tehditler, nitelikli çalışan eksikliği, çalışanların teknolojileri benimseme konusundaki tereddütleri gibi faktörler işletmelerin Lojistik 4.0'ı bir tehdit olarak algılamasına sebep olmakta ve uygulama sürecini geciktirmektedir.

Sonuç olarak Lojistik 4.0 yeni bir teknoloji ve uygulama alanını temsil etmektedir. Bu sebeple kavramın ne anlama geldiği konusunda ankete katılan işletmeler arasında bir fikir birliği bulunmadığından elde edilen sonuçlar uygulama alanına özeldir. Ankete katılan işletmelerin Lojistik 4.0 uygulamalarından tam olarak faydalanıp faydalanmadıkları net olmadığından gelecekteki araştırmaların işletmelerin bakış açılarını ölçmekten ziyade, faal olarak teknolojilerden yararlanan işletmeler üzerinde uygulama sonuçlarına yönelmeleri önerilmektedir. Ek olarak sürdürülebilirlik bağlamında çalışmanın geliştirilmesi önerilmekte ve Lojistik 4.0 uygulamalarının yol açtığı çevresel

ve sosyal faktörler üzerinde daha detaylı çalışmalar yapılması önerilmektedir. Çalışma Ankara Lojistik Üssünde faaliyet gösteren işletmeler ile gerçekleştirildiğinden elde edilen sonuçların genellenebilirliği sınırlıdır. Bu sebeple daha geniş bir örneklem üzerinde bir çalışma gerçekleştirmek daha genellenebilir sonuçların elde edilmesine katkıda bulunacaktır. Ek olarak ankete katılan işletmelerin çoğunluğu ulusal anlamda faaliyet gösterdiğinden, daha fazla uluslararası alanda faaliyet gösteren işletmeler üzerinde çalışma yapılarak ulusal ve uluslararası alanda faaliyet gösteren işletmeler arasındaki farklılıklar daha net bir şekilde gözlemlenebilir.

Ek olarak gelecekteki çalışmaların belirli bir işletme büyüklüğü dikkate alınarak yapılması önerilmektedir. Çünkü işletme büyüklüğü, işletmelerin teknolojik olanaklardan ve nitelikli personellerden yararlanabilmelerine imkân tanıyabilir. Bu olanaklar Lojistik 4.0'ın daha çok işletme tarafından uygulanabilme şansını arttırabilir.

KAYNAKÇA

Abdullayeva, A. (2019). Impact of Artificial Intelligence on Agricultural, Healthcare and Logistics Industries. *Economic Series*(2), 167-175.

Al-Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2019). Blockchain in Industries: A Survey. *IEEE Access*, 7, 36500-36515.

Amazon. (2020). *Amazon Sustainability Report: Further and Faster, Together*. Amazon.

Araújo, N., Pacheco, V., & Costa, L. (2021). Smart Additive Manufacturing: The Path to the Digital Value Chain. *Technologies*, 9, 1-13.

Arora, K. C., & Shinde, V. V. (2007). *Aspects of Material Handling*. New Delhi: Laxmi Publications LTD.

<https://sustainability.aboutamazon.com/about/report-builder> adresinden alındı

ARUP. (2019). *Future of rail 2050*. London: ARUP. https://www.google.com/search?q=ARUP%2C+Future+of+Rail+2050%2C&client=opera&hs=2WF&ei=7QVrYslWqInFzw-y3K3wBw&ved=0ahUKEwiJga_Z2Lf3AhWoRPEDHTJuC34Q4dUDCA0&uact=5&oq=ARUP%2C+Future+of+Rail+2050%2C&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBggAEBYQHkoECEYYAUoECEYYAFDEBVjEBWC8B adresinden alındı

Aydın, D. (2018). Lojistik, Pazarlama Ve Üretim Birimleri Arasındaki Koordinasyonun İşletme Performansına Etkisinin Araştırılması: Malatya İlinde Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. Malatya: İnönü Üniversitesi.

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical Systems. *The Impact of Control Technology*, 12(1), 161-166

Bag, S., Gupta, S., & Luo, Z. (2020). Examining the Role of Logistics 4.0 Enabled Dynamic Capabilities on Firm Performance. *International Journal of Logistics Management*, 31(3), 607-628.

Bakkal, M., & Demir, U. (2011). *Lojistik Yönetimi ve E-Lojistik*. İstanbul: Hiperlink Yayınları.

Ballou, R. H. (1999). *Business Logistics Management Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain*. London: Prentice Hall International.

Bamberger, V., Nansé, F., Schreiber, B., & Zintel, M. (2017). Logistics 4.0 – Facing digitalization-driven disruption. *Prism*, 1, 38-50.

Bardakçı, H. (2020). Benefits of Digitalization in International. *International Journal of Social Science and Economic Research*, 05(06), 1476-1489.

Barleta, E. P., Pérez, G., & Sánchez, R. J. (2019). *Industry 4.0 and the emergence of Logistics 4.0*. *FAL Bulletin*. <https://www.cepal.org/en/publications/45455-industry-40-and-emergence-logistics-40> adresinden alındı

Baur, C., & Wee, D. (2015). *Manufacturing's Next Act*. Munich: McKinsey&Company.

Baygın, M., Yetiş, H., Karaköse, M., & Akın, E. (2016). An Effect Analysis of Industry 4.0 to Higher Education. *15th international conference on information technology based higher education and training* (s. 1-4). İstanbul: IEEE.

BCTR. (2019). *Kişisel Verilerin Korunması Hukuku ve Blokzinciri Teknolojisi Raporu*. İstanbul: Türkiye Bilişim Vakfı. <https://bctr.org/bctr-calisma-grubu-raporlari/> adresinden alındı

BCTR. (2021). *Akıllı Sözleşme Raporu*. Türkiye Bilişim Vakfı.

Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Delgado, J. M., Akanbi, L. A., . . . Owolabi, H. A. (2021). Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges. *Automation in Construction*, 122, 1-18.

Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55, 155-162.

Bilgin, M., Duran, M., & Özman, Z. S. (2001). *Dış Ticarete Ürün Ambalajlama ve Etiketleme*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.

Bose, D. C. (2006). *Inventory Management*. New Delphi: Prentice Hall of India .

Brans, K. (2013). 3D Printing, a Maturing Technology. *Intelligent Manufacturing Systems* (s. 468-472). São Paulo: IFAC.

Bryndin, E. (2020). Increase of Safety Use Robots in Industry 4.0 by Developing Sensitivity and Professional Behavioral Skills. *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 5(1), 6-14.

Bulut, Ö. (2007). Türkiye’de Taşımacılık Sektörünün Lojistik Olgusu İçerisinde İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Kadir Has Üniversitesi.

Canatan, A. B., & Torun, B. G. (2019). *Lojistik 4.0 İhtiyaçlarının Belirlenmesinde Kalite Fonksiyon Göçerimi*. Ankara: İksad Yayınevi.

CargoX. (2021). *The CargoX Platform for Blockchain Document Transfer*. Ljubljana: CargoX Ltd.

Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E. (2020). Pursuing Supply Chain Sustainable Development Goals Through The Adoption of Green Practices and Enabling Technologies: A Cross-Country Analysis of LSPs. *Technological Forecasting & Social Change*, 153, 1-9.

Chen, C., Mao, J., & Gan, X. (2018). Design of Automated Warehouse Management System. *MATEC Web of Conferences*, (s. 1-4). doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201823203049>

Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A Survey. *Mobile Networks and Applications*, 19, 171-209.

Childerley, A. (1980). The Importance off Logistics in the UK Economy. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 10(4), 185-192.

CMSCP. (2013). Supply Chain Management Terms and Glossary. 12 13, 2021 tarihinde https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx adresinden alındı

Čujan, Z., Fedorko, G., & Mikušová, N. (2020). Application of virtual and augmented reality in automotive. *Open Engineering*, 10, 113-119.

Çinko, M., Sipahi, B., & Yurtkoru, E. S. (2006). *Sosyal Bilimlerde Spss ile Veri Analizi*. İstanbul: Beta Yayınları. De Brito, M. P., & Dekker, R. (2002). *Reverse Logistics – a framework*. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam.

Delfmann, W., Hompel, M., Kersten, W., Schmidt, T., & Stölzle, w. (2018). Logistics as a Science – Central Research Questions in the Era of the Fourth Industrial Revolution. *Logistics Research*, 11(9), 1-13.

Deloitte. (2017). *Using blockchain to drive supply chain innovation: A series exploring Industry 4.0 technologies and their potential impact for enabling digital supply networks in manufacturing*. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html> adresinden alındı

Demirci, A., & Manavgat, G. (2019). Lojistik Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik Kapsamında Karbon Ayak İzleri ve Kişisel Karbon Ayak İzi Analizi. 8. *Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi* (s. 102-113). Niğde: LODER.

Deran, A., Arslan, S., & Köksal, A. G. (2014). *İşletmelerde Lojistik Maliyetlerin Hesaplanması: Maden İşletmesinde Uygulama Örneği*. Konya: Eğitim Yayınevi.

Deshmane , P. B., & Shinde, D. K. (2009). Optimization of Internal Logistics by Using Different Parameters. *Proceeding of the Ninth Global Conference on Flexible Systems Management* (s. 1-8). Mumbai: GLOGIFT 09.

DHL. (2013). *Big Data in Logistics: A DHL perspective on how to move beyond the hype*. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation. <https://www.dhl.com/tr-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/big-data-in-logistics.html> adresinden alındı

DHL. (2014). *Augmented Reality in Logistics*. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation.

DHL. (2015). *Internet of Things in Logistics: A Collaborative Report by Dhl and Cisco on Implications Anduse Cases For the Logistics Industry*. Troisdorf: DHL.

DHL. (2016). *3d Printing and The Future of Supply Chains : A DHL perspective on the state of 3D printing and implications for logistics*. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation. <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/3d-printing-and-the-future-of-supply-chains.html> adresinden alındı

DHL. (2018). *Artificial Intelligence in Logistics*. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation. <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/artificial-intelligence.html> adresinden alındı

DHL. (2018). *Blockchain in Logistics*. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation. <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-blockchain-trend-report.pdf> adresinden alındı

DHL. (2020). *The Logistics Trend Radar: 5th Edition*. DHL Trend Research. <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-logistics-trend-radar-5thedition.pdf> adresinden alındı

Dimitrakieva, S., Kostadinov, O., & Atanasova, C. (2021). Multilevel Demand For Sea Transportation. Correlation Between Baltic Dry Index (Bdi) And Coaster Shipping Prices For Sea Routes Between Baltic Seaports And Mediterranean Seaports. *Education and Maritime Transportand Information Systems*, 93(7), 141-148.

Dinçel, S. (2016). *Lojistik Yönetimi ve Girişimcilik*. İstanbul: Hiperlink Yayınları.

Diwan, M. A. (2016). Internet of Things in Logistics: Towards Autonomous Logistics & Smart Logistics Entities. *The International Maritime Transport & Logistics Conference* (s. 1-13). Alexandria: Marlog.

Dobrovnik, M., Herold, D. M., Fürst, E., & Kummer, S. (2018). Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start. *Logistics*, 2, 1-14.

Elmas, G., & Erdoğan, F. (2011). The Importance of Reverse Logistics. *International Journal of Business and Management Studies*, 3(1), 161-171.

ENISA. (2015). *Big Data Security : Good Practices and Recommendations on the Security of Big Data Systems*. European Union Agency for Network and Information Security. <https://www.enisa.europa.eu/publications/big-data-security> adresinden alındı

Erkan, B. (2014). The Importance and Determinants of Logistics Performance of Selected Countries. *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking (JEIEFB)*, 3(6), 1237-1254.

Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., & Behdad, S. (2020). Blockchain For the Future of Sustainable Supply Chain Management in Industry 4.0. *Resources, Conservation & Recycling*, 163, 1-15.

EU. (2012). *Cloud Computing*. Brussels: European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1d487935-12d5-444c-b595-6ebd01f4b5f3/language-en/format-PDF/source-253538555> adresinden alındı

EU. (2015). *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. Brussels: European Parliament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf) adresinden alındı

EU. (2016). *Industry 4.0*. Brussels: European Parliament. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1b970736-9acb-11e6-868c-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-256756706> adresinden alındı

EU. (2018). *Artificial Intelligence : A European Perspective*. Luxembourg: European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113826> adresinden alındı

EU. (2021). *Advanced Technologies for Industry – Policy brief : Collaborative robots, human-AI systems and the role for policy*. Brussels: European Commission. <https://ati.ec.europa.eu/reports/policy-briefs/collaborative-robots-human-ai-systems-and-role-policy> adresinden alındı

European Parliament. (2015). *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. Brussels: EPRS.

Faber, B., Michelet, G., Weidmann, N., Mukkamala, R. R., & Vatrapu, R. (2019). BPDIMS: A Blockchain-based Personal Data and Identity Management System. *52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, (s. 6855-6864). Hawaii.

Farahani, R. Z., Rezapour, S., & Kardar, L. (Dü). (2011). *Logistics Operations and Management; Concepts and Models*. London: Elsevier.

Ferraro, S., Cantini, A., Leoni, L., & De Carlo, F. (2023). Sustainable Logistics 4.0: A Study on Selecting the Best Technology for Internal Material Handling. *Sustainability*, *15*, 1-22.

Fırat, O. Z., & Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, *46*(2), 211-223.

Foster, M. N., & Rhoden, S. L. (2020). The integration of automation and artificial intelligence into the logistics sector: A Caribbean perspective. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, *12*(1), 56-68.

Gao, Z., Wanyama, T., Singh, I., Gadhri, A., & Schmidt, R. (2020). From Industry 4.0 to Robotics 4.0 - A Conceptual Framework for Collaborative and Intelligent Robotic Systems. *Procedia Manufacturing*, *46*, 591-599.

Gattorna, J. L. (Dü.). (2003). *Gower Handbook of Supply Chain Management*. Chinese: Gower Publishing.

Gebhardt, A. (2011). *Understanding Additive Manufacturing*. Munich: Hanser Publications.

George, A. S., & George, A. H. (2020). Industrial Revolution 5.0: The Transformation Of The Modern Manufacturing Process To Enable Man And Machine To Work Hand In Hand. *Journal of Seybold Repor*, *15*(9), 214-234.

George, D., & Mallery, P. (2011). *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference, 17.0 update, 10/e*. Boston: Pearson.

George, G., & Haas, M. R. (2014). Big Data and Management. *Academy of Management Journal*, *57*(2), 321-326.

Ghiro, L., Restuccia, F., D'Oro, S., & Basagni, S. (2021). What is a Blockchain? A Definition to Clarify the Role of the Blockchain in the Internet of Things. *19th Mediterranean Communication and Computer Networking Conference* (s. 1-8). Ibiza: IEEE.

Ginters, E., & Martin-Gutierrez, J. (2013). Low cost augmented reality and RFID application for logistics items. *Procedia Computer Science*, 26, 3-13.

Goel, R., & Gupta, P. (2020). Robotics and Industry 4.0. A. Nayyar, & A. Kumar (Dü) içinde, *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development* (s. 157-169). Springer.

Göçmen, E., & Erol, R. (2018). The Transition to Industry 4.0 in One of the Turkish. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 2(1), 76-85.

Grynlol, B. (2014). *Disruptive manufacturing: The effects of 3D printing*. Deloitte.

Gubán, M., & Kovács, G. (2017). Industry 4.0 Conception. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 10(1), 1-4.

Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & Cheng, T. C. (2007). Developing an e-logistics system: a case study. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 10(4), 333 -349.

Gundlach, G. T., Bolumole, Y. A., Eltantawy, R. A., & Frankel, R. (2006). The changing landscape of supply chain management, marketing channels of distribution, logistics and purchasing. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 21(7), 428-438.

Gülenç, İ. F., & Karagöz, B. (2008). E-Lojistik ve Türkiye’de E-Lojistik Uygulamaları. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15, 73-91.

Gürdal, S. (2006). *Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.

Hall, D. W., & Pesenti, J. (2017). *Growing the artificial intelligence industry in the UK*. United Kingdom Government. <https://www.gov.uk/government/publications/growing-the-artificial-intelligence-industry-in-the-uk> adresinden alındı

Hashem, I. A., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U. (2015). The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 48, 98-115.

Heyer, C. (2010). Human-Robot Interaction and Future Industrial Robotics Applications. *International Conference on Intelligent Robots and Systems* (s. 4749-4754). Taipei: IEEE.

Horenberg, D. (2017). *Applications within Logistics 4.0: A research conducted on the visions of 3PL service providers*. Enschede: University of Twente. <https://essay.utwente.nl/72668/> adresinden alındı

Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving Forces and Barriers of Industry 4.0: Do Multinational and Small and Medium-Sized Companies Have Equal Opportunities? *Technological Forecasting & Social Change*, 146, 119-132.

Hughes, E., Graham, L., Rowley, L., & Lowe, R. (2018). Unlocking Blockchain: Embracing New Technologies to drive Efficiency and Empower the Citizen. *The JBBA*, 1(2), 63-73.

Hyperledger. (2019). *How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain with Hyperledger Fabric*. Hyperledger. <https://www.hyperledger.org/learn/publications/walmart-case-study> adresinden alındı

Ilin, V., Simić, D., & Saulić, N. (2019). Logistics Industry 4.0: Challenges and Opportunities. *4th Logistics International Conference* (s. 293-301). Serbia: Logic.

Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2021). Toward Smart Logistics: Engineering Insights and Emerging Trends. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28, 3183–3210.

Irannezhad, E. (2020). Is blockchain a solution for logistics and freight transportation? *Transportation Research Procedia*, 48, 290-306.

İsmail, R. (2008). *Logistics Management*. New Delhi: Excel Books.

Ivanova, O., Williams, C., & Campbell, T. (2013). Additive manufacturing (AM) and nanotechnology: promises and challenges. *Rapid Prototyping Journal*, 19(5), 353 – 364.

Kanagavalli, G., & Azeez, R. (2019). Logistics and E- Logistics Management: Benefits and Challenges. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(4), 12804-12809.

Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62, 15-25.

Karadoğan, D. (2019). Lojistik 4.0: Gelecek Nesil Lojistik Teknik inovasyonları ve en iyi uygulamaları. K. Çetinkaya, P. Demircioğlu, K. Özsoy, & B. Duman (Dü) içinde, *Sanayi 4.0 teknolojik alanları ve uygulamaları* (s. 457-464). Ankara: Pegem Akademi.

Karagöz, B. (2012). *E-lojistik Uygulamaları*. Bursa: Ekin Yayınevi.

Karagöz, B., & Bumin Doyduk, H. B. (tarih yok). Lojistik 4.0 uygulamaları ve Lojistik Firmalarının Bakış Açısı.

Karakış, İ. (2007). Tedarikçi İlişkileri Yönetimi. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi. Katal, A., Wazid, M., & Goudar, R. H. (2013). Big Data: Issues, Challenges, Tools and Good Practices. *Sixth international conference on contemporary computing* (s. 404-409). Noida: IEEE.

Kayabaşı, A. (2007). İşletmelerin Rekabet Gücünün Geliştirilmesinde Lojistik Faaliyetlerin Performansının Arttırılması: Üretim İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. İzmsır: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Kayabaşı, A. (2010). *Rekabet Gücü Perspektifinde Lojistik Faaliyetlerde Performans Gelistirme*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.

Kayabaşı, A., & Özdemir, A. (2008). Üretim İşletmelerinde Lojistik Yönetimi Faaliyetlerinde Performans Yönetimine Bakış: Beklenti-Fayda Farkı Analizi Uygulaması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(1), 195-209.

Kayıkçı, Y. (2018). Sustainability impact of digization in logistics. *Procedia Manufacturing*, 21, 782-789.

Keskinkılıç, M., Yıldız, İ., & Tüzemen, A. (2018). Lojistik ve Kargo Kurumlarının Lojistik 4.0 Açısından Değerlendirilmesi: Erzurum İlinde Nitel Bir Uygulama. *IV. Uluslararası Kafkasya-Orta Asya Dış Ticaret ve Lojistik Kongresi* (s. 799-805). Aydın: UKODLK 2018.

Khan, M. A.-u.-d., Uddin, M. F., & Gupta, N. (2014). Seven V's of Big Data Understanding Big Data to extract Value. *Proceedings of 2014 Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education* (s. 1-5). Bridgeport: IEEE.

Khan, S., Singh, R., Haleem, A., Dsilva, J., & Ali, S. S. (2022). Exploration of Critical Success Factors of Logistics 4.0: A DEMATEL Approach. *Logistics*, 6, 1-14.

Kristiansen, S. (2005). *Maritime Transportation Safety Management and Risk Analysis*. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Kouicem, D. E., Bouabdallah, A., & Lakhlef, H. (2018). Internet of Things Security: a top-down survey. *Journal of Computer Networks*, 141, 1-28.

Kubáč, L., & Kodym, O. (2017). The Impact of 3D Printing Technology on Supply Chain. *MATEC Web of Conferences* (s. 1-8). EDP Sciences.

Kumar, N. M., & Dash, A. (2017). The Internet of Things: An Opportunity for Transportation and Logistics. *Proceedings of the International Conference on Inventive Computing and Informatics* (s. 194-197). Coimbatore: IEEE.

Kush, Y., Skrypin, V., Galkin, A., Dolia, K., Tkachenko, I., & Davidich, N. (2018). Regularities of Change of The Supply Chain Operation Efficiency, Depending on The Parameters of The Transport Process. *Transportation Research Procedia*, 30, 2016-225.

Kutlu, İ., & Başar, B. (2006). İhracatta Taşıma ve Taşıma Maliyetleri. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*(31), 102-111.

Küçük, O. (2021). *Lojistik İlkeleri ve Yönetimi*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Lai, K.-H., & Cheng, T. (2009). *Just-in-Time Logistics*. Burlington: Gower Publishing Company.

Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (2001). *Fundamentals of Logistics Management*. Irwin: McGraw Hill Higher Education.

Lee, E. A. (2007). *Computing Foundations and Practice for Cyber Physical Systems: A Preliminary Report*. Berkeley: Electrical Engineering and Computer Sciences University. <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2007/EECS-2007-72.pdf> adresinden alındı

Lee, E. A. (2007). *Computing Foundations and Practice for Cyber-Physical Systems: A Preliminary Report*. Berkeley: Electrical Engineering and Computer Sciences University.

Lee, D., & Yoon, S. S. (2021). Application of Artificial Intelligence-Based Technologies in the Healthcare Industry: Opportunities and Challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1-18.

Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20-23.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.

Li, X., Wang, Y., & Chen, X. (2012). Cold chain logistics system based on cloud computing. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 24, 2138–2150.

Lins, T., Oliveira, R. R., Correia, L. H., & Silva, S. S. (2018). Industry 4.0 Retrofitting. *VIII Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering* (s. 8-15). Salvador: IEEE.

Liu, Y., Peng, Y., Wang, B., Yao, S., & Liu, Z. (2017). Review on Cyber-physical Systems. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 4(1), 27-40.

Maddikunta, P. K., Pham, Q.-V., B, P., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., . . . Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 1-19.

MAERSK. (2020). *Logistics' Digital Revolution: The Transformation of Data and Technology in Supply Chain Logistics*. Kopenhag: Maersk. file:///C:/Users/sedak/Downloads/maersk-logistics-digital-revolution.pdf adresinden alındı

Majid, M. I., Darmawan, C. K., Majid, S. A., & Yulianto, Y. (2019). Anticipating the Entry of Industry 5.0 in Transportation Sector. *Advances in Transportation and Logistics Research*, 2, 103-115.

Manners-Bell, J., & Lyon, K. (2012). The Implications of 3d Printing for the Global Logistics Industry. *Transport Intelligence*, 1, 1-6.

Masood, T., & Egger, J. (2021). Augmented Reality: Focusing on Photonics in Industry 4.0. *IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS*, 27(6), 1-11.

Martin, H. (2018). *Warehousing and Transportation Logistics*. United State: Kogan Page.

MEB. (2011). Ulaştırma Hizmetleri Alanı Havayolu Taşımacılığı. Ankara. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hava%20Yolu%20Taşımacılığı.pdf adresinden alındı

MEB. (2011). Ulaştırma Hizmetleri Demiryolu Taşımacılığı. Ankara. <http://www.onderalioglu.com/mesleki-egitim/lojistik/DemirYoluTasimaciligi.pdf> adresinden alındı

Miemczyk, J., & Holweg, M. (2004). Building Cars To Customer Order – What Does It Mean For Inbound Logistics Operations? *Journal of Business Logistics*, 25(2), 171-197.

Mikavica, B., Kostić-Ljubisavljević, A., & Đogatović, V. R. (2015). Big data: challenges and opportunities in logistics systems. *2nd Logistics International Conference* (s. 185-190). Belgrade: Logic.

Miorandi , D., Sicari, S., Pellegrini, F. D., & Chlamtac, I. (2012). Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges. *Ad Hoc Networks*, 10, 1497-1516.

Mohanta, B. K., Jena, D., Panda, S. S., & Sobhanayak, S. (2019). Blockchain technology: A survey on applications and security privacy Challenges. *Internet of Things*, 8, 1-19.

Molina, E., & Jacob, E. (2018). Software-defined networking in cyber-physical systems: A survey. *Computers and Electrical Engineering*, 66, 407-419.

Mohanty, S. P. (2020). Advances in Transportation Cyber-Physical System (T-CPS). *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 9(4), 4-6.

Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2009). *Purchasing And Supply Chain Management*. USA: South-Western Cengage Learning.

Möller, D. P., & Vakilzadian, H. (2016). Cyber-Physical Systems in Smart Transportation. *IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)* (s. 0776-0781). Grand Forks: IEEE.

Mulcahy, D. E., & Sydow, J. (2008). *A Supply Chain Logistics Program For Warehouse Management*. Boca Raton: Crc Press.

Müller, J. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0: Results of a workshop with Europe's technology leaders*. 9 Brussels: European Commission. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8e5de100-2a1c-11eb-9d7e-01aa75ed71a1/language-en> adresinden alındı

MÜSİAD. (2017). *Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği*. İstanbul: MÜSİAD. <https://musiad.org.tr/uploads/yayinlar/arastirma-raporlari/pdf/lojistik-raporu.pdf> adresinden alındı

Nagy, G., Illés, B., & Bányai, Á. (2018). Impact of Industry 4.0 on production logistics. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 448, 1-9.

Neubert, G., & Bartoli, P. (2009). *Impact of Inbound Logistics on Design of Production System*. Moscow: Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing.

Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B*, 143, 172-196.

NIST. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. Gaithersburg: U.S. Department of Commerce. <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final> adresinden alındı

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory* (2. baskı b.). New York: McGraw-Hill.

Oğuz, İ. H., & Oğuz, D. (2019). Türkiye Ekonomisinde Lojistik. *Uluslararası İşletme ve Ekonomi Çalışmaları Dergisi*, 1(2), 65-74.

Ong, S. K., Yuan, M. L., & Nee, A. C. (2008). Augmented Reality Applications in Manufacturing: A Survey. *International Journal of Production Research*, 46(10), 2707–2742.

Orhan, O. Z. (2003). *Dünyada ve Türkiye'de Lojistik Sektörünün Gelişimi*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.

Osmolski, W., & Kolinski, A. (2020). Logistics 4.0: Digitalization of the Supply Chains. *20th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management* (s. 345-360). Osijek: Faculty of Economics in Osijek.

Öz, M. (Dü.). (2019). *Küresel Pazarlama Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi*. Konya: Eğitim Yayınevi.

Öz, M. (2019). *Lojistik Faaliyetlerde Dış Kaynak Kullanımı ve Pazarlama Tabanlı Yetenekler Üzerine Etkisi*. Konya: Eğitim Yayınevi.

Özdemir, F. S., & Karahan Gökmen, M. (2016). Lojistiğin Evrimi ve Türkiye'deki Önlisan ve Lisans Programları Yönünden Lojistik Öğretimi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 116-135.

Paelke, V. (2014). Augmented Reality in the Smart Factory : Supporting Workers in an Industry 4.0. Environment. *IEEE Emerging Technology and Factory Automation*, 1-4. doi:10.1109/ETFA.2014.7005252

Paelke, V. (2014). Augmented Reality in the Smart Factory : Supporting Workers in an Industry 4.0. Environment. *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)* (s. 1-4). Barcelona: IEEE. doi:10.1109/ETFA.2014.7005252

Parlement, E. (2016). *Industry 4.0*. Brussels: European Union.

Prasse, C., Nettstraeter, A., & Hompel, M. (2014). How IoT will change the design and operation of logistics systems. *International Conference on the Internet of Things (IOT)* (s. 55-60). Cambridge: IEEE.

Pyrgidis, C. N. (2016). *Railway Transportation Systems: Design, Construction and Operation*. Boca Raton: Crc Press.

Pyrgidis, C. N. (2016). *Railway Transportation Systems: Design, Construction and Operation*. Boca Raton: Crc Press.

Qian, Y., Yin, X., Sun, P., Ren, Z., & Lv, Z. (2009). Long-Distance Gas Medium Pipeline Transportation Coal as an Example. *The Fifth Advanced Forum on Transportation of China*, 26-29.

Qu, T., Lei, S. P., Wang, Z. Z., Nie, D. X., & Chen, X. (2016). IoT-based real-time production logistics synchronization system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84, 147-164.

Radivojević, G., & Milosavljević, L. (2019). The Concept of Logistics 4.0. *4th Logistics International Conference* (s. 283-292). Belgrade: Logic.

Rajkumar, R. (., Lee , I., Sha , L., & Stankovic, J. (2010). Cyber-Physical Systems: The Next Computing Revolution. *Design Automation Conference* (s. 731-736). Anaheim: IEEE.

Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2018). Assessing Industry 4.0 Readiness of Enterprises. *16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics* (s. 225-230). Košice: IEEE.

Ramaa, A., Subramanya, K. N., & Rangaswamy, T. M. (2012). Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. *International Journal of Computer Applications*, 54(1), 14-20.

Robertson, G. L. (1990). Good and Bad Packaging : Who decides ? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 20(8), 37-40.

Rodnichenko, E. K., Gorlenkov, D. V., Petrov, P. A., & Timofeev, V. Y. (2021). Augmented Reality Techniques in Industrial Warehouse Logistics in Mining Industry. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 688, 1-7.

Russell, S. H. (2000). Growing World of Logistics. *Air Force Journal of Logistics*, 24(4), 12-17.

Saatçioğlu, Ö. Y., Kök, T. T., & Özispa, N. (2018). Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Yansımalarının Örnek Olay Kapsamında Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 1675-1696.

Sandeep , J., Bader, F., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Fadji, T., & Salonitis, K. (2020). Food Logistics 4.0: Opportunities and Challenges. *Logistics*, 5(2), 1-19.

Sbihi, A., & Eglese, R. W. (2007). Combinatorial optimization and Green Logistics. *4OR*, 5, 99-116.

Schuldt, A., Hribernik, K. A., Gehrke, J. D., Thoben, K. -D., & Herzog, O. (2010). Cloud Computing for Autonomous Control in Logistics. *Informatik 2010: Service Science* (s. 305-310). Leipzig: DBLP.

Seydioğulları, H. S. (2013). Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. *Planlama*, 23(1), 19-25.

Seyhan, Ç. (2019). Lojistik 4.0: Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektörüne Uyarlanması Üzerine Bir Araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: TC. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Shi, J., Hu, Z., & Jing, Z. (2018). Research on Debon Logistics Transportation Management. *Transportation Management*, 1(1), 13-18.

Shree, V. M., Dhinakaran, V., Rajkumar, V., Ram, P. B., Vijayakumar, M. D., & Sathish, T. (2020). Effect of 3D printing on supply chain management. *Materials Today: Proceedings*, 21, 958-963.

Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory Management in Supply Chain. *Materials Today: Proceedings*, 5, 3867–3872.

Skapinyecz, R., Illés , B., & Bányai, Á. (2018). Logistic aspects of Industry 4.0. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 448, 1-11.

Soltani, Z. K. (2021). The Applications of Artificial Intelligence in Logistics and Supply Chain. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(13), 4488-4499.

Song, Y., Yu, F. R., Zhou, L., Yang, X., & He, Z. (2021). Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, 8(6), 4250-4274.

Sri, T. S., Prasad, J. R., & Vijayalakshmi, Y. (2016). A Review on The State of Art of Internet of Things. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(7), 189-193.

Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(1), 1-12.

Suvacı, B., & Tonus, H. Z. (2015). Lojistik Faaliyetler Üzerinde Etkili Olan Lojistik Kaynakların Belirlenmesi: Zincir Ve Grup Otel İşletmeleri Örneği. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(18), 16-39.

Şener, S., & Eevli, B. (2017). Endüstri 4.0'da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim. *Mühendis Beyinler Dergisi*, 1(2), 25-37.

T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2021). 12. Ulaştırma ve haberleşme şurası sektör raporları. İstanbul: T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. <https://ulastirmasurasi.gov.tr> adresinden alındı

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics (6th Edition)*. Boston: Pearson.

Takita, A. V., & Leite, J. C. (2016). Inbound Logistics: A Case Study. *Business Management Dynamics*, 5(12), 14-21.

Tamulis, V., Guzavičius, A., & Žalgirytė, L. (2012). Factors Influencing The Use Of Green Logistics: Theoretical Implications. *Economics and Management*, 17(2), 706-711.

Tezcan, I. (2007). *Sektörel Lojistik Yönetimi Sistemlerinde Depo Tasarım Metodolojisi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*, 13, 1175-1182.

Torbacki, W., & Kijewska, K. (2019). Identifying Key Performance Indicators to be used in Logistics 4.0 and Industry 4.0 for the needs of sustainable municipal logistics by means of the DEMATEL method. *Transportation Research Procedia*, 39, 534-543.

Tseng, Y.-y., Yue, W. L., & Taylor, M. A. (2005). The Role of Transportation in Logistics Chain. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 1657-1672.

Ünal, F. (2015). *Büyük Veri ve Semantik*. İstanbul: Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri.

Verma, D. K., Katheria, V., & Khaliq, M. (2019). Use Cases and Applications of Blockchain Technology in IT Industry. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 7(4), 716-720.

Vinitha, K., Prabhu, R. A., Bhaskar, R., & Hariharan, R. (2020). Review on industrial mathematics and materials at Industry 1.0 to Industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 33, 3956-3960.

Vonderembse, M., Tracey, M., Tan, C. L., & Bardi, E. J. (1995). Current purchasing practices and JIT: some of the effects on inbound logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(3), 33-48.

Vysocky, A., & Novak, P. (2016). Human – Robot Collaboration in Industry. *MM Science Journal*, 9(2), 903-906.

Wang, J., Yang, D., Guo, Q., & Huo, Y. (2004). Taking Advantage of E-Logistics to Strengthen the Competitive Advantage of Enterprises in China. *The Fourth International Conference on Electronic Business (ICEB2004)*, (s. 185-189). Beijing.

Wang, K. (2016). Logistics 4.0 Solution : New Challenges and Opportunities. *International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation* (s. 68-74). UK: Atlantis Press.

Waters, D. (2003). *Logistics an Introduction to Supply Chain Management*. Newyork: Ashford Colour Press Ltd.

Waters, D. (2003). *Logistics an Introduction to Supply Chain Management*. Newyork: Ashford Colour Press Ltd.

Wen, J., He, L., & Zhu, F. (2018). Swarm Robotics Control and Communications: Imminent Challenges for Next Generation Smart Logistics. *IEEE Communications Magazine*, 56(7), 102-107.

WCED. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. New York: United Nations.

Whitmore, A., Agarwal, A., & Xu, L. D. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 261-274. Wichaisri, S., & Sopadang, A. (2013). Sustainable Logistics System: A Framework and Case Study. *2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (s. 1017-1021). Bangkok: IEEE.

Wild, T. (2017). *Best Practice in Inventory Management*. London: Routledge.

Wu, H.-J., & Dunn, S. C. (1995). Environmentally Responsible Logistics Systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(2), 20-38.

Xu, G., Qiu, X., Kou, X., & Yu, Y. (2019). Data-driven operational risk analysis in E-Commerce Logistics. *Advanced Engineering Informatics*, 40, 29-35.

Yılmaz, G. A., & Keser, H. Y. (2018). Uluslararası Taşımacılık Sektörünün Etkinliğinde Yeşil Lojistik. *IV. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade and Logistics*, (s. 638-646). Aydın.

Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry

Yuqiang , C., Jianlan , G., & Xuanzi, H. (2010). The Research Of Internet Of Things' Supporting Technologies Which Face The Logistics Industry. *International Conference on Computational Intelligence and Security* (s. 659-663). Nanning: IEEE.

2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848-861.

Zhang, N. (2018). Smart Logistics Path for Cyber-Physical Systems With Internet of Things. *IEEE Access*, 6, 70808-70819.

Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, 1, 7-18.

Zhang, X., Ming, X., Liu, Z., Yin, D., Chen, Z., & Chang, Y. (2019). A reference framework and overall planning of industrial artificial intelligence (I-AI) for new application scenarios. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101, 2367–2389.

Zhang, Y. (2019). The application of artificial intelligence in logistics and express delivery. *Journal of Physics: Conference Series*, 1325(1), 1-5.

Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges. *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery* (s. 2147-2152). Zhangjiajie: IEEE.

