



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**STOK YÖNETİM SİSTEMLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0
UYGULAMALARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ: BİR OTOMOTİV
FİRMASINDA KOMİSYONLAMA (PARÇA TOPLAMA-MONTAJ
HATLARINA PARÇA BESLEME) YÖNTEMİNİN DİJİTALLEŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

ENDER PAK

DANIŞMAN

DOÇ.DR. SEVİLAY USLU DİVANOĞLU

AKSARAY 2022

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

STOK YÖNETİM SİSTEMLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0
UYGULAMALARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ: BİR OTOMOTİV
FİRMASINDA KOMİSYONLAMA (PARÇA TOPLAMA-MONTAJ
HATLARINA PARÇA BESLEME) YÖNTEMİNİN DİJİTALLEŞTİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

ENDER PAK

DANIŞMAN

DOÇ.DR. SEVİLAY USLU DİVANOĞLU

AKSARAY 2022

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden itibaren yirmi dört (24) ay sonra tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı: Ender

Soyadı: PAK

Bölümü: İşletme

İmza:

Teslim tarihi:

TEZİN

Türkçe Adı: Stok Yönetim Sistemlerinde Endüstri 4.0 Uygulamalarının Gerçekleştirilmesi: Bir Otomotiv Firmasında Komisyonlama (Parça Toplama-Montaj Hatlarına Parça Besleme) Yönteminin Dijitalleştirilmesi

İngilizce Adı: Realization of Industry 4.0 Applications in Stock Management Systems: Digitalization of a Part Picking Method For Assembly Lines in an Automotive Company

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Yazar Adı Soyadı: Ender PAK

İmza:

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY SAYFASI

Ender PAK tarafından hazırlanan “Stok Yönetim Sistemlerinde Endüstri 4.0 Uygulamalarının Gerçekleştirilmesi: Bir Otomotiv Firmasında Komisyonlama (Parça Toplama-Montaj Hatlarına Parça Besleme) Yönteminin Dijitalleştirilmesi” başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oy çokluğu ile Aksaray Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Doç. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU

.....

İşletme ABD, Aksaray Üniversitesi

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Leyla İÇERLİ

.....

İşletme ABD, Aksaray Üniversitesi

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Tarık YILMAZ

.....

Yönetim Bilişim Sistemleri ABD, Aksaray Üniversitesi

Üye: Prof. Dr. Murat AKIN

.....

İşletme ABD, Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi

Üye: Doç. Dr. Muhammed MARUF

.....

İşletme ABD, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 02/02/2022

Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü
Doç. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU
İmza

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmamın hazırlanması sürecinde düşünceleri ve önerileriyle bana yol gösteren, karşılaştığımız tüm zorluklarda yardımını ve katkısını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU'na,

Tez izleme komitesinde yer alarak tüm süreç boyunca sabırla katkıları ve yapıcı önerileriyle beni her zaman motive eden hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Leyla İÇERLİ ve Dr. Öğr. Üyesi Tarık YILMAZ'a,

Vakitlerini ayırıp, tezimi titizlikle inceleyen ve katkılarıyla son halini almasını sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Murat AKIN'a ve Doç. Dr. Muhammed MARUF'a,

Tüm doktora sürecim boyunca motivasyonumu sürekli canlı tutan ve benden desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Dr. Ülge TAŞ'a ve Dr. Murat YILDIZ'a,

Manevi desteklerini ve bana olan güvenleri her zaman hissettiren hocalarım Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFCİ'ye ve Prof. Dr. Günay ÖZBAY'a,

Bu doktorayı yapabilmem için, bugüne kadarki tüm bilgi birikimimi bana sağlayan ve beni bugünlere taşıyan 18 yıldır çalıştığım şirketim Mercedes-Benz Türk A.Ş.'ye ve tüm çalışma arkadaşlarıma,

Doktora mezuniyetimi görebilselerdi, benim ile çok gurur duyacaklarına emin olduğum rahmetli annem Saniye PAK'a ve rahmetli babam Mehmet Emin PAK'a, beni yetiştirdikleri ve hayata hazırladıkları için,

Mezuniyetime en az benim kadar sevinen, manevi güçlerini ve desteklerini hep arkamda hissettiğim ablalarım Emel Pak'a, Esin PAK'a ve bugünlere gelmemde büyük katkısı olan abim Mustafa Cengiz PAK'a,

En büyük destekçim, sabır ve özveri ile sürekli yanımda duran, koşulsuz ve fedakar bir şekilde desteğini ve sevgisini her daim hissettiren hayat arkadaşım, kıymetli eşim Pelin BULAT PAK'a,

ve en son, konuyla hiç bir alakası olmayan ama varlığı bile yeten biricik oğlum Demir PAK'a sonsuz teşekkür ederim.

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
STOK YÖNETİM SİSTEMLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0
UYGULAMALARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ: BİR OTOMOTİV
FİRMASINDA KOMİSYONLAMA (PARÇA TOPLAMA-MONTAJ
HATLARINA PARÇA BESLEME) YÖNTEMİNİN
DİJİTALLEŞTİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Ender PAK, AKSARAY 2022

ÖZET

Küreselleşmenin neden olduğu rekabetçi ve dinamik pazar koşulları, imalat ve lojistik sektörleri başta olmak üzere birçok sektör için dijital dönüşüm ve teknoloji yatırımlarını zorunlu kılmaktadır. Günümüzde işletmelerin lojistik anlayışları, stoksuz ve tam zamanında gibi karmaşık sevkiyat ve teslimat stratejilerini içeren, maksimum verimli tedarik zincirleri gerektirir.

Lojistik operasyonları için geçerli tüm bu prensipler, işletme içerisindeki malzeme ve bilgi akışını sağlayan iç lojistik sistemleri için de geçerlidir. İç lojistik sistemleri, tedarik zincirlerinin önemli unsuru ve darboğazıdır. Karma model montaj hatlarına sahip otomotiv endüstrisinde, montaj bölgelerine parça besleme operasyonları en zorlu ve karmaşık süreçlerden birisidir. Müşteri taleplerinin çeşitliliği ve değişkenliği, üretim tesislerinde hareket gören parça miktarını ve kompleksiteyi fazlasıyla artırmıştır. Bu yüzden, montaj hatlarına parça besleme sistemlerinin tasarımı, üretim sisteminin performansını, verimini ve kalitesini çok yakından etkiler.

Son yıllarda araştırmacılar, Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 anlayışının getirdiği dijital dönüşüm rüzgârının da etkisiyle, parça toplama sistemlerinin verimliliğini artırmaya yardımcı olan çeşitli teknoloji yardımlı parça toplama teknikleri geliştirmişlerdiler.

Bu çalışmada, öncelikle parça toplama sisteminin, iç lojistik uygulamalarındaki yeri ve önemi tanımlanmış, sonrasında da manuel parça toplama sistemlerinin diğer teknoloji yardımlı parça toplama sistemlerine göre kıyaslaması yapılmıştır.

Bu sayede, teknoloji yardımlı parça toplama sistemlerinin araştırılması ve tasarımı, çeşitli sektörlere bir fırsat sunarak yönetim odaklı verimlilik kriterlerine göre işletmelere uygun sistemin ve teknolojinin seçilmesi için yardımcı olacağı düşünölmüştür.

Bilim Kodu : 90615, 90619

Anahtar Kelimeler : Parça Toplama, Komisyonlama, Endüsü 4.0, Lojistik 4.0, İç Lojistik, Işıık ve Kâğıt Tekniğı ile Parça Toplama, Verimlilik

Sayfa Adedi : 127

Danışman : Doç. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU



AKSARAY UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES
REALIZATION OF INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS IN STOCK
MANAGEMENT SYSTEMS: DIGITALIZATION OF PART PICKING
METHOD FOR ASSEMBLY LINES IN AN AUTOMOTIVE COMPANY
(PhD, Thesis)

Ender PAK, AKSARAY 2022

ABSTRACT

The competitive and dynamic market conditions brought by the globalization necessitate digital transformation and technology investments for many sectors, especially the manufacturing, logistics and service sectors.

Today's logistics understanding of businesses requires maximum efficient supply chains that include complex delivery strategies such as stock-free and just-in-time. All these principles, which are valid for logistics operations, are also valid for internal logistics systems that provide material and information flow within the enterprise. Internal logistics systems are an important element and bottleneck of supply chains.

The supply of parts to assembly areas is one of the most challenging and complex processes in automotive industries with mixed model assembly lines. The diversity and variability of customer demands greatly increased the amount and variety of moving parts in production facilities. Therefore, the design of the parts feeding system to the lines very closely affects the performance, efficiency and quality of the production system. Part or order picking operations are one of the most labor and time-consuming processes in intralogistics systems.

In recent years, researchers have developed various technology-assisted parts picking techniques that help increase the efficiency of part kitting systems, with the effect of the digital transformation wind brought by Industry 4.0 and Logistics 4.0 wind.

In this study, the importance of the parts kitting system in intralogistics applications was defined, and then the comparison of manual part kitting systems with other technology assisted part kitting systems was made. In this way, it is thought that the research and design

of technology-assisted parts kitting systems will help to select the technology that is focused on efficiency criteria and suitable for the sectors.

Science Code : 90615, 90619

Key Words : Part Kitting, Kommissionierung, Industry 4.0, Logistic 4.0, Intralogistic, Pick by Light, Pick by Paper, Efficiency

Page Number : 127

Supervisor : Associate Prof. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU



İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU	i
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI	ii
JÜRİ ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	11
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	12
EKLER LİSTESİ	14
BİRİNCİ BÖLÜM.....	15
1. GİRİŞ	15
1.1. Problem	17
1.2. Amaç ve Hedefler	17
İKİNCİ BÖLÜM	19
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI.....	19
2.1. Endüstri 4.0	19
2.1.1. Endüstri 4.0'ın Tarihsel Gelişimi	27
2.1.2. Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0	29
2.1.2.1. Lojistik 4.0	31
2.1.2.2. İç Lojistik	39
2.1.3. Otomotiv Endüstrisinde Komisyonlama	42
2.1.3.1. Kâğıt yardımı ile parça toplama	53
2.1.3.2. Ses yardımı ile parça toplama	55
2.1.3.3. Işık yardımı ile parça toplama	56

2.1.3.4. Gözlük yardımı ve artırılmış gerçeklik ile parça toplama.....	58
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	62
3. YÖNTEM.....	62
3.1. Araştırmanın Yöntemi.....	62
3.2. Veri Toplama	62
3.3. Veri Analizi.....	63
3.4. Deneysel Tasarım.....	64
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	69
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	69
4.1. Mevcut Durum Analizi	69
4.2. Teknoloji Kıyaslamaları ve Kazanımlar	81
BEŞİNCİ BÖLÜM	93
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKÇA	97
EKLER.....	111
Tez Değerlendirme Formu	124

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Parça toplama sistemlerinin birbiri ile karşılaştırılması	75
Tablo 2. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün X.....	82
Tablo 3. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün X.....	82
Tablo 4. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Y	83
Tablo 5. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Y.....	84
Tablo 6. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Z	85
Tablo 7. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Z	85
Tablo 8. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün V.....	86
Tablo 9. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün V.....	86
Tablo 10. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün W	88
Tablo 11. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün W	88
Tablo 12. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama metotları ortalama farklar	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. James James Watt'ın buharlı makine çalışma sistemi	21
Şekil 2. Endüstri 4.0 çevresel etkileşiminin şematik olarak resimlenmesi	26
Şekil 3. Endüstri devrimlerinin tarihsel gelişimi	28
Şekil 4. Endüstri devrimlerinin tarihsel gösterimi ve karmaşıklık dereceleri	28
Şekil 5. Nesnelerin interneti ile birbirine bağlı cihazlar 2015-2025	33
Şekil 6. Lojistik devrimlerinin tarihsel gösterimi	36
Şekil 7. Lojistik 4.0 bileşenleri ve teknoloji uygulamaları	38
Şekil 8. Deneysel parça toplama alanı yerleşkesi	45
Şekil 9. Depolardaki maliyetlerin dağılımı ve toplamadaki zaman payları	47
Şekil 10. İhtiyaca göre tasarlanmış bir komisyon arabası örneği.....	48
Şekil 11. İhtiyaca göre tasarlanmış kompleks komisyon arabası örneği	49
Şekil 12. Operatörün ürünü tamamlamak için gerçekleştirdiği iş adımları	52
Şekil 13. Tüm parçaların operatörün yanına konulmasından sonraki iş adımları....	52
Şekil 14. Kâğıt yardımı ile parça toplama deneysel gösterimi.....	55
Şekil 15. Işık yardımı ile parça toplama sisteminin deneysel kurulumu	58
Şekil 16. Teknolojik gözlük yardımı ile parça toplama sistemi örneği.....	59
Şekil 17. Artırılmış gerçeklik ile birlikte parça toplama simülasyonu.....	61
Şekil 18. Pilot çalışma yapılacak alanın genel görüntüsü	65
Şekil 19. Işık ve gösterge ekranlarının montaj edileceği raf ve bölge	66
Şekil 20. Pilot bölge parça toplama arabası ve kontrol listesi.....	66
Şekil 21. Işık, gösterge ekranlarının ve düğmelerin raflar üzerine yerleştirilmesi ..	67
Şekil 22. Işık yardımı ile parça toplama sisteminin devreye alınma görüntüsü	68
Şekil 23. Örnek komisyon bölgesi ve çalışan yürüme adımları.....	73

Şekil 24. Parça toplama işleminin iş adımları ve optimizasyon imkanları	74
Şekil 25. Kâğıt yardımı ve teknoloji yardımı ile parça toplama faaliyet çizelgesi ..	77
Şekil 26. Kâğıt yardımı ve ışık yardımı ile parça toplama zaman grafiği.....	78
Şekil 27. İş emri sayısına göre işlerin gerçekleştirilme süreleri.....	79
Şekil 28. Parça toplama yöntemlerine göre ortalama hata sayıları	80
Şekil 29. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün X	83
Şekil 30. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün Y	84
Şekil 31. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün Z.....	86
Şekil 32. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün V	87
Şekil 33. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün W	89
Şekil 34. Kâğıt yardımı ile parça toplama - Ortalama paylar	89
Şekil 35. Işık yardımı ile parça toplama - Ortalama paylar	90
Şekil 36. Karşılaştırma: Kâğıt/Işık yardımı ile parça toplama-Yüzde tasarruflar....	91

EKLER LİSTESİ

EK 1. Endüstri 1.0: 1800'lerde bir buhar gücü fabrikası	111
EK 2. Endüstri 2.0: 1920'lerde radyo yapan kadınlar.....	111
EK 3. Endüstri 2.0: Ford T-Model üretim hattı, 1920'ler	112
EK 4. Endüstri 3.0: Bilgisayar yardımlı üretim hatları.....	112
EK 5. Endüstri 4.0: Nesnelerin interneti, makine ve insanların uyumu	113
EK 6. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a gelişim.....	113
EK 7. Ses yardımı ile parça toplama – I.....	114
EK 8. Ses yardımı ile parça toplama – II.....	114
EK 9. Işık yardımı ile parça toplama – I.....	115
EK 10. Işık yardımı ile parça toplama – II	115
EK 11. Teknolojik gözlük yardımı ile parça toplama – I	116
EK 12. Teknolojik gözlük yardımı ile parça toplama – II.....	116
EK 13. Artırılmış gerçeklik yardımı ile parça toplama – I.....	117
EK 14. Artırılmış gerçeklik yardımı ile parça toplama – II.....	117
EK 15. Radyo sinyali yardımı ile parça toplama – I.....	118
EK 16. Radyo sinyali yardımı ile parça toplama – II	118
EK 17. Kâğıt yardımı ile parça toplama – I.....	119
EK 18. Kâğıt yardımı ile parça toplama – II	119
EK 19. Parça komisyonlama/parça toplama arabası - I.....	120
EK 20. Parça komisyonlama/parça toplama arabası - II.....	120
EK 21. Parça komisyonlama/parça toplama arabası – III.....	121
EK 22. Parça komisyonlama/parça toplama arabası – IV	121

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GİRİŞ

Küresel otomotiv endüstrisindeki şirketler dijitalleşme, artan otomasyon ve durmaksızın evrimine devam eden teknolojik gelişmeler karşısında rekabetçi ve sürdürülebilir büyümelerini sağlamak için dijital dönüşüm çerçevesinde teknoloji odaklı sürekli gelişime ve iyileştirme faaliyetlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Değişken pazar taleplerine uyum sağlamak için firmalar, esneklik ve yüksek oranda verimlilik ortaya koymak zorundadırlar. Üretim ve hizmet sektörlerindeki rekabet düzeyi düşünüldüğünde, gerek küresel gerek yerel müşterilerin taleplerini karşılamak için çeviklik, verimlilik, esneklik, kalite ve zamanında teslimat yaklaşımları firmaların öne çıktıkları konular olmaktadır. Üretim süreçlerinde yeni dijital çağın zorunlu kıldığı yenilikçi yaklaşımlara ve teknoloji yatırımlarına verilen önem, özellikle otomotiv sektöründeki firmalar için sürdürülebilir büyümenin anahtarı olmaktadır. Endüstri 4.0'ın getirdiği yeni bakış açılarıyla birlikte yenilikçi yaklaşımlar ve teknolojik yatırımlar firmalara daha esnek, daha verimli, daha hatasız ve yönetimi kolay üretim sistemleri sağlamaktadır.

Özelleştirilmiş ürünlerin artışı ve bunun yanında ürün karmaşıklık ve teknolojisinin sürekli artan eğilimde olması, ürünün üretilmesi için gerekli parçaların artan varyansı ile birlikte, işletmelere daha fazla karmaşık malzeme tedarik süreçlerini de beraberinde getirmiştir. Müşteriler, ürün fiyatının yanı sıra talep ettikleri teslimat tarihlerinin karşılanmasına ve daha kısa teslimat sürelerine gittikçe artan bir önem vermektedir. Bu da işletmeler için özellikle güvenilir ve verimli lojistik süreçlerini zorunlu kılar. Yalın düşüncenin lojistik süreçlere aktarılması, verimliliği artırmaya yönelik bir yaklaşım olarak karşımıza çıkar ve bu da israfın ve kayıpların azaltılması anlamına gelir. Günümüzde, lojistik süreçlerine yalın yönetim unsurlarını entegre edebilmek için, Endüstri 4.0 yaklaşımlarından ilham alınarak ortaya çıkmış olan Lojistik 4.0 yenilik ve prensiplerini hayata geçirebilmek için çok çeşitli teknik bakış açıları ve dijital çözümler mevcuttur.

Özellikle otomotiv sektörü ana sanayilerinde, kitlesel özelleştirilmiş ürünler, belirli bir çevrim zamanında, birçok sistemin bir biri ile iletişim halinde olduğu yüksek bir karmaşıklıkta üretilmektedir. Montaj alanlarının endüstrilerde çok değerli alanlar olmasından dolayı montaj istasyonlarda bulunması gereken parçaların tamamının, anlık

ihtiyaçtan fazla bir şekilde sağlanması, ilgili hatlarda çalışan elemanların parça arama sürelerini artıracak, yürüme yollarını uzatacak, alan kullanımını verimsizleştirecek ve doğal bir sonuç olarak işletmelerde verimsizliğe, maliyetlerin artmasına ve çeşitli kalite hatalarının ortaya çıkmasına sebep olacaktır.

İşletmelerdeki tüm bu kayıpların, üretim ve hata olumsuzluklarının engellenmesi, ilgili parçaların tam ihtiyaç duyulduğu anda montaj hatlarına sevk edilmesinin sağlanması, iç lojistik bölümlerinin sorumluluk alanına girmektedir. Bu karmaşık ve yönetilmesi hassasiyet gerektiren süreçleri, kusursuz bir şekilde gerçekleştirebilmek ve operasyonun devamlılığını sağlamak için üretilen ürüne has parçaların üretim hatlarına tam zamanında beslenmeleri büyük önem taşır. Hatlara parça besleme tekniklerinden birisi olan parça komisyonlama operasyonu, üretim hatları veya iş istasyonlarında ihtiyaç duyulan çeşitli parçaları özel tasarım bir taşıma arabasına veya sepete yerleştirerek aynı anda birçok farklı parçayı tek bir taşıma arabası veya sepet içerisinde ilgili üretim hattına getirme tekniğidir. Parça komisyonlamanın en kısa tanımı, parça veya sipariş toplama operasyonları olarak adlandırılır. Üretim hatlarına parça veya sipariş toplama operasyonları, çok çeşitli farklı hacimlerdeki parçaları tek tek sepetler içerisinde istasyon veya hat kenarına konumlandırılması sonucu üretim bölgelerindeki kıymetli alanların verimsiz kullanılmasını engeller.

Veri yoğunluğu ve değişkenliği, kısa çevrim zamanları, tam zamanında ve hatasız parça teslimat zorunluluğu, müşteri isteklerine kısa zamanda cevap verebilme, performans ve uyum odaklı bir üretim için iç lojistik bölümlerinde de otomasyona, dijitalleştirmeye ve büyük veri analizlerine doğal olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüz üretim teknolojilerinde her alanda olduğu gibi iç lojistik sistemlerinde de Endüstri 4.0 uygulamalarının hayata geçirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Karmaşık prosesler zincirine sahip olan otomotiv sektöründe komisyonlama (parça toplama – montaj hatlarına parça besleme) süreçlerinin tam anlamıyla tanımlanamaması ve özellikle Endüstri 4.0 yaklaşımlarının tam olarak uygulanmasının çok kolay olmadığı otomotiv sektöründe; verim, zaman ve kayıplarının önüne geçme ve olası ve kronik hataları düzeltmek için harcanan zaman ve iş gücü, firmalar açısından maliyeti artıran önemli unsurların başında gelmektedir.

1.1. Problem

Bu çalışmanın temel problemi, seri üretim yapan işletmelerin üretim hatlarına belirli bir çevrim zamanında, çoklu parça sevk etme süreçlerindeki zaman kaybına, iş gücü kaybına ve hatalı veya eksik parça sevk edilmesi ile üründe kalite kaybına yol açması olası verimsizlikleri ortadan kaldıracak bir uygulama arayışıdır. İşletmenin parça toplama operasyonlarını hatalardan arındıracak ve verimini artıracak bir uygulama Endüstri 4.0 kapsamında geliştirilecektir.

Çalışma, otomotiv ana sanayinde bulunan mevcut şartlar ve anlık durumlar ile sınırlı olacaktır. Otomotiv ana sanayi veya karmaşık ve birçok parçadan oluşan ürünlere sahip işletmelerin iç lojistik süreçlerinde uygulanabilirliği ile ilgili faydalı bilgilerin üretilmesi mümkündür. Bu çalışma ile literatüre uygulamalı bir çalışma kazandırılması hedeflenmekle birlikte, birçok farklı sektörde bulunan işletmeler için de bir farkındalık yaratılması sağlanabilir. Parçaların belirli bir noktadan montaj/üretim hatlarına sevk edilmesi süreçlerinin yönetilmesi noktasında, çeşitli teknikler olmasına rağmen bu çalışma parça komisyonlama (parça toplama – montaj hatlarına parça besleme) süreçleri ve bu süreçlerin Endüstri 4.0 uygulamaları ile kombine edilmesi ile sınırlandırılmıştır.

1.2. Amaç ve Hedefler

Bu çalışmada, parça komisyonlama (parça toplama – montaj hatlarına parça besleme) süreçleri ve metodolojisinin Endüstri 4.0 uygulamaları ile birlikte değerlendirilerek iç lojistik süreçlerinin optimize edilmesi amaçlanmıştır. Bir otomotiv ana sanayinde belirlenmiş/sınırlanmış bir alanda bir uygulama yapılarak, literatüre ve sektöre kazanım sağlanması da ayrıca hedeflenmiştir. Bu amaç ve hedefleri gerçekleştirebilmek için aşağıda belirtilen alt amaçlar takip edilerek çalışma tamamlanmıştır.

- İşletmede mevcut durum incelenmiş ve analizleri yapılmıştır.
- Parça toplama operasyonu içerisinde bulunan iş adımlarının analizleri yapılmıştır.
- Parça toplama metodunun kusursuzlaştırılması ve hızlandırılması için teknoloji destekli parça toplama metotları karşılaştırılmıştır.

- Teknoloji yardımı ile parça toplama çalışması için pilot olarak belirlenmiş bir bölgede zaman etütleri ve kayıp analizleri yapılarak potansiyel kazançlar ortaya konulmuştur.
- Yeni parça toplama metodu (ışık yardımı ile parça toplama metodu) ile birlikte firma kazanımlarını hesaplayacak, klasik metot ile süreç içerisinde bulunan kayıplarını görecektir ve tüm lojistik alanlarında parça toplama tekniğine teknolojik yatırım yapma kararını değerlendirecektir.

Bu çalışma uluslararası bir otomotiv ana sanayi firmasının, Türkiye'nin iç anadolu bölgesinde bulunan fabrikasında yapılmış olup mevcut şartlarla ve anlık durumla sınırlandırılmıştır. Firmanın ürününün karmaşıklık derecesi çok yüksek olmasından ve binlerce parçanın bir araya getirilerek ortaya tek bir ürün çıkarmasından dolayı, üretim hatlarına parçaların ürüne has olarak toplanması konusunda firma çok ileri düzeyde bir tecrübeye sahiptir. Firma, parça toplama metodunun teknoloji yardımı ile yapılabilirliğinin araştırılması ve bir ön uygulama yapılması için pilot bir bölgede teknoloji yardımı ile parça toplama uygulamasını görmek istemiştir. Bu pilot uygulamadan toplanan veriler analiz edilmiş ve firmanın parça toplama metotlarında büyük bir teknoloji yatırımı yapması kararına ışık tutmuştur.

Tez çalışmasında, tüm bu pilot uygulamanın detayları analiz edilmiştir. Pilot uygulamanın detaylarının ve çalışmanın gidiş yolunun akademik literatüre büyük katkılar sunacağı beklenmektedir. Üretim, imalat ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren birçok firmaya da örnek ve ilham olabilecek bir çalışma olabileceği de düşünülmüştür.

İKİNCİ BÖLÜM

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

Komisyonlama ve Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 ile ilgili çok sayıda rapor edilmiş çalışma bulunmasına rağmen, problemin temelini teşkil eden Endüstri 4.0 kapsamında, literatürde güncel komisyonlama çalışmalarının azlığı dikkat çekmektedir.

Toyota Üretim Sistemi'nin bir parçası olan yalın üretim metodolojisinin alt satırlarında bu tip uygulamalara rastlamak mümkündür. Türkçe kaynak incelemelerinde ise konuyla ilgili doyurucu ve yönlendirici verilere ulaşmak pek mümkün olamamış, bilakis literatürde bu konu ile ilgili hem bilgi hem de uygulama anlamında bir boşluk olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, iç lojistik süreçlerindeki belirtilen bu özel prosesin detaylarının tanımlanması, kavramsal olarak komisyonlama süreçlerinin detaylıca açıklanmasına yer verilmesi ve modern üreticilerin iç lojistik süreçlerinde bu kavramdan faydalanma noktasında bir yol haritası olarak kullanılabilecekleri bir çalışmanın ortaya çıkması beklenmektedir.

2.1. Endüstri 4.0

Sanayi ve akademi dünyasında, 2010'lu yıllardan sonrası için önemli konularından birisi olan dördüncü sanayi devrimi yani Endüstri 4.0, makineler ve insanların bir birbiri ile etkileşimli çalışmalarını, yapay zekâyı, büyük veriyi, artırılmış gerçekliği bulut teknolojilerini, nesnelerin internetini ve daha birçok dijital ve fiziksel etkileşimin bir arada kullanılmasını içerir.

Bu yeni sanayi devrimi ile birlikte üreticilerin ve tüketicilerin ilişkileri değişmekte ve artık üreticiler çeşitli pazarların ihtiyaçlarına anlık cevap verebilecek bir duruma, birbirleri ile iletişim ve koordinasyon halinde nesnelerin interneti ve otomasyon sistemleri sayesinde gelmektedirler (Alçın, 2016: 20).

Endüstri devrimlerinden öncesi yani 1750'li yılların öncesinde, çoğu ülkede üretim ve madencilik oluşumları vardı. Ancak bu oluşumlar, büyük ölçüde tarım toplumlarında olan azınlık arayışlarıydı. İngiltere'de nüfusun en az %80'inin kırsal alanlarda yaşadığı ve geçimlerini çoğunlukla tarım veya tarım ile yakın bağlantılı kırsal mesleklerle kazanırdı. Bununla birlikte, jeoloji veya karmaşık madencilik teknikleri hakkında bilgi sahibi olmadan

kolayca çıkarılabilen yerel kömür yatakları vardı. Kömür, soğuk ve ıslak iklim sebebi ile yakıt amaçlı ucuz kereste bulunamadığından, ısı elde etmek için uzun süredir kullanılıyordu. İngiltere'nin, 1650 yılında dünyanın geri kalanından beş kat daha fazla kömür ürettiği ve bunun 1700 yılına kadar yılda yaklaşık 3 milyon tona yükseldiği tahmin ediliyordu (Spear, 2008: 53).

Endüstri devrimleri öncesi, hem atölyelerde hem de evlerde kalifiye el işçiliği ile malların üretimi en yaygın imalat şekliydi. O dönemlerde, insanların kullanımı ve ticaret için bitmiş ürünlerin çoğu manuel olarak üretilmiştir. Bu manuel imalat şekillerinde, malzeme ve el aletlerinin işlenmesinde büyük yetenekler elde edilmişti. Ancak ustanın kendisi tarafından sağlanan güç dışında mekanize bir güç genellikle üretim süreçlerinde uygulanamamıştır (Gibb, 1946: 106). Benzer şekilde, Amerika, 1800'lü yılların öncesinde değirmenler gibi küçük havuz büyüklüğündeki işletmelerde, sanayi devrimini mümkün kılan becerilerini öğrenmiştir (Gibb, 1946: 107).

Şu an içinde bulunduğumuz dördüncü endüstri devri dönemine gelene kadar, üç büyük endüstri devrimi yaşanmıştır. Bu endüstri devrimlerinin birincisi 18. yüzyılda buhar makinaları ile başlamıştır. Endüstri 2.0 ise yirminci yüzyılın başlarında seri üretimin ilk basamakları olarak ortaya çıkmış ve elektrik enerjisinden de faydalanmanın önünü açmıştır. Sonralarda ise sanayide dijital sistemlerin yer aldığı Endüstri 3.0 ortaya çıkmıştır. Bu şekilde, ilk üç sanayi devrimi, üretimleri mekanize etmiş, elektrik ve bilgi teknolojilerini de beraberinde sanayilere entegre etmiştir. Tüm sanayi devrimlerinin temelinde her zaman üretimde verimliliğin artırılması ön sırada yer almıştır (Yıldız, 2018: 547).

Birinci sanayi devrimini (Endüstri 1.0), buhar ve suyun gücünden faydalanılarak, mekanik enerjinin elde edilmesine dayalı üretim tesislerinin hayata geçirilmesi olarak yorumlayabiliriz. Diğer bir adıyla, bu devri buhar çağı olarak da anabiliriz. Bu dönemin başlangıcı James Watt'ın buhar makinesini icat etmesi ile başlamıştır. Endüstri devrimlerinin ilki olan Endüstri 1.0 kavramı, öncelikle İngiltere olmak üzere 18 yüzyılın ortalarında (1760-1830 yılları) ortaya çıkmış ve batı dünyasında hızla yayıldıktan sonra tüm dünyaya etkileri yayılmıştır. Endüstri 1.0'ı mekanik sistemlerin, buhar ve suyun gücünden faydalanılması olarak tanımlamak mümkündür. İlk buhar pompasının Thomas Newcomen tarafından icadından sonra James Watt'ın 1781 yılında bu icadı daha da verimlileştirerek mekanik sistemlerde kullanılabilir hale getirmiştir (Görçün, 2017: 9). Buharlı makinaların bugünkü

üretim tesislerin ortaya çıkmasında önemli yeri olmuştur. Buhar gücü ile ilk çalışan makineler tekstil sektöründe kullanılmıştır ve bu sayede ürünler ucuzlamış ve üretim adetleri artırılabilmiştir. Bu süreç sonucunda beden ve el gücünün bir getirisi kalmamış, makine gücü bunun yerine kullanılır olmuştur.

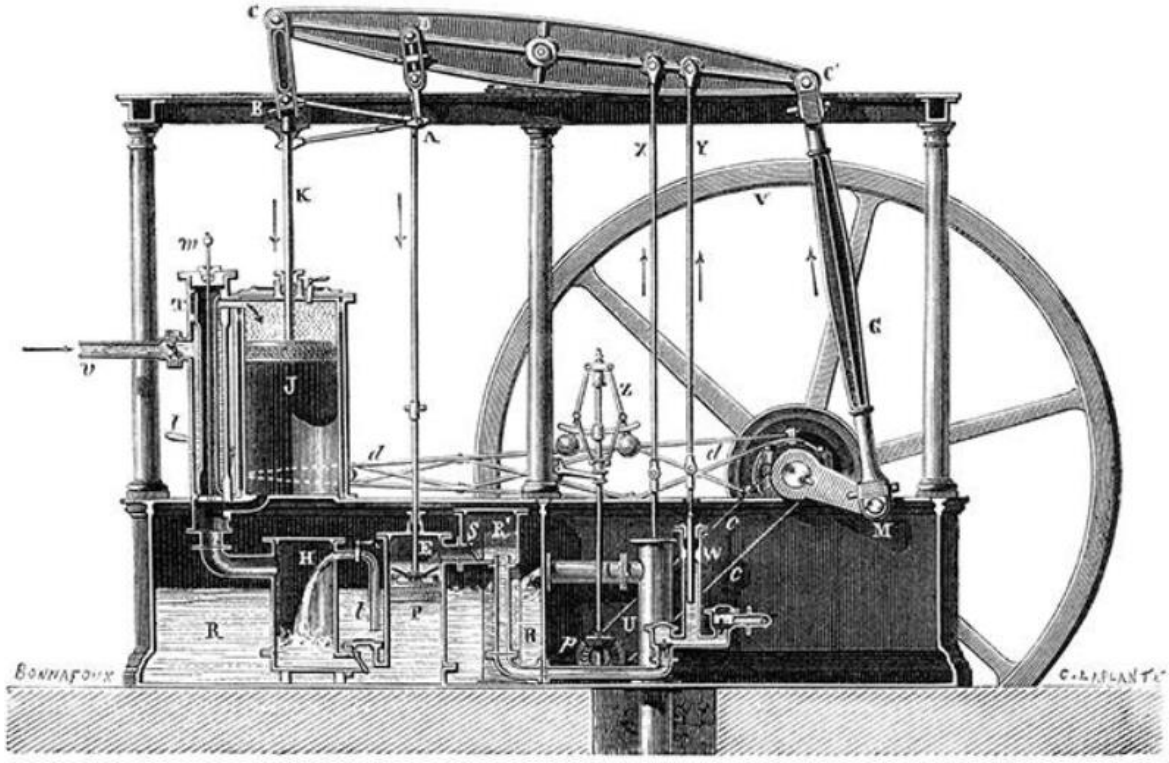


Fig. 59. — Machine à balancier de Watt.

e. Tuyau de prise de vapeur; T, tiroir; J, cylindre; H, condenseur; PE pompe d'épuisement; WY pompe alimentaire de la chaudière; UX pompe d'alimentation de la bache R; p Z régulateur; dd excentrique; ABCD parallélogramme; GM bielle et manivelle; V volant.

Şekil 1. James James Watt'ın buharlı makine çalışma sistemi

Kaynak: Guillemin, 1881: 141

James Watt'ın Şekil 1'de gösterilen buluşu sayesinde, buhar çağı olarak da anılan 1. Sanayi Devriminin başladığı düşünülür. Bu dönemde en çok ilerleyen sektörler gemicilik, demiryolları, metalürji endüstrisi, demir çelik endüstrisi ve tekstil endüstrisi olmuştur. (Bulut ve Akçacı, 2017: 52).

İkinci sanayi devrimi, 1800'li yılların ortalarına doğru ortaya çıkmış ve buhar gücünün yerine başka enerji kaynaklarının bulunması ile birlikte endüstrinin gelişmesinde önemli hızlanmalar yaşanmıştır. Bu dönemde (1840-1973) enerji kaynağı olarak petrol ve elektrik, buhar gücünün yerini almıştır (Görçün, 2016: 51). 1876 yılında Alman mühendis Nikolaus

Otto'nun (1832-1898) doğal gaz ile çalışan ilk içten yanmalı motoru icat etmiştir. O'ndan sadece birkaç yıl sonra yine Alman mühendis Gottlieb Daimler (1834-1900) ise petrole çalışan bir motor üretmiş ve buna paralel aynı zamanlarda Karl Benz'in de (1844- 1929) yakıtı ateşleyecek bir cihaz geliştirmesi ile birlikte 20 yüzyılın en önemli sanayi sektörlerinden birisi olacak olan otomotiv sanayisinin temelleri atılmıştı. (Kennedy, 1991: 64) Bu yeni enerji kaynaklarının endüstriye adaptasyonlarının sonucu ilk olarak 1913'te dönemin karakteristiklerinden olan, Henry Ford'un da otomobil fabrikasında, seri üretim hatları geliştirilmiş ve bu diğer birçok sektörde etkisini göstermiş ve üretim bandı felsefesiyle diğer endüstrilerde de seri üretim hatlarının kurulmasına öncülük etmiştir. Bu sayede üretimde kayda değer verimlilik artışları ve ürünlerin fiyatlarında ciddi düşüşler yaşanmıştır. Bu üretim felsefesi Fordizm olarak da anılmakta ve etkileri günümüze kadar gelmektedir (Akbulut, 2011: 3).

Üçüncü sanayi devrimi (1974-2011) ise, yirminci yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkmıştır. Hem mekanik hem de elektronik alanlarında kat edilen gelişmeler ile birlikte programlanabilir cihazların da gelişmesiyle birlikte, bilgi işlem çağı, yani informatik devrim olarak anılmıştır (Çelikaş ve Koçar, 2015: 1). Bu dönemde, 90'lı yılların başında internetin kullanılabilir olması ile birlikte önemli bir dönüm noktası yaşanmış ve dünya küreselleşme kavramı ile tanışmıştır. Küreselleşme kavramı, tüm sanayi kollarında kendisini hissettirmiş, şirketlerin maliyetlerini düşürmelerine, ürünlerini çeşitlendirebilmelerine ve müşteri taleplerini anında karşılama gibi önemli rekabet unsurlarını hayata geçirebilmelerine olanak sağlamıştır. İki binli yıllara gelindiğinde ise müşteri isteklerinin ciddi anlamda değişmesi ile birlikte, şirketlerin üretim prosesleri daha da karmaşıklaşmış ve bu durumu teknolojiye uyum sağlayarak, süreçlerini bu enformatik çağına uyumlu hale getirmişlerdir (Erkan ve Erkan, 2007: 2).

Dördüncü sanayi devrimi (2011-...), yani yeni sanayi devriminin adı ilk defa, 2011 yılında Almanya'nın Hannover şehrinde gerçekleştirilen fuarda ortaya atılmıştır. Bu konu ile ilgili Almanya Devleti, SAP AG ve Bosch şirketleri ile birlikte kurdukları bir çalışma grubu ile E 4.0 çalışmalarını tüm dünyaya duyurmuşlardır. (Davutoğlu vd., 2017: 556; EBSO, 2015: 7; Bulut ve Akçacı, 2017: 58).

Günümüzde, özellikle büyük üretici firmalar küreselleşme, pazarların oynaklığının artması, kısaltılmış ürün geliştirme döngüleri ve yoğun rekabetle karşı karşıyadır. Tüm bu zorlayıcı

unsurlar da, artan karmaşıklığa maruz kalan ürün ve hizmetlerin giderek daha fazla baskı altında yaratılmasına neden olmaktadır. Bu çok yönlü zorlukların üstesinden gelmek için esnek, verimli ve uyarlanabilir üretim ve lojistik sistemlerine ihtiyaç vardır. Arka plandaki tüm bu gelişmelere karşı, 2011'de Alman hükümeti gelecekteki Endüstri 4.0 projesi fikrini ortaya atmıştır. Diğer bir bakış açısıyla, Almanya'nın endüstriyel konumunun küresel rekabet gücünü korumak ve güçlendirmek için uluslararası alanda bu adım atılmıştır. Nesnelerin interneti fikri, endüstriyel üretimin ilerleyen dijitalleştirilmiş bağlantısını karakterize ederek tamamen dijitalleştirilmiş, akıllı, bağlantılı ve otonom bir fabrikalar fikri ile sonuçlanmıştır (Bauer vd., 2014: 20; Arnold vd., 2016: 2)

Endüstri 4.0'ın temelini, işletmelerdeki makinelerin ve tesislerin birbirileri ile internet ve bulut teknolojileri yardımı ile iletişim kurabilmelerine olanak verilmesi, gelişmiş bilgisayar ve gelişmiş internet teknolojileri sayesinde büyük verilerin oluşturularak tüm işletmenin koordine bir şekilde çalışması oluşturmaktadır. Kısaca Endüstri 4.0'ı, kendi kendisini yönetebilen fabrikaların ortaya çıkması, üretim süreçlerinde insan gücünün yerine akıllı sistemlerin kullanılması olarak da tanımlanabilir. Bu tanımın yanında Endüstri 4.0'ı, nesnelerin interneti (internet of the things - IoT) veya ileri üretim teknikleri (Advanced Manufacturing Technics - AMT) şeklinde de adlandırmak mümkündür.

Endüstri 4.0 ile birlikte tüketicilerin anlık değişen ihtiyaçları, işletmelerin üretim süreçlerine anında entegre edilebilir hale gelmiştir. Bu sayede üretim ve tüketim arasında ilişki başka bir boyuta taşınmıştır (Alçın, 2016: 21). Artık müşteriler de süreçlerin bir parçası olmuş ve taleplerini anında firmalara yönlendirebilerek üretim bantlarına etki edebilecek konuma gelmişleridir. Endüstri 4.0 sayesinde müşterilerin satın alma alışkanlıkları değişebilecek ve müşteriye siparişleri ile ilgili fikirlerinin sorulması, belli bir ana kadar ürün ile ilgili değişiklik yapabilme avantajı ve müşterilerin davranış alışkanlıklarına göre kullanım tavsiyeleri gibi avantajları sunmak mümkün olabilecektir (Qin vd., 2016: 174).

Her ne kadar başlangıçta Endüstri 4.0'ın bir teknoloji denemesi olduğu düşünülse de, şimdiden sonra hızla değişen bir sanayi ortamında, işletmelerin rekabet ve karlılık güçlerini koruyabilmeleri ve sürdürülür bir şekilde yollarına devam edebilmeleri için bir zorunluluk haline gelmiştir (Trappey vd., 2016: 7358).

Endüstri 4.0, bağımsız, kendine yetebilen kontrolü nedeniyle, işletmelerin değer zincirlerinin ve üretim sistemlerinin en uygun şekle sokulmaları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu da, yenilikçi ve rekabetçi ürün veya hizmetlerin, kusursuz ve aynı zamanda esnek üretim ve lojistik sistemlerinin tasarım ve uygulamalarını mümkün kılmaktadır (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 470).

Mrugalska ve Wyrwicka, Endüstri 4.0'ı, "karmaşık olan fiziksel makine ve cihazların, insanların beklentilerini ve ticari yaklaşımlarını olduğundan çok daha iyi anlayabilmeleri için tasarlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu beklentileri kontrol altına almak ve planlama aktivitelerini daha kusursuz gerçekleştirebilmeyi, siber ağlara bağlı sensor ve yazılımlarla desteklenmesi ya da "hizmet ve ürünlerin yaşam döngülerini tamamlayana kadar, yeni bir değerler zinciri organizasyonu ve yönetimi seviyesi" olarak tanımlamaktadırlar (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 469).

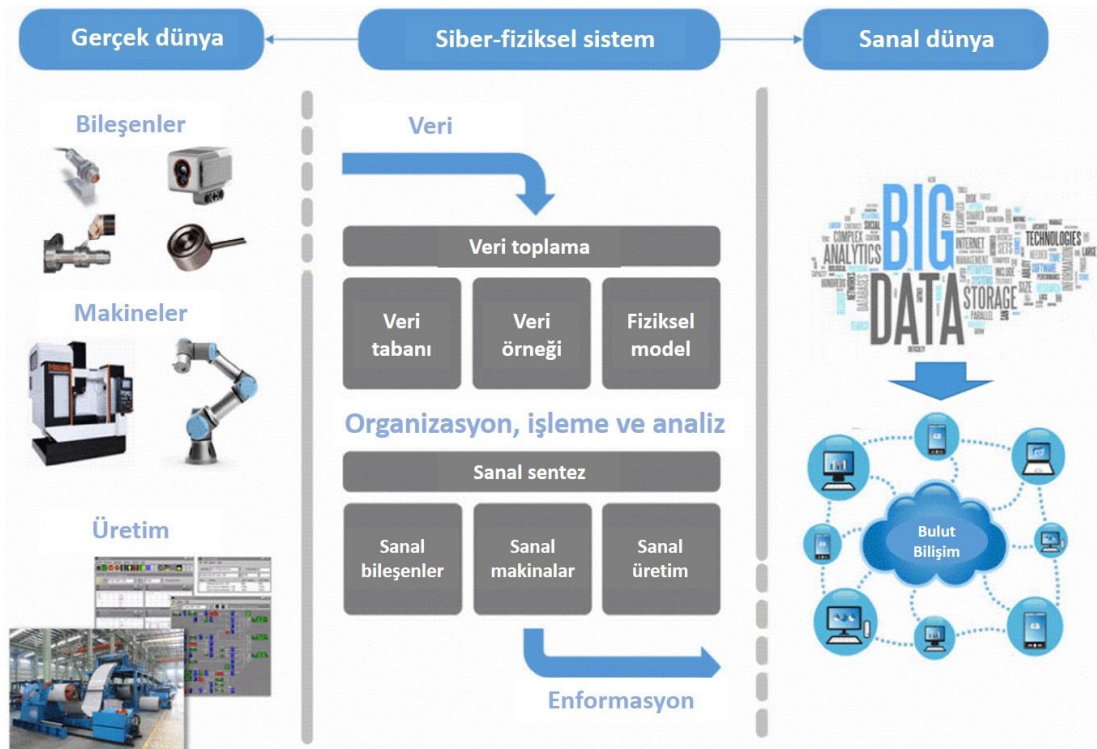
World Economic Forum (WEF) kurucusu olan Klaus Schwab'a göre, dördüncü sanayi devrimi, üçüncü sanayi devriminin devamı değildir. Bu tezini Schwab üç önemli nedene bağlamaktadır; Bunlardan birincisi hız ile ilgilidir. Teknolojinin gelişim seyir hızının üstel olarak ilerlediğini ve teknoloji gelişimlerinin birbirlerini etkileyerek hızlı olarak geliştiğini ifade eder. İkinci nedeni ise genişlik ve derinlik ile alakalıdır. Bu devrimin dijitalleşme ile hız kazandığını belirterek, teknoloji çeşitliliğinin arttığını ve bireyselleşmeye çok önem verildiğinin altını çizer. Üçüncü nedeni de, sistemin etkisi olarak tanımlar. Endüstri 4.0 veya Sanayi 4.0 devriminin sonucu olarak tüm şirketlerde, sektörlerde ve tüm ülkelerde bütünsel bir değişimin yaşanacağını belirtir (Schwab, 2017: 17).

Schwab, Endüstri 4.0'ı çok geniş kapsamlı ele almak gerektiğinin altını çizmiştir. Sadece makinelerin iletişimi olarak düşünmenin doğru olmadığı, genetik konularından bilgi işlem teknolojilerine kadar birçok bilim dalında aynı anda ilerlemeler kat edileceğini düşünür. Endüstri 4.0 devriminin diğer sanayi devrimlerinden farkı, teknolojideki tüm gelişmelerin birbirini etkileyerek iç içe geçmiş şekilde ilerleyeceği yönündedir (Schwab, 2017: 17). Endüstri 4.0'da ayrıntılı olarak, üretimde siber-fiziksel sistemler için çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Otonom işbirliği yapan üretim süreçleri, işbirliğine dayalı bir robot kullanımı, önleyici bakım veya sanal gerçeklik ya da artırılmış gerçeklik sistemleri örnek olarak gösterilebilir. Bu fikirlerin birçoğu yeni değildir ve bu nedenle tamamen Endüstri

4.0'a atfetmek doğru olmayabilir, ancak mevcut daha fazla miktarda verinin bir sonucu olarak artık bu düşüncelerin potansiyellerini ortaya çıkarabilecektir (Mertens vd., 2017: 35).

Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte ortaya çıkan tüm yeni teknoloji odaklı yaklaşımların, sadece üretim ve hizmet sistemlerinin birbirleri aralarındaki senkronizasyonu ve otomasyonundan öte, bu sistemlerin birlikte hareket etmesi olarak tanımlanmakta. Sistemlerin birbirleri ile bu kadar kusursuz çalışabilmelerinin önemli noktalarından birisi de, tüm bu üretim ve hizmet adımlarının birbirleri ile eş zamanlı ve sürekli iletişim halinde olmasıdır. Bu şekilde, sanayiler artık müşteri talep ve eğilimlerine kendilerini uyarlayabilme sürecinde olacaklardır. Bu yeni yaklaşım ve geniş görüşlülük ile birlikte, daha değişken, hızlı üretilen, kalitesi daha yüksek ve verim konusunda daha karlı ve sürdürülebilir bir endüstri yolculuğunu tanımlamak mümkündür (Ustundag ve Cevikcan, 2017: 7).

Endüstri 4.0 dünyasında, gerçek dünya ile siber fiziksel sistemlerin birbirleri ile sürekli iletişim halinde kalması ile bir sanal dünya oluşturulur ve büyük veri elde edilir. Siber fiziksel dünyada algılayıcılar, kameralar ve radarlar gibi birçok çeşitli bileşenlerden oluşan, verileri toplayan ve bu verileri bir veri tabanında biriktiren sistemler ile kesintisiz olarak iletişimde kalınır. Sistemler, sanal sentezleri ve dinamik veri işlemlerini yaptıktan sonra oluşan büyük veriyi, bulut teknolojileri yardımı ile ara birimlerde depolarlar.



Şekil 2. Endüstri 4.0 çevresel etkileşiminin şematik olarak resimlenmesi

Kaynak: Radivojević ve Milosavljević, 2019: 284

Şekil 2’de gösterilen Endüstri 4.0’ın çevresel faktörleri, ağırlıklı olarak üretim hatları, lojistik bölgeleri ve bu alanlarda kullanılan makinelerdir. Tüm bu operasyonlardan ve bölgelerden toplanan verilerin analiz edilip sentezlenmesinden sonra büyük veri oluşur. Büyük verinin bulut sistemlerinde depolanıp anlık olarak yorumlanması ile birlikte işletmeler birçok kaybın önüne geçebilmekte, verim ve ürün kalitelerini her zaman üst seviyede tutabilmenin yollarını bulabilmektedirler.

Nesnelerin interneti uygulamaları, hem bir otomasyon senaryosu hem de bir yardımcı araç senaryosu doğrultusunda gelişmektedir. Bir otomasyon senaryosunda, akıllı makine insan faaliyetlerini kontrol eder. Bir yardımcı araç senaryosunda ise karar insanda kalır. Bilgi teknolojileri yalnızca bir yardımcı ve bir kolaylaştırma görevi görür. Her iki senaryonun da birbirini dışlamasına gerek yoktur. Gelecekte, işletmeler ve çalışanlar her iki uygulama şeklinin de bir karışımını kullanacaklardır. Geleceğin üretim işinde insanlar daha çok fabrikanın şefi ve koordinatörüdür (Spath vd., 2012: 100).

Abele ve Reinhart’a göre, geleceğin üretim kontrolünde insanların rolüne ilişkin, makinelerin zor kas çalışmasını ve ayrıca bazı hızlı düşünme ve hızlı hesaplamaya dayalı çalışmaları yapacaklardır (Abele ve Reinhart, 2011: 73).

Spath ve arkadaşlarına göre, son yıllarda makineler ve insanlar arasındaki roller önemli ölçüde değişmiştir. İnsanların, manuel faaliyetler üstlenen bir üretim faktörü olarak önemi azalmaktadır ve Endüstri 4.0 ile birlikte çalışanlar daha fazla kontrol edici bir işleve sahip olacağından, çok daha fazla karar verici rolüne bürünecektir (Spath vd., 2012: 100).

Endüstri 4.0 sanayi devrimi ağırlıklı olarak otomasyon, makine öğrenimi, ara bağlantı birimleri ve gerçek zamanlı verilere odaklanan yeni bir aşamayı ifade eder. Bazen endüstriyel nesnelerin interneti veya akıllı üretim olarak da anılan Endüstri 4.0, üretime ve tedarik zinciri yönetimine odaklanan şirketler için daha bütünsel ve daha iyi bağlantılı bir ekosistem oluşturmak için fiziksel üretim ve operasyonları akıllı dijital teknoloji, makine öğrenimi ve büyük verilerle birleştirir. Günümüzde faaliyet gösteren her şirket ve kuruluş farklı olsa da, hepsi ortak güçlüklerle ve karmaşıklıkla karşı karşıyadır. Endüstri 4.0, sadece

Üretim verimliliğini artırmak için yeni teknolojilere ve araçlara yatırım yapmakla ilgili değildir; tüm işletmelerin çalışma ve büyüme biçiminde devrim yaratmakla ilgilidir.

Üretim ve lojistik operasyonlarında modern teknoloji, giderek daha önemli bir rol oynamatya başlamıştır. Endüstri 4.0 yaklaşımlarının getirileri son zamanlarda insan-makine etkileşimli iş yerlerinin sayısı artırmış ve giderek işletmeler insan-makine etkileşimli çalışma ortamları yaratarak operasyon maliyetlerini düşürme eğiliminde olmaya başlamıştır. Üretim, retim kontrolü, lojistik ve lojistik kontrolünde, birçok operasyon artık tamamen dijital olarak verilmektedir. rnek olarak forklift sürücüleri, sürüş emirlerini dijital olarak kabul eder ve bu da performansı tam olarak kontrol etmeyi, çalışanların verimlerini artırmayı ve kayıpları görebilmeyi teknik olarak mümkün kılar (Haipeter, 2019: 109).

Endüstri 4.0 yaklaşımında değişim yönetimi, bireysel bölgelerdeki pilot çalışmalar ile başlar. Bu çalışmalarda, ana teknoloji yatırımına yeterince referans değeri bulunabiliyorsa, ilgili operasyonların tamamında standarda geçiş gerçekleşir. Yatırımlar, sadece şirketin karlılık ve verim bakış açısından bir getirisi olacak olan konularda olmalıdır ki, sürdürülebilir ve rekabetçi büyümeleri devam edebilsin. Sadece güzel olması veya yeni bir eğilim olması nedeniyle Endüstri 4.0'a geçiş yapılmaz ve kendisini amorti etmeyecek yatırımlar planlanmaz (Haipeter, 2019: 112)

Endüstri 4.0, çeşitli endüstrilere hayal edebileceğimizden daha hızlı girmiştir. Yeni teknolojiler, yapay zekâ, sanal ortamlar ve benzeri birçok yeni ve neredeyse sınırsız sanayi devrimine karşı hayatta kalmak ve gelişmek için işletmelerin yanı sıra sendikalar da, istihdam, çalışma koşulları ve işçi hakları üzerindeki büyük etkiye hazırlıklı olmalı ve adil bir geçişe yönelik faaliyetlere yoğunlaşmaya başlamalıdır.

2.1.1. Endüstri 4.0'ın Tarihsel Gelişimi

18. Yy'den bugüne kadarki endüstri devrimlerinin tarihsel gelişimini şu şekilde özetleyebiliriz; 1.Sanayi devrimi1760-1830 yılları arasında olmuş ve bu dönemde su ve buhar enerjisi ortaya çıkmıştır. 2.Sanayi devrimi 1840-1973 yılları arasında gerçekleşmiştir. Bu dönemde elektrik enerjisinin mümkün kıldığı iş bölümü ve seri üretim ortaya çıkmıştır. 3.Sanayi devrimi 1974-2011 yılları arasında yaşanmıştır. Bu dönemde üretimin otomasyonunu daha yüksek bir düzeye taşıyan elektronik ve bilgi teknolojilerinin (BT) kullanımı ortaya çıkmıştır. 4.Sanayi devriminin ise 2011 yılında başladığı kabul edilmiş ve

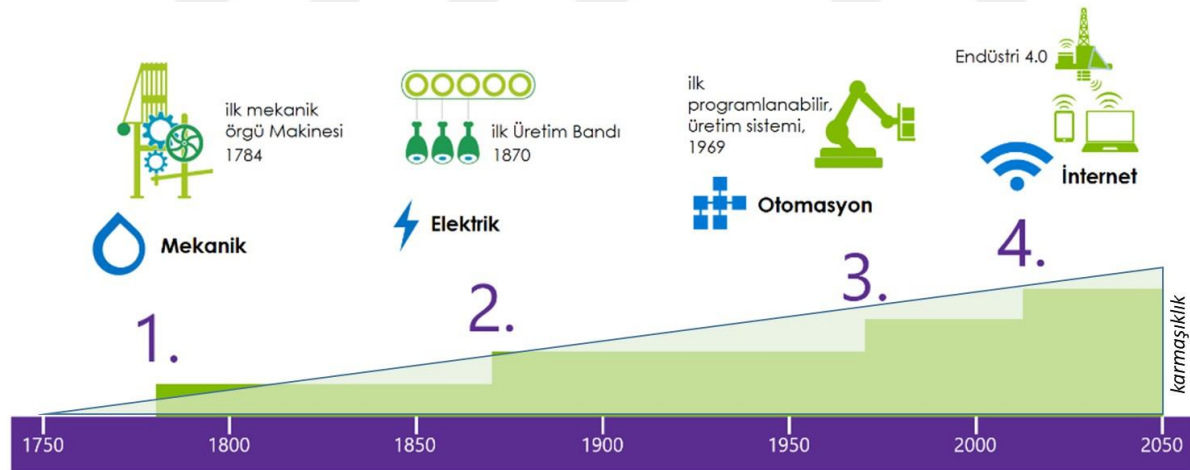
günümüzü de kapsayacak şekilde hızla tüm sektörleri etkisi içine almış durumdadır. Bu dönemde siber-fiziksel sistemlere ve veri işlemeye dayalı üretim ve hizmetler gerçekleştirilmektedir. (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017: 151-153).

I.Sanayi Devrimi - (1760-1830)	Su ve buhar enerjili mekanik üretim tesislerinin ortaya çıkışı
II.Sanayi Devrimi - (1840-1973)	Elektrik enerjisinin mümkün kıldığı iş bölümünün ve seri üretimin ortaya çıkışı
III.Sanayi Devrimi - (1974-2011)	Üretimin otomasyonunu daha yüksek bir düzeye taşıyan elektronik ve bilgi teknolojilerinin(BT) kullanımı
IV.Sanayi Devrimi - (2011- ...)	Siber-fiziksel sistemlere ve dinamik veri işlemeye dayalı üretim

Şekil 3. Endüstri devrimlerinin tarihsel gelişimi

Kaynak: Gabaçlı ve Uzunöz, 2017: 151

Endüstri devrimlerinin tarihsel gelişiminin yanı sıra, her bir devrimden sonra üretimlerin, proseslerin ve otomasyonların karmaşıklık seviyesi de hızla artmaktadır. Bu karmaşıklık ve zorluklar ile birlikte yeni meslek grupları ortaya çıkmış ve bu çok özel alanlarda yetişmiş iş gücü istihdamı da ayrıca önem kazanmıştır. Bir sonraki sanayi devrimi için önümüzde çok uzun bir süre olmadığını şimdiden söylemek mümkündür.



Şekil 4. Endüstri devrimlerinin tarihsel gösterimi ve karmaşıklık dereceleri

Kaynak: Kagermann vd., 2013

Her bir yeni teknolojinin işletmelere entegrasyonu ile birlikte, işletmelerdeki süreçlerin karmaşıklıkları da artmıştır. Mekanik proseslerden elektrik gücünün kullanılmasına, otomasyon sistemlerinin süreçlere dâhil edilmesinden, internet ve özellikle nesnelerin

internetinin işletmelerde kullanılması ile birlikte karmaşıklık seviyesi endüstri devrimlerine paralel olarak sürekli artmıştır.

Endüstri 4.0'a gelene kadar kayda değer bir diğer nokta da, her devrimle birlikte ülkelerin bazı katmanları için refahta bir artış olduğu gözlemlenir. Aynı zamanda uyum sağlayamayan sektörlerde ve endüstri devrimlerine adaptasyonunu sağlayamayan ülkelerde yoksullaşmanın da olması kaçınılmazdır. Değişiklikleri fark edip kullanırsanız, bu tüm bir ülkenin veya bir bölgenin veya endüstrinin refahında önemli bir artış anlamına gelebilir (Huber, 2016: 4).

Endüstri 4.0 ilkesine dayalı üretim, merkezi karar verme mekanizmalarına ve bireysel değer yaratma adımlarındaki katı sınırlamalara dayanan geleneksel yapıların değiştirilmesi için ön koşulları yaratır. Merkezi karar verme mekanizmaların yerini esnek ve etkileşimli, işbirliğine dayalı karar alma mekanizmaları almıştır (Ganschar vd., 2013: 23).

2.1.2. Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0

Dördüncü sanayi devriminin, işletmeler içerisindeki tüm bölümlere doğrudan etkisi vardır. Bir işletmenin tüm bölümlerinin iş süreçleri birbiriyle bağlantılı olduğundan, endüstri 4.0 kavramına bütünsel olarak yaklaşması gerekecektir. İş modellerinde artan dijitalleşmenin de bu bağlamda birbirine bağlı olması gerekir. İşletmelerde, dijital üretim çözümlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için akıcı bir dijital iletişime ihtiyaç olacaktır. Bu sürekli veri akışını “dijital iplik” olarak da tanımlayabiliriz (Nanry vd., 2015: 3).

Her yerde bilgi alışverişi yoluyla ve Endüstri 4.0 uygulamaları ile işletmelerin iç ve dış sınırları birleşecek ve klasik sınırlar değişecektir (Blunck ve Werthmann, 2017: 651).

Bu şekilde, müşteriler değer zincirlerinde, ürünlerinde ve aldıkları hizmetlerde değişikliklerin merkezinde olacak ve her şey müşterilerin taleplerine göre giderek daha fazla özelleştirilecektir (Geissbauer vd., 2016: 8).

Endüstri 4.0, ürün geliştirme, satın alma, üretim, lojistik ve satış sonrası süreçlere kadar tüm fonksiyonları aracılığıyla süreçleri tüm organizasyon içinde dikey olarak birleştirir ve bütünleştirir. Buna ek olarak, yatay entegrasyonda da dâhili operasyonların ötesine uzanır. Burada süreçlere tedarikçiler, müşteriler ve tüm kilit değer zinciri ortakları da entegre edilmiştir (Nanry vd., 2015: 1).

Lee ve arkadaşlarına göre, siber fiziksel sistemlerin endüstriyel üretim, lojistik ve eşlik eden süreçlerde kullanılması, gerçek zamanlı durum izlemesi, prognostik yani neticeyi önceden gösterebilme ve kılavuzluk etme, uzaktan tanı ve uzaktan kontrol gibi birçok farklı potansiyeller sunmaktadır (Lee vd., 2013: 20).

Endüstri 4.0 terimi, başlangıçta ilk ortaya atıldığı ülke olan Almanya'nın sınırlarını aşmış durumdadır. Hem akademisyenler hem de işletmeler endüstri 4.0 aracılığıyla birçok farklı endüstri dalları ve özellikle tüm tedarik zinciri sistemi yönetimi için yüksek potansiyeller beklemektedir (Kagermann vd., 2013).

Lojistik alanında da bu yeni devrimin önerdiği teknolojik uygulamalar sayesinde hata öngörülebilirliği, sıfır hata prensibi ve sürekli iyileştirme sayesinde müşteriler ve tedarikçilerin işletmeler ile sınırları kalkabilecektir.

Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi düşünüldüğünde, organizasyonel dönüşüm ihtiyacının öngörüldüğü yeni süreçler ve değer yaratma mantığı ihtiyacı ile birlikte çok sayıda potansiyel ortaya çıkmaktadır (Tan vd., 2015: 225; Zhou vd., 2015: 2).

Endüstri 4.0 ve lojistik konuları ele alındığında, gerçek zamanlı ara bağlantılar ve yeni teknolojiler kullanarak, tüm tedarik zincirlerinde zaman kayıpları ve harcanan çaba azaltılabilir (Ivanov vd., 2016: 841). Bununla birlikte, bu yeni teknolojik yaklaşımlar, düşük maliyetlerle akıllı otomasyon ve ara bağlantı çözümleri ve tüm tedarik zincirleri boyunca standardizasyon gerektirir (Weyer vd., 2015: 581), (Kolberg ve Zühlke, 2015: 1872). Lojistik yönetimi için Endüstri 4.0'ın rolünü ilgilendiren farklı araştırma akımlarına bakıldığında, liman lojistiği için Endüstri 4.0'ın sırasıyla "Nesnelerin İnterneti" rolü üzerine çeşitli yayınlar tespit edilebilir (Shi vd., 2011; Goudarzi vd., 2016; Ferretti vd., 2016). Konteyner lojistiği üzerine Zhang ve arkadaşlarının yayınları (Zhang vd., 2014), bir endüstri parkındaki lojistik süreçleri için de Xu'nun yayınlarına literatürde rastlamak mümkündür (Xu, 2011). Lojistik yönetimi ve endüstri 4.0 üzerine, nesnelerin internetinin tedarik zinciri kalite yönetimi (Qiu vd., 2015), lojistik iş süreci yönetimi (Del Giudice ve Al-Mashari, 2016), lojistik yörüngesinde büyük data yaklaşımı (Zhong vd., 2015) ve bulut lojistiği kaynakların sanal ortamda değerlendirilmesi (Li vd., 2013) konularında daha ileri araştırmalar da yapılmıştır. Bu yayınlarda genel olarak, Endüstri 4.0'ın potansiyellerinin ve zorluklarının, lojistik yönetimi üzerine etkileri tüm boyutlarıyla tartışılmıştır.

2.1.2.1. Lojistik 4.0

Lojistik operasyonları, işletmelerdeki malzeme ve bilgi akışlarının yönetimi ile ilgilidir (Christopher, 2016: 223). Daha spesifik olarak lojistik operasyonları, işletmelerin ambarlarında bulunan malzemelerin hareketinin ve depolanmasının yönetimini ve ilgili bilgileri kapsar (Strandhagen vd., 2017: 361).

Lojistik dünyası, yeni sanayi devrimine en hızlı adapte olması gereken ve olan bölümlerden biri olma konusunda hızla ilerlemektedir. Bunun başlıca sebeplerinden birisi insan gücüne, kararlarına ve dikkatine ihtiyaç duyan emek yoğun operasyonlardan oluşuyor olması, insan kaynaklı hataların maliyetlerinin yüksek olması ve süreçlerinde iyileştirme potansiyellerinin çok yüksek olması düşünülebilir.

Lojistik 4.0, akıllı hizmetler ve akıllı ürünler ile aynı şartlarda ele alınmasıyla ilgilidir. “Akıllı Ürünleri” ve “Akıllı Hizmetleri” tanımlamak için kullanılan teknoloji odaklı yaklaşımın “Akıllı Lojistik” i tanımlamak için kullanıldığını düşünmemiz gerekiyor. Akıllı ürünler ve servisler normalde insanlar tarafından gerçekleştirilen görevleri yerine getirebilecek olanlardır. Ek olarak, çalışanların otonom süreçlerden veya basit bir akıllı ürün veya akıllı hizmetin sağlayabileceği akıllılıktan daha fazla istihbarat gerektiren görevlere odaklanabilmeleri için faaliyetleri devretme olanağı sağlar. “Smart Logistic” yani akıllı lojistik, esnekliği artıracak, pazardaki değişikliklere ayak uydurabilecek ve şirketin müşteri ihtiyaçlarına daha yakın olmasını sağlayacak bir lojistik sistemdir. Bu, müşteri hizmet seviyesini iyileştirmeyi, üretim optimizasyonunu ve depolama ve üretim fiyatlarını düşürmeyi mümkün kılacaktır. “Akıllı Lojistik”, gelişen gerçek teknolojiye göre değişeceğinden, zamana bağımlılığı vardır ve bu yüzden teknoloji gelişmelerin durumunu yakından takip etmek ve lojistik proseslerine göre tanımlanması esastır (Uckelmann, 2008: 274). Bu yeni paradigma, birbirleriyle makineler ve insanlar arasındaki iletişimi gerçek zamanlı olarak sağlayan İnternet kullanımının artması ve gelişmiş dijitalleşme olarak bilinen kavramların kullanılmasının bir sonucudur (Barreto vd., 2017: 1247).

Bireyselleştirilmiş ve tüketicilere özgü ürün ve hizmetlere talep hızla artmaktadır. Dolayısıyla lojistik dünyasının da bu değişen ortama uyum sağlama zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Artan lojistik proses karmaşıklıklarından dolayı sıradan planlama ve kontrol

uygulamaları ile artık iç lojistik proseslerini ele almak, değişen müşteri ihtiyaçlarına zamanında cevap verememek anlamına gelecektir (Müller vd., 2015: 110)

Lojistik alanında yenilikler düşünüldüğünde, sadece modern bilişim teknolojilerinin sunduğu çözümleri düşünmemek gerekir. Modernliğin ve yenilikçiliğin bir yolu ve işareti de yenilikçi çözümler ve yenilikçi düşünce şekliyle de gösterilebilir (Pfohlem, 2010: 3). Pfohlem'in röportajında belirttiği hususlara göre;

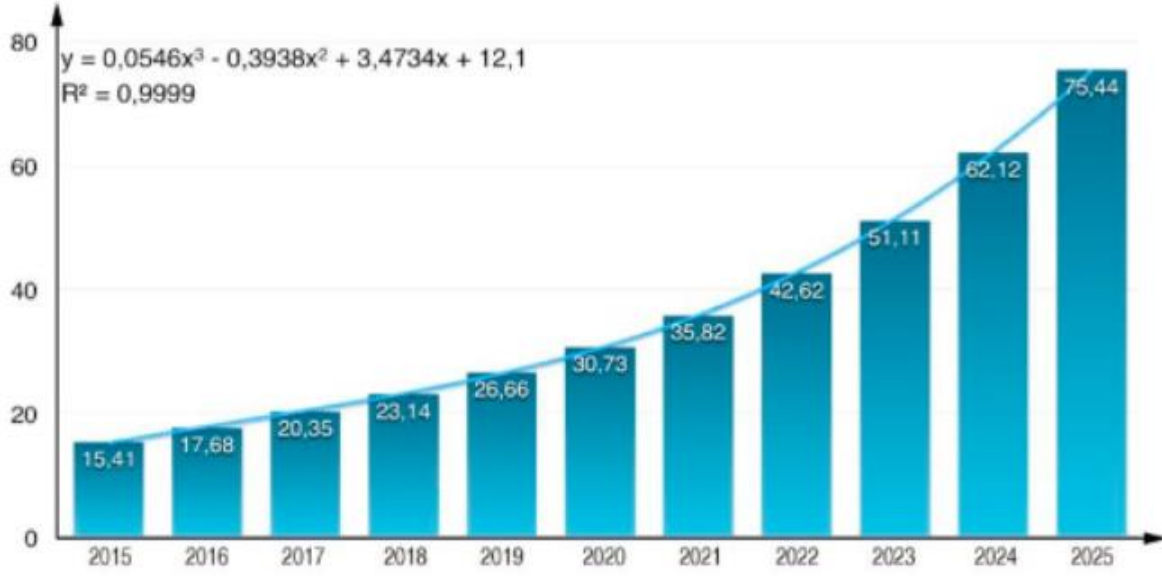
- Yenilikçi fikirleri hayata geçiren bir ekibin sürekli iyileştirilmesi ve iş bağlılıklarının sürekli tazelenmesi
- Gerçekleştirilen faaliyetleri, uygulamaya alınan iyi örnekleri ve ortaya çıkartılan değerleri hayata geçiren ekibin çalışmalarına sürekli odaklanmak
- Lojistik faaliyetlerini yerine getirebilmek için sürekli daha iyi ve farklı yollar aranması

Yukarıda belirtilen yaklaşımlar ile, iş tatmini, müşteriye karşı dürüstlük ve müşteri memnuniyeti, eski alışkanlıkların yenilikleri engellememesi ve lojistik faaliyetlerinde yenilikçi yaklaşımların önünün açılmasını sağlamak da mümkün olabilecektir (Witkowsk, 2017: 765).

Lojistik kavramını nesnelerin interneti (IoT) kapsamında ele aldığımızda, ortaya çıkacak zorluklar ve meydan okumalar; “yüksek şeffaflık ihtiyacı”, “tedarik zincirinde bütünlük kontrolü, yani doğru ürünlerin, doğru zamanda, doğru yer ve miktarda, doğru maliyetlerle olmasının sağlanması”, “tedarik ağlarının dinamik bir şekilde yeniden yapılandırılabilmesi”, “yalın, çevik, esnek, dijital ve yeşil tedarik zincirlerine ulaşabilmeye yönelik ağların tasarımının yapılabilmesi” şeklinde olacaktır (Macaulay vd., 2015: 12 ; Carvalho vd., 2011: 36).

Dünya çapında gelişen nesnelerin interneti (IoT) ile bağlantılı cihazların büyümesi dikkate alındığında, bilim adamları ve girişimciler arasında Lojistik 4.0'a olan ilginin çok daha belirgin bir şekilde artması Şekil 5'de belirtildiği gibi beklenebilir. Nesnelerin internetinin, Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 fikrine güçlü bir şekilde bağlı olduğunu ve daha da önemlisi, bu fikirlerin nesnelerin interneti teknolojileri olmadan sağlanamayacağı, süreçlerin dijitalleştirilmesiyle bağlantılı olduğunun altı çizilmeli ve açıklığa kavuşturulmalıdır. Bu

nedenle, Şekil 5’de verilen veriler incelendiğinde, Lojistik 4.0'daki girişimciler ve bilim adamları arasındaki ilgi ve bağlantının, logaritmik olarak aynı uzman gruplarında, nesnelerin interneti konusuna benzer şekilde ilgili uyandırılabilceği varsayılabilir (Kostrzewski vd., 2019: 623).



Şekil 5. Nesnelerin interneti ile birbirine bağlı cihazlar 2015-2025

Kaynak: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

Nesnelerin interneti (IoT) ve dijital teknolojilerdeki gelişmeler, lojistik alanında daha müşteri odaklı, daha müşteriye özgü kişiselleştirilmiş ve daha duyarlı yaklaşımlara yol açmıştır (Holmström vd., 2014: 428; Ameri vd., 2012: 1819). Aynı zamanda, bir tedarik zincirinin dijitalleştirilmesi de işletmelerde daha işbirlikçi ve daha verimli olunmasını sağlamıştır (Fawcett vd., 2011: 43). Geleneksel tedarik zincirleri genellikle doğru zamanda doğru bilgi eksikliği sebebi ile operasyonlarında aksamalara uğrarlar. Talepte yaşanan ani değişiklikler ve kaynak yetersizliklikleri de tedarik zincirinde işletmeleri çeşitli zorluklar ile karşı karşıya bırakabilecek olumsuzluklara sebep olur. (Simchi-Levi vd., 2008: 162).

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan son gelişmeler ile birlikte, imalat sanayisi üzerinde dijitalleşme ve otomasyona yönelik baskıların artması ve bu baskının sonucunda da, Lojistik 4.0 aracılığıyla lojistik iyileştirme faaliyetleri için çeşitli fırsatların önünü açmıştır. Nesnelerin interneti gibi yeni teknolojiler, fiziksel çalışanlardan ve süreçlerden, siber hesaplama alanına kadar tüm bilgileri yakından izleyerek ve senkronize ederek geleneksel

tedarik zincirlerinin ve lojistiğin temel zorluklarını çözebilecek noktaya gelmiştir (Lee vd., 2013: 39).

Endüstriyel nesnelerin interneti ve Endüstri 4.0 ile ilgili birçok kavram ve terim vardır. İşletmeler için hayati öneme sahip önemli bir husus da, Endüstri 4.0 çözümlerine yatırım yapmak isteyip istemediğine karar vermeden önce bilinmesi gereken bir takım temel kelime ve ifadeleri iyi analiz etmek olmalıdır. Bu ifade, kavram ve açıklamaları şu şekilde sıralayabiliriz (Boyes vd., 2018: 7);

- Nesnelerin interneti: Makineler veya sensorler gibi fiziksel nesneler ve internet arasındaki bağlantılar anlamına gelir.
- Endüstriyel nesnelerin interneti: Veriler, insanlar ve makineler arasındaki üretimle ilgili bağlantılara atıfta bulunan bir kavramdır olan Endüstriyel Nesnelerin İnterneti anlamına gelir.
- Akıllı fabrika: Endüstri 4.0 teknolojisine, çözümlerine ve yaklaşımlarına yatırım yapan ve bunları kullanan fabrikadır.
- Kurumsal Kaynak Planlaması: Bir işletmenin organizasyonundaki bilgileri yönetmek için kullanılabilen iş süreci yönetimi araçlarıdır.
- Makineden makineye: İki ayrı makine arasında kablosuz veya kablolu ağlar aracılığıyla gerçekleşen iletişimi ifade eder.
- Yapay zekâ: Bir bilgisayarın belirli bir düzeyde insan zekası gerektiren görevleri yerine getirme ve kararlar alma yeteneğini ifade eden bir kavramdır.
- Büyük veri: İşletme içerisindeki eğilimleri, ilişkileri ve fırsatları ortaya çıkarmak için derlenebilen, depolanabilen, organize edilebilen ve analiz edilebilen büyük yapılandırılmış veya yapılandırılmamış veri kümelerini ifade eder.
- Sayısallaştırma: Farklı bilgi türlerinin toplanmasını ve dijital bir biçime dönüştürülmesi sürecini ifade eder.
- Gerçek zamanlı veri işleme: Bilgisayar sistemlerinin veya makinelerin verileri sürekli ve otomatik bir şekilde işleyerek gerçek zamanlı veya yakın zamanlı çıktılar ve öngörüler sağlama yeteneklerini ifade eder.

- Makine öğrenimi: Bilgisayarların, açıkça söylenmeden veya programlanmadan yapay zekâ aracılığıyla kendi başlarına öğrenmeleri ve iyileştirmeleri gereken beceriyi ifade eder.
- Bulut bilgi işlem: Bilgileri depolamak, yönetmek ve işlemek için internet ortamında saklanan, birbirine bağlı uzak sunucuları kullanma uygulamasıdır.
- Ekosistem: Üretim açısından bir ekosistem, tüm operasyonların birbirlerine potansiyel bağlılığını ifade eder. Bunlar; planlama, finans, müşteri ilişkileri, tedarik zinciri yönetimi, envanter yönetimi ve üretim uygulamalarıdır.
- Siber-fiziksel sistemler: Bazen siber üretim olarak da bilinen siber fiziksel sistemler, bir üretim operasyonunun her alanında gerçek zamanlı veri toplama, analiz ve şeffaflık sunan Endüstri 4.0 özellikli bir üretim ortamını ifade eder.

Lojistik 4.0, veri toplama ve işleme, yardımcı sistemler, ağ oluşturma ve bu ağların birbirine entegrasyonu, merkeziyetten uzaklaşma ve hizmete daha fazla yönelme, ve özerklik de dahil olmak üzere daha geniş bir Endüstri 4.0 anlamına gelmektedir (Prinz vd., 2016: 115).

Lojistik 4.0'da etkilenen faaliyetler, taşımacılık, envanter yönetimi, malzeme taşıma, tedarik zinciri yapısı ve bilgi akışının kilit lojistik gibi faaliyetlerdir. Lojistik 4.0'ın geniş çevresel ortamını tanımlamak aşağıdaki örnekler kullanılabilir:

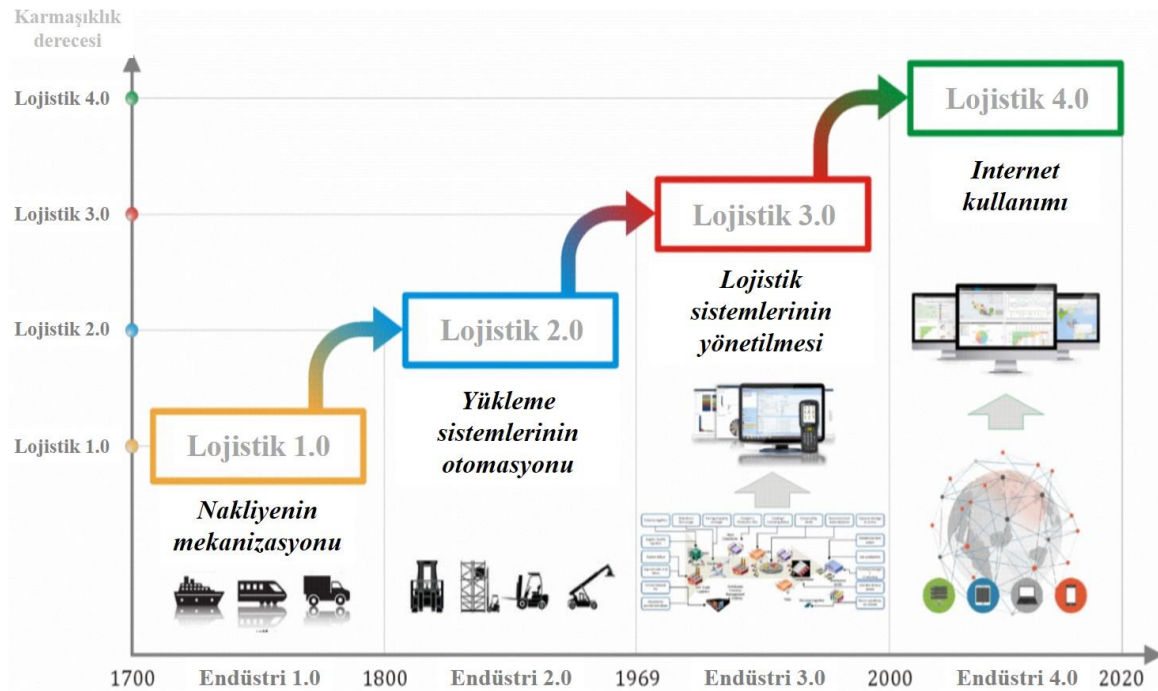
- Malzeme ve ürün nakliyesi için en uygun güzergâhı bulabilmek için araç, ürün ve tesis konumlarının gerçek zamanlı büyük veri analizi
- İşletmenin içerisinde ürünlerin depolanması ihtiyacını azaltır.
- Depolarda, otonom robotlar ve araçların yanı sıra izleme ve karar verebilen sistemler de işletmenin envanteri üzerinde kontrol sahibi olabilir
- Geleneksel lojistik sınırlarını ortadan kaldırabilmek için, farklı çalışanlar arasında gerçek zamanlı bilgi alışverişi mümkün olacak ve bu da kamçı etkisinde azalmaya sebep olacaktır
- Akıllı ürünler, ara yüzler ve bulut destekli ağlar, bilgi akışını sağlam tutacaktır.

Bu örnekler, sadece sürdürülebilirlik, verimlilik, müşterilerin değişken taleplerine yanıt verme kabiliyeti ve daha iyi izlenebilirlik gibi farklı lojistik yönlerinde gelişmeyi

kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda işletmelerin temel çalışma prensiplerini de etkiler. Bir başka deyişle, Lojistik 4.0, şirketlerin bugüne kadar yürüttükleri lojistik iş modelleri ve yaklaşımlarını da de nemli ölçüde değiştirme fırsatı verir (Strandhagen vd., 2017: 365).

Lojistik 4.0'da Endüstri 4.0 gibi belirli tarihsel aşamalardan geçerek bugünlere gelmiştir. Bu gelişim de, Endüstri 4. Sanayi devrimine paralel olarak gerçekleşmiştir. Sosyal, teknolojik, demografik ve gelişen pazar koşullarının etkisiyle, Lojistik 1.0'dan günümüze kadar belirli aşamalardan geçerek bugünlere gelmiştir (Radivojević ve Milosavljević, 2019: 284).

Lojistik 1.0'dan Lojistik 4.0'a kadar olan evrilmenin tarihsel gelişimi, Endüstri 4.0'a da paralel olacak bir yapıda olduğu söylenebilir. Şekil 6'da sunulan tarihsel gelişim incelendiğinde; transport işlerinin mekanikleşmesi lojistik 1.0'ı getirmiştir. Bundan sonrasında ise yükleme sistemlerinin otomasyonu lojistik 2.0 olarak adlandırılmıştır. Karmaşık lojistik sistemlerinin yönetilmesinin gereksinimleri lojistik 3.0'ı getirmiş ve en nihayetinde de internet kullanımının da tüm bu yönetim sistemlerine adaptasyonu ile birlikte lojistik 4.0 çağı da başlamıştır (Wang, 2016: 69).



Şekil 6. Lojistik devrimlerinin tarihsel gösterimi

Kaynak: Wang, 2016: 69; Radivojević ve Milosavljević, 2019:284

Lojistik 4.0, pazar gereksinimlerini, pazarların ihtiyaçlarından üretim proseslerine kadar kapsayabilmeli ve ürünlerin son kullanıcılara teslimine kadar Endüstri 4.0'ın tüm süreçlerini

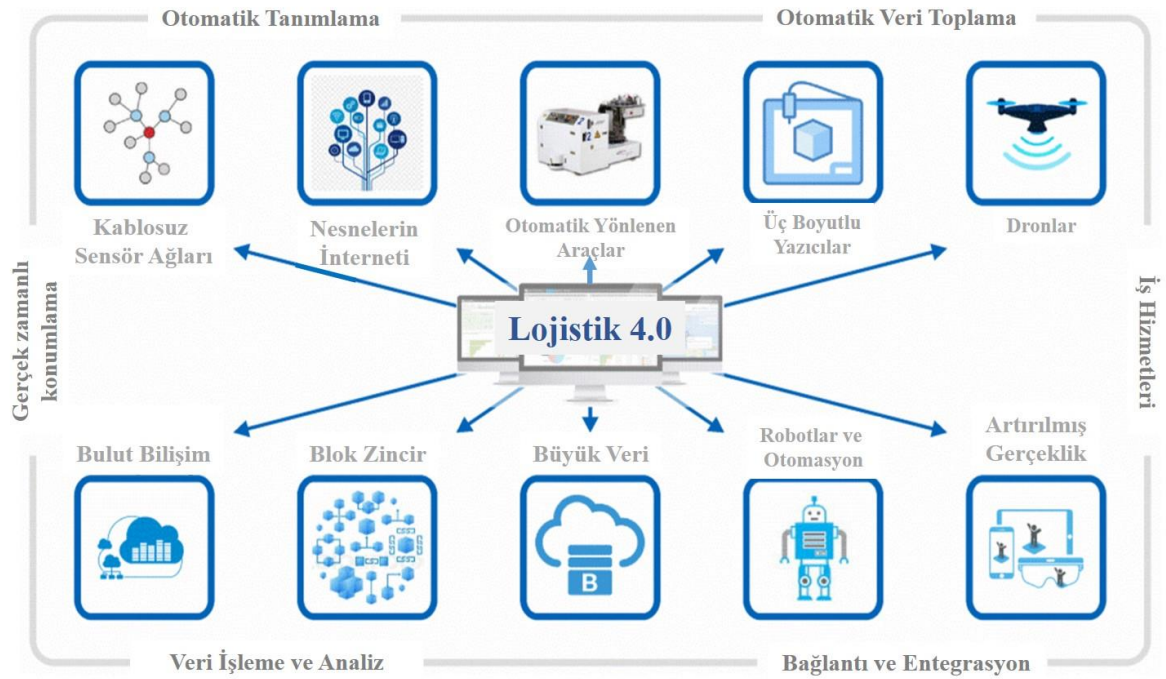
desteklemelidir. Burada çözüm, tüm lojistik faaliyetlerin ve süreçlerin dijitalleşmesi ve dijital lojistik uygulamalarına nesnelerin interneti teknolojilerinden de faydalanarak geçilmesidir. Lojistik sistemlerin dijitalleşmesinin özellikleri Kayıkçı'ya, Radivojevic ve Milosavljević'e göre şu şekilde sıralanmıştır (Kayıkci, 2018: 784; Radivojević ve Milosavljević, 2019: 285);

- İşbirliği (cooperation): Dijitalleşme, şirketlerin ve bölümlerin veri ve bilgi alışverişinde bulunabileceği sanal lojistik kümeler oluşturulabilmesini sağlar.
- Bağlanabilirlik (connectivity): Dijitalleşen dünyada, tedarik zincirlerinin, yatay ve dikey iletişim entegrasyonuna ve tüm zincir bağlantılarına eşzamanlı tüm bilgilerin görünürlüğünü sunması gerekir.
- Uyumluluk (adaptiveness): Birbirine bağlı tüm dijital kaynaklar sistemi esnek olmalıdır ki, pazarlardaki tüm talep ve değişikliklere (talepler, kullanıcılar, tedarikçiler vb.) cevap verebilmelidir.
- Entegrasyon (integration): Dijital ortamlarda, lojistik sistemlerin entegrasyonunu ve lojistik akışlarının koordinasyonunu sağlamak için farklı bilgisayar sistemlerinin ve yazılım uygulamalarının fiziksel veya işlevsel olarak birbirine bağlama süreçleri.
- Otonom (autonomous): Lojistik sistemlerinde, çevresel özellikler ve cihazların kendileri arasında veri işlemelerine dayalı iletişim ve bağımsız karar verme imkânına sahip akıllı nesnelerin lojistik sistemlerinde giderek daha fazla kullanımı
- Biliş ve anlayış (cognition): İnsan becerilerini taklit edebilmek için ihtiyaç duyulan bilgi, algı ve bilişsel beceriler (planlama, akıl yürütme ve öğrenme) gibi görevlerin otomasyonunu hayata geçirebilmek için makina ve sistemlerin geliştirilmesi.

Lojistik yönetimi, tüm lojistik süreçlerinin önce planlanmasını, uygulanmasını ve sonrasında kontrolünü içerir. Ham madde veya malzemelerin akışlarının gerçekleştirilmesi, emtia akışlarının hammadde ve malzemenin kaynağından, ürünün son kullanıcıya teslim edilmesine kadar ulaşmasını sağlayan tüm faaliyetlerden oluşan bir gruptur. Kusursuz bir lojistik yönetiminin gerçekleştirilmesini desteklemek için bilgi akışının kalitesi önemli bir

zorunluluktur. Lojistik 4.0, bu bağlamda akıllı lojistik olarak tanımlanır, çünkü lojistiğin tüm bileşenleri, bu süreçlerin akıllı yönetimini sağlar. Wang'a göre Lojistik 4.0'ın bileşenleri otomatik malzeme/ham madde tanımlama, gerçek zamanlı konum, otomatik veri toplama, birbirine bağlantılı olma, entegrasyon, veri işleme, analiz ve servis hizmetleri olarak sıralanmıştır (Wang, 2016: 70). Lojistik 4.0, Endüstri 4.0'ın ayrılmaz bir parçasıdır ve Endüstri 4.0'ın gelişimini desteklemektedir. Lojistik 4.0 olmadan Endüstri 4.0'ın olmayacağı açıktır (Wang, 2016: 74).

Lojistik süreçlerdeki tüm nesnelerin ve bileşenlerini otomatik olarak belirlenmesi, gerçek zamanlı olarak konumunu bulunabilmesi ve veri toplama imkanları, proseslerde kalite yönetimi, planlama ve optimizasyon imkanı sağlar. Belirtilen tüm bu bileşenlerin fiziksel olarak uygulanabileceği birçok teknoloji mevcuttur (Radivojević ve Milosavljević, 2019: 285).



Şekil 7. Lojistik 4.0 bileşenleri ve teknoloji uygulamaları

Kaynak: Radivojević ve Milosavljević, 2019: 286

Bu teknolojilerin en önemli bileşenleri Şekil 7'de gösterildiği gibi, kablosuz sensör ağları, nesnelerin interneti, otomatik yönlendirilen araçlar, üç boyutlu yazıcılar, dronlar, bulut bilişim,

blok zincir teknolojileri, büyük veri, robotlar ve otomasyon ve artırılmış gerçeklik şeklinde sıralanır (Radivojević ve Milosavljević, 2019: 286).

Lojistik 4.0, işletmelerin ve şirketlerin faaliyetlerinin tamamının dijitalleşmesi ve otomasyona bağlama imkanını sunmakla birlikte, büyük finansal yatırımlar, uygulama riskleri, kusursuz altyapı ihtiyacı, kalifiye iş gücü için yeni eğitim ve bilgi düzeyleri gibi birçok zorlukları da beraberinde getirmesi kaçınılmaz bir gerçektir.

2.1.2.2. İç Lojistik

Özellikle otomotiv sektörlerinin ve seri üretim gerçekleştiren diğer sektörlerin de en önemli bölümlerinden birisi işletme içi lojistik bölümleridir (intralogistic). İç lojistik bölümleri, işletmelerin seri üretimlerinde anahtar rolü oynayan, şirketlerin kârlılıklarına birincil derecede etki eden, müşteri taleplerine anında ve hızlı reaksiyon verilebilmesinde önemli rol oynayan kritik bölümlerden birisidir.

Günümüzde, iç lojistik, mamul veya yarı mamul üretilebilmesi için ihtiyaç duyulan parçaların miktar ve esnekliğe göre istenen zaman ve yerde olması sağlanarak, hedeflerin yerine getirilmesidir (Scholz, vd. 2016: 241).

İç lojistiğin tarihi, ekonomik ve endüstriyel gelişmelerin asıl olarak imalat tarafından yönlendirildiği savaş sonrası döneme kadar uzanmaktadır. Fabrika içi nakliye, başlangıçta basit taşıma arabaları, el arabaları ve gezer vinçler gibi basit ekipmanlara dayanıyordu. Zemin seviyesinde blok ve üst üste istiflemekten dolayı görünürlük ve erişilebilirlik problemleri her zaman yaşanıyordu (Fusko vd., 2017: 214).

İç lojistik sistemlerinin ana görevlerinden birisi, montaj hattında ihtiyaç duyulan parçaların, üretim hattına tam zamanında ve eksiksiz olarak getirilmesini sağlamaktır. Bu parça besleme sistemi, üretim bandının ürün çeşitliliğine ve parçaların hacimsel büyüklüklerine göre değişkenlik gösterebilir. Eğer bir montaj istasyonunda kullanılan parça çeşitliliği fazla ve montaj elemanı sayısı da buna oranla fazla ise hat yanına parça stoklama, yani parçaların büyük sepetler içerisinde ve fazla adetlerde hatta beslenmesi, işletmeler için çok ciddi sorunlar doğurabilecektir. Özellikle otomotiv sektörü gibi endüstrilerde çeşitli montaj hatlarının birçok montaj istasyonundan oluştuğu da düşünülecek olunursa, hat yanlarına beslenen parçalar çok fazla alan işgal edecek ve montaj elemanlarına çok çeşitli sorunlar

oluşturacak ve doğal olarak nihai ürünün kalitesine ve maliyetine ölçülebilir negatif sonuçlar doğuracaktır.

Yan ve arkadaşlarına göre iç lojistik, üretim üzerinde muazzam bir etkiye sahip olan üretim hatlarına malzeme teslim sürecidir. Üretim planına göre iş istasyonlarına belirli miktarda hammaddenin zamanında ve istikrarlı bir şekilde ulaştırılmasıdır. İç lojistik için kilit ekipmanlardan olan forklift, vinç ve otomatik yönlendirmeli araçlar bu lojistik görevleri yerine getirirken, gerek yarı mamul veya tam mamul olarak ilgili üretim alanlarına teslim ederler. Bu bağlamda otomatik yönlendirmeli araçlar iç lojistik için 1950'lerde piyasaya sürüldüklerinden beri güvenilir ve daha verimli ekipmanlara dönüşmüştür. (Yan vd., 2019: 1179).

Caputo ve arkadaşlarına göre, montaj tesislerinde, üretim planlarına göre hat boyunca stokları periyodik olarak yenilemek için dâhili malzeme taşıma sistemlerine yani iç lojistik operasyonlarına ihtiyaç duyulur. İç lojistik, iş istasyonlarında, montaj hatlarında kesintisiz parça tedariki ve sürekli bir üretim akışı sağlanması için parçaların dâhili bir depodan veya ambardan iş istasyonlarındaki belirlenen alanlara taşınması anlamına gelir. Sürekli malzeme tedariki, her farklı parça tipinin montaj hattına ayrı bir kaptaki tedarik edildiği en yaygın parça besleme yöntemlerinden biridir (Caputo vd., 2015: 1264).

Caputo ve arkadaşlarının bahsettiği operasyon, iki farklı uygulamanın benimsenmesi ile yapılabilir. İlk metot olarak, küçük boyutlu konteynerlerde, kutularda, raflarda kanban sistematığının uygulanması, diğer metot da, toplu miktarda parçaları hat boyunca basitçe depolama ve periyodik olarak yenileme tekniği (Caputo vd., 2015: 1265).

İç lojistik süreçlerinde tam zamanında malzeme sevkiyatı için yalın yönetim sistemleri sadece çeşitli enstrümanları kullanıma sunmakla kalmaz, aynı zamanda üretim için gerekli kaynakların tam zamanında tedarikinin doğru bir şekilde planlanması ve planlanmasıyla da ilgili yaklaşımları sunar (Gazda ve Osieczko, 2018: 683). Bu enstrümanlardan başlıca iki tanesi “kanban” ve “milk run” olarak adlandırılır. Kanban, çekme şeklinde üretim sistemi olarak adlandırılır ve aşırı stoku ortadan kaldırarak hassas parça teslimatlarının ayarlanmasını sağlar. Bu yaklaşım, mevcut üretim süreciyle tutarlı bir şekilde mevcut talebe karşılık gelen daha küçük ürün partilerinde daha sık parça teslimatlarının gerekliliğini zorunlu kılar (Kouri vd., 2008: 101).

Diğer bir parça besleme sistemi olan “milk run” kavramı, tek bir aracın tüm istasyonlara önceden düzenlenmiş bir programa göre hatlara götürülmesi gereken parçaları ve hatlardan geri çekilmesi gereken malzemeleri almak için tanımlanan bir ulaşım ağını kapsar. Bu prensibe göre, belirli bir taşıma aracı, talebe bağlı olarak farklı ambar bölgelerinden çeşitli malzemeleri toplar. Bu kavram, lojistik zincirinin her aşamasında (tedarik, üretim, dağıtım ve geri dönüşüm) işe yarar. Üretim istasyonları, montaj istasyonları ve depo arasında hammadde temini, son ürün tedariki, atık yönetimi, boş konteynerlerin alınması ve teslimi prosedürlerini içeren üretim tesisi dışında ve içinde kullanılabilir (Brar ve Saini, 2011: 7).

Bir seri üretimin iç lojistik malzeme akışı genellikle “milk run” metodu ile gerçekleştirilir. Bu sistem, malzeme depolarını, hatla ilgili stoklarla ve süpermarketlerle birleştirir. “Milk run” sistemi ve “Kanban” sistemleri ile talebe yönelik olarak çalışılır ve programa bu sistemlere göre yapılır. Çok yönlü bir malzeme taşıma sistemi yaklaşımı, doğrudan kaynaktan üretim hatlarına, aralarında herhangi bir depolama aşaması olmaksızın, noktadan noktaya malzeme akışının gerçekleştirilmesidir. Bu şekilde çalışma sistemi, işletmedeki tüm değer akışının verimliliğini artıran iç lojistik görevleri için daha az alanlara ihtiyaç duyulmasını sağlar (Scholz vd., 2016: 243).

Künne ve Eggert’e göre, üretim sistemlerin genel durumunu belirlemek için iç lojistik sistemlerinde kullanılabilecek standartlaştırılmış yöntemler yoktur. Standartlaştırılmamış yaklaşımlarının olmaması gerçeği, genellikle büyük miktarda bileşen içeren, çok değişkenli ve karmaşık olan bu sistemlerin kompleks yapısından kaynaklanmaktadır (Künne ve Eggert, 2010: 114).

İç lojistik süreçlerinde de Endüstri 4.0 teknolojilerine artan bir ilgi olsa da, malzeme taşıma otomasyonu ve iç lojistik ile ilgili literatür, özellikle gerçek hayatta ve işletmelerde uygulama durumları söz konusu olduğunda, bugüne kadar kısıtlı kalmış ve az gelişmiştir. Bu az gelişmişliğin birkaç nedeni vardır. Bunlar, dijital kültür ve eğitim eksikliği, dijital operasyon vizyonu ve desteği, dijital yatırımların belirsiz ekonomik faydası şirketlerin genel olarak nesnelerin interneti ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin sunduğu dijital yeteneklere doğru ilerlemesinin en yaygın engelleri gibi gözükmektedir (Ponis ve Efthymiou, 2020: 2).

Schadler vd.lerine göre iç lojistik, şirketlerin ekonomik başarısına önemli katkı sağlayan, stratejik önemi ve teknik kullanılabilirliği özellikleri ile özellikle dijitalleşme olasılıklarını

ve imkanlarını olabildiğince çabuk öngörmesi gerekmekte ve Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 gereklerine adapte olmak zorundadırlar (Schadler vd., 2019: 1).

İç lojistik proseslerinde montaj hatlarına parça besleme sistemlerini Johansson üç aşamada değerlendirmiştir (Johansson, 1991: 227);

Bunlardan birincisi olan sürekli parça tedariki, malzemelerin hat kenarlarında montaj çalışanlarının alabileceği bir şekilde sepetlerin veya kapların içinde belirli adetlerde doldurulduğu hat besleme tipi olarak tanımlamıştır. Her parçanın kendine ait bir sepeti veya kabı vardır ve hat kenarlarında belirlenen yerlere tedarik edilir. Bu sistemde avantaj olarak parçaların sürekli hatların kenarında bitene kadar durması ve tekrar tekrar hareket görmemesi düşünülebilir (Bozer ve Mc Ginnins, 1992: 7).

İkinci parça besleme sistemi ise parti tip besleme olarak tanımlanmıştır. Bu sistemde parçalar, üretilen belirli ürünler için hat kenarlarına tedarik edilir ve bu partideki tüm parçaların montajları gerçekleştirildiğinde, sepetlerde kalan parçalar ambara geri taşınır ve bir sonraki ürün için diğer parçalar parti tipi şeklinde montaj hatlarına tedarik edilir.

Johansson, üçüncü tip parça besleme sistemini set sevkiyatı şeklinde açıklamıştır. Bu sistemde de, bir ürünün, belirli bir kısmının üretilmesinde ihtiyaç duyulan parçaların özel bir sepet veya kutuda hat kenarın getirilmesi olduğunu belirtmiştir (Johansson, 1991: 227).

Montaj hatlarına parça besleme sistemlerinden hangisinin veya hangilerinin aynı anda kullanılacağına, ilgili montaj istasyonunun ve montaj hattının karakteristiğine diğer bir deyişle bu üç sistemin de avantaj ve dezavantajlarına göre karar verilebilir.

2.1.3. Otomotiv Endüstrisinde Komisyonlama

Johansson'un üç tip parça besleme sistemiğinde, otomotiv sanayinde önemi yüksek olan parça toplama operasyonu, montaj endüstrisinde kısa çevrim zamanlı üretimin anahtar fonksiyonlarından birisidir (Johansson, 1991: 227). Endüstride bu sistem, “araç başı ikmal”, “birebir ikmal” gibi farklı tanımlamalar ile de anılır (Gecü, 2008: 45). “Order picking”, “kit delivery” veya “part sequencing” adlandırılmalarıyla da tanınan sipariş toplama sistemleri, en basit tanımıyla, bir üretim /montaj veya iş istasyonu tarafından bir ürün istendiğinde, depodan alınması ve ilgili bölgeye ulaştırılması anlamına gelir (Van Den Berg ve Zijm, 1999: 524). Bu işleme sipariş veya parça toplama denir. Teze konu olan bu sistemi bundan

sonraki açıklamalarda komisyonlama, sipariş toplama veya parça toplama diye tanımlayacağız.

Parça toplama veya sipariş toplama operasyonları, depo lojistik sistemlerinin merkezi işlevlerine sahiptirler. Üretim ve dağıtım gibi alanlarda çok önemli etkiye sahiptirler. Bu alanda otomasyona yönelik eğilimlere rağmen, parça veya sipariş toplama operasyonları modern lojistik sistemlerinde maliyetli alanlardan biri olarak tanımlanır (Langen, 2001: 37). Parça toplama iş emrinde belirtilen toplanacak parça miktarı ve çeşitleri müşteri siparişine göre yani parçaların üretimde kullanılacağı istasyon veya bölgeye göre sınıflandırılır ve ardından ilgili bölgeye gönderilir (Sadowsky, 2007: 43; VDI, 1994: 1). İç lojistiğin parça toplama operasyonları, karmaşıklık ve zaman baskısı açısından işletmeler içindeki en zor ve kompleks görevlerden birisi olarak bilinir (Gudehus, 2013: 17). Bu karmaşık ve kompleks yapı, parça toplama ve sipariş toplama sistemlerinin çok çeşitli varyasyonlarının olmasından. Parça toplama görevini gerçekleştirmenin çok sayıda alternatifi ve farklı çözüm metotları vardır (Sadowsky, 2007: 44; Dullinger, 2005: 196; Pieper-Musiol, 1992: 152).

İmalat hatlarında, önceden ayarlanmış taşıma arabalarında tek bir montaj ya da tek bir ürün için gerekli parçaların tedarik edilmesi için parçaların önceden toplanması uygulaması, sürekli tedarik hattı stoklamasının, şu anda endüstrilerde baskın olan uygulamasına daha verimli bir alternatif sağlar. Toplanmış ve montaja hazır parça arabaları oluşturma, operatörün öğrenme gereksinimlerini azaltır, parça arama gereksinimini azaltır, yürüme yollarını kısaltır ve montaj kalitesini ve verimliliğini artırır (Khajavi vd., 2018: 100). Parçaları önceden toplayıp imalat hatlarında hazır etme tekniği, otomotiv endüstrilerinin montaj hatlarında kullandığı önemli bir metodolojidir. Parça toplama veya sipariş hazırlama metotları, üretim hatları için daha az zaman ihtiyacı, daha az montaj sepet, daha az alan ihtiyacı ve daha az katma değersiz işçilik anlamına gelir (Ramnath vd., 2014: 1788).

Montaj hatlarına parça toplama metodu, israfı ortadan kaldırma, montaj prosedürlerini basitleştirme ve böylece montaj sürecini hızlandırma taahhüdünün kısa yolu olarak düşünülebilir. Ergonomik tabanlı parça toplama tekniği, bir endüstrinin verimli ve etkili bir şekilde çalışmasına yardımcı olacaktır.

İşletmeler bu durumlarda, sipariş veya parça toplama operasyonlarının gereklerini yerine getirebilmek amaçlı, sipariş toplama teknolojileri yelpazesinin en verimli karışımını

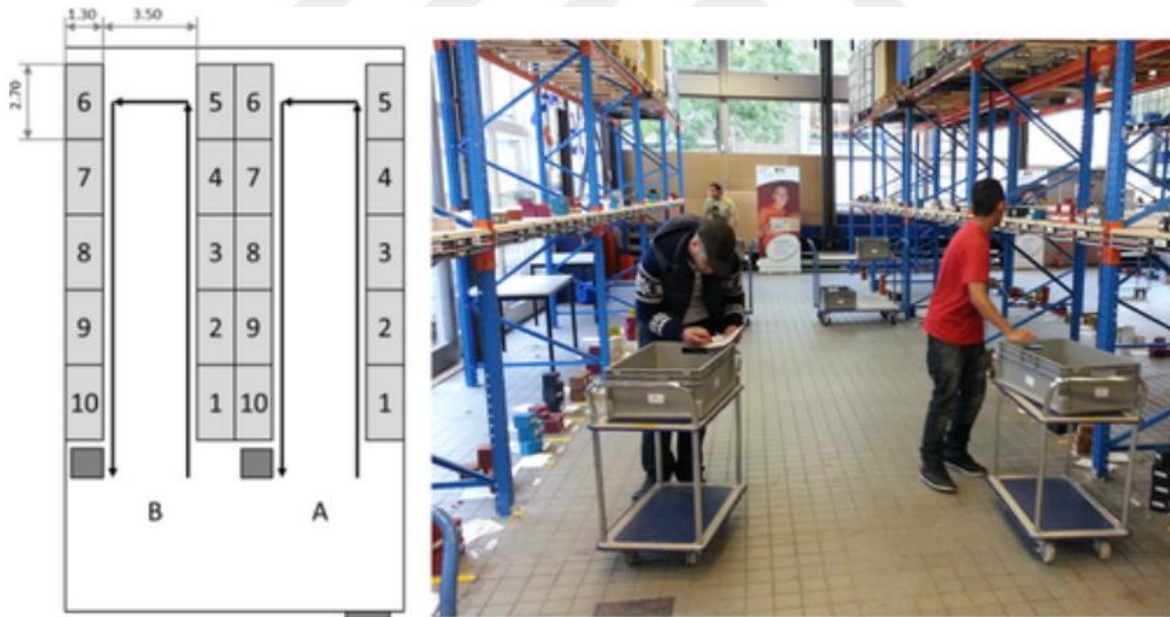
belirlemek ve seçmek zorundadırlar. Yüksek ve hatasız bir teslimat kalitesi ve aynı zamanda yüksek bir ekonomik verimlilik elde etmek işletmeler açısından çok önemlidir (Langen, 2001: 38). İşletmeler için çoğu zaman doğru çözüm, yalnızca belirli bir sipariş toplama teknolojisinden faydalanmak değil, yararlı bir kombinasyon halinde düzenlenebilen ve organize edilebilen iki, üç veya dört farklı sipariş toplama teknolojisinden oluşur (Bode, 2006: 7; Dullinger, 2005: 197). Bu tür karma veya heterojen sipariş toplama sistemleri, işletme içerisindeki tüm operasyonların özel gereksinimlerine uyarlanabilir. Parça toplama sistemlerinde farklı çözüm alternatiflerini çokluğundan dolayı, sipariş veya parça toplama tekniklerinin hangisinin en iyisi ve doğru olduğuna dair standart bir çözüm yoktur. İşletmeler ihtiyaçlarına kendileri doğru metoda karar vermek zorundadırlar (Dullinger, 2005: 197).

Bir üretim sistemi için doğru malzeme tedarik stratejisinin seçimi çok önemlidir. Sorunları ve problemleri basitleştirmek için iki malzeme tedarik stratejisi mevcuttur: parça komisyonlama ve hat kenarına stoklama. İşletme için hangi sistemin daha iyi olacağı iki sistemin birbiri ile kıyaslanması sonucu uygun metod seçilebilir. Örnek performans göstergeleri ile iki malzeme tedarik stratejisinin değerlendirmesi mümkün olabilir fakat bu noktada, belirli performans göstergelerine göre malzeme tedarik stratejisinin genel bir değerlendirmesinin mümkün olmadığı bilinmeli, doğru metodun işletmenin strateji ve ürün çeşitliliğine göre olmak zorunda olduğu kabul edilmelidir. Her zaman her uygulama için özel olarak bir değerlendirme yapılmalıdır. Örneğin, hat kenarı stoklamada hatalı kurulum riski, çok az değişikliğe ve küçük bir parça yelpazesine sahip üretim programlarında nispeten düşüktür ancak çok değişkenli parça aralıkları ve üretim programında sık değişiklikler olması durumunda bu risk yüksektir (Vojdani ve Knop, 2016: 8).

Parça ve sipariş toplama operasyonları, iç lojistik sistemlerinin önemli ve karmaşık bir parçası olmakla beraber çalışanlarının da lojistik bölümlerinin tüm elemanlarına kıyasla en hassas olunmasını gerektiren bir operasyon tipidir. Parça toplamada esas, ilgili montaj istasyonunda ilgili operatörlerin ihtiyaç duydukları farklı parçaların maksimum miktarda özel tasarlanmış bir araç üzerinde, ürüne özgü bir şekilde hazır bulundurulmasıdır. Bunun için belirtilen sipariş numarasına göre, o siparişte geçerli parçaların montaj istasyonundaki monitörün kullanımı için özel olarak derlenmesi gereklidir. Bu derleme veya parçaları bir araya getirme işlemi, çok aşamalı parça toplama olarak tanımlanabilir.

Tam sipariş, parça veya malzeme toplama işlemi, müşteri siparişlerini kümelemekten ve planlamaktan, toplanan malzemeleri ilgili üretim veya montaj hatlarına sevk etmeye kadar olan tüm adımları içerir. Bu adımların çoğunda, belirli bir derecede otomasyon yapabilmek mümkündür.

Lojistik operasyonlarda çoğu depo çalışanları, sipariş ve malzeme toplayıcı olarak kullanır (De Koster, 2012: 458). Ayrıca, düşük seviyeli toplayıcıdan parçaya sistemlerde çeşitli teknolojik toplama araçları kullanılabilir. Parça toplayan operatörler, el tipi tarayıcılar, ses terminalleri, ışık yardımı ile toplama sistemleri ile desteklenebilir. Vries ve arkadaşları, gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada, kendilerinin tasarladıkları küçük bir parça toplama bölgesinde, kâğıt yardımı ile parça toplama sistemine odaklanmışlardır. Şekil 8’de belirtilen parça toplama alanı krokisi üzerinde ve kendi tasarladıkları parça toplama arabaları kullanarak, kâğıt yardımı ile deneysel çalışmalarını gerçekleştirmiş ve sonuçlarını geleneksel metot olan hat kenarı besleme sistemi ile karşılaştırma imkanı elde etmişlerdir (Vries vd., 2016: 1364).



Şekil 8. Deneysel parça toplama alanı yerleşkesi

Kaynak: Vries vd., 2016: 1368

Parça toplama, lojistik yönetiminin (ürün depoları, hammadde deposu, montaj için malzeme deposu, bölgesel depo, merkezi depo, bir lojistik hizmet sağlayıcısının çok kullanıcılı merkezi, vb.) en düzenli yapılması gereken ve en önemli işlevlerinden biridir. Bu nedenle

bir şirketin tüm tedarik zincirinin önemli bir parçasıdır. Optimal parça toplama sisteminin seçimi, işletmenin hizmet verdiği diğer bölümler ile günlük işlerin gerçekleşmesi için önemli bir rol oynamaktadır (Pulverich ve Schietinger, 2009: 424).

Optimal toplama sistemi, işletmenin hizmet seviyesine göre, diğer lojistik işlevlerle tüm etkileşimleri göz önünde bulundurarak ve şirkete özgü tüm sınır ve çerçeve koşullarını (ekonomik, stratejik, yapısal ve organizasyonel) dikkate alarak, genel lojistik sistemi için en uygun, en esnek ve en ekonomik sistemin seçilmesidir (Pulverich ve Schietinger, 2009: 425).

Yeni nesil sipariş ve parça toplama sistemlerinin kurulumu, genellikle milyonlarca dolarlık yatırımlar içerdiğinden, işletmeler genelleştirilmiş bir algoritma izlemek istemez. Şirket yönetimi karar aşamasında, operasyonel yönetim seviyelerini de (lojistik takım yöneticileri, sipariş toplama takım yöneticileri, nakliye takım yöneticileri, ustabaşı vb.) karara dâhil ederek, yüksek yatırımlı teknoloji yardımlı toplama metodunun seçiminde, kararı birlikte alır (Pulverich ve Schietinger, 2009: 425).

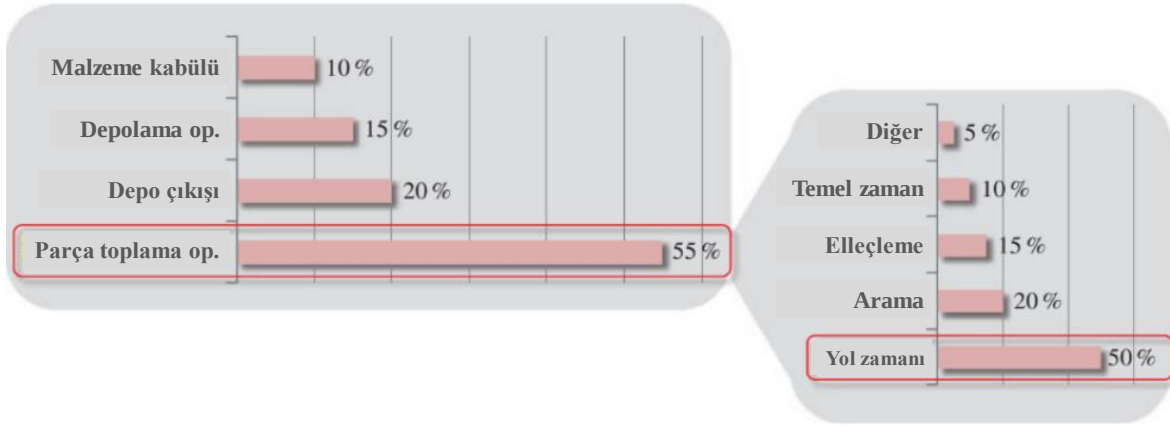
Montaj veya üretim hatlarına parça toplamanın ana amaçları arasında, parçaların önden kontrollü bir şekilde iç lojistik elemanları tarafından tek tek parça toplama arabasına konularak, doğruluğunun ve kalitesinin garanti altına alınması gelir. Bu sayede montaj elemanının hat kenarında parça arayarak ve vakit kaybederek verimsizliğe sebep olmaması ve yine çalışanın parçayı almak için herhangi bir yürüme yolu kat etmesi engellenmiş olacaktır.

Montaj hatları için parça toplama operasyonu temelde iki yönlendirme aşamasından oluşur (Schwerdtfeger vd., 2008: 91):

- Parçanın bulundu rafa doğru bir yol bulma
- Doğru parça kutusundan doğru adette toplama

Lojistik operasyonlarda, parça toplama operasyonları, diğer lojistik operasyonlara kıyasla, en büyük maliyet bloğudur. Bu nedenle hedef, parça toplama işlemini her zaman mümkün olduğunca verimli hale getirmektir. Verimliliğin artırılması amacıyla sipariş ve parça toplama operasyonları, genellikle uzman depo yöneticileri, mühendisler ve formenler tarafından en çok iyileştirme çalışmalarının yapıldığı operasyondur. Verimli parça toplama

operasyonları, düşük maliyet ve işçilik oranlarını yakalayıp, rakip firmalarınıza karşı rekabet avantajı elde etmenin önemli bir yoludur. (Franzke, 2018: 3).



Şekil 9. Depolardaki maliyetlerin dağılımı ve toplamadaki zaman payları

Kaynak: Franzke, 2018: 3

Şekil 9’da gösterilen parça toplama operasyonlarında yaklaşık zaman dağılımları incelendiğinde, parça arama zamanı ve kat edilen yürüme zamanlarının fazlalığı, toplama operasyonunun verimini düşüren ana etmenlerin başında gelir.

Parça toplama operasyonunun sistematığının genel mantığının oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken bir takım önemli noktalar bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

- Montaj edilecek parçaların, üretilecek ürüne özgü bir şekilde özel tasarlanmış komisyon arabasında dizilmesi.
- Komisyon arabasının, çalışan ile birlikte hareket etmesinin sağlanması ki, bu sayede yürüme yolları azaltılacaktır.
- Özel tasarlanan komisyon arabasının veya parça taşıma arabasının dizaynında montaj çalışanına bir inisiyatif verilmeden mümkünse montaj sırasına göre parçaların dizilmesinin sağlanması, yanlış parça takılmasını veya eksik parça ile ürünün gönderilmesini engelleyecektir.
- Komisyonlama miktarlarının artması ile montaj bölgelerinde kayda değer sepet azalması yaşanacağından, montaj bandı/istasyonu kenarında kayda değer alan tasarrufları sağlanacaktır.
- Montaj alanında daha önceden bulundurulmuş birçok parça ambarda kalacaktır.

- Komisyon arabaları birçok çeşitli parçalar için montaj istasyonunun ihtiyacına göre farklı şekilde tasarlanabilir (Şekil 10 ve Şekil 11).



Şekil 10. İhtiyaca göre tasarlanmış bir komisyon arabası örneği

Kaynak: <https://warehousing1.com/>

Şekil 10’da belirtilen ve ihtiyaca göre basit bir şekilde üç raflı tasarlanmış olan komisyon/parça toplama arabasında yaklaşık 20 adet parça bulunmaktadır. Parça toplama tekniğinin kullanılmadığı varsayıldığında işletme, her bir parça için iş istasyonlarının yanında sepet veya raf bulundurmak zorunda olacaktı. Fakat parçalar her sipariş emri için ayrı ayrı ambar bölgelerinde ilgili siparişe özgü bir araya getirip, belirli bir çevrim zamanı içerisinde hat kenarına götürmek, işletmeye hem alan, hem verim hem de kalite hatalarında tasarruf etme şansını vermiştir.



Şekil 11. İhtiyaca göre tasarlanmış kompleks komisyon arabası örneği

Kaynak: https://docplayer.org/55370904-_plg_logistik_transparenz-und-effizienz_bjv-pptx-plg-b-vogt-leiter-logistikplanung-1-20.html

Önceleri parça toplama prosesleri, tamamen manuel, insan gücü, insan dikkatine ve kontrolüne bağlı ve potansiyel hatalara açık bir prosestir. Bu proseste hataları engellemek için çalışanlar sürekli eğitimlerden geçirilir ve parça toplama esnasında yapılan hatalar elimine edilmeye çalışılırdı. Komisyon arabalarına parça seçen çalışanın dikkatsizliği sonucu yanlış parçanın komisyon arabasına konması veya bir parçanın eksik konulması, düşük çevrim zamanında çalışan montaj elemanının bu hataya fark edememesine ve yanlış parça monte etmesine ya da parça yok ise eksik parça ile ürünü göndermesine sebep olacaktır. Bu tip parça toplama hatalarının önüne geçmek için firmalar, muhakkak belirli bir maliyeti gözden çıkarmak durumunda kalmakta ve ek işçilik maliyetlerini göze almak zorundadır.

Parçaların toplanması esnasında ortaya çıkması muhtemel hata çeşitliliklerini Caputo ve arkadaşları, 5 temel hata şeklinde sınıflandırmışlardır. Bunlar; (1) parça toplamasında eksik parça olması, (2) parça toplama arabasında yanlış parça konulması, (3) parça toplama arabasına kullanıma uygun olmayan / hasarlı parça konulmuş olması, (4) komisyon arabasına yanlış sırada veya konumda yerleştirilmiş parçalar ve en son (5) ilk dört hatadan

her hangi birinin tespit edilememiş olması olarak işletmelerin karşısına çıkmaktadır (Caputo vd., 2017: 496).

Parça toplama operasyonları, özellikle parça varyantlarının çok olması ve toplanacak parça sayılarının çok olması durumunda, montaj hatlarında veya iş istasyonlarında parçaların monte edildiği karma ve esnek üretim modelleri için uygundur. Bununla birlikte, manuel parça toplama operasyonları emek yoğun bir iştir ve insan hatalarına çok açıktır. Dolayısıyla, yüksek iş gücü ve kalite maliyetleri nedeniyle manuel parça toplama operasyonları işletmelere zaman zaman pahalıya bile mal olabilir (Caputo vd., 2018: 1482).

Parça komisyonlama veya parça toplama operasyonunun amacı her ne kadar maliyet azaltmak olsa da, işletmeler parça komisyonlama hatalarının önüne geçmek için zaman ve para harcamak zorunda kalılabilmektedir. Bu kayıpları önlemek için iç lojistik departmanlarında da çeşitli Endüstri 4.0 uygulamalarını hayata geçirmek, hem zaman tasarrufu, hem iş gücü tasarrufu hem de hatasız bir operasyonun önünü açmakta ve firmaların rekabet gücünü artırmaktadır.

Parça ve sipariş toplamının temel hedeflerini Grosse ve arkadaşları şu şekilde sıralamıştır (Grosse vd., 2017: 1265);

- Montaj operatörün yürüme süresinin minimize edilmesi
- Toplam maliyetlerin en aza indirilmesi
- Üretim süresinin en aza indirilmesi
- Alan kullanımındaki verimin en üst düzeye çıkarılması
- Sipariş ve parça toplama hatalarının en aza indirilmesi
- İş kazası ve yaralanma risklerinin en aza indirilmesi ve iş güvenliğinin en üst seviyeye çıkarılması
- Çalışma koşullarının iyileştirilmesi

Parça ve sipariş toplamada sistem tasarım gereksinim ve önceliklerini yine Grosse ve arkadaşları şu şekilde sıralamıştır (Grosse vd., 2017: 1265);

- Parça toplama alanlarının yerleşimlerinin tasarlanması
- Çalışanın doğru yönlendirilmesi içi depolama alanının doğru bölgelere ayrılması

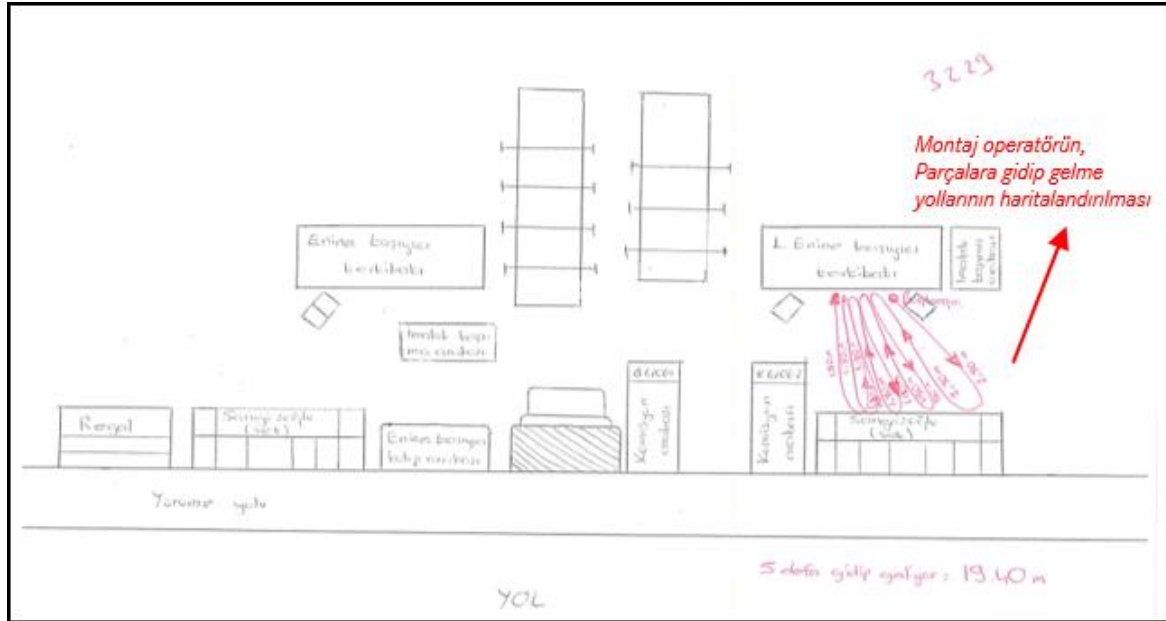
- Belirli parçaların ambar içerisinde gruplandırılmış olması
- Operatörün güzergâh ve rotasının bir sistematığının olması
- Parça ve sipariş toplama için yeterli ekipmanların hazır olması

Sipariş ve parça toplamada insan faktörlerinin etkileri, operatörün algısal, zihinsel, fiziksel, psikososyal duyularının doğru yönlendirilmesi için çalışma ortamı da çok önemlidir. Tüm bu tasarım, dizayn ve insan faktörlerinin doğru konumlandırılması sonucunun çıktısı, işletmeye performans, kalite, düşük maliyet, işçi sağlığı ve güvenliği olarak geri dönecektir. (Grosse vd., 2017: 1265).

Sipariş toplama yönetimi, özellikle verimli ve esnek sipariş toplama sistemlerinin planlanması ve organize edilmesi, önemli ve karmaşık bir planlama operasyonu olarak tanımlanmıştır (Marchet vd., 2015: 96).

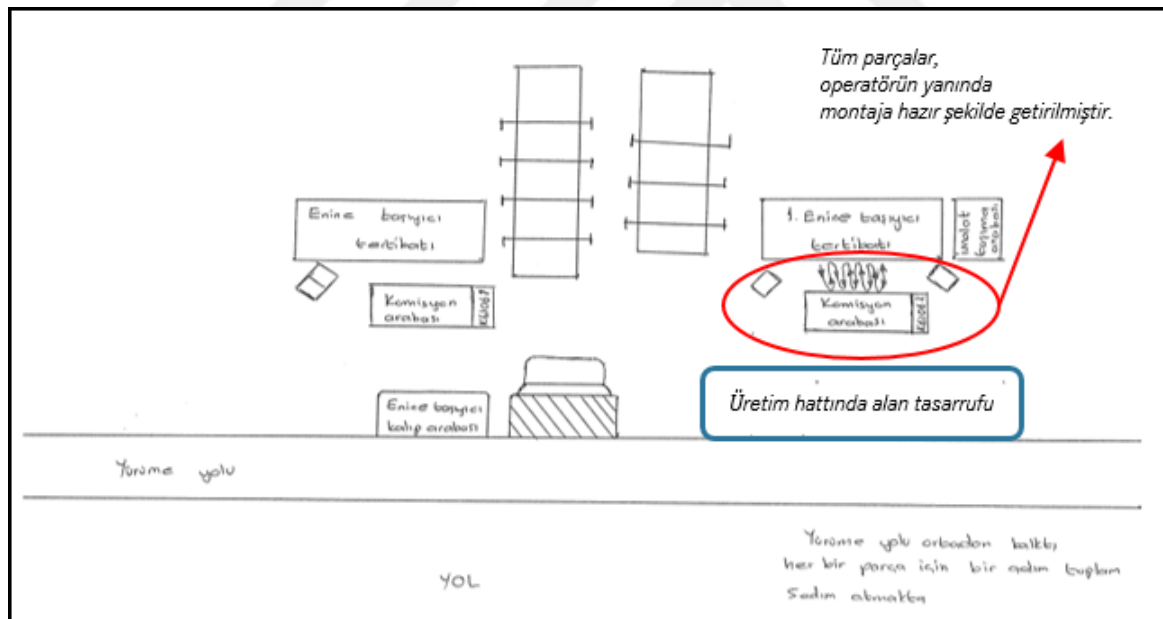
Sipariş toplama, müşterilerin talebini karşılamak için malzemelerin depolardan alınmasını içeren bir faaliyettir. Depolarda, bu aktivite genellikle emek yoğun olanlardan biridir. Elleçleme ekipmanı olarak insan elinin yerine başka bir makine koymak genellikle zordur. Otomatik elleçlemeye nadiren rastlanır. Bu nedenlerden, sipariş toplama maliyetleri, işletmelerdeki operasyonel maliyetlerin yaklaşık yarısı kadar olduğu söylenebilir (Frazelle, 2001: 7; Bódis vd., 2017: 189). Maliyetlerin bu kadar yüksek olduğu bir çalışma ortamında, bu alandaki herhangi bir iyileştirme önemli ölçüde maliyet azalmasına neden olabilir (Roodbergen, 2001: 16; Van Den Berg ve Zijm, 1999: 523).

Bir montaj operatörünün, çevrim zamanı içerisinde kendisine tanımlı görevleri gerçekleştirmesi için çalışmanın yapıldığı ABC otomotiv sanayisinde, tüm hareketlerinin haritalanması sonucu tüm katma değersiz yürüme yollarını kâğıt üzerinde göstermek mümkün olabilmektedir. Bu yürüme yolları haritalama çalışmasından sonra, montaj operatörüne, kullanacağı tüm parçaları özel bir araçla yanı başında bulundurmanın getireceği avantajlar bu sayede ortaya konulabilmektedir. Çalışanın yürüme yolları hissedilir derecede kısılacak ve parça arama süreleri minimuma indirgenmiş olacaktır.



Şekil 12. Operatörün ürünü tamamlamak için gerçekleştirdiği iş adımları

Kaynak: Teze konu olan fabrikada bir istasyondaki iş adımları gözlemlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.



Şekil 13. Tüm parçaların operatörün yanına konulmasından sonraki iş adımları

Kaynak: Teze konu olan fabrikada bir istasyondaki iş adımları gözlemlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 12 ve Şekil 13’de, bir montaj prosesinde bir çalışanın ihtiyaç duyduğu parçalara gidiş gelişlerini gösteren çalışmalarında da belirttiği gibi, çalışanın yanına parçalar getirildikten

sonra, bir başka deyişle ilgili ürün için kullanacağı tüm parçalar yanına getirildikten sonra çalışanın yürüme adımlarında belirgin oranda tasarruf sağlanarak verim artırılmıştır.

Sipariş ve parça toplama dünyasında, montaj hatları için parçaları veya malzemeleri toplama teknikleri ile ilgili çeşitli endüstrilerde bilinen ve kullanılan çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Bunlar;

- Kâğıt yardımı ile parça toplama
- Ses yardımı ile parça toplama
- Işık yardımı ile parça toplama
- Akıllı gözlük yardımı ile parça toplama
- Artırılmış gerçeklik yardımı ile parça toplama

şeklinde sıralanabilir.

Tez çalışmasında, uygulamaya konu olan sistem “ışık yardımı ile parça toplama” sistemidir. Uygulamada, “kâğıt yardımı ile parça toplama” “ışık yardımı ile parça toplama” teknolojileri birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Kâğıt yardımı, ses yardımı ve ışık yardımı ile parça toplama sistematiikleri, diğer yeni nesil teknolojiler (teknolojik gözlük yardımı, artırılmış gerçeklik yardımı, bulut sistemleri vb.) ile sıkça karşılaştırılmış, avantaj ve dezavantajları ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu çalışmaların en önemlileri; (Fager vd., 2019: 171; Krajcovic vd., 2014: 106; Wölfler ve Günthner, 2011: 25; Wolf vd., 2012: 54; Schwerdtfeger vd., 2009: 117; Schwerdtfeger, 2010: 99; Funk vd., 2016: 1; Funk vd., 2015: 605; Rammelmeier vd., 2011: 3; Grzeszick vd., 2017: 4; Weaver vd., 2010: 1697; Reif ve Walch, 2008: 988; Nelles vd., 2016: 2099; Baumann vd., 2011: 377; Guo vd., 2015: 17) şeklinde belirtilebilir.

2.1.3.1. Kâğıt yardımı ile parça toplama

Kâğıt yardımı ile ambarlardan parça toplama operasyonları, uygulanması en basit ve en ucuz sistemdir. Kâğıt üzerine basılı toplama listesi, her bir malzemenin konumunu, seçilecek/toplanacak öğenin sayısını ve ambar içerisinde bulunduğu konumu belirtir. Bu sistem, özellikle küçük ölçekli depolarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sadece metin içeren kâğıt seçim listeleri, hantal ve okunması veya yorumlanması zor olabilir. Seçim

listesinden belirli bilgiler eşzamanlı olarak yorumlanırken, görevin tamamını tamamlayabilmek için iş yükünü yönetme noktasında parça toplayıcının dikkatine ihtiyaç duyulduğu için hata eğilimi yüksektir (Baumann, 2012: 10).

İşletmelerde, ürettikleri ürünlerde yaşanan hataların, teslimat kalitesi ve müşteriler ile tedarikçiler arasındaki ilişkisi üzerinde güçlü bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, sıfır hata ile parça toplama, birçok parçadan meydana gelen ürünlerin üretilmesinin başarılabilmesinde önemli bir hedeftir. İnsanların esnekliğine ve motor becerilerine, ürün yelpazesi ve dolayısıyla ürün çeşitliliği yüksek olan işletmelerde ihtiyaç vardır. Bu nedenle, tam olarak süreç otomasyonu (örneğin robot kullanımı) fazla mümkün gözükmemektedir. İnsanlar, sipariş ve parça toplama için genellikle en iyi çözümdür (Aleksy vd., 2018: 145). Geleneksel olarak, operatörler parça toplama iş emirlerini, operatörler için sezgisel olan ancak ele alınması zahmetli olan kâğıt yardımı ile parça toplama listeleri ile yaparlar (Schwerdtfeger vd., 2009: 116).

Yapılan birçok araştırmada, teknoloji destekli parça sistemleri her zaman kâğıt ile parça toplama sistemleri ile karşılaştırılmış ve avantajları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Operatörün kâğıt yardımı ile, iş emrinde belirtilen parçayı toplayacağı bölmeyi bulması, doğru miktarı seçmesi, ve malzemeleri taşıma arabasına koyması teknoloji yardımıyla daha verimli hale gelebileceğinin karşılaştırmalarına literatürde rastlanmıştır (Guo vd., 2014; Schwerdtfeger vd., 2009: 117; Weaver vd., 2010: 1698; Funk vd., 2015: 607).

Kâğıt yardımı ile parça toplama operasyonlarında olası hata türleri şu şekildedir;

- Parçanın bulunduğu sepetin/rafin konumunun hatalı okunması
- Parçanın bulunduğu sepetin/rafin konumunun hatalı atanması
- Parça numarası birbirine çok benzer parçaların optik olarak da ayırt edilemeyip, yanlış parçanın seçilmesi olasılığı
- Operatörün bir parçayı seçmeden iş emri üzerinde onaylaması ve parçayı taşıma aracına koymaması (montaj hattında eksik parça)
- Operatörün bir parçayı seçtikten sonra iş emri üzerinde onaylamaması ve parçayı ikinci defa toplama aracına koyması (montaj hattında fazla parça)

Parça toplama sürecinin etkinliği, operatörün iş emri listesi üzerinde yer alan bilgileri tanımlayabilmesiyle, alanın fiziksel parametreleriyle ve çalışanın tecrübe seviyesiyle büyük ölçüde etkilenir.



Şekil 14. Kâğıt yardımı ile parça toplama deneysel gösterimi

Kaynak: Baechler vd., 2016: 523

2.1.3.2. Ses yardımı ile parça toplama

Ses yardımı ile parça toplama operasyonu, bir operatörün parça toplama iş adımlarını yönlendirmek için ses ve ses kontrolünü kullanan bir teknolojidir. Parçaları seçip toplayacak operatör, üzerine sabitlenebilen küçük bir terminale bağlı bir kulaklık takar ve bu terminal yardımı ile kablosuz iletişim kurabilir. Kulaklıklı mikrofon seti yardımı ile, parça toplayıcı operatör, bir sonraki seçilecek malzemenin yeri hakkında bilgileri otomatik olarak alır. Parça seçici, mikrofon aracılığıyla onay vererek konumu onaylar ve ardından seçilen malzemenin veya parçanın miktarını da onaylar. Bu operasyon, iş emri tamamlanana ve bir sonraki iş emri başlatılana kadar tekrar eder. Birçok ses yardımı ile parça toplama sistemi, sistemin operatörün sesine doğru şekilde adapte olmasını sağlayabilmek için kullanıcıların kısa bir eğitimini ihtiyaç duyar. Bu sistemde, parça toplayan operatör, iş emrinin başlangıcından

sonuna kadar toplama operasyonunu tamamlamak için bağımsız olarak çalışabilir (Vries vd., 2016: 2261).

Üretim hatları için parça toplama ve seçme sistemlerinde hata oranı, iş emirlerinin gerçekleştirilme teknolojilerine ve hangi teknoloji ile parçaların toplandığına yakından bağlıdır ve işletmelerin ürün kalite ve maliyetlerine direk etkisi vardır (Hompel vd., 2011: 65).

Hompel ve arkadaşlarına göre, parça toplama operasyonlarında yaptıkları deneysel bir çalışmaya göre hata çıkma oranları, kâğıt yardımı ile toplama prosesi için % 0.35, ışıkla parça toplama sistematiği için % 0.40 ve ses yardımı ile parça toplama için % 0.08 şeklindedir. Bu da, % 0,40 lık bir hata oranı için 1000 adetlik bir parça toplamada, iş emrinin içindeki her dört malzemenin veya parçanın hatalı olduğu anlamına gelir. Bu oran dahi müşteriler için kabul edilemez bir orandır, çünkü bu operasyondaki her hata üretim hattının durdurulmasına veya ürün kalitesinde hataya neden olabilir (Hompel vd., 2006: 34).

Ses yardımı ile parça toplama esnasında operatör, bilgisayardan gelen mekanik ses talimatlarıyla yönlendirilir. Maalesef, bu sistem gürültülü endüstriyel ortamlarda bir takım zorlukları da beraberinde getirir. Ses yardımı ile parça toplama prosesi için operatörün tüm gün monoton bir sesin kendisine gerçekleştireceği iş adımlarının söylenmesinin de, çalışanlar için sıkıcı olabileceğinin de tartışılması gerekir (Reif ve Günthner, 2009: 462).

2.1.3.3. Işık yardımı ile parça toplama

Işık yardımı ile parça toplama sistemlerinin tamamında, ambarlarda ve parça toplama alanlarında bulunan her malzeme bölmesine bir ışık modülü ve elektronik ekran entegre edilmesiyle başlar. Bir parça toplama iş emri başlatıldığında (örnek: bir barkod taraması yoluyla), seçilecek parçaların veya malzemelerin elektronik ekranları, yani göz alıcı ışık ve miktar ekranları açılır. Operatör, açıkça görülebilen ışıkla öğelerin hızlı bir şekilde seçileceği rafı tanımlayabilir ve miktar ekranı toplanması gereken parça sayısını gösterir. Parça veya malzemeleri seçtikten sonra düğmeye basar ve ekran söner. Operatörün tüm operasyon adımları, malzeme bilgi sistemine veya parça yönetim sistemine doğrudan bağlantı yoluyla iletilir.

Endüstride, parça toplama hazırlığının nasıl tasarlanması gerektiği konusunda bir fikir birliği ve belirli bir önerme bulunmamaktadır. Bunu ile birlikte birkaç farklı yaklaşım mevcuttur

(Hanson vd., 2017: 571). Faccio ve arkadaşlarına göre her parça toplama döngüsünde, birçok parçanın bir araya getirildiği çoğul toplama, bazı işletmeler tarafından tercih edilirken, diğerleri bir seferde bir parti hazırlamayı tercih edebilmektedirler (Faccio vd., 2015: 145). Benzer şekilde, parça toplama bilgilerinin toplayıcılar tarafından ışık yardımı ile toplanması, dijital ekranlar yardımı ile toplanması veya kâğıt listeleri ile toplama şekilleri de tercih edilmektedir (Brynzér ve Johansson, 1995: 121). Dolayısıyla bu çeşitli parçama toplama şekilleri, parça topluluklarına dahil olan parçaların fiziksel özelliklerine, üretim hacimlerine ve ürün çeşitliliğine bağlı olduğu söylenebilir (Hanson vd., 2016: 356).

Işık yardımı ile parça toplama, ışık sinyallerinin yardımı ile parça toplayıcı operatörü destekleyen bir toplama teknolojisidir. Bu teknolojiye, toplayıcıların raflardan veya sepetlerden ilgili malzemeleri ve parçaları aldığı parça toplama uygulamalarında sıklıkla rastlanır (Sharp vd., 1996: 515). Her parçanın bulunduğu bölmeye veya sepete ışıklı bir ekran bağlanır ve iş emrinin toplanacağı sinyali alındığında toplanacak tüm malzemelerin ışıkları yanar. Toplanması gerekli miktar ekranda belirir ve toplayıcılar bir düğmeye basarak malzemeyi veya parçayı aldığını onaylar. Bu operasyon, iş emrindeki tüm parçalar operatör tarafından alınan kadar yani tüm ışıklar sönünceye kadar devam eder. Daha sonrasında ise başka bir emir başlatılabilir (Vries vd., 2016: 2261).

Bazen “ışığa doğru toplama [pick to light]” olarak da adlandırılabilen ışık yardımı ile parça toplama sistemlerinde, ambar raflarında veya sepetlerinde küçük ışıklar ve ekranlar yerleştirilir. Bir parça toplayıcı, koridorlardan geçerken, raflar üzerinde yanan ışıklar yardımıyla hangi parçayı alacağını, ekranlar yardımı ile de kaç adet parça alacağını görür. Parça veya parçalar seçildikten sonra, ilgili rafın veya sepetin ışığını söndürmek için düğmeye basacaktır ve diğer ışığı yanan parçaya yönelecektir. Bu sistemleri kurarken, düğme ihtiyacı olmadan sensor algılayıcılar yardımı ile de ışığı söndürebilecek şekilde tasarlamak mümkün olsa da, sensor algı hatalarının potansiyellerinden dolayı çok tercih edilmemektedir (Guo vd., 2014: 72).

Baechler ve arkadaşları, ışık yardımı ile toplama sisteminin avantajlarını, envanter değişikliklerinde yüksek şeffaflık, paralel sipariş işleme olasılığının yüksek olması, depolama yerlerinin ve parça miktarlarının göstergesinin görsel olarak belirlenmesi, katma değersiz sürelerin ve iş adımlarının azalması ve dolayısıyla daha yüksek bir toplama performansının ortaya çıkması olarak sıralamışlardır. Işık yardımı ile toplama sisteminin

dezavantajlarını ise, yüksek yatırım maliyetleri, üstün bir yönetim sistemine duyulan ihtiyaç ve yüksek organizasyonel çaba olarak sıralamıştır (Baechler vd., 2016: 524)

Işık yardımı ile parça toplamanın sistem gereksinim ve kurulumları için bir alt yapı çalışmasına ihtiyaç duyulur. Şekil 15’de gösterildiği gibi sistem, parça kutularının veya sepetlerinin altına veya yanlarına kurulur. Sistemde ışık, dijital ekran ve düğmeler bulunur. Lambanın yanıp sönmesi, toplayıcıya hangi parçayı seçeceğine ve kaç adet alacağına işaret eder. Operatör parçayı seçtikten sonra, düğmeye basarak operasyonu sonlandırdığı sinyali sisteme iletmış olur. Daha sonrasında ise bir sonraki yanan lambanın konumu, hangi parçayı seçeceğini operatöre gösterir (Baechler vd., 2016: 524).



Şekil 15. Işık yardımı ile parça toplama sisteminin deneysel kurulumu

Kaynak: Baechler vd., 2016: 528

2.1.3.4. Gözlük yardımı ve artırılmış gerçeklik ile parça toplama

Lojistik alanında en önemli görevlerden birisi olan sipariş toplama görevinde hatalardan kaçınabilmek için parçaları toplayacak operatörlere en uygun şekilde bilgi verilmelidir. Parça toplama hatalarının maliyeti üretim hatlarını durdurabilecek kadar yüksek olabilir. Toplanacak parça bilgilerini operatöre aktarmak için farklı teknikler vardır. Sipariş

toplayıcıyı verimli bir şekilde bilgi ile desteklemenin teknolojik yollarından birisi de, gözlük yardımı ile parça toplama sistemidir. Bilgi akışının sağlanması, çalışanın bir teknolojik bir gözlük yardımı ile verilerin çalışanın görüş alanına yansıtılması ile mümkün olabilmektedir. Sistem, çalışanın kafasına ergonomik bir şekilde konumlandırabileceği, veri alış verişi sağlayabileceği teknolojik gözlük ve alıcı kitinden oluşmaktadır (Reif ve Walch, 2008: 989)



Şekil 16. Teknolojik gözlük yardımı ile parça toplama sistemi örneği

Kaynak: <https://www.thelogisticsiq.com/portfolio/order-fulfillment-system-next-big-opportunity-in-warehouse-automation-market/>

Parça toplayıcı operatör için tüm veriler sürekli olarak gözlerinin önünde durmakta ve bu da operatörün parça aramasını ve yanlış parça toplamasını engeller. Akıllı gözlük, operatöre toplanacak parçanın tüm konum ve adet bilgilerini gösterir. Gözlük yardımı ile parça toplama teknolojisi hem kaliteli bir operasyon gerçekleştirilmesini sağlar hem de operasyonun verimini artırır.

Operatörün baş bölgesine konumlandırılan, insan ve teknik sistem arasındaki ara yüz olan teknolojik gözlük ve onun çevresel donanımlarının ergonomisi çok önemlidir. Bu donanımın görevi, sipariş toplayıcıya gerekli bilgileri görüntülemenin yanı sıra ergonomi ve cihazın fizyolojik zararsızlığıdır (Reif ve Günthner., 2009: 462).

Temel olarak, gözlük yardımı ile parça toplama teknolojisi, görsel anlamda bilgi sağlayan bir teknolojidir. Schwertfeder ve arkadaşları, gözlük yardımı ile parça toplama teknolojisini, izleme sistemi kullanan ve kullanmayan şeklinde ikiye ayırmıştır. Sistem kullanıcılarının konumlarını tahmin etmek için izleme teknolojilerini kullanmayan sistemler, temel olarak toplanacak parçaların metin bilgilerini bir öge veya resim listesi şeklinde sunarlar. Bu sistemleri 2 boyutlu (2D) görüş sistemi olarak adlandırmışlardır. Diğer 3 boyutlu (3D) destek

sunan sistemi de, izleme teknolojisi kullanıldığı için artırılmış gerçeklik yardımıyla parça toplama olarak tanımlamışlardır (Schwerdtfeger vd., 2009: 117).

İşletmeler içerisinde, artırılmış gerçeklik konusunda araştırma yapmak zor bir iştir çünkü işletme ortakları, yatırım yaptıkları bir teknolojinin avantajlarını ve kabiliyetlerini bilmek isterler. Artırılmış gerçeklik ile parça toplama teknolojisi, hala çözülmemiş birçok probleme sahiptir (Schwerdtfeger vd., 2009: 123).

Guo ve arkadaşlarına göre de, artırılmış gerçeklik sistemleri henüz kâğıt yardımı ile parça toplama sistemlerine kıyasla, doğruluk oranlarında veya verimlilik adına parça toplama hızlarında önemli bir gelişme gösterememiştir (Guo vd., 2015: 18).

Funk ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği deneysel çalışmada, artırılmış gerçeklik yardımı ile sipariş toplama teknolojisi yaklaşımında, operatörün doğru bölmeden parça aldığı algılanabilmekte, ancak kaç öge seçildiğini algılanmamaktadır. Bu sorunu, operasyon sürecine bir ölçek ekleyerek çözmüşlerdir. Bu teknolojinin kullanılmasının daha büyük depolarda mümkün olmadığını düşünmektedirler çünkü daha büyük depolarda, artırılmış gerçeklik sistemi yardımı ile parça toplama alt yapısı kurulumunun maliyetlerinin çok yüksek olacağını belirtmişlerdir (Funk vd., 2015: 607).

Fager ve arkadaşları da gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarda, kâğıt yardımı ile parça toplama ve artırılmış gerçeklik yardımı ile parça toplama arasında kayda değer bir fark görememişlerdir (Fager vd., 2019: 170).

Aslında, çoğu artırılmış gerçeklik sistemi temel olarak, uygun olmayan donanım sorunları nedeniyle ve henüz çözülemeyen kullanılabilirlik sorunlarından dolayı, çeşitli uygulamalar için laboratuvarlarda geliştirilmiş prototipleri kullanmaktadır. Ayrıca, artırılmış gerçeklik kullanıcı ara yüzünün ne kadar iyi olduğunu bilmeden, kullanıcının bu teknolojiden ne kadar verim alabileceğinin belirlemesi gerekir ki, sistemin etkili olup olmadığını belirlenebilsin. Artırılmış gerçekli teknolojisi ile parça toplama operasyonlarının şu an için önerilmesi kolay değildir (Schwerdtfeger, 2010: 6).

Artırılmış gerçeklik teknolojileri son yıllarda hızlı bir şekilde ilerlemesine rağmen, işletmelerdeki birçok uygulayıcı, artırılmış gerçeklik teknolojilerin günlük endüstriyel kullanım için henüz yeterince olgun olmadığını belirtmektedir. Birçoğu, artırılmış gerçeklik çevresel donanımlarının daha kompakt, sağlam ve daha fazla görsel konfor, görüş alanı ve

mekânsal ortam çözünürlük sağlayan gelişmiş optiklere sahip olma ihtiyacını ifade etmektedir (Kim vd., 2016: 255).



Şekil 17. Artırılmış gerçeklik ile birlikte parça toplama simülasyonu

Kaynak: Kim vd., 2016: 254

Şekil 17’de de gösterildiği gibi, artırılmış gerçeklik teknolojileri yardımı ile parça toplayan çalışanın önünde sanal olarak parçaların koordinatları ve adetleri belirir. Çalışan bu yönlendirmeler ile parçalarını taşıma aracına sırası ile seçerek, hatasız ve verimli bir şekilde iş emrini tamamlar.

Artırılmış gerçeklik sisteminin üç boyutlu görselleştirilmesi, işletmeye yeni fırsatlar sunar. Bu sistem, gerçek ortamın sanal ortam ile bütünleşmesine izin verir. Sanal olarak geliştirilmiş üretim ve lojistik düzenine sahip bir artırılmış gerçeklik planlama sistemi, planlamacıdan operasyon personeline kadar herkesin birbiri ile iletişim halinde kalmasını sağlar. Planlamacılara, planlama sürecinde operasyonel personel tarafından eşlik edilmesi ve desteklenmesi ve operatörlerin deneyimlerini artırması açısından önemlidir. Özellikle sipariş veya parça toplama sistemleri söz konusu olduğunda, tüm sistemin ilgili birimler ile beraber çalışması, başarıya ulaşmak için gereklidir (Reif ve Walch, 2008: 988).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YÖNTEM

Tez çalışmasına konu olan çalışma, XYZ otomotiv ana sanayinde faaliyet gösteren bir firmada, bir iç lojistik operasyonunun sistematığının değiştirilmesi yönünde gerçekleştirilmiştir. İşletmedeki iç lojistik operasyonlarının büyük kısmı emek yoğun iş gücüne, dikkate, hatasızlığa ve hıza dayanmaktadır. Çalışmada, işletmenin iç lojistik operasyonlarının önemli bir unsuru olan parça toplama operasyonlarının mevcut durum analizleri gerçekleştirilmiştir. Mevcut durum analizinde, parça toplama operasyonunun geleneksel kâğıt yardımı ile yapılması esnasında ortaya çıkan değerler kayıt altına alınmıştır. Sonrasında ise, parça toplama operasyonunun teknoloji desteği ile yapılmasından sonraki veriler ile karşılaştırılmıştır. Çalışma, vaka analizi olarak gerçekleştirilmiştir.

Mevcut durumunun analizinden sonra, teknoloji yardımlı sistemin getirdiği iyileştirmeler eski sistem ile karşılaştırılıp, sistem değişikliğinin faydalarına ve kazanımlarına yönelik raporlama yapılacaktır. Birçok farklı disiplin tarafından uygulanabilen vaka analizinden faydalanılmasının amacı, somut çalışma ortamındaki detaylı ve karmaşık konuların derinlemesine analiz edilmesi ve çok yönlü incelenmesine ve bununla birlikte kavranmasına imkân yaratan bir araştırma yaklaşımı olmasıdır. Vaka analizi araştırma yaklaşımı, bir işletmenin herhangi bir sürecini geliştirme aşamasındaki ilişkileri ve metotları kavramayı sağlayabilmekte, elde edilen bulguları da, nedenleri ile birlikte açıklamayabilmede yardımcı olmaktadır. (Yin, 1999: 1211).

3.1. Araştırmanın Yöntemi

Çalışmada vaka analizi yaklaşımından yararlanılacak ve operasyonel anlamda gerçekleştirilecek olan iyileştirmelerde, nicel veriler analiz edilip yorumlanacaktır. Pilot bölgede gerçekleştirilecek çalışmaların ardından, eski durum ile yeni durum görselleştirilerek detaylıca analiz edilecektir. Parça toplama tekniğinin değiştirilmesinden sonra ise verim artışı da hesaplanarak çalışmanın sonucu olarak sunulacaktır.

3.2. Veri Toplama

Bu çalışmada ele alınacak uygulamaya konu olan “ışık yardımı ile parça toplama”, kendi alanında lider bir otomotiv ana sanayinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama deneysel bir

çalışma için seçilen pilot bir bölgede, ürün ve sonuçların anonimleştirilerek sunulmasından oluşacaktır. Bu tip çalışmalarda, anonim yaklaşımlar, genellikle çalışmanın içerisinde paylaşılmak istenmeyen şirket verilerinin gizliliğini garanti altına alır. Eğer çalışma çok küçük bir grup ile yapılıyorsa, konu içerisindeki gizliliğin ihlal edilmesi ihtimali ortaya çıkabilir (Quick ve Hall, 2015: 130). Mevcut durumun öncesinin ve sonrasının analizlerini içeren uygulamalar genellikle belirli bir yer, çalışma metodolojisi, insanlar veya çeşitli teknolojiler üzerine gerçekleştirilebilmektedir (Green ve Thorogood, 2004: 284).

Bu çalışmadaki uygulama, seri üretimi yapılan ve binlerce parçanın bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan bir ürünün ambar bölgesinde yapılmıştır. Çalışmada, büyük bir teknoloji yatırımı yapılmadan önce, deneysel ve önceden belirlenmiş küçük bir bölgede bir ön uygulama yapılması planlanmıştır. Deneme uygulamasının yapılmasından sonra veriler, uygulama öncesi ve uygulama sonrası şeklinde sayılar ve yüzdesel değişimler ile raporlanacak ve iki teknoloji arasındaki verim ve süreç kalitesi ortaya konulacaktır. Teze konu olan vaka çalışmasındaki aşamalar aşağıda belirtildiği gibi olması planlanmıştır;

- Uygulama alanı seçme
- Uygulama öncesi verilerin (zaman analizleri) toplanması
- Uygulama sonrası verilerin (zaman analizleri) toplanması
- Toplanan verilerin analiz edilmesi, birbirleri ile karşılaştırılması ve yorumlanması
- Tüm bulguların raporlanması

Çalışmaya konu olan vaka, uygulamada ve literatürde yeri olan bir üretim/montaj prosesine hizmet veren bir iç lojistik prosesidir.

Parça toplama operasyonlarının performansının genellikle önemli bir belirleyicisi olan insan özellikleri, bu araştırma akışında geniş ölçüde göz ardı edilmiştir.

3.3. Veri Analizi

Veriler analiz edilirken, literatürde bulunan benzer çalışmalar ile kıyaslamalar yapılacaktır. Literatürde daha önce yapılmış çalışmalar ile kıyaslama yapılması, uygulamanın sonucunda elde edilen verilerin diğer çalışmalar ile karşılaştırılabilmesi, çalışmanın sonucunun kabul edilebilirliğini artıracaktır. Literatürdeki çalışmalar ile gerçekleştirilen uygulamanın ne

kadar birbiri ile örtüştüğü veya farklılıklar gösterdiğini anlayabilmek, çalışmayı değerli kılacaktır. (Yıldırım ve Şimşek, 2016: 297).

Tez çalışmasına konu olan “ışık yardımı ile parça toplama” çalışmasında, hali hazırda işletmenin yıllardır kullandığı parça toplama yöntemi olan “kâğıt yardımı ile parça toplama” yönteminin, elde edilen verilerin analizleri sonucunda, işletmenin belirli bölgelerinde tüm sistemin değiştirilip değiştirilmeyeceğinin kararı verilecektir.

Verilerin analizinde, parça toplama sürecinde maliyet tasarrufu, zaman tasarrufu, işçilik tasarrufu, sürecin çevrim zamanının düşürülmesi, kalitenin artırılması ve olası geçmişte de yaşanan hataların önüne geçilmesi gibi kazanımların ortaya çıkıp çıkmayacağı dikkate alınacaktır.

3.4. Deneysel Tasarım

İşletmenin pilot olarak seçilmiş bir bölgesinde ışık yardımı ile parça toplama operasyonlarının gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Bir ön deneme amacı taşıyan bu pilot uygulama ile sistemin getirilerinin ölçülmesi planlanmış ve belirli bir oranda başarı sağlandıktan sonra ise sistemin tüm ambar parça toplama bölgelerinde kurulması kararı net olarak verilmesi planlanmıştır.

Pilot bölge yaklaşık 80 metrekairelik bir bölge olup toplamda 8 adet raf içermektedir. Bu bölgede kurulacak ışık yardımı ile parça toplama sistemi bir ön montaj parçasının parçalarını içerecektir. Ana hattın çevrim zamanı 20 dakika olup, ön montaj bölgesi için bandı besleme çevrim zamanı da 20 dakikadır. Parça toplayıcı operatörün her 20 dakikada yaklaşık 20 adet parçayı montaj elemanları için hazır etme görevi bulunmaktadır.

Deneme bölgesindeki uygulamanın temel amaçları şu şekildedir;

- Toplama kalitesi: Hata olasılığını, çalışana ışık yardımıyla parça alması gereken bölümleri göstererek, en aza indirmek
- İşin verimliliği / Zaman tasarrufu: Sistem aynı zamanda kâğıt esaslı mevcut yönteme göre toplama işlemini de hızlandırmak zorundadır.
- Çalışma konforu: Işık yardımı ile parça toplamak, operasyonu önemli ölçüde kolaylaştırmalı ve basitleştirmelidir. (çalışanın kâğıt üzerindeki iş emrinin basılı olduğu kâğıt üzerindeki verileri doğrulaması gerekmez).

- Çalışan tecrübesi: Çok kısa bir eğitimden sonra, nitelikliliği çok düşük çalışanlar bile, uzun yıllara dayanan deneyime sahip çalışanlarla eş değer kalitede ilgili operasyonu yürütebilecek duruma gelebilmelidir.

Pilot uygulamayı devreye alacak firma, kendi alanında öncü teknolojiler kullanan, bünyesinde alt yapı sistemlerini kurabilecek ekiplere ve ışık yardımı ile parça toplama sistemini, fabrika lojistik sistemleri ile entegre edebilecek programcılara da sahiptir. Firma aynı zamanda tamir ve bakım hizmetleri verebilecek bir firmadır. İşletme için işin devamlılığı ve işletme maliyetleri de önemli bir kriterdir.

Pilot çalışma için önce alan belirlenmiştir. Işıklar ve göstergeler ile donatılacak alan olarak valf ön montaj alanı seçilmiştir. İlgili alan yaklaşık 50 metrekare büyüklüğünde bir alandır. 8 raf ve her başı 20 gözden toplam 160 adet küçük parça kutusu bulunmaktadır.



Şekil 18. Pilot çalışma yapılacak alanın genel görüntüsü

Kaynak: Teze konu olan fabrikadaki pilot bölgeden yazar tarafından çekilmiştir.



Şekil 19. Işık ve gösterge ekranlarının montaj edileceği raf ve bölge

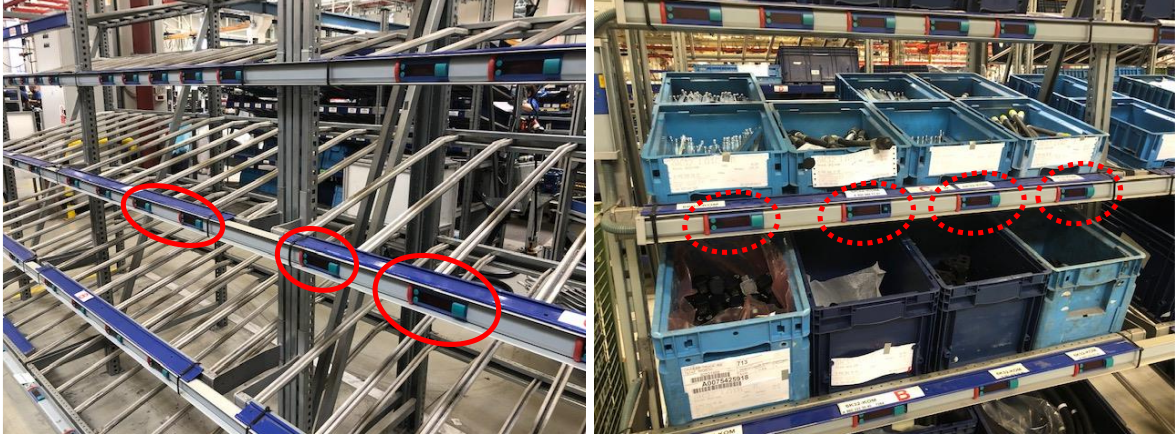
Kaynak: Teze konu olan fabrikadaki pilot bölgeden yazar tarafından çekilmiştir.



Şekil 20. Pilot bölge parça toplama arabası ve kontrol listesi

Kaynak: Teze konu olan fabrikadaki pilot bölgeden yazar tarafından çekilmiştir.

Şekil 18 ve Şekil 19’da gösterilen, deneysel çalışmanın yapılacağı pilot bölgede, konusunda uzman dış bir firma sırasıyla rafların ön taraflarına ışık ve göstere montajlarını Şekil 21’de gösterildiği gibi yapmıştır. Işık yardımı ile parça toplama sisteminin eksiksiz kurulabilmesi ambar dokümantasyon sistemleri ile de konuşabilen ara programlar da firma tarafından kurulmuş ve devreye alınmıştır.



Şekil 21. Işık, gösterge ekranlarının ve düğmelerin raflar üzerine yerleştirilmesi

Kaynak: Teze konu olan fabrikadaki pilot bölgeden yazar tarafından çekilmiştir.

Işıkların pozisyonları, operatörlerin algılayacağı şekilde düzenlemiştir. Operatörün iş adımlarında hata yapmaması için bir nevi bir “poke-yoke” uygulanmıştır. Bu uygulamada, operatör parça toplama işleminin başlangıcında tüm toplayacağı parçaların ışıkları bir kere yanıp söner ve toplamaya ilk başlayacağı yerdeki ışık yanar vaziyette olur. Operatör, ışığa ait olan parçayı gösterge ekranında belirtilen miktar kadar aldıktan sonra bu iş adımını tamamlar. Bu iş adımının sonunda, parçayı aldığına dair düğmeye basar. Operatör düğmeye bastıktan sonra topladığı parçanın ışığı söner ve diğer toplayacağı parçaya ait ışık yanar. Operatör ilgili parçaya yönelir ve parça işlemine devam eder. Parçalar toplandıkça ve düğmeler vasıtasıyla onaylar verildikçe bir sonraki parçanın ışığı yanar ve proses bu şekilde ilerlemeye devam eder. Operatör son parçaya geldiğinde ve parçayı alıp ilgili düğmeyle onayladıktan sonra, gösterge ekranında “son” ibaresini görür. Bu şekilde operatör tüm parçaları topladığından emin olur, iş emrindeki tüm parçaları toplama arabasına koymuş olduğundan emin olarak hata yapmamış olur. Parça alındıktan sonra düğmeye basılması ve iş emrinde takip eden parçanın ışığının hemen yanması, çok basit fakat çok etkili bir poke yoke uygulamasıdır. Literatürde ışık yardımı ile parça toplama deneysel çalışmalarında en çok rastlanan hata türü olan, “iş emrinin eksik parça ile tamamlanması” hatası, bu şekilde ortadan kaldırılmış olunur.

Işık yardımı ile parça toplama sistemi pilot bölgede devreye alındıktan sonra zaman etütlerine başlayabilmek mümkün olmuştur. Şekil 22’de gösterilen raflar üzerine ışıklar ve led ekranlar monte edilmiş ve devreye alınmıştır.



Şekil 22. Işık yardımı ile parça toplama sisteminin devreye alınma görüntüsü

Kaynak: Teze konu olan fabrikadaki pilot bölgeden yazar tarafından çekilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mevcut Durum Analizi

Deneysel ve belirli bir bölgede gerçekleştirilen bu örnek çalışmanın amacı, ışık ile parça seçme yönteminin tüm faydalarını ölçebilmek yani öngörülen tasarrufların ve getirilerin hayata geçirilebildiğini ispatlamak olmuştur. Buradan çıkan ve çıkacak sonuçlar ile birlikte ilgili firmanın ambar holünün tamamında ışık yardımı ile parça toplama yöntemine geçilme kararı alınabilecek ve yatırımlar bu yönde yapılabilecektir. Karar alma noktasında yönetimin ikna edilmesi önemli konuların başında gelmiştir. Yeni bir projenin veya uygulamanın kabul edilmesi için işletme yönetiminin hemen ikna olması beklenir ki, planlanan iş bir an önce hayata geçirilebilsin. Günümüz dünyasının belirsizlikleri ve ekonomik şartları içerisinde bu çok kolay bir konu değildir. Eğer projeniz veya fikrinizde kesinlik var ise fikriniz veya yeni bir uygulama talebiniz için kimseyi ikna etmenize gerek kalmayacaktır (Legget ve Rosanas, 2008: 6).

Özel sektörün kullandığı en önemli yatırım kıstası karlılıktır. Bireyler ve firmalar irili ufaklı yatırımlarını ve projelerini, işletmelerine en fayda sağlayacağını bekledikleri faaliyetlere yönlendirirler. Finansal karlılık, mevcut bir çalışma prosesinin değiştirilmesi için ön koşullardan biridir ve kapsamlı bir fizibilite değerlendirmesi ile gösterilmelidir (Sanchez, 2005: 20).

Bu çalışmada, işletmenin parça toplama ambar bölgelerinde, ışık yardımı ile parça toplama projesinin ön çalışmalarına, fizibilite çalışmaları ile başlanmıştır. Bir pilot bölgede uygulamanın bir örneği gerçekleştirildikten sonra hesaplanacak olan kazanımların karlılık oranlarına göre, firma içerisinde bulunan tüm lojistik parça toplama alanlarına bu uygulamayı genişletme kararını vererek teknolojik yatırım yapması beklenmektedir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği firma, otomotiv ana sanayinde faaliyet gösteren, binin üzerinde mühendis ve işçinin çalıştığı büyük bir üretim fabrikasıdır. Fabrika içerisinde on binlerce metrekare ambar alanı bulunmaktadır. Fabrikanın montaj ve üretim hatlarına parça tedarikini gerçekleştiren iç lojistik bölümünde iki yüze yakın işçi çalışmaktadır. İşletmede uzun

yıllardır, parça toplama teknolojisi olarak kâğıt yardımı ile parça toplama sistemi kullanılmaktadır.

Şirket, yeni gelişen parça toplama teknolojileri konusunda bir değişiklik yapılmasını, teknolojiye ayak uydurulmasını planlamaktadır. Bu büyük değişim ve yatırım öncesi, mevcut kullanılan parça toplama sistemi ile ilgili anlık zaman analizleri yapılmıştır. Analizler ve fizibilite çalışmaları, hem hata oranları hem de işin gerçekleştirildiği süreler üzerine yapılmıştır. Elde edilen somut rakamlar ile yeni teknolojinin adapte edilmesi ile birlikte oluşabilecek potansiyel kazanımların projeksiyonu ortaya konulmuştur.

Fizibilite analizleri, bir uygulamanın devreye alınmasının planlanması öncesinde yürütülen, bir başlangıç öncesi ve stratejik planlama aracıdır. “Yeni bir işe başlamadan önce veri toplama ve analiz etme ve daha sonra elde edilen bu bilgileri, iş planının kendisini formüle etmek için kullanma” sürecini içerir (Castrogiovanni 1996: 803). Projelerin planlama süreçlerinde, ayrıntılı bir fizibilite analizinin uygulanması, tüm ekonomik ve ekonomik olmayan faktörleri göz önünde bulundurmaya yarar ve uygulamanın belirli bir takım ön görüler ile nasıl ilerleyebileceğini ve işleyeceğini gösterir. İşletmelerde, önemli bir yatırım yapılmadan önce veya önerilen bir geliştirme/yeni uygulama devreye alınmadan önce, yatırımın yapılma kararının verilmesini sağlayan veya izin verilen başlangıç aşamasında fizibilite çalışmaları önemli bir rol oynar (Currie vd., 2009: 42).

Işık yardımı ile parça toplama projesinin kabul edilmesi ve örnek bir uygulama yapılabilmesinde, etkili ikna edici kıstaslar olarak iş kalitesinin artması, işin gerçekleştirme süresinin belirli oranda azalması, çalışanın yürüme yollarının azaltılması ve ilgili parçaları ambar içerisinde arama zamanlarının azaltılması yönündeki ön görüler yardımcı olmuştur.

İşletmenin iç lojistik operasyonları, işletmenin ürettiği ürün göz önüne alındığında karmaşıklığı çok yüksek ve belirli bir çevrim zamanında hizmet verme zorunluluğu taşımaktadır. İşletmenin temel özelliği, ana ürünün yaklaşık 2000 binin üstünde parçadan meydana gelmesi, emek yoğun montaj hatlarının olması ve çevrim zamanının dakikalar ile ifade edilmesidir. Ana ürün, iki farklı holde farklı teknolojiler kullanılarak üretilmektedir. Birinci holde kabin imalatı gerçekleşmekte ve ikinci holde ise üretimi gerçekleştirilen kabinin tek bir parça halinde şasinin üzerine montajı sağlanmaktadır. Her iki holün de kendisine has montaj hattı dizilimi bulunmakta ve ihtiyaç duyulan parça çeşitliliği farklılık

göstermektedir. Üretim hatlarında, ürünün katma değerini ortaya çıkaran ana hususlar, parça maliyetleri ve katma değerli montaj işçilikleridir. Üretim hatları, kendi içinde kısımlara bölünmüş ve her kısım da onlarca istasyondan meydana gelmektedir. Her üretim kısmı için hatlar arasında minimum stoklar bulunmakta ve hatlar eşzamanlı bir şekilde aynı çevrim zamanıyla ilerlemektedir. Ürün, her istasyonu aynı sürede geçmekte ve akan bant prensibiyle ilerlemektedir. Akan bant üretim sistemlerinde, çevrim zamanı, endirekt hizmetlerin kalitesi ve hızı çok önemlidir. Düşük çevrim zamanlarında gerçekleşen üretimlerde tesis ve yardımcı donanımların kesintisiz hizmet vermesinin yanı sıra montaj personelinin ihtiyaç duydukları ürüne özgü parçaların istasyon kenarlarında montaja hazır ve hatasız bir şekilde bulunması çok önemlidir. Montaj çalışanın kesinlikle katma değersiz hareketlerden kaçındırılması esastır. Özellikle, çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede hem karışık modelli (model mix) üretim olması hem de üretim çevrim zamanının çok kısa olması, hat kenarlarına parça beslemenin önemini artırmaktadır.

Bu şartlar altında, iç lojistik bölümünün de, tüm istasyonlara, ilgili ürünün tipine ve modeline özgü, belirlenmiş parçaları tam zamanında getirme zorunluluğu bulunmaktadır. Bu işin karmaşıklığının bir ölçütü de, iç lojistik bölümü bir günlük üretim için yaklaşık 100.000 adet parçaya dokunarak, seçerek, ilgili parça toplama araçlarına dizerek tam zamanında ve hatasız ilgili istasyonda daha önceden belirlenmiş bölgeye getirmektedir.

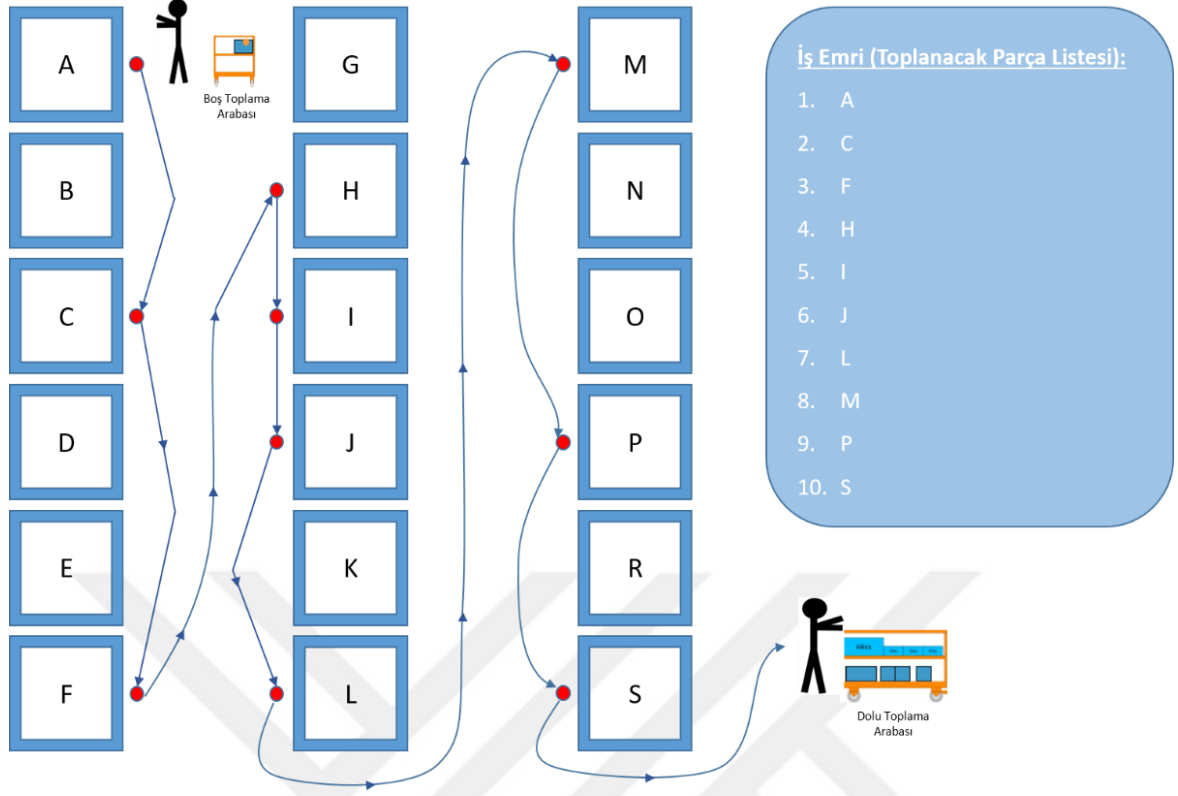
İşletmede, bu operasyonları kusursuz bir şekilde yönetebilmek için, mükemmel bir iletişim ve bilişim teknoloji alt yapısı bulunmaktadır. Hangi aracın hangi istasyonda hangi zaman diliminde bulunacağı ve hangi parçaların toplanması gerektiği ve tam olarak parça toplama aracının hangi koordinatlara varması gerektiği bilgileri, iç lojistik ekiplerinin, eş zamanlı olarak hem kâğıt üzerine basılı iş emri şeklinde, hem de otomasyon ve bilişim sistemlerinde görülmektedir.

Firmanın lojistik uygulamalarında benimsemiş olduğu “Lojistiğin 7 Doğrusu” prensibinde de belirtildiği gibi iç lojistik operasyonlarında, “doğru parçanın” “doğru zamanda” “doğru miktarda” “doğru kalitede” ve “doğru yerde” olması firma için çok büyük önem taşımaktadır. İç lojistik operasyonlarında firma bu hususu, “iç lojistikte 5D” olarak tanımlamaktadır. Lojistik operasyonları için “7D” yani, doğru malın doğru zamanda doğru yerde doğru kalitede doğru miktarda doğru kondisyonda ve doğru fiyatta olması lojistik operasyonları için iyi bilinen şartlardır. “7D” yi benimsemeyen firmaların pazarda rekabet

şartları çok azalır (Wang, 2018: 68). “7D” ilkesi, sektördeki lojistikçilerin eğitimleri için önemli bir kavramdır ve lojistik operasyonlarının her alanında kullanılır (Miler ve Pac, 2015: 93).

İş emrini kâğıt üzerinde alan ilgili operatör, elinde liste şeklinde iş emri ile ambarda tüm parçaları, komisyon aracına dizmeye başlar ve her dizdiği parça için iş emri listesine bir “seçildi” işareti koyarak parça seçme ve toplama operasyonunu tamamlar. Bu noktada operatörün inisiyatifinde olan konular şu şekilde sıralanır;

- Hatasız bir şekilde doğru parçaları seçme zorunluluğu: Birbirine çok benzeyen parçalarda ve parça numarası birbirine çok benzeyen parçalarda hata yapma riski çok yüksektir. Yapılacak olan yanlış bir parça seçme operasyonu ancak montaj aşamasında veya ek işçilik aşamasında tespit edilebilecek ve işletmeye ekstra maliyetler doğuracaktır. Parçanın ya montajı yapılamayacak ve eksik parçaya sebep olacak, ya da ek işçilik bölgesinde parça için bir demontaj ve montaj işçiliği yapılmak zorunda kalınacaktır. Bu iki sonuçtan daha da kritik olabilen sonuç ise, yanlış parçanın montajının kimse tarafından fark edilmemesi ve müşteriye hatalı ürün teslim edilmesi anlamına gelebilecektir. Bu da, parçanın fonksiyon kritikliğine göre satış sonrası hizmetlerde aksiyon anlamına gelebilecek ya da geri çağırma aksiyonuna dönüşebilecektir. Bu kadar basit bir operasyonda yapılabilecek basit bir hata maliyet kayıplarına ve hatta işletme için itibar kayıplarına sebep olabilecektir.
- Seçilecek parçaların yerini hızlıca, kendisine bu iş için öngörülmüş olan zaman içerisinde bulma zorunluluğu: Üretim hatları belirli bir çevrim zamanında çalıştığından dolayı benzer çevrim zamanlarında da montaj hatlarına hizmet verme zorunluluğu iç lojistik bölümleri için de geçerlidir. Operatörün kendisine parça seçme ve toplama için ön görülen zaman içerisinde hem parçaların yerini bulmak ve parçaları toplamak zorundadır. Bu noktada operatörün tecrübesi ön plana çıkmaktadır. Parçaların sepet veya raflarının arasında kendisine göre belirleyeceği bir rotada dolaşarak parçaları toplamaktadır. Bu operasyon zaman açısından kritik olduğundan, operatörün hatasız ve hızlı bir şekilde parçaları toplaması gerekecektir.



Şekil 23. Örnek komisyon bölgesi ve çalışan yürüme adımları

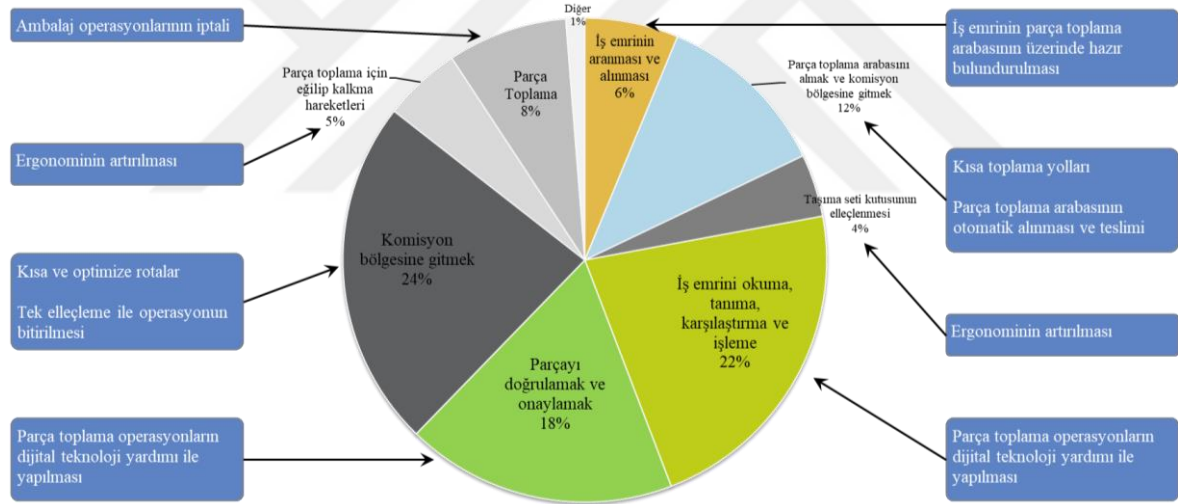
Kaynak: Teze konu olan fabrikada bir parça toplama bölgesindeki iş akışları gözlemlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 23’de belirtilen ambar bölgesindeki sepetlerin yeri her ne kadar belli bir algoritmaya göre ve sık kullanılma oranlarına göre düzenlenmiş olsa da, esnek üretim sistemlerinde hattaki her ürün bir diğerinden farklılık göstermesi sebebi ile operatörün her iş emri birbirinden farklı olmaktadır. Her iş emri, operatöre birbirinden farklı parçaları arama ve seçme zorunluluğu getirmekte ve farklı parça toplama rotaları oluşmasına sebep olmaktadır. İşletmede, operatörün hata yapmamak için topladığı tüm parçaları kontrol ederek iş emri üzerinde onaylayarak kaybettiği zamanlardan ve yürüme yollarından yola çıkılarak bir analiz yapılmıştır.

Firmanın gerçekleştirdiği bu analizlerin en başında, operatörün tüm iş adımları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bir operatörün, bir parça toplama aracını toplama esnasındaki tüm iş adımları zaman ölçümleriyle tespit edilmesi, gerçekleştirilen işlerin katma değerli olup olmadığını belirlemiş, arama ve parça toplama esnasında yürüme yollarının miktarı ölçülmüştür. Bu analizlerin sonucunda, çalışanın katma değersiz iş adımlarının olduğu fakat

bu iş adımlarının operasyonu gerçekleştirmek için bir zorunluluk olduğu da belirtilmiştir. Katma değersiz yürüme yollarındaki iyileştirme potansiyelleri, operatör maliyetlerini azaltmak için önemli bir tekniktir (Grinninger, 2012: 54). Önerilen yeni yöntemin, yani ışık yardımıyla parça seçmenin, çalışanı gereksiz süreç adımlarından kurtaracak ve operatörün tamamen parçaları dizmesine olanak sağlayacağı düşünülmüştür. Bu yeni teknik ile çalışanın hata yapma ihtimali de ortadan kaldırılacak ve en hızlı zamanda en kaliteli işi gerçekleştirmesine olanak sağlanacaktır.

Işık yardımı ile parça toplama projesine mevcut durumun analiz edilmesi ile başlanmıştır. Proje grubunun ilk yaptığı analizlerde, yalın üretim sistemleri de göz önünde bulundurularak, parça toplama operasyonu boyunca tüm iş adımları detaylıca analiz edilmiştir. Bu analizlere göre, bir parça toplama işleminin zaman gerektiren iş adımları ve bu iş adımlarının iyileştirilebilmesi için potansiyel önlemler Şekil 24’de sunulduğu gibi ortaya konulmuştur.



Şekil 24. Parça toplama işleminin iş adımları ve optimizasyon imkanları

Kaynak: Teze konu olan fabrikadaki mevcut proseslerdeki potansiyel kazanım noktaları yerinde gözlemlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 24’da belirtilen mevcut iş adımları ve harcanan sürelerin yüzdesel oranları incelendiğinde, “iş emrini okuma, tanımlama, işleme, parçayı kontrol etme, doğrulama ve onaylama” operasyonlarının tüm süreçte yüzde 40’lık bir pay sahibi olduğu görülmektedir. Bu iş adımları, yalın üretim ve yalın lojistik yaklaşımlarında tamamen operatörün hızına dikkatine ve tecrübesine bağlı süreçler olarak değerlendirilmiştir. Bu süreçleri, Endüstri 4.0

yaklaşımları ile dijitalleştirmek mümkün olduğundan, işletmede operatör inisiyatifini ortadan kaldırmak, arama, kontrol ve onaylama iş adımlarını elimine etmek ve en önemlisi iş kalitesini artırıp, zaman tasarrufu sağlamak için “ışıkla ile parça toplama” metodunun uygulamaya alınması kararı verilmiştir. Bu metodun seçilmesinin önemli sebeplerinden birisi de işletmenin alt yapısı, ambar yerleşim planı ve ürünlerin sayılarının bu tekniğe elverişli olması düşünülmüştür.

İşletme, parça toplama tekniğinde çok yüksek oranda, geleneksel tekniklerden birisi olan kâğıt çıktı üzerine basılı iş emirleri ile operatörlerini yönlendirmekte ve operasyonlarını yürütmektedir. İşletmede çok sınırlı sayıda da olsa, süpermarket tipi parça toplama teknikleri kullanılmaktadır. Tablo 1’de belirtilen parça toplama tekniklerinin birbirlerine olan avantajları düşünüldüğünde, işletmenin teknoloji yardımı ile parça toplamaya geçmek için önemli sebepleri bir biri le kıyaslamıştır ve parça toplama operasyonlarında teknoloji değişikliğinin kararını vermiştir.

Tablo 1. Parça toplama sistemlerinin birbiri ile karşılaştırılması

Operatör	Komisyonlama Çeşitleri			
Gereksinim / İş Adımı / Sonuç	Süpermarket		Kağıt	Teknoloji
Bilişim Teknolojisi	yok		var	var
Tecrübe	yüksek		orta	yok
Varyant	az		çok yüksek	çok yüksek
Hata	çok		orta	yok
Arama	çok		orta	yok
Okuma	çok		orta	yok
Tanımlama	çok		orta	yok
Kontrol	az		orta	yok
Onaylama	az		yüksek	yok
Zaman	yüksek		orta	az

Kaynak: Global üretim sistemlerinde kullanılmakta olan mevcut komisyonlama yöntemleri göz önünde bulundurularak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Teknoloji yardımı ile parça toplamanın işletmeye getireceği en büyük avantajların başında, operatörün okuma, arama, kontrol etme ve onaylama iş adımlarını elimine ederek gerçekleştireceği zaman tasarrufları gelmektedir. Hem zamandan tasarruf edilecek olması hem de işin kalitesinin belirgin oranlarda artacak olması, işletmede geleneksel metot olan kâğıt yardımı ile parça toplamadan ışık yardımı ile parça toplamaya geçilmesi kararında en önemli unsur olmuştur.

Fager ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği deneysel çalışmada, eksiksiz bir parça toplama turunda, kâğıt yardımı ile ses yardımı ile ışık yardımı ile ve ekran yardımı ile parça toplama operasyonları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmanın sonuçlarında ışık yardımı ile parça toplama, diğer toplama sistemlerine kıyasla en üstün sistem olarak çıkmış ve diğer sistemlere kıyasla zaman verimliliğinde önemli bir fark göstermiştir. Ekran yardımı ile toplama ses ile toplamadan üstün çıkmış fakat kâğıt ile toplama ile arasında bir farka rastlanamamıştır. (Fager vd., 2019: 174).

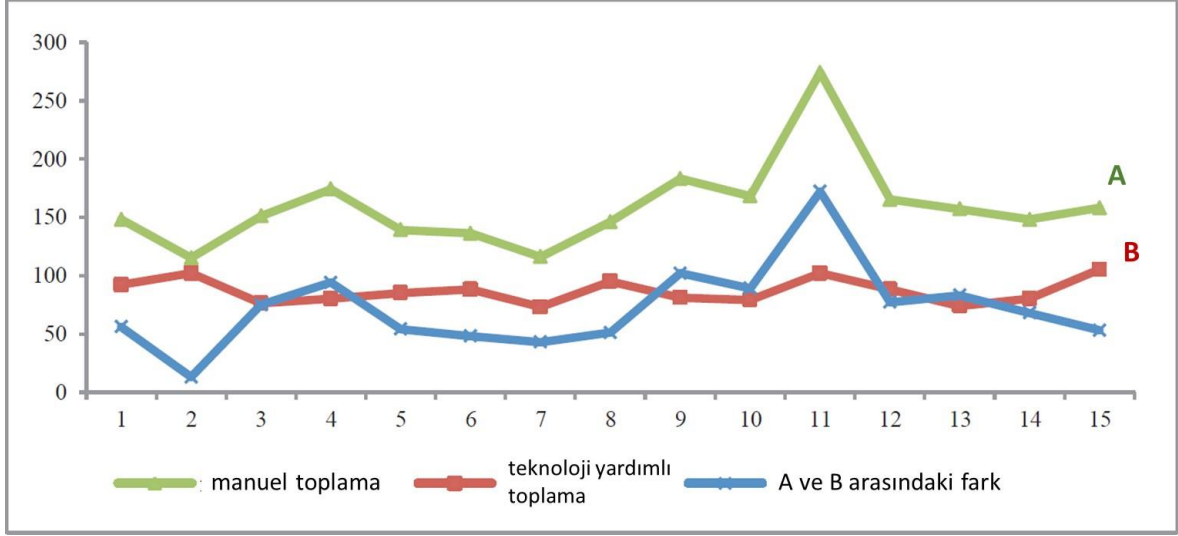
Lee ve arkadaşlarına göre, sipariş toplama faaliyetler genellikle kaldırma, taşıma, toplama, yerleştirme, paketleme ve benzeri diğer işleri içerir. Bu faaliyetler kolay görünse de, parça toplama operasyonları bir takım bilişsel faaliyetleri de içerir. Parçaları toplayıcı operatörlerin performansları, her parça toplama operasyonunda değişebilir ve parçaların toplama aracında bir araya getirilmesinde birçok sipariş toplama hatası oluşması muhtemeldir (Lee vd., 2015: 733). Lee ve arkadaşları, manuel parça toplamanın teknoloji destekli parça toplama ile karşılaştırmasını Şekil 25'deki gibi ifade etmişlerdir. Şekil 25'de belirtilen aktiviteler, kâğıt yardımı ile parça toplama tekniğindeki iş adımları ile teknoloji yardımı ile parça toplama teknolojisinin iş adımlarında yapılması gereken etkinlik bazında birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Fiziksel Çalışma	Otomatikleştirilmiş aktivite	İnsan Aktivitesi	Bilişsel çalışma	Otomatikleştirilmiş aktivite	İnsan aktivitesi
Okuma		○	Sayım emri miktarı	○	
Taşıma arabasının önünde durmak		○			○
Yürümek		○	Toplama yerini arama	○	○
Ürünü yüklemek (eğilme, bükülme, ürünü alma, kavrama vs.)		○	Öğelerin sayısını saymak	○	
			Öğelerin özelliklerini belirleme		○
İşaretleme	İhtiyaç yok		Kalan işlerin kontrol edilmesi	○	

Şekil 25. Kâğıt yardımı ve teknoloji yardımı ile parça toplama faaliyet çizelgesi

Kaynak: Lee vd., 2015: 733

Lee ve arkadaşları iki farklı toplama sistemini karşılaştırmak amaçlı deneysel bir çalışma yapmışlardır (Şekil 21). Birisi kâğıt yardımı ile parça toplama sistemi, bir diğeri ise ışık yardımı ile yani parçaların yerlerini ve miktarlarını çalışana ışık yakarak ve miktarını göstererek belirten parça toplama yöntemidir. Bu deneysel çalışma, 15 farklı parça toplayıcının 10 adet farklı parçayı toplamda 29 adet seçilecek şekilde toplama sürelerini içermektedir. Deneyin sonunda standart sapmaların da dikkate alındığı ortalama toplama süreleri, kâğıt ile toplamada 159 saniye, ışık yardımı ile toplama da ise ölçülen süre 87 saniyedir. Her iki parça toplama sisteminin de standart sapmaları karşılaştırıldığında, kâğıt yardımı ile manuel parça toplama sistemi, parça seçicilere bağlı olarak yüksek varyasyonlara sahiptir, ancak ışık yardımı ile toplama sisteminde fark daha küçüktür. Teknoloji yardımlı parça toplama sisteminde, toplama zamanındaki dalgalanmanın azaltılmasının yanı sıra toplama süresini belirgin derecede azaldığı görülmüştür (Lee vd., 2015: 734). Bu deneysel çalışmanın sonucunda ortaya çıkan zamanların ve zaman farklarının her parça toplayıcıya göre grafiksel görüntüsü Şekil 26’de gösterilmiştir.



Şekil 26. Kâğıt yardımı ve ışık yardımı ile parça toplama zaman grafiği

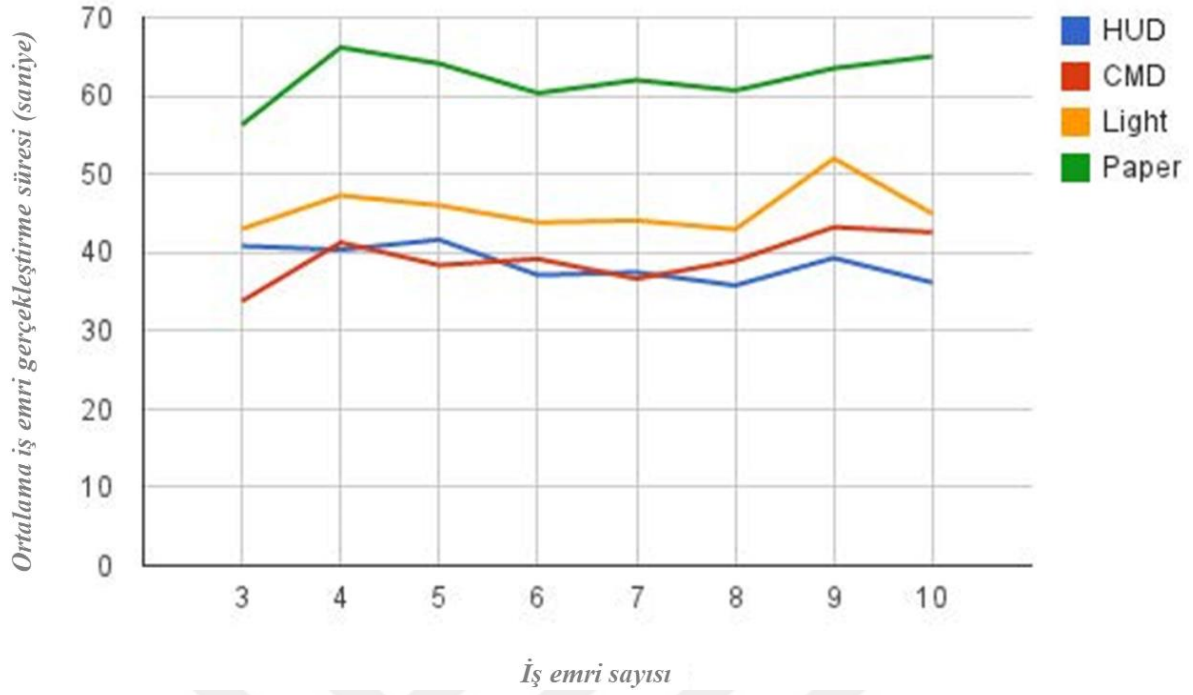
Kaynak: Lee vd., 2015: 735

Şekil 26’da da açıkça görüldüğü gibi manuel teknolojiler ile parça toplama operasyonları teknoloji yardımı ile gerçekleştirilen parça toplama operasyonlarına göre daha uzun zamanda gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum da, manuel metodun daha verimsiz olduğunu ortaya koymaktadır.

Lee ve arkadaşlarının bu deney sonuçları da (Şekil 26) göstermiştir ki, ambar alanlarında basit bir teknoloji yardımı ile işletmelerin çalışan maliyelerini azaltmaları ve yapılan teknoloji yatırımlarının ön görülebilir sürelerde kendilerini amorti edebilecekleri mümkündür.

Guo ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği başka bir deneysel parça toplama çalışmasında, ışık yardımı ile parça toplamanın geleneksel metot olan kâğıt ile parça toplamadan daha verimli, diğer teknoloji yardımlı sistemler ile de hemen hemen aynı oranda verimli olduğu ortaya konulmuştur (Guo vd., 2014: 76).

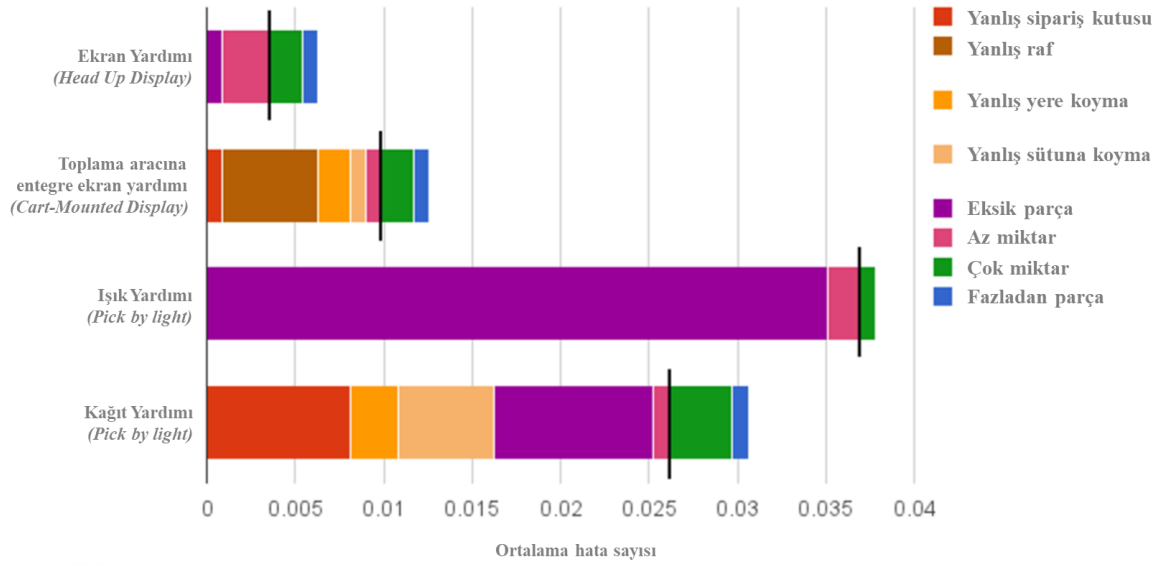
Şekil 27’de gösterilen parça toplama metotlarının zamansal anlamda bir birleri ile karşılaştırma grafiğinde de ‘HUD’ ekran/tablet yardımı ile parça toplama anlamına gelmekte, ‘CMD’ toplama aracına entegre ekran yardımı ile parça toplama anlamına gelmekte, ‘Light’ ışık yardımı ile parça toplama anlamına gelmekte ve ‘Paper’ da kâğıt yardımı ile parça toplama anlamına gelmektedir.



Şekil 27. İş emri sayısına göre işlerin gerçekleştirilme süreleri

Kaynak: Guo vd., 2014:76

Guo ve arkadaşlarının deneysel çalışmasında, Şekil 28’de belirtilen toplama çeşitlerine göre yaşanan hata türlerine de yer verilmiştir. Her ne kadar en çok hata sayısı ışık ile parça toplama metodunda çıkmış olsa da, hata çeşitliliği açısından ışık yardımı ile toplama en düşük hata çeşitliliğine sahiptir. Işık yardımı ile toplamada en kritik hata potansiyeli, çalışanın yanan ışığı görmemiş olması ve eksik parça ile iş emrini tamamlamış olmasıdır (Guo vd., 2014: 77). Parça toplama bölgesinin yerleşim ve dizilim planı bu tip hataların önlenmesi için büyük önem taşımaktadır. Tüm parçaları toplamadan yani iş emrinin tamamlamadan toplama operasyonunu sonlandırma hatasının önlemini almak çalışmanın yapıldığı işletme için çok kolay olmuştur. İşletmede uygulanan ışıkla toplama sistematığına ve bu tip bir hatanın önleminin nasıl alındığı tasarım başlığında açıklanmıştır.



Şekil 28. Parça toplama yöntemlerine göre ortalama hata sayıları

Kaynak: Guo vd., 2014: 77

İşletmelerin seçeceği teknoloji yatırımlarında birincil amaç her zaman karlılık ve yatırımın geri dönüş hızıdır. Teze konu olan çalışmanın yapıldığı işletme de, teknolojiye harcayacağı para ve yatırımın geri dönüşünü göz önünde bulundurarak, elde edilecek olan zaman tasarruflarının da diğer teknolojiler arasında çok büyük farklılıklar oluşturmayacağını da ön görebildiği için, parça toplama teknolojilerinde ışık yardımı ile parça toplama metodunu seçmiştir. Diğer teknolojilerin bakım ve devreye alma maliyetleri, ışık ile toplama teknolojisinden çok daha yüksektir.

Basite indirgenmiş bir hesaplamayla, XYZ işletmesinin parça toplama alanlarında, yüzde 40 katma değersiz faaliyetlerden oluşan operasyonun bütününde, genel anlamda kontrol faaliyetlerinin sıfırlanması ve yürüme/arama adımlarının optimize edilip azaltılmasıyla birlikte yaklaşık yüzde 24'lük bir oranda iyileşme sağlanması hedeflenmiştir. Operatöre bir çevrim zamanlık süreç boyunca, hiçbir kontrol ve onaylama iş adımı ön görülmemektedir. Tüm parça toplama operasyonlarının genel toplamında 100 kişilik bir ekibin çalıştığı var sayılacak olursa, bu da yaklaşık 24 kişilik bir maliyetten tasarruf edileceği anlamına gelecek, yapılan yatırımın ekonomikliğini pozitif etkileyecek ve yatırımın geri dönüşünü yani amortismanını hızlandıracaktır.

4.2. Teknoloji Kıyaslamaları ve Kazanımlar

İç lojistik faaliyetleri içerisinde parça toplama ve parça yükleme operasyonlarının katma değerli iş olduğu kabul edildiğinden, geriye kalan iş adımları olan liste okuma, parça doğruluk kontrolü, parçanın toplandığının çek listede onaylaması, fazladan yürüme yolları ve parça arama süreleri gibi işler katma değersiz olarak adlandırılır. Firmanın parça toplama teknolojisini değiştirmesindeki hedefi, parça seçme, toplama ve yükleme operasyonlarının bütün iş emri üzerindeki yüzdesel payını artırmaktır. Parça toplama operasyonunun içinde bulunan katma değersiz iş adımlarını, bütün operasyonun içerisinde azaltmak ve hatta mümkün ise bu iş adımlarını ortadan kaldırabilmek, teknoloji yardımı ile toplamada öne çıkan hedeflerdir.

Çalışmada, 5 farklı ürün (X, Y, Z, V, W) için 5 farklı iş emri üzerinde 5 adet zaman etüdü gerçekleştirilmiştir. Analizlerde bu ürünler “Ürün X”, “Ürün Y”, “Ürün Z”, “Ürün V” ve “Ürün W” şeklinde adlandırılmıştır. Tüm ürünlere yönelik zaman etütleri, öncelikle işletmede hali hazırda kullanılan kâğıt ile parça toplama metodunda yapılmıştır. Bu etütler “öncesi” olarak adlandırılmıştır. Kâğıt ile parça toplama zaman etütlerinden sonra ise pilot bölgede devreye alınan ışık yardımı ile parça toplama zaman etütleri, yani “sonrası” zaman etütleri gerçekleştirilmiştir. Zaman etütlerine konu olan her iş emrinin yani her ürünün içerikleri de, seçilecek ve toplanacak parça adetleri de birbirinden farklıdır. Zaman ölçümlerinin yapıldığı bölge 8 raftan oluşmakta ve her rafta 20 küçük parça kutusundan toplam 160 adet küçük parça kutusu bulunmaktadır. Parça toplama operasyonunun gerçekleştirildiği alan yaklaşık 50 metrekaredir. Öncesi (kâğıt yardımı ile parça toplama) ve sonrası (ışık yardımı ile parça toplama) zaman etütleri, aynı iş emirleri için gerçekleştirilmiş ve parça toplama teknikleri içerisindeki iş adımlarının bütün içerisindeki payları yüzdesel olarak birbirleriyle kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonuçları her ürüne göre ayrı ayrı değerlendirilmiş ve en sonunda tüm kıyaslamaların sonuçları özet bir tabloda toplanarak teknoloji yardımı ile yani ışık yardımı ile parça toplama operasyonunun kâğıt yardımı ile parça toplama operasyonuna olan üstünlükleri ortaya konulmuştur. Bu kıyaslama tablosu sonucundaki verim artışından dolayı işletme, diğer lojistik alanlarında da ışık ile parça toplama teknolojisine geçmeye karar vermiştir.

5 adet birbirinden farklı ürün için yani 5 adet farklı iş emri için kayıta geçirilen zaman etütleri ve bu zaman etütlerinin birbirleri ile kıyaslamaların özet zaman tabloları ve birbirleri ile

karşılaştırılmalarının grafiksel gösterimleri aşağıdaki tablolarda gösterildiği şekilde tespit edilmiş ve hesaplanmıştır.

Özet zaman tabloları ve zaman etütlerinin birbirleri ile karşılaştırılmalarının grafiksel gösterimleri için ilk ürün olan “X” ürününden/iş emrinden başlanmış ve diğer ürünler ile devam edilmiştir.

X ürünü için seçilecek parça sayısı 22 adettir.

Tablo 2. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün X

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
Kâğıt Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün X _ 22 ad. Parça							
İş Adımı	1. Cevrim (sn)	2. Cevrim (sn)	3. Cevrim (sn)	4. Cevrim (sn)	5. Cevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	129	120	127	122	126	125	12%
Parça seçme (elleçleme)	394	372	397	386	375	385	36%
Ambalaj açma	15	15	18	16	15	16	1%
Parça koordinat arama	15	11	19	18	21	17	2%
Liste okuma	216	221	202	211	215	213	20%
Kontrol onayı	42	45	63	58	59	53	5%
Cadde içinde transfer/yürütme	248	286	266	271	275	269	25%
Ortalama	1059	1070	1092	1082	1086	1078	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

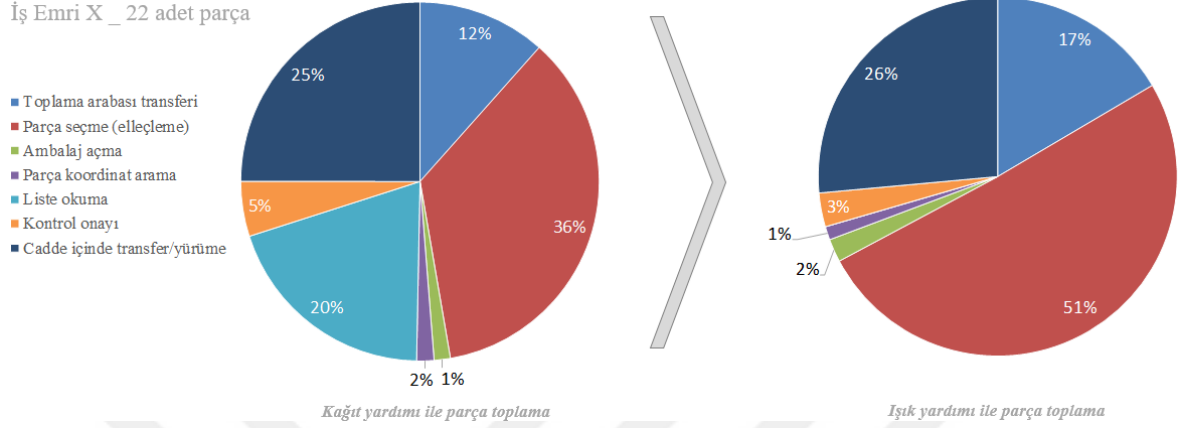
Tablo 3. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün X

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
Işık Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün X _ 22 ad. Parça							
İş Adımı	1. Cevrim (sn)	2. Cevrim (sn)	3. Cevrim (sn)	4. Cevrim (sn)	5. Cevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	128	118	130	125	127	126	17%
Parça seçme (elleçleme)	391	375	395	389	377	385	51%
Ambalaj açma	14	16	17	16	16	16	2%
Parça koordinat arama	8	7	11	9	11	9	1%
Liste okuma	0	0	0	0	0	0	0%
Kontrol onayı	24	23	22	26	21	23	3%
Cadde içinde transfer/yürütme	190	205	203	201	207	201	26%
Ortalama	755	744	778	766	759	760	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Tablo 2 ve Tablo 3’de belirtilen, işletmenin güncel kullandığı kâğıt ile parça toplama yönteminde, ortalama “213” saniye olan liste okuma zamanı “0” saniyeye indirilmiştir. Parça

koordinatlarını arama, parça doğruluk kontrol onayı zaman etütlerinde, ışık yardımı metodunda % 50'ye yakın zaman tasarrufu gerçekleşmiş ve cadde içinde transfer/yürüme zamanlarında da % 25'e varan zaman tasarrufları sağlanmıştır.



Şekil 29. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün X

Şekil 29'da belirtilen liste okuma, parça koordinat arama, kontrol onayı ve cadde içinde transfer yürüme zamanlarının azalması sonucu, katma değerli iş sayılan parça elleçlemenin bütün içerisindeki payı %36'dan %51'e yükselmiştir. 22 parçanın seçilip toplanabilmesi için kâğıt yardımı metodunda ortalama 1 078 saniye süren operasyon ışık yardımı metodunda ortalama 760 saniyede tamamlanmıştır. Tasarruf miktarı ortalama 318 saniye olmuştur. Bu tasarruf, X ürünü için parça toplama operasyonunun %29.5'i anlamına gelmektedir.

Y ürünü için seçilecek parça sayısı 24 adettir.

Tablo 4. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Y

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
Kağıt Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün Y _ 24 ad. Parça							
İş Adımı	1. Çevrim (sn)	2. Çevrim (sn)	3. Çevrim (sn)	4. Çevrim (sn)	5. Çevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	150	141	145	143	148	145	12%
Parça seçme (elleçleme)	426	411	421	415	405	416	36%
Ambalaj açma	19	17	19	15	20	18	2%
Parça koordinat arama	17	19	18	19	22	19	2%
Liste okuma	225	229	217	219	220	222	19%
Kontrol onayı	45	45	59	60	57	53	5%
Cadde içinde transfer/yürüme	275	312	290	295	298	294	25%
Ortalama	1157	1174	1169	1166	1170	1167	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

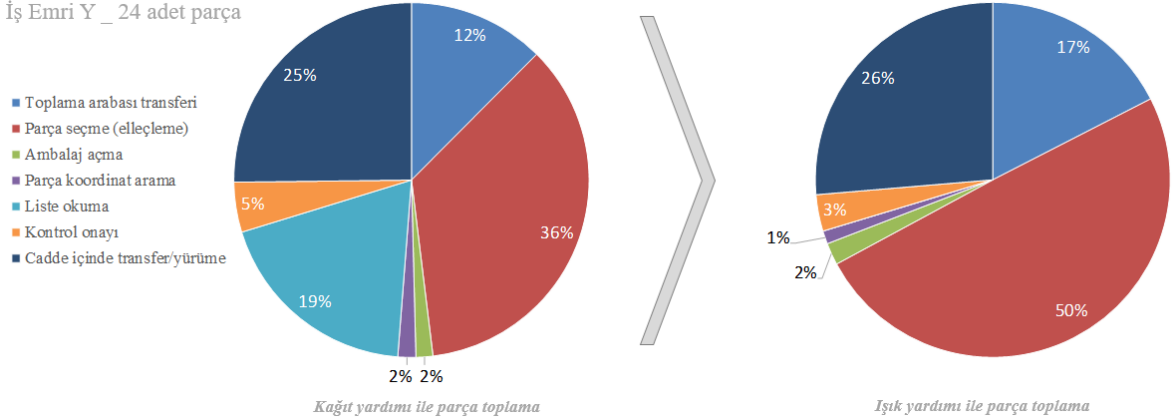
Tablo 5. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Y

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
Işık Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün Y _ 24 ad. Parça							
İş Adımı	1. Çevrim (sn)	2. Çevrim (sn)	3. Çevrim (sn)	4. Çevrim (sn)	5. Çevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	143	146	149	145	147	146	17%
Parça seçme (elleçleme)	421	412	419	416	408	415	50%
Ambalaj açma	18	16	15	17	18	17	2%
Parça koordinat arama	9	12	8	11	10	10	1%
Liste okuma	0	0	0	0	0	0	0%
Kontrol onayı	26	27	29	28	29	28	3%
Cadde içinde transfer/yürüme	221	216	220	219	225	220	26%
Ortalama	838	829	840	836	837	836	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Tablo 4 ve Tablo 5’de gösterilen X ürününde de olduğu gibi hemen hemen aynı tasarruflar Y ürününde de sağlanmıştır. İşletmenin güncel kullandığı kâğıt ile parça toplama yönteminde, ortalama “222” saniye olan liste okuma zamanı “0” saniyeye indirilmiştir. Parça koordinatlarını arama, parça doğruluk kontrol onayı zaman etütlerinde, ışık yardımı metodunda % 50’ye yakın zaman tasarrufu gerçekleşmiş ve cadde içinde transfer/yürüme zamanlarında da % 25’e varan zaman tasarrufları sağlanmıştır.

İş Emri Y _ 24 adet parça



Şekil 30. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün Y

Şekil 30’da gösterilen liste okuma, parça koordinat arama, kontrol onayı ve cadde içinde transfer yürüme zamanlarının azalması sonucu, katma değerli iş sayılan parça elleçlemenin bütün içerisindeki payı % 36’dan % 50’ye yükselmiştir. 24 parçanın seçilip toplanabilmesi için kâğıt yardımı metodunda ortalama 1167 saniye süren operasyon ışık yardımı metodunda

ortalama 836 saniyede tamamlanmıştır. Tasarruf miktarı ortalama 331 saniye olmuştur. Bu tasarruf, X ürünü için parça toplama operasyonunun %28,4'ü anlamına gelmektedir.

Z ürünü için seçilecek parça sayısı 20 adettir.

Tablo 6. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Z

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
<u>Kâğıt</u> Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün Z _ 20 ad. Parça							
<u>İş Adımı</u>	<u>1. Çevrim (sn)</u>	<u>2. Çevrim (sn)</u>	<u>3. Çevrim (sn)</u>	<u>4. Çevrim (sn)</u>	<u>5. Çevrim (sn)</u>	<u>Ortalama (sn)</u>	<u>Ortalama Pay (%)</u>
Toplama arabası transferi	115	113	119	117	115	116	11%
Parça seçme (elleçleme)	372	364	379	368	371	371	36%
Ambalaj açma	15	15	18	16	15	16	2%
Parça koordinat arama	14	12	16	17	19	16	2%
Liste okuma	209	216	201	208	203	207	20%
Kontrol onayı	39	43	48	50	49	46	4%
Cadde içinde transfer/yürüme	238	253	246	258	251	249	24%
Ortalama	1002	1016	1027	1034	1023	1020	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

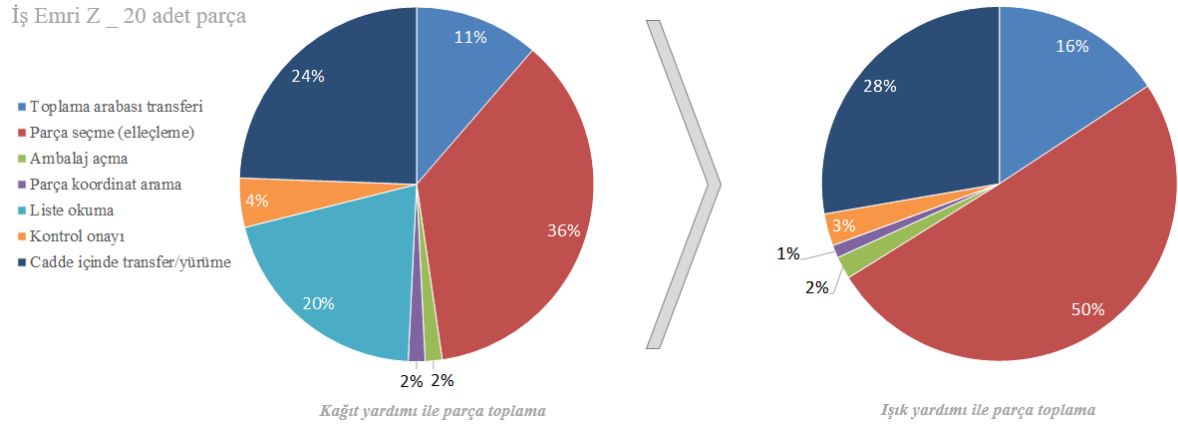
Tablo 7. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün Z

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
<u>Işık</u> Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün Z _ 20 ad. Parça							
<u>İş Adımı</u>	<u>1. Çevrim (sn)</u>	<u>2. Çevrim (sn)</u>	<u>3. Çevrim (sn)</u>	<u>4. Çevrim (sn)</u>	<u>5. Çevrim (sn)</u>	<u>Ortalama (sn)</u>	<u>Ortalama Pay (%)</u>
Toplama arabası transferi	117	115	118	111	114	115	16%
Parça seçme (elleçleme)	374	369	375	361	365	369	50%
Ambalaj açma	14	16	17	14	14	15	2%
Parça koordinat arama	8	7	9	10	9	9	1%
Liste okuma	0	0	0	0	0	0	0%
Kontrol onayı	20	22	20	24	21	21	3%
Cadde içinde transfer/yürüme	191	207	201	212	203	203	28%
Ortalama	724	736	740	732	726	732	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Tablo 6 ve Tablo 7’de gösterilen X ve Y ürünlerinde de olduğu gibi hemen hemen aynı tasarruflar Z ürününde de ortaya çıkmıştır. İşletmenin güncel kullandığı kâğıt ile parça toplama yönteminde, ortalama “207” saniye olan liste okuma zamanı “0” saniyeye indirilmiştir. Parça koordinatlarını arama, parça doğruluk kontrol onayı zaman etütlerinde,

ışık yardımı metodunda % 50'ye yakın zaman tasarrufu gerçekleşmiş ve cadde içinde transfer/yürüme zamanlarında da % 25'e varan zaman tasarrufları sağlanmıştır.



Şekil 31. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün Z

Şekil 31'de belirtilen liste okuma, parça koordinat arama, kontrol onayı ve cadde içinde transfer yürüme zamanlarının azalması sonucu, katma değerli iş sayılan parça elleçlemenin bütün içerisindeki payı % 36'dan % 50'ye yükselmiştir. 20 parçanın seçilip toplanabilmesi için kâğıt yardımı metodunda ortalama 1020 saniye süren operasyon ışık yardımı metodunda ortalama 732 saniyede tamamlanmıştır. Tasarruf miktarı ortalama 288 saniye olmuştur. Bu tasarruf, X ürünü için parça toplama operasyonunun %28,2'ü anlamına gelmektedir.

V ürünü için seçilecek parça sayısı 25 adettir.

Tablo 8. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün V

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
Kâğıt Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün V _ 25 ad. Parça							
İş Adımı	1. Çevrim (sn)	2. Çevrim (sn)	3. Çevrim (sn)	4. Çevrim (sn)	5. Çevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	156	147	151	148	149	150	13%
Parça seçme (elleçleme)	429	413	419	418	416	419	35%
Ambalaj açma	21	18	18	16	19	18	2%
Parça koordinat arama	18	21	19	19	21	20	2%
Liste okuma	231	233	223	221	225	227	19%
Kontrol onayı	46	44	51	62	58	52	4%
Cadde içinde transfer/yürüme	281	313	298	301	299	298	25%
Ortalama	1182	1189	1179	1185	1187	1184	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

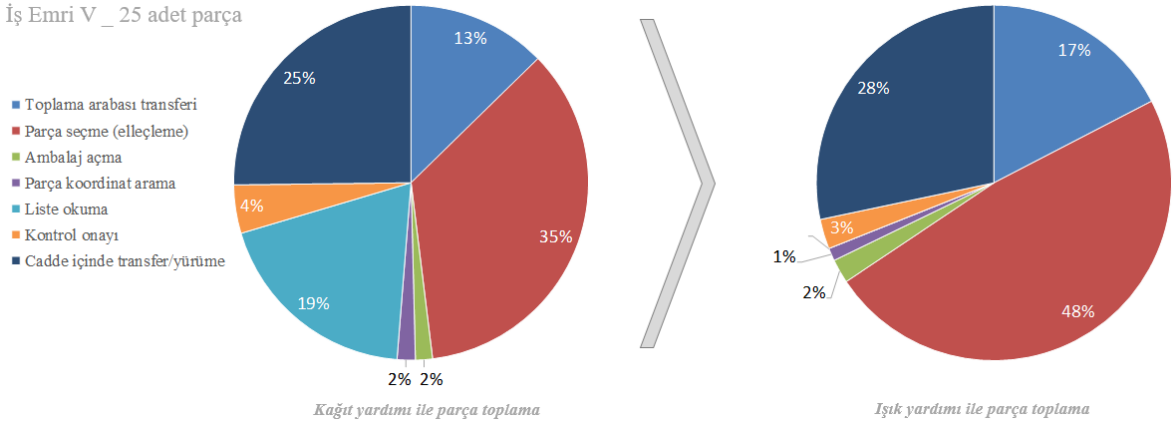
Tablo 9. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün V

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
Işık Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün V _ 25 ad. Parça							
İş Adımı	1. Çevrim (sn)	2. Çevrim (sn)	3. Çevrim (sn)	4. Çevrim (sn)	5. Çevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	159	149	152	153	150	153	17%
Parça seçme (elleçleme)	417	421	423	431	422	423	48%
Ambalaj açma	19	19	21	20	17	19	2%
Parça koordinat arama	9	11	12	9	10	10	1%
Liste okuma	0	0	0	0	0	0	0%
Kontrol onayı	25	24	21	26	23	24	3%
Cadde içinde transfer/yürüme	241	262	246	251	244	249	28%
Ortalama	870	886	875	890	866	877	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Tablo 8 ve Tablo 9’da gösterilen diğer ürünler olan X, Y ve Z ürünlerinde de tespit edildiği gibi hemen hemen aynı tasarruflar Z ürününde de ortaya çıkmıştır. İşletmenin güncel kullandığı kâğıt ile parça toplama yönteminde, ortalama “227” saniye olan liste okuma zamanı “0” saniyeye indirilmiştir. Parça koordinatlarını arama, parça doğruluk kontrol onayı zaman etütlerinde, ışık yardımı metodunda % 50’ye yakın zaman tasarrufu gerçekleşmiş ve cadde içinde transfer/yürüme zamanlarında da % 25’e varan zaman tasarrufları sağlanmıştır.

İş Emri V _ 25 adet parça



Şekil 32. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün V

Şekil 32’de gösterilen liste okuma, parça koordinat arama, kontrol onayı ve cadde içinde transfer yürüme zamanlarının azalması sonucu, katma değerli iş sayılan parça elleçlemenin bütün içerisindeki payı % 36’dan % 48’e yükselmiştir. 25 parçanın seçilip toplanabilmesi için kâğıt yardımı metodunda ortalama 1184 saniye süren operasyon ışık yardımı metodunda ortalama 877 saniyede tamamlanmıştır. Tasarruf miktarı ortalama 307 saniye olmuştur. Bu tasarruf, X ürünü için parça toplama operasyonunun %25,9’u anlamına gelmektedir.

W ürünü için seçilecek parça sayısı 21 adettir.

Tablo 10. Kâğıt yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün W

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
<u>Kâğıt</u> Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün W _ 21 ad. Parça							
İş Adımı	1. Çevrim (sn)	2. Çevrim (sn)	3. Çevrim (sn)	4. Çevrim (sn)	5. Çevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	118	116	123	121	119	119	11%
Parça seçme (elleçleme)	376	368	382	378	375	376	36%
Ambalaj açma	16	16	18	16	19	17	2%
Parça koordinat arama	15	14	15	17	18	16	2%
Liste okuma	213	223	209	214	211	214	21%
Kontrol onayı	45	46	45	52	51	48	5%
Cadde içinde transfer/yürüme	249	251	248	254	258	252	24%
Ortalama	1032	1034	1040	1052	1051	1042	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

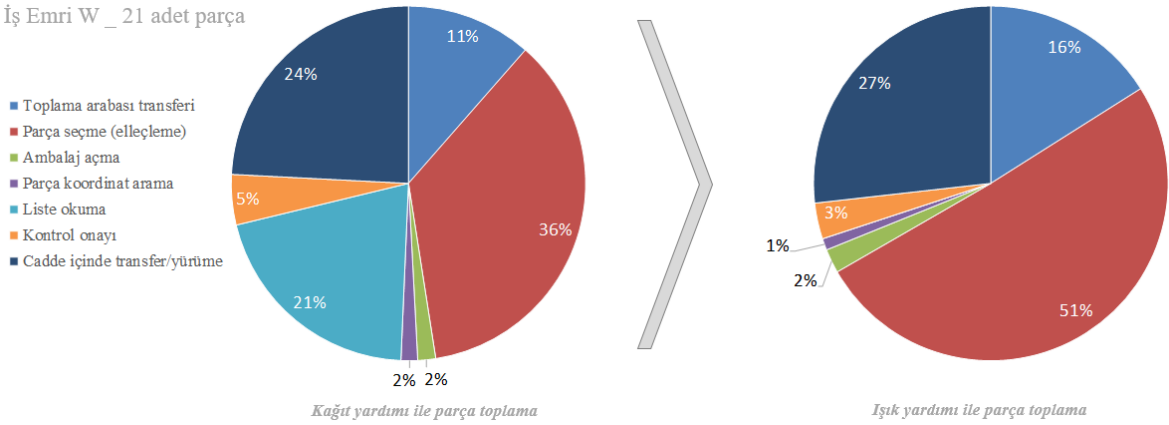
Tablo 11. Işık yardımı ile parça toplama zaman etüdü - Ürün W

Parça Toplama Alanı 1. Bölge							
<u>Işık</u> Yardımı ile Parça Toplama _ Ürün W _ 21 ad. Parça							
İş Adımı	1. Çevrim (sn)	2. Çevrim (sn)	3. Çevrim (sn)	4. Çevrim (sn)	5. Çevrim (sn)	Ortalama (sn)	Ortalama Pay (%)
Toplama arabası transferi	119	117	120	115	120	118	16%
Parça seçme (elleçleme)	379	365	374	370	379	373	51%
Ambalaj açma	15	15	19	17	15	16	2%
Parça koordinat arama	7	8	7	7	10	8	1%
Liste okuma	0	0	0	0	0	0	0%
Kontrol onayı	24	23	25	23	26	24	3%
Cadde içinde transfer/yürüme	201	197	191	203	195	197	27%
Ortalama	745	725	736	735	745	737	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Tablo 10 ve Tablo 11’de gösterilen ve diğer tüm ürünler olan X, Y, Z ve V ürünlerinde de tespit edildiği gibi çok benzer tasarruflar W ürününde de ortaya çıkmıştır. İşletmenin güncel kullandığı kâğıt ile parça toplama yönteminde, ortalama “214” saniye olan liste okuma zamanı “0” saniyeye indirilmiştir. Parça koordinatlarını arama, parça doğruluk kontrol onayı zaman etütlerinde, ışık yardımı metodunda % 50’ye yakın zaman tasarrufu gerçekleşmiş ve cadde içinde transfer/yürüme zamanlarında da % 25’e varan zaman tasarrufları sağlanmıştır.

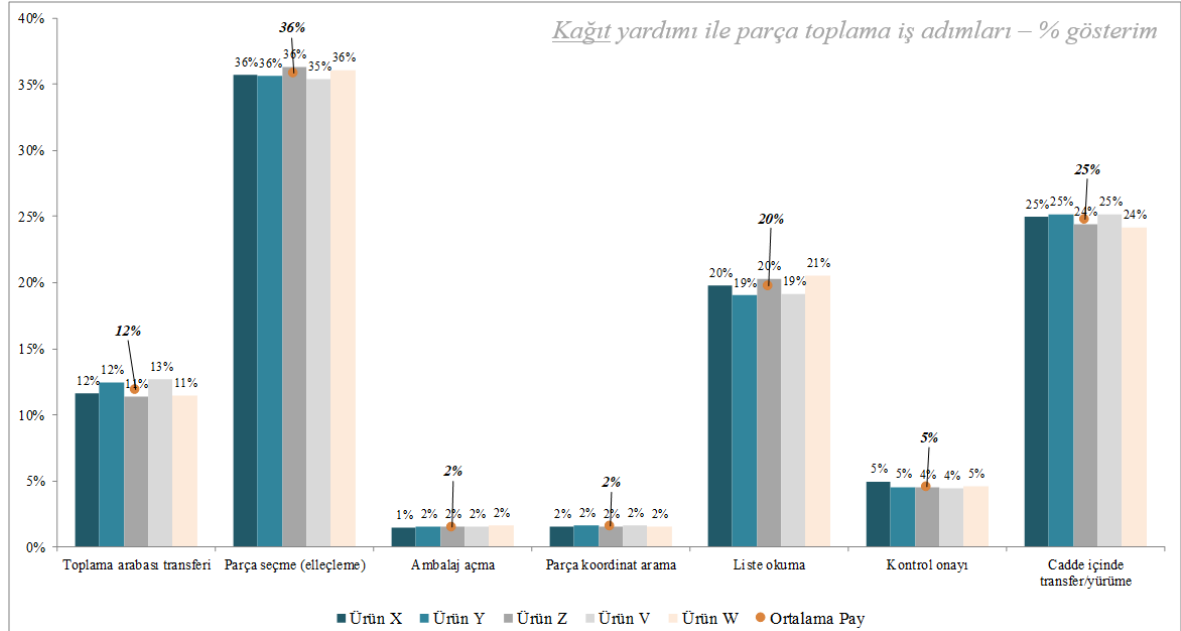
İş Emri W _ 21 adet parça



Şekil 33. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama değişim grafiği - Ürün W

Şekil 33’de gösterilen liste okuma, parça koordinat arama, kontrol onayı ve cadde içinde transfer yürüme zamanlarının azalması sonucu, katma değerli iş sayılan parça elleçlemenin bütün içerisindeki payı % 36’dan % 51’e yükselmiştir. 21 parçanın seçilip toplanabilmesi için kâğıt yardımı metodunda ortalama 1042 saniye süren operasyon ışık yardımı metodunda ortalama 737 saniyede tamamlanmıştır. Tasarruf miktarı ortalama 305 saniye olmuştur. Bu tasarruf, X ürünü için parça toplama operasyonunun %29,3’ü anlamına gelmektedir.

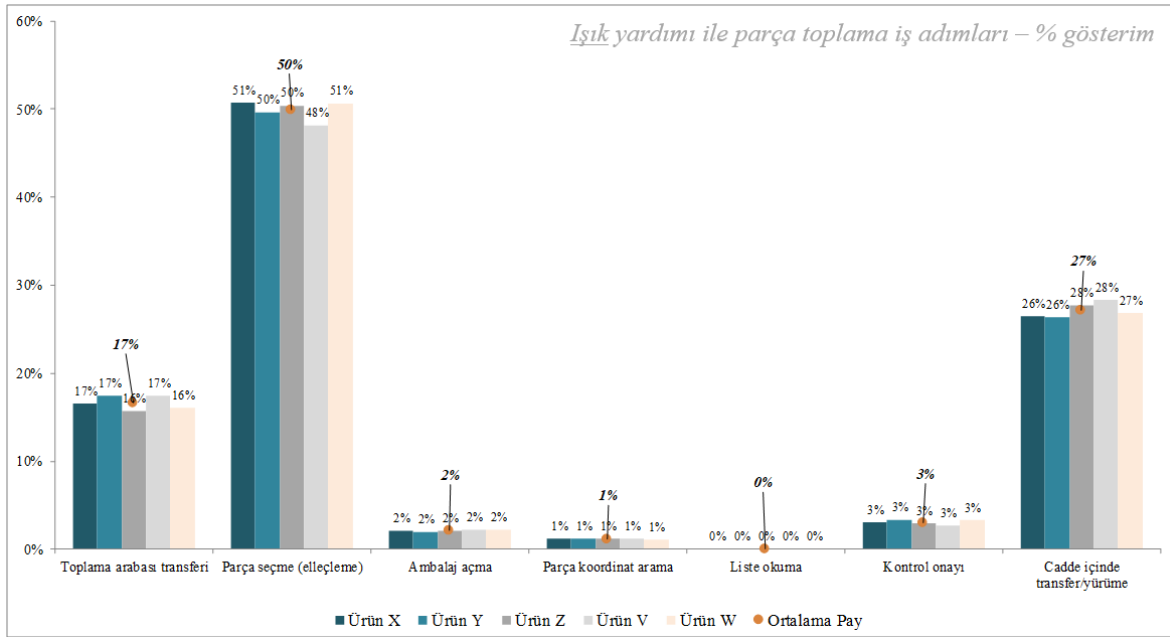
Her beş ürün için de ortalama iş adımlarının zaman etütlerinin tüm prosesin bütünün içerisindeki oranların karşılaştırılması Şekil 34’de gösterilmiştir.



Şekil 34. Kâğıt yardımı ile parça toplama - Ortalama paylar

Şekil 34’de belirtilen “kâğıt yardımı ile parça toplama” operasyonunda iş adımlarının bütün iş emri içerisindeki paylarının ortalama yüzdeleri şu şekilde çıkmıştır; toplama arabası transferi %12, parça seçme/arama %36, ambalaj açma %2, parça koordinat arama %2, liste okuma %20, kontrol onayı %5 ve cadde içerisinde transfer/yürüme %25.

Şekil 35’de belirtilen “ışık yardımı ile parça toplama” operasyonunda iş adımlarının bütün iş emri içerisindeki paylarının ortalama yüzdeleri şu şekilde çıkmıştır; toplama arabası transferi %17, parça seçme/arama %50, ambalaj açma %2, parça koordinat arama %1, liste okuma %0, kontrol onayı %3 ve cadde içerisinde transfer/yürüme %27.

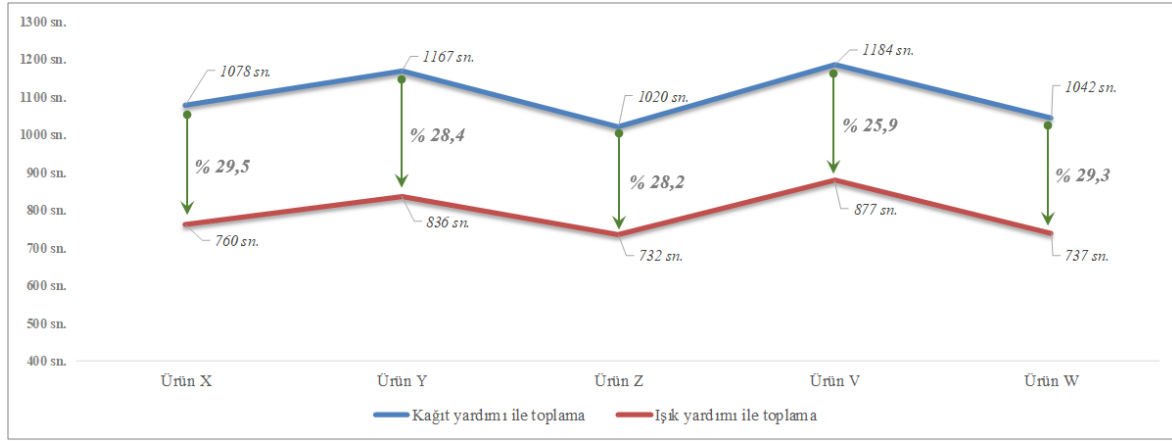


Şekil 35. Işık yardımı ile parça toplama - Ortalama paylar

Şekil 34 ve Şekil 35’kiyaslandığında en belirgin olarak göze çarpan tasarruf liste okuma gibi bir iş adımının tamamen ortadan kaldırılmış olmasıdır. Diğer operasyonlardan parça koordinat arama ve kontrol onaylarında da düşüşler ortaya çıkmıştır. Işık yardımı ile parça toplama operasyonunun kâğıt ile parça toplama operasyonuna kıyasla daha verimli bir operasyon olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği pilot bölgede, kâğıt yardımı ile parça toplama operasyonundan, ışık yardımı ile parça toplama teknolojisine geçiş sonrasında toplam maliyet anlamında işletmeye nasıl bir kazanç sağlandığı Şekil 36’da sunulduğu gibi; operasyonun toplamında “ürün X” için 1078 saniyeden 760 saniyeye düşülerek %29,5 oranında bir verim artışı

sağlanmıştır. Ürün Y için gerçekleştirilen operasyonda 1167 saniyeden 836 saniyeye düşülerek %28,4 oranında bir verim artışı sağlanmıştır. Ürün Z için gerçekleştirilen operasyonda 1020 saniyeden 732 saniyeye düşülerek %28,2 oranında bir verim artışı sağlanmıştır. Ürün V için gerçekleştirilen operasyonda 1184 saniyeden 877 saniyeye düşülerek %25,9 oranında bir verim artışı sağlanmıştır. Ürün W için de gerçekleştirilen operasyonda 1042 saniyeden 737 saniyeye düşülerek %29,3 oranında bir verim artışı sağlanmıştır.



Şekil 36. Karşılaştırma: Kâğıt/Işık yardımı ile parça toplama-Yüzde tasarruflar

İşletmenin ölçüm yaptığı 5 farklı üründe de, Şekil 36’da da gösterildiği gibi parça toplama zamanlarından her üründe yaklaşık 300 saniyenin üzerinde zaman tasarrufu sağlanmıştır. Bu zaman kazanımı da, diğer bir deyişle verim artışı da firmanın operativ iş gücünden ciddi oranlarda zaman tasarrufları sağlaması anlamına gelmiştir. Tablo 12’de, ışık yardımı ile parça toplama teknolojisinin getirdiği ortalama kazançlar sunulmuştur.

Tablo 12. Kâğıt ve ışık yardımı ile parça toplama metotları ortalama farklar

Toplam Proses Zamanı - Zaman Farkları ve Yüzdesel Farklar						
	<u>Kâğıt yardımı ile toplama</u>	<u>Işık yardımı ile toplama</u>	<u>Fark</u>	<u>Ortalama Fark</u>	<u>Yüzdesel tasarruf</u>	<u>Ortalama Tasarruf</u>
Ürün X	1078 sn.	760 sn.	318 sn.		29,5%	
Ürün Y	1167 sn.	836 sn.	331 sn.		28,4%	
Ürün Z	1020 sn.	732 sn.	288 sn.	310 sn.	28,2%	28,3%
Ürün V	1184 sn.	877 sn.	307 sn.		25,9%	
Ürün W	1042 sn.	737 sn.	305 sn.		29,3%	

Kaynak: Teze konu olan fabrikada komisyonlama işlemleri sırasında yazar tarafından kayıt altına alınan operasyonun gerçekleşme süreleri göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Tablo 12’de belirtilen iş emri listesi okuma, liste kontrol onayı ve parça koordinatları arama sürelerinden gerçekleştirilen zaman tasarruflarının, her 5 farklı üründe ortalama olarak 310 saniye olduğu hesaplanmış ve tespit edilmiştir. Bu da, bütün prosese oranla, ışık yardımı ile parça toplamanın kâğıt yardımı ile parça toplamaya oranla yaklaşık %28.3 daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur. Diğer bir deyişle, nihai analiz sonuçlarına göre, işletmenin ürettiği 5 farklı ürün için yapılan tüm çalışmaların sonucunda ortaya %28,3 oranında bir verim artışının ortaya çıkacağı hesaplanmış ve bu da işletme için her 100 işçiden 28 adedini tasarruf edebileceği, yani 28 işçiyi başka görevlerde görevlendirebileceği anlamına gelmektedir. İşletmenin parça toplama metodunda, teknoloji değişimi yaparak yani ışık yardımı ile parça toplama metoduna geçerek, karlı bir yatırım yapmış olacağı ve yatırımın işletmeye geri dönüşünün de iki yıldan az bir sürede olacağı Tablo 12’de belirtilen hesaplamalar sonrası açıkça ortaya konulmuştur.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 yaklaşımları, üretim proseslerini yalınlaştırması esasına dayanan bir anlayışla, üretimde verimliliğin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi konularında tüm sektörlerdeki işletmelere gereken güncellemeleri yapmayı zorunlu kılmaktadır. Endüstri 4.0'ın beraberinde getirdiği dijital dönüşümlere ayak uyduramayan firmalar, üretim maliyetlerini düşürecek ve üretim kalitesini arttıracak güncellemeleri gerçekleştirememelerinden dolayı zamanla sektörlerindeki rekabet güçlerini kaybetmekte ve kontrol edilemeyen bir sürece doğru evrilmektedir. Bu durum, küresel ve ulusal bazda faaliyet gösteren firmaların, Endüstri 4.0'ı ciddiye almalarını elzem kılmakta ve süreklilik arz eden teknolojik dönüşümlerin takibini öne çıkarmaktadır.

Deneyisel bir uygulamaya dayanan bu tez çalışmasında, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir ana sanayinin iç lojistik proseslerinde kullandığı konvansiyonel parça toplama tekniğinden, teknoloji yardımıyla parça toplama tekniğine geçiş sürecinde ortaya çıkan sonuçlar, pilot bir çalışma ile detaylı bir şekilde analiz edilmeye çalışılmıştır. Konuya ilişkin incelenen literatür araştırmalarında, çeşitli endüstrilerde parça toplama tekniğinin önemine vurgular yapıldığı görülmüştür. Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen teknolojik yenilikler kendisini parça toplama tekniklerinde de göstermiş ve bu alanda da literatürde çeşitli çalışmaların yer aldığı da gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, literatürde yer alan mevcut çalışmalara katkı sunmak ve gözden kaçan bazı noktaları öne çıkarmak üzere, bir otomotiv ana sanayinde deneyisel olarak gerçekleştirilen teknoloji yardımı ile parça toplama tekniği detaylıca analiz edilmiştir.

Çalışmanın detayında, geleneksel bir yöntem olarak endüstride yaygın bir şekilde kullanılmakta olan kâğıt yardımı ile parça toplama teknolojisinden, dijital dönüşümün bir zorunluluğu olan ışık teknolojisi yardımı ile parça toplama (parça komisyonlama) teknolojisine geçişin sağlanması için bir pilot çalışma yapılmış ve detaylıca analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen pilot çalışmanın detaylı analizleri sonucunda, işletmede işgücü verimliliği artırılmış, proseste hata oranları minimize edilmiş ve üretim ek işçilik zamanlarında optimizasyonlar yapılarak çeşitli kazanımlar sağlanmıştır. Sağlanan kazanımlardan sonra firma üst yönetimi ciddi bir tasarruf sağlamak amacıyla tüm ambar bölümlerinde ışık

yardımları ile parça toplama teknolojisine geçme kararı almıştır. İlgili firma yetkilileri ve yönetimi, çalışma neticesinde elde edilen sonuçlara dayanarak, üretim aşamalarında ihtiyaç duyulan tüm parçaların toplanarak ilgili istasyonlara aktarma sürecinde, büyük bir zaman tasarrufu sağlamak ve verimi artırmak amacıyla teknolojik değişim sürecini başlatmıştır.

Ağırlıklı olarak uluslararası literatürde de benzerlerine rastlanan teknoloji yardımı ile parça toplama konusu ile ilgili deneysel çalışmalarda da (Fager vd., 2019: 171; Wlfle ve Günthner, 2011: 25; Schwerdtfeger vd., 2009: 120; Funk vd., 2015: 605; Guo vd., 2015: 17; Lee vd., 2015: 734), teknoloji desteği ile birlikte i lojistik parça toplama operasyonlarında zaman tasarrufları sağlamak ve kayıpları azaltmanın mümkün olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasının da uluslararası literatür ile uyum sağladığı grlmştir.

Çalışmanın yapıldığı işletmede, pilot bölgede çalışmaya başlanmadan önce yapılan analizlerde yaklaşık %20 oranında bir verim artışı hesaplanmışken, çalışmaya konu olan ışık yardımı ile parça toplama teknolojisine geçilmesi kararının alınması neticesinde işletmenin lojistik operasyonlarındaki iş gücünden yaklaşık %28 oranında tasarruf sağlandığı grlmştir. Bununla birlikte üretim bantlarında karşılaşılan hata oranlarında kayda değer oranda bir azalma sağlanmış ve işletmenin harcadığı ek işçilik maliyetleri de dşrlmştir.

İşletmenin, çalışmada elde edilen tüm bu bulgular sonucunda geçme kararı aldığı teknoloji yardımlı parça toplama metodu neticesinde, ortaya çıkan iş gücü fazlasını diğer operasyon bölümlerine yönlendirme kararı alarak boşa çıkan iş gücünü farklı bölümlere yönlendirerek yeni iş gücü alımlarının önüne geçmiş ve tasarruf sağlamıştır.

Firmanın parça toplama operasyonlarından sağlayacağı %28 oranındaki verim artışı beklentisi işletmenin söz konusu bu yatırımı hayata geçirilmesi noktasında önemli bir rol oynamış ve böylece ışık yardımı ile parça toplama teknolojisine harcanacak olan giderleri 1,5 yılda amorti etmesi planlanmıştır.

Çalışmadaki zaman etütleri, parça toplama felsefesinin tanınması ve hesaplama tekniklerinden ortaya çıkan bulgular, bilim adamları ve çeşitli sektörlerdeki endüstri uygulayıcılarının yeni nesil teknoloji yardımı ve nesnelerin interneti teknolojilerinden faydalanarak, montaj hatları için parça toplama konusu ile ilgili en son eğilimleri anlamalarına yardımcı olacağı dşnlmştir.

Bir vaka analizi içeren bu çalışmanın sonuçlarının, literatüre katkı sağlaması beklenmektedir. Literatüre katkısının yanı sıra, küçük ve orta ölçekli şirketlerin Endüstri 4.0 çözümlerine entegre olması ve değişen küresel endüstriyel çevrelere adapte ve motive olmasına katkı sunması hedeflenmektedir.

Bu çalışma neticesinde elde edilen tasarruflar, büyük depoları bulunan ve üretim prosesleri çoklu parça sistematığına dayalı işletmeler açısından parça toplama teknolojilerinin önemli bir maliyet düşürme kaynağı olduğunu göstermiştir. Birçok parçanın bir araya gelmesinden oluşan, akan bant prensibi bulunan veya hizmette üretim ve servis sürelerinin çok önemli olduğu sektörlerde bu ve benzeri teknoloji yardımcı parça veya malzeme toplama sistemlerinin kullanılması fikri, işletmelerin maliyetlerini düşürmelerine katkı sağlayan daha verimli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

İşletmelerin ana felsefesi olan üretim maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmaların yanı sıra bir o kadar önemli olan diğer bir konu ise müşteri memnuniyetinin sağlanmasıdır. Müşteriden gelen siparişlerin birbirinden farklılık arz etmesi, bir başka deyişle seri üretimde birbirinden farklı tasarım, istek ve beklentilerin olması iş akışlarını yavaşlatmakta ve daha karmaşık hale getirmektedir. Zira çalışmaya konu olan firmaya verilen siparişlerin özünde aynı ürün olmasına rağmen, renk, boyut, aksesuar ve bunun gibi farklı müşteri isteklerinin olması, üretim bantlarına aktarılan parçalarda yüksek farklılığa ve çeşitliliğe yol açmaktadır. Bu durum, üretim bantlarında hangi parçanın hangi ürüne ve hangi özelliklerde olması gerektiği konusunda ciddi bir kompleksite yaratmakta ve buna paralel ürünün tamamlanması ve gerçekleştirilmesi aşamasında büyük özen ve dikkat gerektirmektedir. Aksi halde meydana getirilecek olan ürünün müşterinin istediği özelliklerde olmaması durumunu ortaya çıkararak firmanın marka kalitesine olumsuz bir imaj kazandırabilme olasılığına sahiptir. Bu nedenle, işletmelerdeki ürünler veya servisler her ne kadar standart bir ürün üretimi gibi görünse de, birbirinden farklı benzer ürünlerin üretimi, operasyonlarda potansiyel hata ihtimallerini artırarak müşteri ve firma arasında istenilen ürün nitelikleri konusunda yaşanabilecek olumsuzlukları tetikleyebilir. Teknoloji yardımcı sistemlerinin getirileri hesaplanarak işletmelere entegre edilmesi, bu olumsuzlukların minimize edilerek müşteri memnuniyetinin sağlanmasına da bir diğer katkı olarak elde edilen sonuçlar arasında yerini almaktadır.

Bu çalışmadan istifade edebilecek sektörlerin başında; otomotiv ana ve yan sanayisi, mobilya üretim endüstrisi, süpermarketler, internet üzerinden çevrimiçi sipariş alarak uzaktan satış yapan büyük ambarlara sahip firmalar ve benzeri birçok sektör gelmektedir.

Bu çalışmanın devamı olarak, işletmenin bütününde gerçekleştirilen teknoloji değişiminden sonra işletmenin parça toplama operasyonlarında ortaya çıkan hata türlerinin, bir önceki parça toplama teknolojisi ile yaşanan hata türleri ile kıyaslanması, teknoloji yardımcı sistemlerin entegrasyonu sonucu ürün kalitesindeki değişimin rasyonel ölçümü şeklinde olabilir. Böyle bir çalışmanın sonucunda, işletmenin kalite maliyetlerindeki tasarrufları ve ürünün kalitesindeki değişimler incelenebilir. Bu çalışmada elde edilen rasyonel sonuçların yanı sıra, operasyonlarda çalışan işçilerin teknoloji yardımı ile ilgili çalışma modellerine adaptasyonları, dijital dönüşüm süreçlerinde yaşadıkları zorlukları ve değişiklikleri değerlendirmek, çalışma kalitelerinin nasıl etkilendiğinin ölçülmesi ve memnuniyet hisleri de bu çalışmanın devamı olarak başka bir çalışma ile de ölçülebilir.

KAYNAKÇA

- Abele, E., & Reinhart, G. (2011). Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder. *Chance, Hanser, Carl, München*.
- Akbulut, U. (2011). “Sanayi Devrimleri Dünya Gidişini Değiştirdi”, <http://www.uralakbulut.com.tr/> (Erişim tarihi: 11.06.19).
- Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30.
- Ameri, F., & Patil, L. (2012). Digital manufacturing market: a semantic web-based framework for agile supply chain deployment. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(5), 1817-1832.
- Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2016). How Industry 4.0 changes business models in different manufacturing industries. In *ISPIM Conference Proceedings* (p. 1). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).
- Baechler, A., Baechler, L., Autenrieth, S., Kurtz, P., Hoerz, T., Heidenreich, T., & Kruell, G. (2016, January). A comparative study of an assistance system for manual order picking--called pick-by-projection--with the guiding systems pick-by-paper, pick-by-light and pick-by-display. In *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 523-531). IEEE.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., & Ganschar, O. (2014). Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Studie des Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.(BITKOM). Berlin.
- Baumann, H. (2012). *Order picking supported by mobile computing* (Doctoral dissertation, Universität Bremen).
- Baumann, H., Starner, T., Iben, H., Lewandowski, A., & Zschaler, P. (2011, November). Evaluation of graphical user-interfaces for order picking using head-mounted displays.

In *Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces* (pp. 377-384).

Blunck, E., & Werthmann, H. (2017, October). Industry 4.0—an opportunity to realize sustainable manufacturing and its potential for a circular economy. In *DIEM: Dubrovnik International Economic Meeting* (Vol. 3, No. 1, pp. 644-666). Sveučilište u Dubrovniku.

Bode, W. (2006). Welches System für welche Aufgabe. *F+ H* 7-8.

Bódis, T., Botzheim, J., & Földesi, P. (2017). Necessity and complexity of order picking routing optimisation based on pallet loading features. *Acta Universitatis Sapientiae, Informatica*, 9(2), 162-194.

Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in industry*, 101, 1-12.

Bozer, Y. A., & McGinnis, L. F. (1992). Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics*, 28(1), 1-19.

Brar, G. S., & Saini, G. (2011, July). Milk run logistics: literature review and directions. In *Proceedings of the world congress on engineering* (Vol. 1, pp. 6-8). WCE.

Brynzér, H., & Johansson, M. I. (1995). Design and performance of kitting and order picking systems. *International Journal of production economics*, 41(1-3), 115-125.

Bulut, E., & Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında Türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.

Caputo, A. C., Pelagagge, P. M., & Salini, P. (2015). Modeling errors in continuous parts supply processes for assembly lines feeding. In *Proc. 21st ISSAT International Conference on Reliability & Quality in Design*. Philadelphia, USA.

Caputo, A. C., Pelagagge, P. M., & Salini, P. (2017). Modelling human errors and quality issues in kitting processes for assembly lines feeding. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 492-506.

- Caputo, A. C., Pelagagge, P. M., & Salini, P. (2018). Economic comparison of manual and automation-assisted kitting systems. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1482-1487.
- Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2011). Integrating lean, agile, resilience and green paradigms in supply chain management (LARG_SCM). *Supply chain management*, 27-48.
- Castrogiovanni, G. J. (1996). Pre-startup planning and the survival of new small businesses: Theoretical linkages. *Journal of management*, 22(6), 801-822.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson UK.
- Currie, R. R., Seaton, S., & Wesley, F. (2009). Determining stakeholders for feasibility analysis. *Annals of Tourism Research*, 36(1), 41-63.
- Çeliktaş, M. S. , & Koçar, G., (2015). Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası. *Mühendis ve Makina*, vol.662, 24-33.
- Davutoğlu, N. A., Akgül, B., & Yıldız, E. (2017). İşletme yönetiminde Sanayi 4.0 kavramı ile farkındalık oluşturarak etkin bir şekilde değişimi sağlamak. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(52), 544-567.
- De Koster, M. B. M. (2012). Warehouse assessment in a single tour. In *Warehousing in the Global Supply Chain* (pp. 457-473). Springer, London.
- De Vries, J., De Koster, R., & Stam, D. (2016). Aligning order picking methods, incentive systems, and regulatory focus to increase performance. *Production and Operations Management*, 25(8), 1363-1376.
- De Vries, J., de Koster, R., & Stam, D. (2016). Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking. *International Journal of Production Research*, 54(8), 2260-2274.
- Del Giudice, M., & Al-Mashari, M. (2016). Discovering the Internet of Things (IoT) within the business process management: A literature review on technological revitalization. *Business Process Management Journal*.

- Dieter Spath, Oliver Ganschar, Stefan Gerlach, Moritz Hämmerle, Tobias Krause, Sebastian Schlund, 2012: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0 Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
- Dullinger, K. H. (2005). Das richtige Kommissionier-Konzept–eine klare Notwendigkeit. *Jahrbuch Logistik*, 194-198.
- EBSO. (2015). “*Sanayi 4.0*”, *Ege Bölgesi Sanayiciler Odası, Araştırma Müdürlüğü*
- Erkan, H. & Erkan, C. (2007). “Bilgi Toplumu ve Ekonomik Kalkınma”, *Üniversite ve Araştırma Kütüphanecileri Derneği Dergisi*, İstanbul.
- Faccio, M., Cohen, Y., Hanson, R., Medbo, L., & Johansson, M. I. (2015). Order batching and time efficiency in kit preparation. *Assembly Automation*.
- Fager, P., Hanson, R., Medbo, L., & Johansson, M. I. (2019). Kit preparation for mixed model assembly–efficiency impact of the picking information system. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 169-178.
- Fawcett, S. E., Wallin, C., Allred, C., Fawcett, A. M., & Magnan, G. M. (2011). Information technology as an enabler of supply chain collaboration: a dynamic-capabilities perspective. *Journal of Supply Chain Management*, 47(1), 38-59.
- Ferretti, M., Schiavone, F., Al-Mashari, M., & Del Giudice, M. (2016). Internet of things and business processes redesign in seaports. The case of Hamburg. *Business Process Management Journal*, 22, 2, 357-367.
- Franzke, T. (2018). *Der Mensch als Faktor in der manuellen Kommissionierung: eine simulationsbasierte Analyse der Effizienz in Person-zur-Ware-Kommissioniersystemen*. Springer-Verlag.
- Frazelle, E. (2002). The logistics of supply chain management. *McGraw-Hill Int’l Enterprise Inc.*
- Funk, M., Mayer, S., Nistor, M., & Schmidt, A. (2016, June). funk In *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 1-4).

- Funk, M., Shirazi, A. S., Mayer, S., Lischke, L., & Schmidt, A. (2015, September). Pick from here! An interactive mobile cart using in-situ projection for order picking. In *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 601-609).
- Fusko, M., Rakyta, M., & Manlig, F. (2017). Reducing of intralogistics costs of spare parts and material of implementation digitization in maintenance. *Procedia engineering*, 192, 213-218.
- Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017, October). IV. Sanayi devrimi: endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü. In *ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies)* (No. 3).
- Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., & Schlund, S. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0* (Vol. 150). D. Spath (Ed.). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Gazda, A. & Osieczko K. (2018). The use of intralogistics systems in the enterprise. *CLC 2018*
- Gecü, B. (2008). *İç Lojistik Sistemlerinin Yalın Üretim Bakış Açısıyla Yeniden Tasarlanması ve Otomotiv Sektöründe Örnek Bir Uygulama* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf> (Erişim tarihi: 14.10.2020).
- Gibb, G. S. (1946). The Pre-Industrial Revolution in America: A Field for Local Research. *Bulletin of the Business Historical Society*, 20(4), 103-116.
- Goudarzi, P., Malazi, H. T., & Ahmadi, M. (2016). Khorramshahr: A scalable peer to peer architecture for port warehouse management system. *Journal of Network and Computer Applications*, 76, 49-59.
- Görçün, Ö. F. (2016). Dördüncü endüstri devrimi endüstri 4.0. Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Görçün, Ö. (2017). Endüstri 4.0. *Ankara, Beta Basım*. <https://acikders.ankara.edu.tr> (Erişim tarihi: 05.06.19).

- Green, J., & Thorogood, N. Qualitative methods for health research. 2004. *London: London School of Hygiene & Tropical Medicine.*
- Grinninger, J. (2012). *Schlanke Produktionssteuerung zur Stabilisierung von Auftragsfolgen in der Automobilproduktion* (Doctoral dissertation, Technische Universität München).
- Grosse, E. H., Glock, C. H., & Neumann, W. P. (2017). Human factors in order picking: a content analysis of the literature. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1260-1276.
- Grzeszick, R., Feldhorst, S., Mosblech, C., Fink, G. A., & ten Hompel, M. (2016). Camera-assisted Pick-by-feel. *Logistics Journal: Proceedings*, 2016(10).
- Gudehus, T. (2013). *Logistik: Grundlagen-Strategien-Anwendungen*. Springer-Verlag.
- Guillemin, A. (1881). *La vapeur*. Hachette.
- Guo, A., Raghu, S., Xie, X., Ismail, S., Luo, X., Simoneau, J., ... & Starner, T. (2014, September). A comparison of order picking assisted by head-up display (HUD), cart-mounted display (CMD), light, and paper pick list. In *Proceedings of the 2014 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 71-78).
- Guo, A., Wu, X., Shen, Z., Starner, T., Baumann, H., & Gilliland, S. (2015). Order picking with head-up displays. *Computer*, 48(6), 16-24.
- Günthner, W. A., Blomeyer, N., Reif, R., & Schedlbauer, M. (2009). Pick-by-Vision: Augmented Reality unterstützte Kommissionierung.
- Haipeter, T. (2019). *Interessenvertretung in der Industrie 4.0: Das gewerkschaftliche Projekt Arbeit 2020*. Baden-Baden: Nomos, edition sigma.
- Hanson, R., Falkenström, W., & Miettinen, M. (2017). Augmented reality as a means of conveying picking information in kit preparation for mixed-model assembly. *Computers & Industrial Engineering*, 113, 570-575.
- Hanson, R., & Medbo, L. (2016). Aspects influencing man-hour efficiency of kit preparation for mixed-model assembly. *Procedia CIRP*, 44, 353-358.

- Holmström, J., & Partanen, J. (2014). Digital manufacturing-driven transformations of service supply chains for complex products. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 19 No. 4, pp. 421-430.
- Hompel, M., Sadowsky, V., & Beck, M. (2011). Systemtypen in der Kommissionierung. In *Kommissionierung* (pp. 65-90). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hompel, M., & Schmidt, T. (2006). *Warehouse Management: Organisation und Steuerung von Lager-und Kommissioniersystemen*. Springer-Verlag.
- Huber, W. (2016). *Industrie 4.0 in der Automobilproduktion*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Ivanov, D., Sokolov, B., & Ivanova, M. (2016). Schedule coordination in cyber-physical supply networks Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 839-844.
- Johansson, I.M., 1991: Kitting systems for small parts in manual assembly systems. *Production Research Approaching the 21st Century*, pp. 225-230.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0 - Final Report of the Industrie 4.0 Working Group; Communication Promoters Group of the Industry-Science Research Alliance, acatech: Frankfurt am Main, Germany, 2013.
- Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia manufacturing*, 21, 782-789.
- Kennedy, P. (1990). Büyük Güçlerin Yükseliş ve Çöküşleri. *İstanbul: Türkiye İş Bankası Yayınları*.
- Khajavi, S. H., Baumann, M., Holmström, J., Özcan, E., Atkin, J., Jackson, W., & Li, W. (2018). To kit or not to kit: Analysing the value of model-based kitting for additive manufacturing. *Computers in Industry*, 98, 100-117.
- Kim, S., Nussbaum, M. A., & Gabbard, J. L. (2016). Augmented reality “smart glasses” in the workplace: industry perspectives and challenges for worker safety and health. *IIE transactions on occupational ergonomics and human factors*, 4(4), 253-258.

- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875.
- Kostrzewski, M., Kosacka-Olejnik, M., & Werner-Lewandowska, K. (2019). Assessment of innovativeness level for chosen solutions related to Logistics 4.0. *Procedia Manufacturing*, 38, 621-628.
- Kouri, I. A., Salmimaa, T. J., & Vilpola, I. H. (2008). The principles and planning process of an electronic kanban system. In *Novel algorithms and techniques in telecommunications, automation and industrial electronics* (pp. 99-104). Springer, Dordrecht.
- Krajcovic, M., Gabajova, G., & Micieta, B. (2014). Order picking using augmented reality. *Communications-Scientific letters of the University of Žilina*, 16(3A), 106-111.
- Künne, B., & Eggert, J. (2010). Development of a holistic concept using mobile and stationary sensors to determine the condition of intralogistic systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(17), 114-119.
- Langen, K. H. (2001). Strategien für die Kommissionierung mit Regalbediengeräten, Karussellägern und Sortern. *Logistikjahrbuch 2001*.
- 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.
- Lee, J. A., Chang, Y. S., Shim, H. J., & Cho, S. J. (2015). A study on the picking process time. *Procedia Manufacturing*, 3, 731-738.
- Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manufacturing letters*, 1(1), 38-41.
- Legget, B., & Rosanas, J. M. (2008). Rethoric and Persuasion in management. *IESE. Occasional Paper OP154. Julio*.
- Li, W., Zhong, Y., Wang, X., & Cao, Y. (2013). Resource virtualization and service selection in cloud logistics. *Journal of Network and Computer Applications*, 36(6), 1696-1704.

- Macaulay, J., Buckalew, L., & Chung, G. (2015). Internet of things in logistics. DHL. *Trend Research Cisco Consulting Services A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry*.
- Marchet, G., Melacini, M., & Perotti, S. (2015). Investigating order picking system adoption: a case-study-based approach. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 18(1), 82-98.
- Markus Aleksy, Michael Troost, Falk Scheinhardt, Gunnar T. Zank, "Utilizing HoloLens to Support Industrial Service Processes", *Advanced Information Networking and Applications (AINA) 2018 IEEE 32nd International Conference on*, pp. 143-148, 2018.
- Mertens, P., Barbian, D., & Baier, S. (2017). *Digitalisierung und Industrie 4.0-eine Relativierung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Miler, R. K., & Pac, B. (2015). Adaptation of the “7 Rights” Model to Education of Logistics Engineers. *Logistics and Transport*, 25, 93-102.
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466-473.
- Müller, J. P., Ketter, W., Kaminka, G., Wagner, G., & Bulling, N. (Eds.). (2015). *Multiagent System Technologies: 13th German Conference, MATES 2015, Cottbus, Germany, September 28-30, 2015, Revised Selected Papers* (Vol. 9433). Springer.
- Nanry, J., Narayanan, S., & Rassey, L. (2015). Digitizing the value chain: Challenges remain for “Industry” 4.0, but the buzz is growing. *McKinsey Quarterly*. http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/digitizing_the_value_chain (Erişim tarihi: 06.09.2020)
- Nelles, J., Kuz, S., Mertens, A., & Schlick, C. M. (2016, March). Human-centered design of assistance systems for production planning and control: The role of the human in Industry 4.0. In *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)* (pp. 2099-2104). IEEE.
- Nesnelerin interneti ile birbirine bağlı cihazlar (2020). 03 Eylül 2020 tarihinde <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> sayfasından erişim sağlanmıştır.

- Pieper-Musiol, R. (1982). Entscheidungshilfe zur Auswahl und Bewertung von Kommissioniersystemen. *Fördern und Heben–Marktbild Lager*.
- Ponis, S. T., & Efthymiou, O. K. (2020). Cloud and IoT Applications in Material Handling Automation and Intralogistics. *Logistics*, 4(3), 22.
- Prinz, C., Morlock, F., Freith, S., Kreggenfeld, N., Kreimeier, D., & Kuhlenkötter, B. (2016). Learning factory modules for smart factories in industrie 4.0. *Procedia CiRp*, 54, 113-118.
- Pulverich, M., & Schietinger, J. (2009). Handbuch Kommissionierung. *München: Verlag Heinrich Vogel*.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia cirp*, 52, 173-178.
- Qiu, X., Luo, H., Xu, G., Zhong, R., & Huang, G. Q. (2015). Physical assets and service sharing for IoT-enabled Supply Hub in Industrial Park (SHIP). *International Journal of Production Economics*, 159, 4-15.
- Quick, J., & Hall, S. (2015). Part two: Qualitative research. *Journal of perioperative practice*, 25(7-8), 129-133.
- Radivojević, G., & Milosavljević, L. (2017). The concept of logistics 4.0. In *Proceedings of the 4th Logistics International Conference–LOGIC* (pp. 283-292).
- Rammelmeier, T., Galka, S., & Günthner, W. A. (2011). Active prevention of picking errors by employing pick-by-vision. In *4th International Doctoral Students Workshop on Logistics*.
- Ramnath, B. V., Kumar, C. S., Mohamed, G. R., Venkataraman, K., Elanchezhian, C., & Sathish, S. (2014). Analysis of Occupational Safety and Health of Workers by Implementing Ergonomic Based Kitting Assembly System. *Procedia Engineering*, 97, 1788-1797.
- Reif, R., & Günthner, W. A. (2009). Pick-by-vision: augmented reality supported order picking. *The Visual Computer*, 25(5-7), 461-467.

- Reif, R., & Walch, D. (2008). Augmented & Virtual Reality applications in the field of logistics. *The Visual Computer*, 24(11), 987-994.
- Roodbergen, K. J. (2001). *Layout and routing methods for warehouses* (No. EPS-2001-004-LIS).
- Sadowsky, V. (2007). *Beitrag zur analytischen Leistungsermittlung von Kommissioniersystemen*. Dortmund: Verlag Praxiswissen.
- Sanchez, R. (2005), "Analysis of customer portfolio and relationship management models: bridging managerial dimensions", *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 20 No. 6, pp. 307-316
- Sánchez, R. M. A., Tucker, R. L., & McCullough, B. F. (1998). *Feasibility evaluation model for toll highways* (No. 99-05682 UMI). University of Texas at Austin.
- Schadler, M., Hafner, N., & Landschützer, C. (2019). Konzepte und Methoden für prädiktive Instandhaltung in der Intralogistik. *Logistics Journal: Proceedings*, 2019(12).
- Scholz, M., Kreitlein, S., Lehmann, C., Böhner, J., Franke, J., & Steinhilper, R. (2016). Integrating intralogistics into resource efficiency oriented learning factories. *Procedia CIRP*, 54, 239-244.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.
- Schwerdtfeger, B., & Klinker, G. (2008, September). Supporting order picking with augmented reality. In *2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 91-94). IEEE.
- Schwerdtfeger, B., Reif, R., Gunthner, W. A., Klinker, G., Hamacher, D., Schega, L., ... & Tumler, J. (2009, October). Pick-by-Vision: A first stress test. In *2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 115-124). IEEE.
- Sharp, G., & Handelsmann, R. (1996). Productivity and quality impacts of pick-to-light systems. *Progress in material handling research*, 513-530.
- Shi, X., Tao, D., & Voß, S. (2011). RFID technology and its application to port-based container logistics. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 21(4), 332-347.

- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E., & Shankar, R. (2008). *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies*. Tata McGraw-Hill Education.
- Spear, B. (2008). James Watt: The steam engine and the commercialization of patents. *World patent information*, 30(1), 53-58.
- Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359-369.
- Tan, K. H., Zhan, Y., Ji, G., Ye, F., & Chang, C. (2015). Harvesting big data to enhance supply chain innovation capabilities: An analytic infrastructure based on deduction graph. *International Journal of Production Economics*, 165, 223-233.
- TAYSAD, (S.88, Mart-Nisan- 2016), 78.
- Trappey, A. J., Trappey, C. V., Govindarajan, U. H., Sun, J. J., & Chuang, A. C. (2016). A review of technology standards and patent portfolios for enabling cyber-physical systems in advanced manufacturing. *IEEE Access*, 4, 7356-7382.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning*. John Wiley & Sons.
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2017). *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Springer.
- Uckelmann, D. (2008, September). A definition approach to smart logistics. In *International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking* (pp. 273-284). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Van den Berg, J. P., & Zijm, W. H. (1999). Models for warehouse management: Classification and examples. *International journal of production economics*, 59(1-3), 519-528.
- Verein Deutscher Ingenieure (1994). *VDI-Richtlinie 3590 Blatt 1: Kommissioniersysteme-Grundlagen*. Berlin: Beuth Verlag.

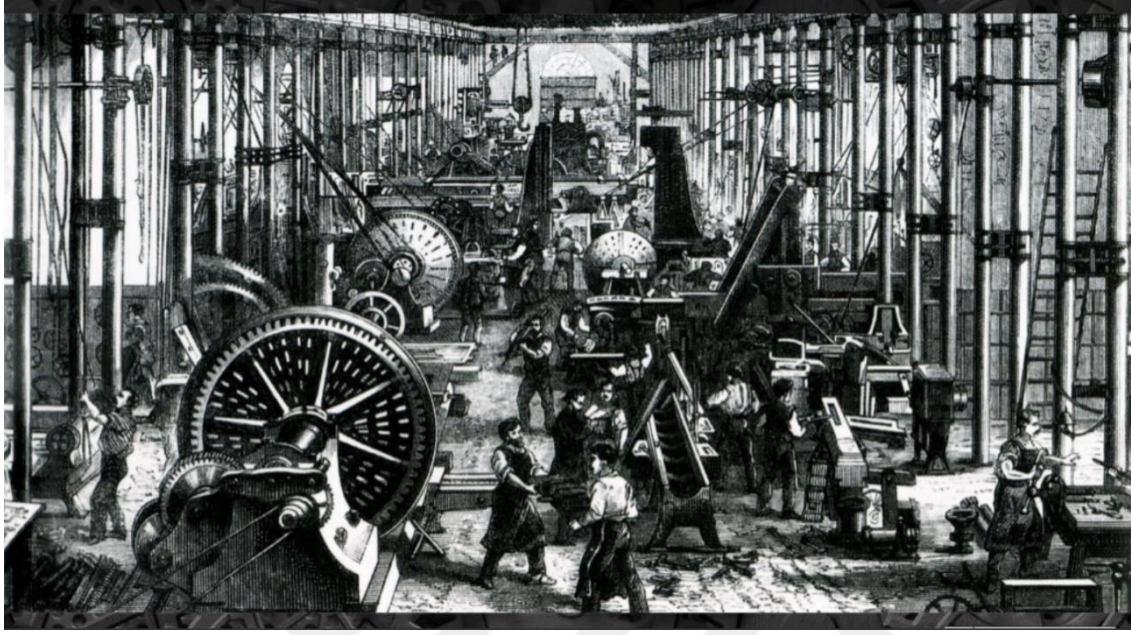
- Vojdani, N., & Knop, M. (2016). Leistungsorientierte Bewertung und Auswahl von Materialbereitstellungsstrategien mittels Fuzzy Axiomatic Design. *Logistics Journal: Proceedings*, 2016(05).
- Wang, K. (2016, November). Logistics 4.0 Solution-New Challenges and Opportunities. In *6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*. Atlantis Press.
- Weaver, K. A., Baumann, H., Starner, T., Iben, H., & Lawo, M. (2010, April). An empirical task analysis of warehouse order picking using head-mounted displays. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1695-1704).
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *Ifac-Papersonline*, 48(3), 579-584.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769.
- Wolf, O., Rahn, J., & Haselberger, J. (2012). Warehouse-Management-System aus der Wolke. *Fördern und Heben*, (3), 54-55.
- Wölflé, M., & Günthner, W. A. (2011). *Papierlose Produktion und Logistik*. TU München, Forschungsbericht.
- Xu, L. D. (2011). Information architecture for supply chain quality management. *International Journal of Production Research*, 49(1), 183-198.
- Yan, J., Zhang, M., & Fu, Z. (2019). An intralogistics-oriented Cyber-Physical System for workshop in the context of Industry 4.0. *Procedia manufacturing*, 35, 1178-1183.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri [Qualitative research methods in social sciences](Extended).
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 546-556.
- Yin, R.K. (1999). Enhancing the quality of case studies in health services research. *Health Services Research*, 34, 1209–1224.

- Zhang, R., Lu, J. C., & Wang, D. (2014). Container drayage problem with flexible orders and its near real-time solution strategies. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 61, 235-251.
- Zhong, R. Y., Huang, G. Q., Lan, S., Dai, Q. Y., Chen, X., & Zhang, T. (2015). A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data. *International Journal of Production Economics*, 165, 260-272.
- Zhou, L., Chong, A. Y., & Ngai, E. W. (2015). Supply chain management in the era of the internet of things. *International Journal of Production Economics*, 159, 1-3.

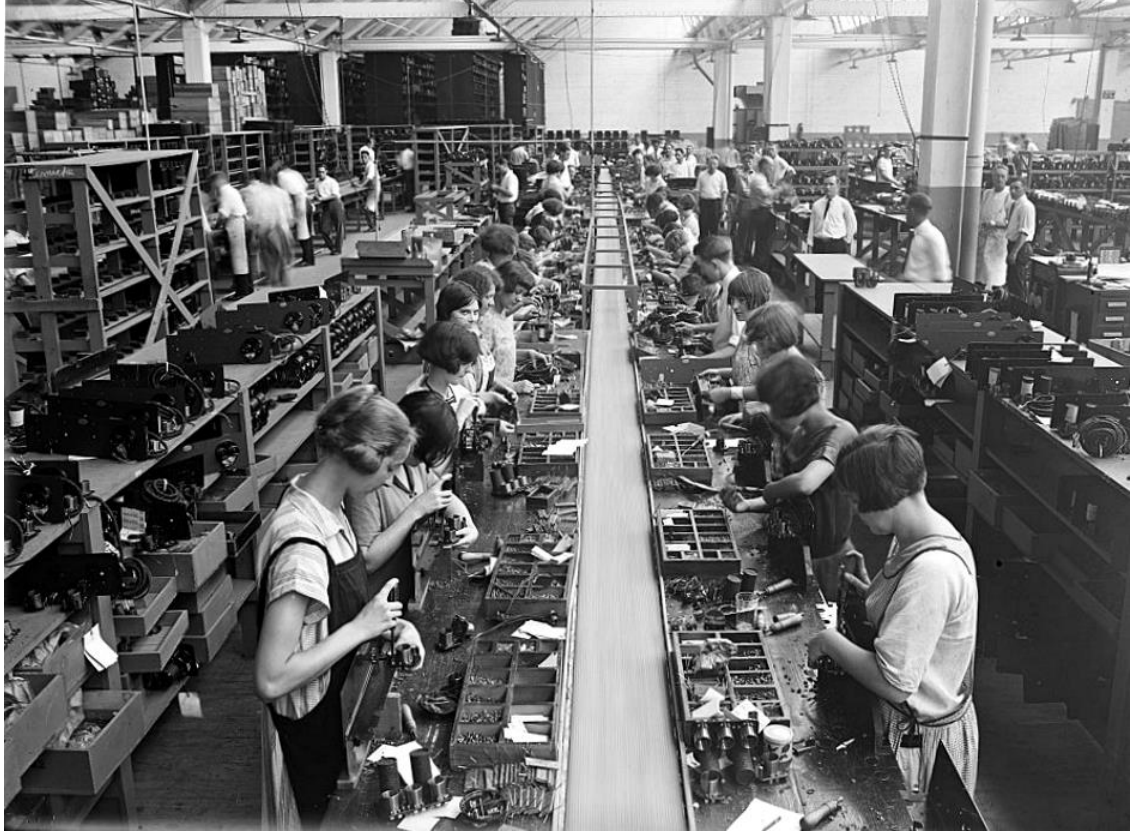


EKLER

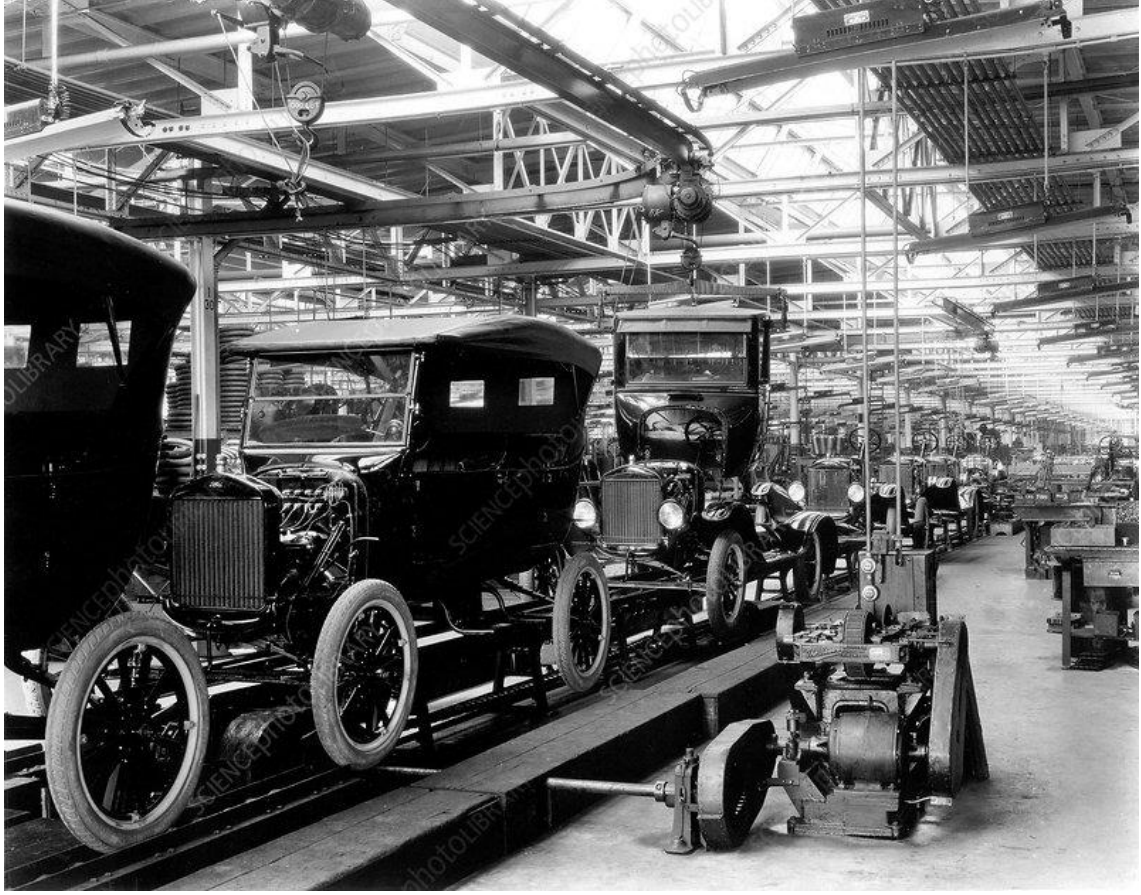
EK 1. Endüstri 1.0: 1800'lerde bir buhar gücü fabrikası



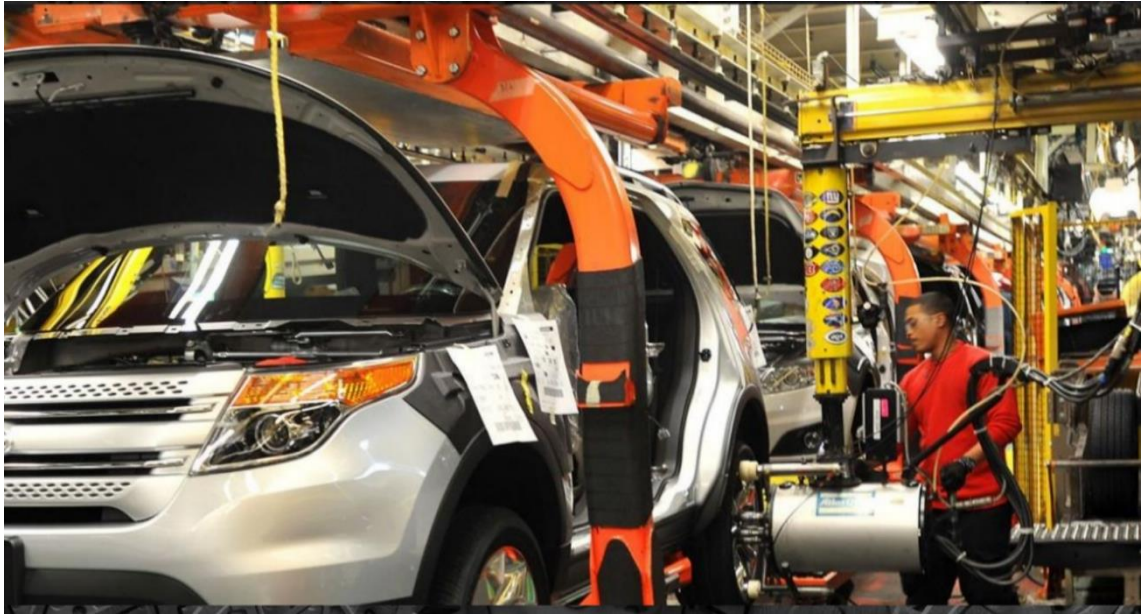
EK 2. Endüstri 2.0: 1920'lerde radyo yapan kadınlar.



EK 3. Endüstri 2.0: Ford T-Model üretim hattı, 1920'ler



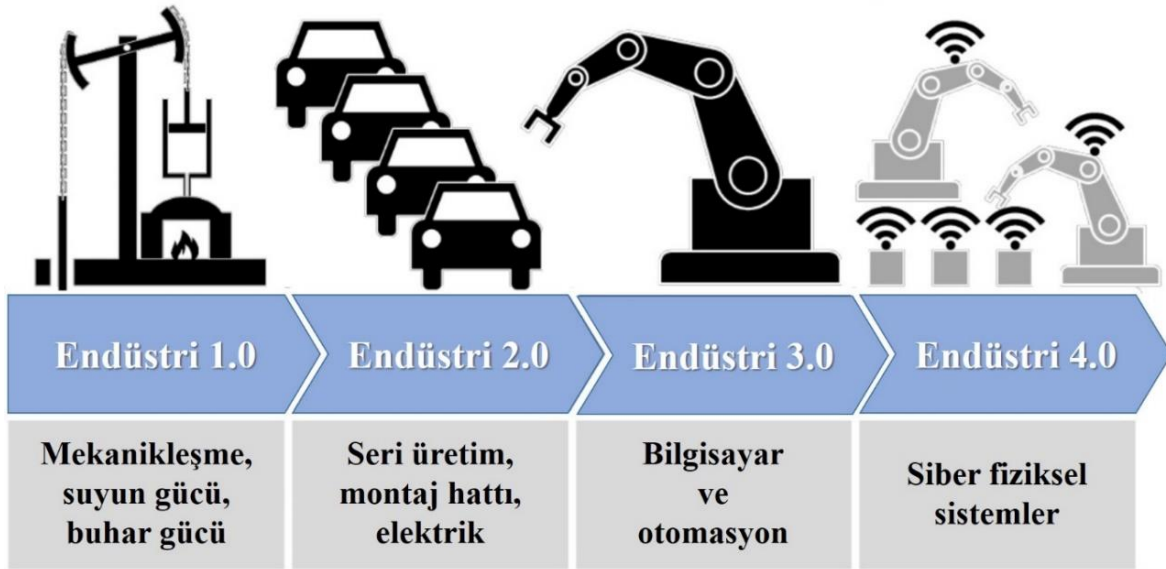
EK 4. Endüstri 3.0: Bilgisayar yardımcı üretim hatları



EK 5. Endüstri 4.0: Nesnelerin interneti, makine ve insanların uyumu



EK 6. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a gelişim



EK 7. Ses yardımı ile parça toplama – I



EK 8. Ses yardımı ile parça toplama – II



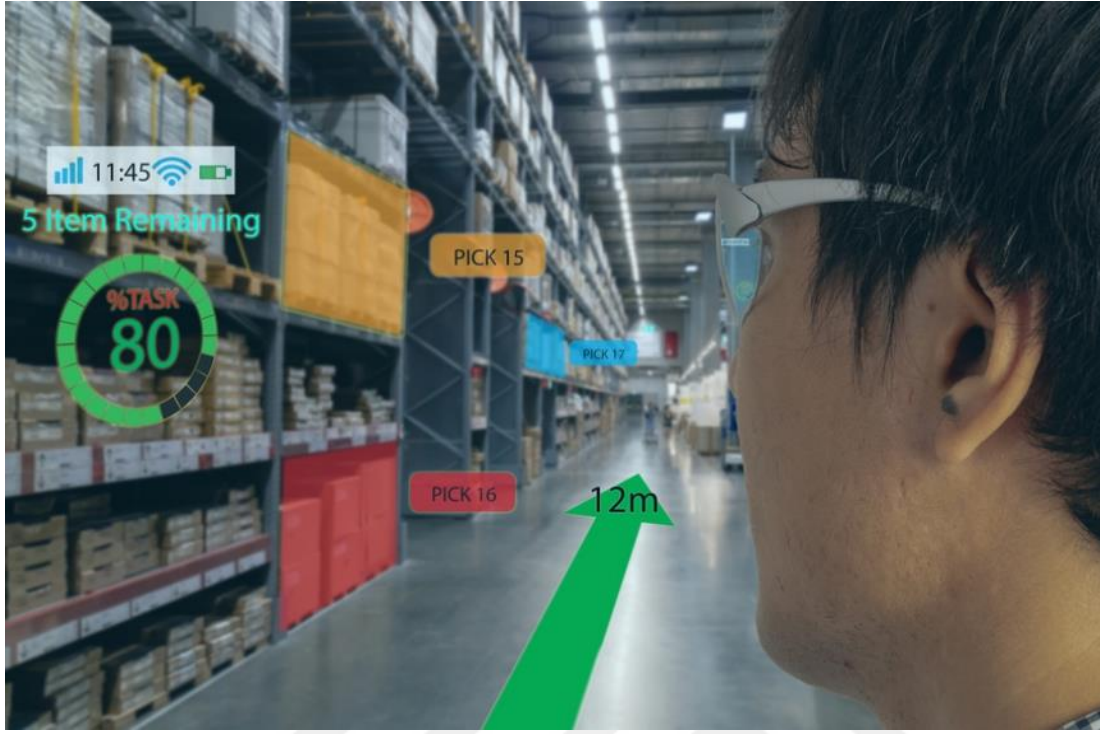
EK 9. Işıık yardımı ile parça toplama – I



EK 10. Işıık yardımı ile parça toplama – II



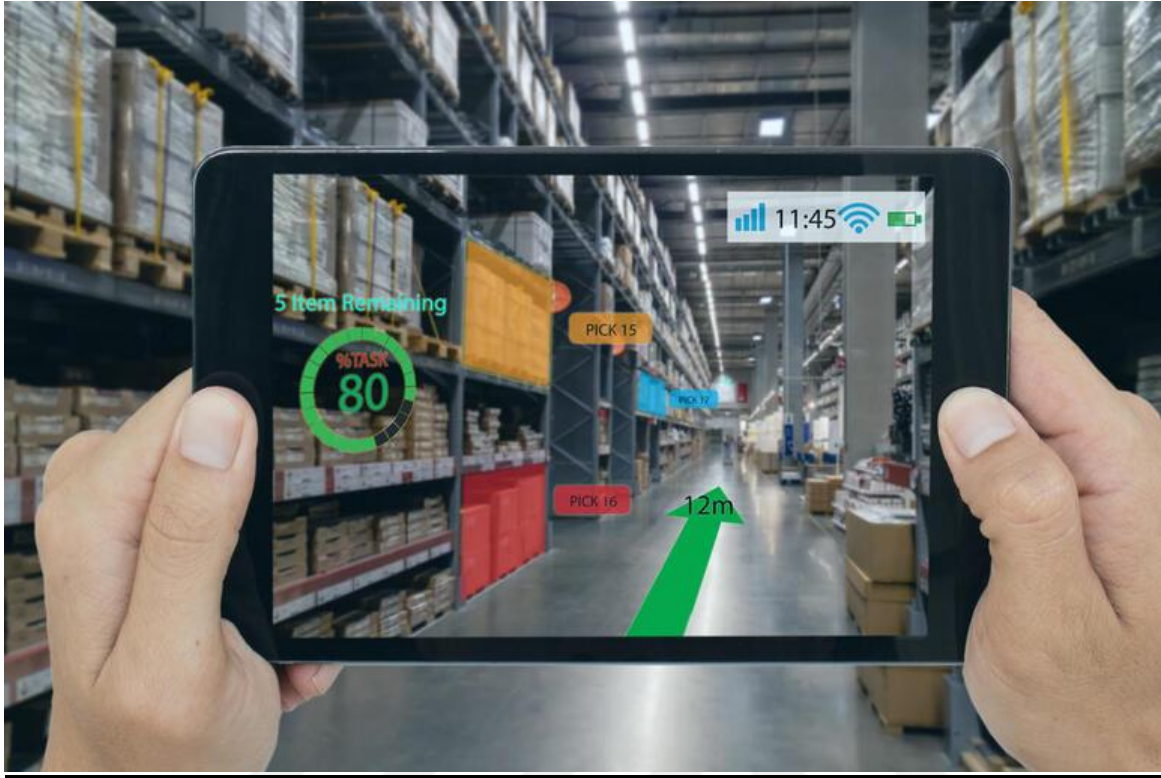
EK 11. Teknolojik gözlük yardımı ile parça toplama – I



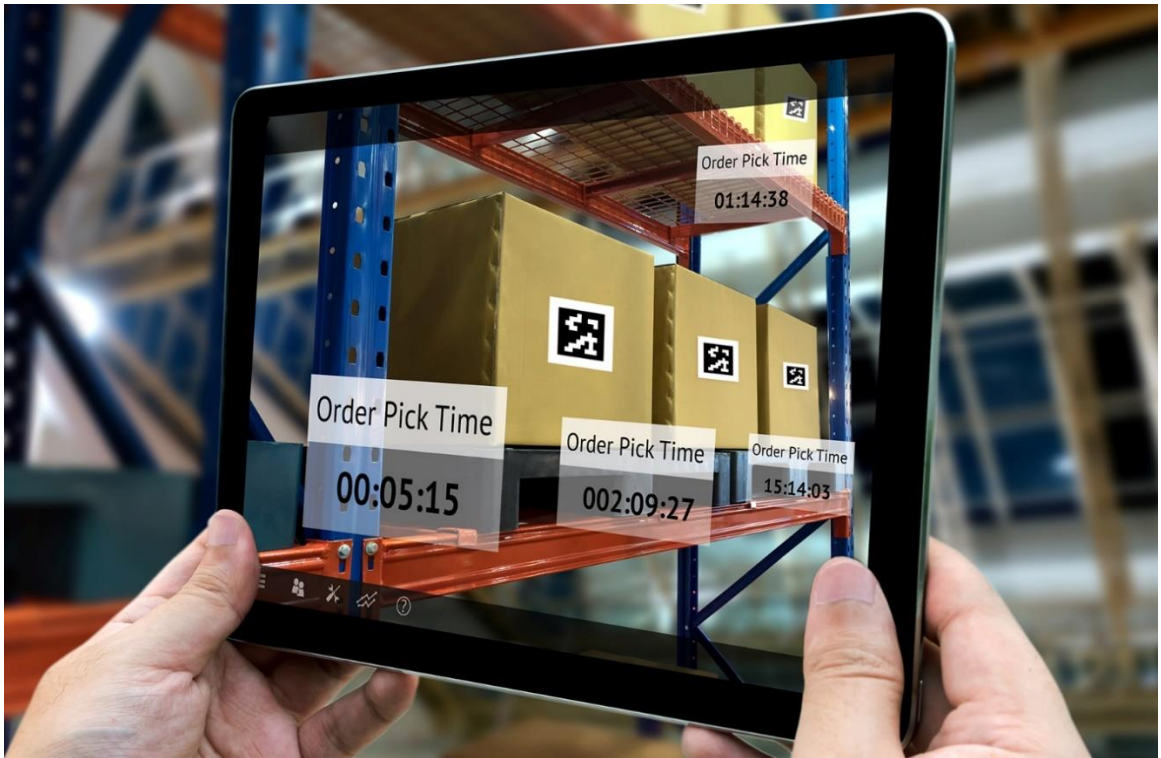
EK 12. Teknolojik gözlük yardımı ile parça toplama – II



EK 13. Artırılmış gerçeklik yardımı ile parça toplama – I



EK 14. Artırılmış gerçeklik yardımı ile parça toplama – II



EK 15. Radyo sinyali yardımı ile parça toplama – I



EK 16. Radyo sinyali yardımı ile parça toplama – II



EK 17. Kâğıt yardımı ile parça toplama – I



EK 18. Kâğıt yardımı ile parça toplama – II



EK 19. Parça komisyonlama/parça toplama arabası - I



EK 20. Parça komisyonlama/parça toplama arabası - II



EK 21. Parça komisyonlama/parça toplama arabası – III



EK 22. Parça komisyonlama/parça toplama arabası – IV



Özgeçmiş

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ender Pak

EĞİTİM BİLGİLERİ

Doktora : Aksaray Üniversitesi – İşletme ABD – Aksaray 2022

Yüksek Lisans : Selçuk Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
Konya 2008

Lisans : Gaziantep Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
Gaziantep 2002

UZMANLIK ALANLARI VE TECRÜBELER

Mercedes-Benz Türk A.Ş., Aksaray Kamyon Fabrikası (Haziran 2004 - ...)

- **Manufacturing Engineering Department, 2004 - 2008;**
Engineering Workshop (AVW) – **4,5 Years** - Senior Engineer
- **Production Department, 2008 - 2013;**
End of Line (Finish), Testing & Vehicle Delivery - **5 years** - Manager
- **Manufacturing Engineering Department, 2013 - 2014;**
Factory and Facility Planning – **1 year** - Manager
- **Production, 2014 - 2016;**
Vehicle Assembly Line – **2,5 years** - Manager
- **Truck Technology Center, 2016 - 2019;**
Launch & Change Management of Plant Aksaray – **2,5 years** – **Group Manager**
- **Global Sales Operations – 2019 - ...;**
Head of Global Order Center Mercedes-Benz Trucks Turkey – ...

AKG Thermotechnik GmbH, İzmir (Aralık 2003 – Haziran 2004)

- **Sales & Custom Tailored Projects, 2003 – 2004;**
Project and Sales Engineer, **0,5 years**

YAYINLAR

ULUSLARASI HAKEMLİ DERGİLERDE YAYIMLANAN MAKALELER:

- Divanoğlu Uslu Sevilay, Taş Ülge, Pak Ender (2021). Otomotiv Sektöründeki Bir Üretim Tesisindeki Montaj Hattına Kaizen Metodolojisinin Uygulanması. Journal of Polytechnic, (Kontrol No: 785696).

ULUSAL HAKEMLİ DERGİLERDE YAYIMLANAN MAKALELER:

- Uygun Mutlu, Taş Ülge, Pak Ender (2019). Değer Akışı Haritalandırma Yöntemi İle Verimliliğin Arttırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Vaka Çalışması. Verimlilik Dergisi (3), 7-39.

ULUSAL BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTAPLARINDA BASILAN BİLDİRİLER:

- Uygun Mutlu, Taş Ülge, Güner Ebru, Pak Ender (2013). Lojistik Performans Yönetimine Dayalı Tedarikçi Seçimi Otomotiv Sektöründe Bir Vaka Çalışması. II. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 488-494. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:595241)

Tez Değerlendirme Formu

Aksaray Üniversitesi Tez Değerlendirme Formu		
Öğrencinin Adı Soyadı: ENDER PAK		EVET
Kapak		
1	Tez Başlığı tutanaktaki başlıkla aynı mı?	√
2	Kapaktaki ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlı mı?	√
3	Kapak format kılavuzdaki kapak formatına uygun mu?	√
4	Kapakta yazılan tüm yazılar doğru olarak verilmiş mi?	√
İçindekiler		
5	Sayfa numaraları tam verilmiş mi?	√
6	Şekil, Çizelge vb. listeleri verilmiş mi? Sıralaması doğru mu?	√
7	Özet, Abstract, Giriş, Sonuçlar vb. bölümler var mı?	√
8	Yazım hataları kontrolü yapıldı mı?	√
Giriş		
9	Hazırlanan tezin önemini anlatıyor mu?	√
10	İkinci ve Üçüncü dereceden başlık içermemeli kuralına uyuldu mu?	√
Özet/Abstract		
11	Kılavuza uygun mu?	√
12	Ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlı mı?	√
13	Özet; tek sayfa, tek aralık, tek paragraf kuralına uygun olarak yazıldı mı?	√
14	Bilim kodu, sayfa adedi, anahtar kelimeler ve tez danışmanı yazıldı mı?	√
Kaynakça		
15	Kaynakların tamamına metin içinde atıf yapıldı mı?	√
16	Kaynak formatı Kılavuzdaki kaynak formatına uygun olarak hazırlanmış mı?	√
17	Atıf formatı kılavuzdaki atıf formatına uygun mu?	√
Atıf Yöntemi APA 6 ☒ CMS ☐		
Genel Değerlendirme		
18	Etik Beyan açıklaması okundu, uyuldu ve imzalandı mı?	√
19	Kabul/Onay sayfası kılavuzdaki formata uygun olarak düzenlenmiş mi?	√
20	Kabul /Onay sayfasında belirtilen oy birliği/oy çokluğu seçeneklerinden uygun olanı savunmayla tutarlı olacak şekilde belirlenmiş mi?	√
21	Sayfa kenar boşluklar ve sayfa numaraları kılavuzdaki formatına uygun mu?	√
22	Paragraf boşlukları ve metin satır aralığı kılavuza uygun olacak şekilde düzenlenmiş mi?	√
23	Başlık yazımları kılavuzdaki başlık formatlarına uygun mu?	√
24	Yazı tipi ve boyutu kılavuzdaki yazı tipi ve boyutu formatına uygun mu?	√
25	Şekil, Çizelge vb. açıklama ve numaralandırmaları kılavuzdaki formata uygun olarak	√

Bu tezin tarafımdan “Tez yazım kuralları” okunarak dikkatlice hazırlanmış olduğunu ve doğabilecek her türlü olumsuzluktan sorumlu olacağımı kabul ederim.

Öğrencinin imzası