

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ İŞLETMECİLİĞİ
PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR İLERİ TEKNOLOJİ FABRİKASININ DÖRDÜNCÜ
ENDÜSTRİ DEVRİMİNE UYUMU

Serkan GENÇ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hilmi YÜKSEL

İZMİR-2018

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ İŞLETMECİLİĞİ
PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR İLERİ TEKNOLOJİ FABRİKASININ DÖRDÜNCÜ
ENDÜSTRİ DEVRİMİNE UYUMU

Serkan GENÇ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hilmi YÜKSEL

İZMİR-2018

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAY SAYFASI

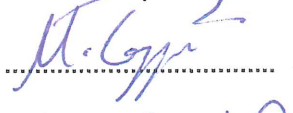
Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : SERKAN GENÇ
Öğrenci No : 2016800624
Tez Başlığı : Bir İleri Teknoloji Fabrikasının Dördüncü Endüstri Devrimine Uyumu

Savunma Tarihi : 09/08/2018
Danışmanı : Prof. Dr. Hilmi YÜKSEL

JÜRI ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>
Prof. Dr. Hilmi YÜKSEL	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
Dr. Öğr. Üyesi Mert TOPOYAN	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
Doç. Dr. Mustafa GERŞİL	CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ

İmza


SERKAN GENÇ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez savunmada başarılı bulunarak oy birliği () / oy çokluğu () ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Metin ARIKAN
Müdür

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bir İleri Teknoloji Fabrikasının Dördüncü Endüstri Devrimine Uyumu ” adlı çalışmamın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

09/08/2018

Serkan Genç

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Bir İleri Teknoloji Fabrikasının Dördüncü Endüstri Devrimine Uyum

Serkan GENÇ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Üretim Yönetimi ve Endüstri İşletmeciliği Programı

Üretim teknolojilerinde yaşanan devrim niteliğindeki yeniliklerle, Dördüncü Endüstri Devrimi gerçekleşmektedir. Şüphesiz ki; bu devrim de daha önce yaşanan devrimler gibi birçok yenilik ve gelişmeye yol açacaktır. Henüz başlangıç aşamasında olan Dördüncü Endüstri Devrimi, şu anda dahi, birçok değişime sebep olmuştur. Özellikle Nesnelerin İnterneti, otonom robotlar ve 3 boyutlu yazıcılar sayesinde üretim metotlarının radikal bir değişime uğrayacağı açıktır.

İşletmeler ve ülkelerin, diğer işletme ve ülkelerle rekabet edebilmeleri için, bu devrimi yakından izlemeleri ve devrimin getirdiği yenilikleri uygulamaları elzemdir.

Dördüncü Endüstri Devrimi'nin amacı tam otomasyonu sağlamak olduğu için maliyetlerin tarihteki en düşük seviyeye inmesi mümkündür. Ancak işsizlik oranının tarihteki en büyük sayıya ulaşabileceği senaryosu üzerinde de durulmaktadır.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde daha önce yaşanan endüstri devrimleri üzerinde durulmuş ve tarihi gelişimleriyle ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir. İkinci bölümünde, günümüzde yaşanmakta olan Dördüncü Endüstri Devrimi'yle ilgili gelişmelere, uygulamalara ve ülkelerin bu konudaki planlarına yer verilmiştir. Üçüncü ve son bölümde ise Manisa ilinde faaliyet göstermekte olan bir fabrikada Endüstri 4.0 uygulaması yapılmasının sonuçları araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Nesnelerin Interneti, 3B yazıcılar,
Endüstri Devrimlerinin Tarihçesi, Otomasyon**



ABSTRACT

Master's Thesis

**Adaptation Of An Advanced Technology Factory To The Fourth Industrial
Revolution**

Serkan GENÇ

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Production Management and Industrial Business Administration Program

The Fourth Industrial Revolution is taking place with the revolutionary innovations in production technologies. Undoubtedly this revolution will lead to many innovations and developments like the revolutions that existed before. The Fourth Industrial Revolution which is in its early stages, has led to many changes even now. Especially with the Internet of Things, autonomous robots and 3D printers, it is obvious that the production methods will undergo a radical change.

It is essential for businesses and the countries closely monitor this revolution and implement the innovations brought by the revolution to compete with other businesses and countries.

Because the objective of the Fourth Industrial Revolution is to provide full automation, it is possible for costs to fall to the lowest level in history. However, the scenario in which the unemployment rate can reach the largest number in history is also emphasized.

In the first part of this thesis, the previous industrial revolutions were discussed and detailed information about their historical development is given. In the second part, developments, practices and the plans of countries about the fourth industrial revolution, which is taking place. In the third and last chapter, the results of the application of industry 4.0 in a factory operating in Manisa province were investigated.

Keywords: Industry 4.0, Internet of Things, 3D Printers, History of Industrial Revolutions, Automation



**BİR İLERİ TEKNOLOJİ FABRİKASININ DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ
DEVİRİMİNE UYUMU
İÇİNDEKİLER**

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

**BİRİNCİ BÖLÜM
ENDÜSTRİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ**

1.1. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİNİN ORTAYA ÇIKIŞLARI VE GELİŞİMLERİ	3
1.2. BİRİNCİ ENDÜSTRİ DEVRİMİ	4
1.2.1. Birinci Endüstri Devrimi Sırasında Gerçekleşen Gelişmeler	6
1.2.1.1. Kömür Kullanımı, Buhar Makinesi ve Ulaşım	6
1.2.1.2. Dokuma Tezgahları ve Tekstil	7
1.2.1.3. Birinci Endüstri Devrimi Sırasında Gerçekleşen Diğer Gelişmeler	8
1.2.2. Birinci Endüstri Devriminin Sonuçları	8
1.3. İKİNCİ ENDÜSTRİ DEVRİMİ	9
1.3.1. İkinci Endüstri Devrimi Sırasında Gerçekleşen Gelişmeler	11
1.3.1.1. Demir	11
1.3.1.2. Çelik	11
1.3.1.3. Demiryolu	12
1.3.1.4. Elektrik Enerjisi ve İçten Yanmalı Motorlar	12

1.3.1.5. Fordizm ve Taylorizm	13
1.3.2. İkinci Endüstri Devriminin Sonuçları	14
1.4. ÜÇÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ	15
1.4.1. Üçüncü Endüstri Devrimi Sırasında Teknolojide Yaşanan Gelişmelerin Endüstriye Etkileri	17
1.4.1.1. Bilgisayar ve Yazılımlar	17
1.4.1.2. İnternet	18
1.4.1.3. Endüstriyel Robotlar	19
1.4.2. Üçüncü Endüstri Devriminin Sonuçları	20
1.5. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ	21

İKİNCİ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 4.0)

2.1. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ KAVRAMININ DOĞUŞU	22
2.2. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİ SÜRÜKLEYEN TEKNOLOJİLER	23
2.2.1. Nesnelerin İnterneti (IoT)	24
2.2.2. Simülasyon	28
2.2.3. Otonom Robotlar	29
2.2.4. Katmanlı Üretim	30
2.2.5. Artırılmış Gerçeklik	31
2.2.6. Bulut Bilişim	33
2.2.7. Siber Güvenlik	34
2.2.8. Büyük Veri ve Analizi	36
2.2.9. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	37
2.3. ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA ÖNCÜ İŞLETMELERİN ÇALIŞMALARI	37
2.4. ENDÜSTRİ 4.0 VE GELECEKTEKİ ON YENİ MESLEK GRUBU	39
2.5. 2020 AVRUPA BİRLİĞİ STRATEJİLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0	40
2.6. ENDÜSTRİ 4.0 VE TÜRKİYE	42
2.6.1. Türkiye ve Vizyon 2023 Stratejisi	44
2.6.2. 2023 Stratejisi ve Uygulanacağı Sektörler	45
2.7. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİN MUHTEMEL SONUÇLARI	47

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
BİR İLERİ TEKNOLOJİ FABRİKASINDA DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ
KAPSAMINDA BİR UYGULAMA

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE YÖNTEMİ	50
3.2. İŞLETME HAKKINDA BİLGİ	50
3.3. MEVCUT DURUMUN İNCELENMESİ	51
3.3.1. 850/8 Kodlu Makine	53
3.3.2. 700/7 Kodlu Makine	54
3.3.3. 1500/8 Kodlu Makine	54
3.3.4. 1250/6 Kodlu Makine	55
3.3.5. Engel 1500/5 Kodlu Makine	56
3.3.6. NB 700/2 Kodlu Makine	56
3.4. UYGULAMA SÜRECİ	57
3.5. ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMASI SONRASI DURUMUN İNCELENMESİ	58
3.5.1. 850/8 Kodlu Makine	59
3.5.2. 700/7 Kodlu Makine	61
3.5.3. 1500/8 Kodlu Makine	62
3.5.4. 1250/6 Kodlu Makine	63
3.5.5. Engel 1500/5 Kodlu Makine	65
3.5.6. NB 700/2 Kodlu Makine	66
3.5.7. Uygulamadan Elde Edilen Toplam ve Ortalama Kazanımlar	68
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	71
KAYNAKÇA	77

KISALTMALAR

3B	Üç Boyutlu
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AR	Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
ARBİS	Araştırmacı Bilgi Sistemi
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
ARPANET	The Advanced Research Projects Agency Network (Gelişmiş Araştırma Projeleri Dairesi Ağı)
BCG	Boston Consulting Group (Boston Danışmanlık Grubu)
C	Parça Başı Maliyet
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAPP	Computer Aided Process Planning (Bilgisayar Destekli İşlem Planlaması)
CAQC	Computer Aided Quality Control (Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol)
CIPM	Computer Integrated Production Management (Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Yönetimi)
CGI	Computer-Generated Imagery (Bilgisayar Üretilmiş İmgeleme)
CNC	Computerized Numerical Control (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol)
ÇS	Ortalama Çevrim Süresi
DAP	Doğu Anadolu Projesi
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi)
E-Ticaret	Elektronik Ticaret
ERP	Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
HDTV	High Definition Television (Yüksek Çözünürlüklü Televizyon)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)

ITU	The International Telecommunications Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)
KD	Günlük Ortalama Kalıp Değişirme Sayısı
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
M2M	Machine To Machine (Makineden Makineye)
MRP	Materials Requirement Planning (Malzeme Gereksinim Planlaması)
RFID	Radio Frequency Identification (Radyo Frekanslı Tanımlama)
ÜM	Üretim Miktarı
ÜS	Günlük Üretim Süresi
Sn	Saniye
TCP/IP	Transmission Control Protocol /Internet Protocol (Aktarma Kontrol Protokolü/Internet Protokolü)
TL	Türk Lirası
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	Türk Sanayici ve İş İnsanları Derneği
TS	Toplam Süre
UBI	Universal Basic Income (Evrensel Temel Gelir)
V	Verimlilik

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1 1840-1880 Arası On Yıllık Dönemler İtibariyle Dünyada Açılan Demiryolu Uzunluğu (Km)	s. 10
Tablo 2 Makinelerin Uygulamadan Önceki Süre Değerleri	s. 51
Tablo 3 Makinelere Göre Günlük Ortalama Fire Sayıları	s. 52
Tablo 4 Makinelerin Uygulama Sonrası Değerleri	s. 58
Tablo 5 Uygulama Sonrası Makinelere Göre Günlük Ortalama Fire Sayıları	s. 59
Tablo 6 850/8 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu	s. 60
Tablo 7 700/7 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu	s. 62
Tablo 8 1500/8 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu	s. 63
Tablo 9 1250/6 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu	s. 65
Tablo 10 Engel 1500/5 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu	s. 66
Tablo 11 Nb 700/2 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu	s. 67
Tablo 12 Makinelerin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Ortalama Durumu	s. 70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 James Watt'ın Geliştirdiği Dairesel Hareket Edebilen Buhar Makinesi	s.5
Şekil 2 Porsche'nin Tablet Üzerinde Çalışan Artırılmış Gerçeklik Uygulaması	s.32
Şekil 3 Bulut Üretim İçin Stratejik Bakış	s.34



GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca üç endüstri devrimi yaşanmıştır. Bunlardan ilki İngiltere’de ortaya çıkmıştır ve en önemli gelişmesi buhar makinesinin bulunmasıdır. Buhar makinesinin bulunması ve geliştirilmesiyle beraber üretim şekilleri değişmiş ve daha verimli hale gelmiştir.

İkinci Endüstri Devrimi ise Amerika Birleşik Devletleri’nde ortaya çıkmıştır. İçten yanmalı motorların ve montaj hattının bulunması ile elektrik enerjisinin üretimde de kullanılmaya başlaması en önemli gelişmeleridir. Montaj hattıyla birlikte ilk olarak otomobil üretiminde, seri üretime geçilmiştir. Seri üretimle birlikte üretim hacmi ve verimlilik artmıştır. Ancak bu dönemde tüketici isteklerini dikkate almayan sadece üretime odaklanan bir anlayış mevcuttur.

Üçüncü Endüstri Devrimi bilgisayarlar ve otomasyonla yaşanmıştır. Üretimde birçok süreç bilgisayar kontrollü hale gelmiş, son ürün kalitesi artmıştır. Bu dönemde tüketici istekleri de dikkate alınmış, Internet ve e-ticaretle işletmeler arası rekabet üst düzeye çıkmıştır. Tüketiciler ve işletmeler için sınırlar kalkmıştır.

Teknolojideki ilerlemelerle birlikte üretim sektöründe hızlı dönüşümler yaşanmaktadır. Tarihte daha önce üç kez yaşanan endüstri devrimlerinin dördüncüsü hızlı bir şekilde gerçekleşmeye başlamıştır. Internet kullanımı, kablosuz teknolojiler, akıllı telefonlar, tabletler ve daha birçok gelişme dünyayı birbirine bağlamıştır. Günümüzde Internet sitesi olmayan işletme yok denecek kadar azdır. Tüketiciler birçok ürünü almak için mağazaya gitmek zorunda değildir. Dördüncü Endüstri Devrimi’yle birlikte, tüketicinin Internet üzerinden satın aldığı ürünü insansız taşıtlar teslim edebilecek; hatta üç boyutlu (3B) yazıcıların yaygınlaşmasıyla müşteriler ürünleri hiç beklemeden evinde kendisi üretebilecektir.

Dördüncü Endüstri Devrimi’yle fabrikalar tamamen otomatik hale gelmesi ve üretimi Nesnelerin Interneti ve radyo frekanslı tanımlama (RFID-Radio Frequency Identification) çipler gibi teknolojileri kullanarak birbiriyle haberleşebilen makinelerin yapması beklenmektedir. Talaşlı üretimin yerini, 3B yazıcıların kullanılmasıyla katmanlı üretimin alacağı düşünülmektedir. En karmaşık işleri yapabilen yapay zekaya sahip otonom robotların üretilmesi mümkün olacaktır. Dördüncü Endüstri Devrimi’yle hammadde tedarikçisinden müşteriye kadar olan

bütün bileşenlerin birbirine bağlanması ve tam entegrasyon gerçekleşmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde gerçekleşmekte olan Dördüncü Endüstri Devrimi'nin kökenlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, ilk üç endüstri devrimiyle ilgili bilgilere yer verilmiştir. Bu devrimler sırasında gerçekleşen önemli gelişmeler, bu gelişmelerin etkileri ve devrimlerin sonuçlarından detaylı şekilde bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, Dördüncü Endüstri Devrimi ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Mevcut uygulamalar ve ilerde yaşanabilecek gelişmeler üzerinde durulmuştur. Dördüncü Endüstri Devrimi'ni tetikleyen unsurlar detaylandırılmış, devrimin muhtemel sonuçlarından bahsedilmiştir. Dördüncü Endüstri Devrimi'nin öncü firmalarına; ayrıca Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Dördüncü Endüstri Devrimi'yle ilgili planlarına yer verilmiştir.

Son bölüm olan üçüncü bölümde, ileri teknoloji ürünleri üreten bir fabrikada uygulanan bir otomasyon sürecinde, Dördüncü Endüstri Devrimi kapsamındaki gelişmeler doğrultusunda hayata geçirilen bir uygulama incelenmektedir. Bu uygulamadan önceki durum ve uygulama sonrası durum analiz edilmiş ve uygulamadan elde edilen kazanımlar sunulmuştur. Sonuç ve değerlendirme bölümünde elde edilen kazanımlar ve Dördüncü Endüstri Devrimi kapsamında yapılabilecek daha ileri uygulamalar tartışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

İnsanlık tarihi boyunca her alanda sürekli gelişme yaşanmıştır. İlk insanlar toplayıcılık ve avcılık yaparak yaşarken, ateşin bulunmasıyla ısınabilmiş ve yiyecekleri pişirerek yiyebilmişlerdir. Tekerleğin bulunmasıyla yükleri taşımak kolaylaşmıştır. Taşlardan yapılan balta ve çekiç gibi aletler özellikle tarımda insanların işini kolaylaştırmıştır.

Daha yakın tarihlerde ise çeşitli mekanik aletler üretim sistemini değiştirmiş, üretim miktarını artırmış ve üretimde çalışan insanların işini kolaylaştırmıştır. Üretim için kullanılan bu gelişmelerde büyük değişimlerin yaşandığı zamanlar ise endüstri devrimi olarak adlandırılmıştır. Günümüze kadar üç endüstri devrimi tamamlanmıştır. Günümüzde ise Dördüncü Endüstri Devrimi yaşanmaktadır.

1.1 ENDÜSTRİ DEVRİMLERİNİN ORTAYA ÇIKIŞLARI VE GELİŞİMLERİ

Endüstri kelimesi, Latince'deki "industria" ve Fransızca'daki "industrie" kelimesinden Türkçe'ye uyarlanmıştır. Latince'deki asıl anlamı "gayret, çalışkanlık" iken Fransızca'da "çalışkanlık, çalışarak ortaya konan şeyler ve sanayi" anlamlarına gelmektedir (<https://www.etimolojiturkce.com/kelime/endüstri>, 12.11.2017). Endüstri, "hammaddelerin, yarı mamul veya mamul hale getirilmesi için üretimde kullanılan bilgi, beceri ve teknoloji, araç, gereç ve makinelerin tümü" anlamına gelirken; devrim, "toplumsal, ekonomik, siyasal kurumları değiştirmek ve yeni ilkeler üzerine bir biçim ve bütünlük vermek amacıyla kısa zamanda gerçekleştirilen köklü siyasal-toplumsal değişiklik anlamına" gelmektedir (<http://www.tubaterim.gov.tr>, 13.11.2017).

Endüstri Devrimi ise; "18. yüzyılın ikinci ve 19. yüzyılın ilk yarısında İngiltere'de buharlı makinenin ve kömür kullanılarak demir cevherini eritme yönteminin bulunmasıyla sanayi alanında başlayarak Avrupa'ya yayılan, kırsal ve tarımcı bir toplumdan ve küçük ölçekli üretim yöntemlerinden teknolojiye dayalı üretim ve sanayiye dayalı kentsel topluma geçiş ile bağlantılı hızlı toplumsal-

ekonomik değişiklikler olarak” tanımlanmaktadır (<http://www.tubaterim.gov.tr>, 13.11.2017). “Endüstri Devrimi” teriminin kaydedilen en erken kullanımının Fransız elçi Louis-Guillaume Otto tarafından 6 Temmuz 1799 tarihinde Fransa’nın endüstriyelleşme yarışı başlattığını bildiren bir mektupta yazıldığı düşünülmektedir (Crouzet, 1996: 45).

18. yüzyıl tarihinde birçok şeyin değiştii bir dönem olarak değerlendirilebilir. Buharın pamukla evliliği olarak ifade edilen Endüstri Devrimi bu yüzyıla damgasını vurmuştur. Endüstri Devrimi’nde küçük zanaat hayatından kitle üretim hayatına geçilmiştir ve bu tarihte bir kırılma noktasıdır. Bu dönemde birçok keşif ve buluş yapılmış ve bunların etkisi günümüze kadar sürmüştür (Ekin’den aktaran Adıgüzel ve Yüksel, 2011: 72).

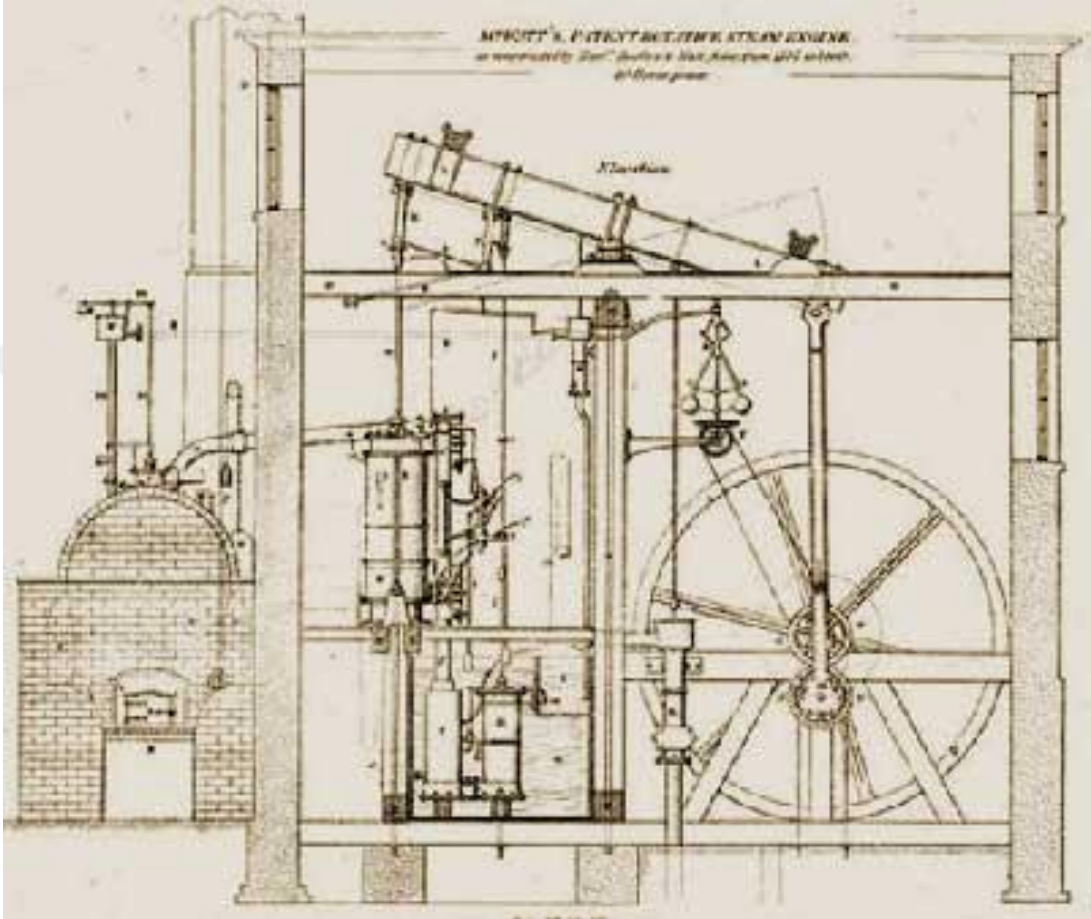
1.2 BİRİNCİ ENDÜSTRİ DEVRİMİ

Birinci Endüstri Devrimi Thomas Newcomen tarafından 1712’de yapılan buhar makinesinin James Watt tarafından geliştirilmesi ve bu makinenin endüstride kullanılmasıyla başlamıştır. Buhar makineleri 1872 yılına kadar yalnızca maden ocaklarında biriken suları boşaltmak için kullanılırken Watt’ın buhar makinesini yalnızca doğrusal hareket yerine dairesel hareketler yapabilecek şekilde geliştirmesiyle makine öncelikli olarak tekstil fabrikaları olmak üzere, dökümhanelerde, değirmenlerde, bira fabrikalarında ve kağıt üretim tesislerinde de kullanılmaya başlanmıştır (Challoner, 2013: 20-21). James Watt’ın geliştirdiği dairesel hareket edebilen buhar makinesi şekil 1’de gösterilmiştir. Buhar makinesi sayesinde endüstride insan ve hayvan gücü kullanımı azalmış, üretim hacmi artmıştır.

Birinci Endüstri Devrimi ilk olarak İngiltere’de ortaya çıkmış ve oradan bütün dünyaya yayılmıştır. Devrimin İngiltere’de ortaya çıkması sadece buhar makinesinin orada bulunması sonucu değildir. Bu devrimin İngiltere’de başlamasını hazırlayan çok farklı etmenler bulunmaktadır. Bu etmenlerden en önemlisi sahip oldukları kömür ve demir rezervleridir. Buna ek olarak kolonileşme ve politik olarak istikrarlı yapıda olmaları da Endüstri Devrimi’nde öncü rol oynamalarını sağlamıştır

(Özdoğan, 2017: 4). Kolonileşme sonucunda yeni pazarlara açılma ve bu pazarlarda pay büyütme isteği de Endüstri Devrimi için itici güç olmuştur (Özdemir, 2014: 2-3).

Şekil 1 James Watt'ın Geliştirdiği Dairesel Hareket Edebilen Buhar Makinesi



Kaynak: Challoner, 2013: 21.

Buhar makinesinin öncesinde İngiltere’de 1764 yılında J. Hargreaves tarafından dönen bir motor keşfetmiş ve bunu iplik makarası üretmekte kullanmıştır (Özdoğan, 2017: 4). James Watt buhar makinesini dairesel hareketler yapabilecek şekilde geliştirdiğinde iplik makarası ve buhar makinesi birleştirilmiştir (French, 1862: 155-156). Birinci Endüstri Devrimi’nin İngiltere’de ve tekstil alanında başlamasının sebebi bu iki önemli gelişmenin birleştirilmesidir.

Birinci Endüstri Devrimi’nin en önemli gelişmesi ise demir ve çelik sektöründe yaşanmıştır. Demir ve çelik üretimi odun kömürüyle yapılmaktaydı ve bu verimsiz, düşük kalitede son ürün üretilmesine sebep olan ve ormanlara çok zarar

veren bir yöntemdi. Daha sonra demir ve çelik üretiminde kok kömürü kullanılmaya başlanmış ve bu daha kaliteli son ürün üretilmesini sağlamasının yanında, üretim miktarını ve verimliliği arttırmıştır (Gordon, 1996: 156).

1.2.1 Birinci Endüstri Devrimi Sırasında Gerçekleşen Gelişmeler

Birinci sanayi devriminde gerçekleşen önemli teknolojik gelişmeler arasında elektrikli dokuma tezgahı, buhar makinesi, demir ve çelik üretiminde odun kömürü yerine kok kömürü kullanılmaya başlanması, çeşitli kimyasalların bulunması ve imalat tezgahlarının geliştirilmesi gösterilebilir. Bu gelişmeler aşağıdaki başlıklar altında özetlenmiştir.

1.2.1.1 Kömür Kullanımı, Buhar Makinesi ve Ulaşım

Birinci Endüstri Devrimi sırasında genel olarak üretim miktarı arttığı için malların üretilmesinde stratejik öneme sahip demir ve çeliğe olan talep de artmıştır. Önceleri odun kömürüyle üretilen demir ve çelik verimsiz şekilde üretilmekte ve son ürün çıktısı talebi karşılamakta yetersiz kalmaktaydı. Çünkü demiri ergitmek için fazla miktarda odun ve odun kömürüne ihtiyaç duyulmaktaydı. Odun ve odun kömürüne bu kadar talep olması beraberinde bu iki hammaddenin fiyatının ciddi anlamda yükselmesine sebep olmuştur. Bu sebeple demir ve çelik üretiminde alternatif yakıt aranmaya başlanmış ve taş kömürü kullanma fikri ortaya atılmıştır. Taş kömürü üzerinde yapılan çalışmalardan sonra taş kömürü kok kömürü haline getirilmiş ve kok kömürü demir ve çelik sanayisinde kullanılmaya başlanmıştır. Kok kömürüyle demir ve çelik üretilmesi, verimliliği arttırmasının yanı sıra son ürün miktarını arttırmış ve son ürünün kalitesini de olumlu yönde etkilemiştir (Hobsbawm, 1999: 47-50).

James Watt'ın geliştirdiği bağımsız soğutuculu, dairesel hareket edebilen buhar makinesi birçok fabrikada kullanılmaya başlanmış ve fabrikalara güç sağlamıştır (Challoner, 2013: 21). Bu güç sayesinde üretim miktarı artmış ve seri üretime başlanmıştır. Seri üretimin başlamasıyla doğal kaynaklara olan talep artmış ve doğal kaynakları işlemek için kömür dışında alternatif enerji kaynakları aranmış,

bunun sonucunda petrol, elektrik gibi yeni enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır.

Buhar makinesinin icadı ek olarak ulaşımda da önemli gelişmelere sebep olmuş, buharlı gemi ve buharlı tren gibi ulaşım araçlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Bu araçlar sayesinde ürünlerin ya da hammaddelerin taşınması kolaylaşmıştır. Özellikle buharlı tren ve gemiler Endüstri Devrimi'nin yaşanmasında büyük rol oynamıştır.

1.2.1.2 Dokuma Tezgahları ve Tekstil

Endüstri Devrimi'yle birlikte halkın refah düzeyi artmış ve giyimlerine daha fazla dikkat etmeye başlamışlardır. Bunun sonucunda da tekstil ürünlerine olan talep artmıştır. Önceleri tekstil endüstrisinde sadece insan gücü çalışmaktayken, buhar makinesi ve 8 makarada iplik eğiren çıkırığın bulunması ve bunların birleştirilmesiyle tekstil alanında makineler kullanılmaya başlanmıştır. Buna ek olarak dokuma tezgahlarının kullanılmaya başlanması gerekli işçi sayısını düşürmüştü ve bu sayede daha az iş gücü kullanılarak daha fazla üretim yapılmıştır. Ancak tekstil üretimindeki artış pamuğa olan talebi arttırmış ve pamuk üretiminde daha çok işçi gereksinimi doğurmuştur (Üskent, 2006: 6).

“1800’lerde iplik alanındaki teknik ilerleme, dokuma alanıyla önce dengeye gelmiş, sonrasında iplik lehine bir bozulma yaşanmıştır. Dokuma talebinin hızla artması ise, mekanik dokumanın önünü açmıştır. 1800’lerin başlarında, milyonlarca mekanik işçi rağmen, sadece birkaç yüz mekanik dokuma tezgâhı bulunmaktadır. Edmund Cartwright 1789 yılında dokuma makinesine buhar makinesini uyarlamıştır. Böylece bu yenilik, dokuma alanındaki gerçek bir fabrika sisteminin başlangıcı olmuştur.” (Başer, 2011: 148).

1793 yılında Eli Whitney yeni bir tür kırıcı makinesi icat etmiştir. Bu kırıcı makinesi kısa lifli zor işlenen bir pamuk türünü işleyebilmekteydi. Çıkırıklar ve dokuma tezgahlarıyla artan ucuz pamuk ihtiyacını karşılayanın yanı sıra pamuğun elle işlenmesi için gereken işgücü sayısının da azalmasında etkili olmuştur (Başer, 2011: 148-149).

1.2.1.3 Birinci Endüstri Devrimi Sırasında Gerçekleşen Diğer Gelişmeler

John Roebuck'ın geliştirdiği kurşun odası süreciyle yüksek miktarda sülfirik asit üretimi mümkün hale gelmiştir (Armor, 2011: 4). Sülfirik asit ilk zamanlarda demirdeki pası çıkarmak ve kıyafetleri beyazlatmak için kullanılmıştır. Kullanım alanı zamanla gelişmiş olup, bugün de gübre, ilaçlama, patlayıcı madde ve petrol arıtım gibi sektörlerde kullanılmaktadır. John Roebuck'ın geliştirdiği süreç sayesinde üretim miktarı artarken, üretim maliyetleri düşmüş ve daha kolay ulaşılabilir hale gelmiştir (Rowe, 2018: 10-11). Yine bu dönemde sodyum karbonat için yeni bir üretim şekli geliştirilmiştir (Oesper, 1942: 568). 1824 yılında Portland çimentosunun patenti alınmış ve inşaat sektöründe ilerleme sağlanmıştır (Hall, 1976: 222). Cam üretiminde silindir süreci bu dönemde geliştirilmiştir (Dungworth, 2012: 15-16). Sürekli kağıt üretmeye yarayan Fourdrinier makinesi bu dönemde yapılmış olup, büyük ölçüde geliştirilmiş haliyle günümüzde hala kağıt üretiminde büyük ölçüde bu makine kullanılmaktadır (Studený, 1967: 231). Madencilik alanında buharlı makine bulunana kadar sadece yüzeysel madencilik yapabilmekteyken, buharlı makinenin madenlerdeki suyu boşaltmak için kullanılmasıyla daha derinlerden maden çıkarmak mümkün olmuştur. Ayrıca takım tezgahları, frezeler ve çeşitli torna aletleri de bu dönemde yapılmıştır.

1.2.2 Birinci Endüstri Devriminin Sonuçları

Birinci Endüstri Devrimi'nden önce, işgücünün büyük bir kısmı tarımda çalışmaktaydı. Endüstri Devrimi sırasında gerçekleşen gelişmelerle fabrikalarda işgücü ihtiyacı artmıştır. Bunun sonucunda tarımda çalışan işçi sayısı azalmış, sanayi işçisi statüsü ortaya çıkmıştır. Bu dönemde yeni makineler üretilmiş olsa da emek yoğun üretim söz konusu olmuştur. Üretim emek yoğun olmasına rağmen makineleşme arttığı için verimlilik de artmıştır.

Fabrikalarda çalışan işçilerin sadece pazar günleri tatil hakları bulunmakta olup iş günlerinde 12-14 saat arasında çalışmaktaydılar. Birinci Endüstri Devrimi'nden önce toprakla alınıp satılan serfler sadece yemek karşılığı çalışan,

Çalışma ve yaşam koşulları kötü olan, grev hakkı verilmeyen bir sınıfsken, Endüstri Devrimi sırasında sendikalar kurulmuş ve işçi sınıfının koşulları nispeten iyileşmiştir (şkent, 2006: 11).

Buharlı makinenin trenlere uygulanmasıyla ortaya çıkan buharlı lokomotifler, dönemin en önemli ulaşım aracı olarak görülmektedir. Buharlı lokomotiflerin atlı trenlere oranla daha hızlı olması, hammadde ve ürün taşımacılığının gelişmesine katkıda bulunmuştur. Daha hızlı ulaştırılan hammadde ve ürünler sayesinde üretim hacmi artmıştır.

Tekstil alanında ıkırık, buhar makinesiyle çalışan dokuma tezgahı ve ırır makinesinin geliştirilmesi gibi önemli ilerlemeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler sayesinde tekstil ürünlerinin maliyetleri düşmüş, üretim miktarı artmıştır.

Demir ve elik madenlerinin bir dizi yeni teknikle daha sağlam ve kaliteli hale gelmesiyle ve elektrik gücünün fabrikalardaki makineleri çalıştıracak kaynak olarak kullanılmasıyla birlikte, Birinci Endüstri Devrimi son bulacak ve İkinci Endüstri Devrimi başlamış olacaktır.

1.3 İKİNCİ ENDÜSTRİ DEVRİMİ

İkinci Endüstri Devrimi 1871-1914 yılları arasında kimya alanındaki gelişmelere bağlı olarak içten yanmalı motorların bulunuşu ve sanayiye uygulanmasıyla başlayan, elik, elektrik ve petrol sanayileri ile haberleşme, ulaştırma ve tıp alanında yaşanan köklü değişimlerin sonucudur (<http://www.tubaterim.gov.tr/>, 13.11.2017). Teknolojik Devrim olarak da bilinen İkinci Endüstri Devrimi, 19. Yüzyılın son çeyreğinde ortaya çıkmıştır. 1859 yılında Belçikalı mühendis Etienne Lenoir tarafından bulunan içten yanmalı motor, daha sonra Alman mühendis Carl Benz tarafından geliştirilmiş ve bu sayede buhar makineleri yerini içten yanmalı makinelere bırakmıştır (Challoner, 2013: 32). Aynı zamanda bu dönemde Sir Henry Bessemer elik üretiminin kalitesini arttırmış, maliyetini azaltmış (Adams ve Dirlam, 1966: 169) ve makine yapımında seri üretime geçişi kolaylaşmıştır.

Endüstrileşmenin ikinci aşaması, ekonomik gelişme için yatırım malları sanayilerine, kömüre, demir ve çeliğe dayanan daha güçlü bir zemin sağlamıştır. Bu

dönem kömür ve demirin üretiminin artmasını, demiryolu inşaatının yaygınlaşmasını beraberinde getirmiştir. Bu ilerlemelerin birbiriyle ilişkili iki önemli nedeni vardır. İlk olarak İngiliz ekonomisi, demiryolu ve buharlı gemi taşımacılığı devrimi alanında demir, çelik ve kömür ihracatı için kendilerine yeni pazarların açılmasına ve eski pazarların da genişletilmesine yönelik hamleler yapmıştır. İkinci neden ise, karlı bir yatırım olan demiryolu inşaatının yüksek bir sermaye birikimi gerektirmesidir ve İngiltere'nin kolonileşme sayesinde ekonomisinin güçlü olmasıdır. Bu iki neden ulaşımın kolaylaşmasını ve hammadde sağlanmasını oldukça kolaylaştırmış, üretilen ürünlerin yeni ve uzak pazarlara gitmesini sağlamıştır. “Demiryolları, 1830’ların ortaları ile 1840’ların ortaları arasındaki dönemde İngiliz demir üretiminin iki katına çıkmasında büyük ölçüde etkili olmuştur.” (Hobsbawn, 2013: 105). Tablo 1’de 1840 ile 1880 yılları arasında on yıllık dönemler itibariyle dünyada açılan demiryolu uzunlukları görülmektedir.

Tablo 1 1840-1880 Arası On Yıllık Dönemler İtibariyle Dünyada Açılan Demiryolu Uzunluğu (km)

Yıl	İngiltere	Avrupa (İngiltere dâhil)	Amerika	Diğer ülkeler
1840-50	9656	20921	11265	-
1850-60	6437	27358	38624	1.609
1860-70	8046	49889	38624	11265
1870-80	3218	62764	82076	19312

Kaynak: E. J. Hobsbawn, Sanayi ve İmparatorluk, çev. Abdullah Ersoy, Dost Kitabevi Yayınları, Ankara, 2013, s. 106

Demiryolu inşaatındaki bu olağanüstü gelişme, ‘gelişmiş’ ülkelerdeki endüstrileşme aşamasını ve gelişmemiş olanların ekonomiye açılma aşamalarını yansıtmaktadır. “Bu gelişmeler, Viktorya döneminin ortalarında dünyayı dönüştürerek, Almanya ve ABD’yi yakında İngiltere ile karşılaştırabilecek belli başlı sanayi ülkeleri haline getirdi, Kuzey Amerika çayırları, Güney Amerika pampaları, Güney Rusya stepleri gibi bölgelerin tarımsal ihracata açılmalarını sağladı, Çin’in ve Japonya’nın dış ticarete karşı direnişlerini savaş filolarıyla kırdı, madencilik ve tarım

ürünleri ihracatına dayalı olan tropik ve subtropik ekonomilerin temelini attı.” (Hobsbawn, 2013: 206).

1.3.1 İkinci Endüstri Devrimi Sırasında Gerçekleşen Gelişmeler

İkinci Endüstri Devrimi sırasında demir ve çelik alanında yaşanan gelişmeler demiryolu inşasının artmasına sebep olmuş, elektriğin fabrikalarda ana enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanması ve içten yanmalı motorların geliştirilmesi gibi ilerlemeler yaşanmıştır. Ayrıca Fordizm ve Taylorizm de bu dönemde ortaya çıkmıştır. Bu gelişmeler aşağıdaki başlıklar altında özetlenmiştir.

1.3.1.1 Demir

1828’de James Beaumont Neilson tarafından sıcak hava fırını tekniğinin patenti alınmıştır. Bu teknik, İkinci Endüstri Devrimi sırasında geliştirilen en önemli tekniktir. Bu teknik sayesinde dökme demir üretiminde gereken enerji miktarı azalmış, maliyeti düşmüş ve verimlilik artmıştır (<https://www.britannica.com/biography/James-Beaumont-Neilson>, 28.11.2017). Ancak demir genleşme ve büzülme durumlarında çatlamaktaydı. 1857’de Edward Alfred Cowper tarafından geliştirilen Cowper Fırını sayesinde çatlama sorunu ortadan kalkmıştır. O dönemde geliştirilmiş olmasına rağmen Cowper fırını günümüzde hala kullanılmaktadır. Bu fırın hem son ürün kalitesini hem de verimliliği oldukça arttırmıştır (Ghosh ve Chatterjee, 2008: 5-36).

1.3.1.2 Çelik

Çelik üretiminde ise Sir Henry Bessemer tarafından Bessemer Süreci geliştirilmiştir. Bu gelişme ile çelik üretiminde seri üretime geçilmiş, çeliğin ölçeği ve üretim hızı artmıştır. Bununla birlikte emeğe duyulan ihtiyaç azalmıştır. Çelik üretimine ilişkin bir diğer katkıyı da Karl Wilhelm Siemens ve Martin kardeşler sunmuşlardır. Her iki çalışma da Bessemer sürecini tamamlayıcı nitelikte olmuştur. Ucuz çelik üretimi köprü, demiryolu ve hatta deniz taşımacılığında kullanılacak olan

gemi üretimini de artıran en önemli kaynak olmuştur (Ghosh ve Chatterjee, 2008: 14-15).

1.3.1.3 Demiryolu

1860'lı yıllarda çelik üretiminin gelişmelere bağlı olarak artış göstermesi, demiryolu inşasını da etkilemiştir. Demire ikame edilerek, demiryolu rayı üretiminde çelik kullanılmıştır. Ağır lokomotifleri kaldıramayan ve çekiç darbeleriyle hasar görebilen demir raylar yerine daha dayanıklı bir madde olan çelik, uzun vagonları ve güçlü lokomotifleri çekebilmesi bakımından tercih edilmiştir. Tüm bu sebepler, demiryolu verimliliğini artırmıştır. Demiryolu, endüstrileşen dünyada en yaygın ulaştırma altyapısı haline gelmiştir (<http://explorepahistory.com/hmarker.php?markerId=1-A-1CA>, 29.11.2017).

1.3.1.4 Elektrik Enerjisi ve İçten Yanmalı Motorlar

Demir, çelik ve demiryolları inşasında ortaya çıkan ilerlemelerin yanı sıra, 1800'lerde elektrik ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır. Ancak ilk olarak endüstrilerde makineleri çalıştıracak bir enerji kaynağı olarak kullanılmamıştır. İlerleyen yıllarda üretim teknolojisindeki gelişmeler, telgrafın icadı, demiryolu ağları gibi var olan teknolojik sistemlerin gelişmesi, motor sistemlerinin fonksiyonlarının artması, çeliğin işlenmesinin geliştirilmesi ve özellikle 1870'ten sonra elektrifikasyonun önem kazanmasıyla buhar gücüyle çalışan makineler, yerini elektrik gücüyle çalışan makinelere bırakmıştır (Mokyr, 1998: 5).

Elektrik gücünün fabrikaların temel enerji kaynağı olması ve buhar gücüyle çalışan motorların, içten yanmalı motor teknolojisine yerini bırakmasıyla, endüstride seri üretim dönemi başlamış ve bu gelişmeden ilk olarak otomotiv sektörü etkilenmiştir. Bu gelişmeler ile birlikte otomobil üretiminin standardizasyonu sağlanarak, kitlesel bir üretim söz konusu olmuştur. Salt seçkinlerin ulaşabildiği otomobiller artık, kitlesel üretim modeli anlayışı ile seri üretim bandıyla üretilmeye başlanmış ve kitlelerin de erişebildiği bir nihai ürün haline gelmiştir (Mokyr, 1998: 8).

1.3.1.5 Fordizm ve Taylorizm

1913 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Henry Ford'un ilk defa kurduğu seri üretim bandıyla, otomobiller üretilmeye başlanmıştır (Yüksel, 2017: 5). Bu gelişme, İkinci Endüstri Devrimi olarak anılmış ve bu dönemdeki üretim sisteminin temelini oluşturmuştur. Frederick W. Taylor ise 1911 yılında Bilimsel Yönetimin İlkeleri adlı kitabını yayınlamış ve literatürde kendi adıyla anılan Taylorizm ile damgasını vurmuştur. (Ernest'ten aktaran Doğan, 2012: 153) Yeni üretim sistemi Fordist Üretim biçimi değerleriyle şekillenmiş ve dünya ekonomisine yön vermiştir. Fordizm adı ile anılan bu üretim modeli, Taylorist iş organizasyonu ile daha da belirgin hale gelmiştir.

Fordist üretim biçimi ve Taylorist iş organizasyonunun özellikleri belli başlıklar altında sıralanmıştır (Selçuk, 2011: 4131):

- **Kitle üretimi ve tüketimi:** Salt özel müşterilere değil, toplumun genelini hedeflemektedir. Kitlesele talebin örgütlenmesi ve oluşturulması temel hedeftir.
- **Standartlaşma:** Kitlesele üretim için standart ürünler tasarlanmıştır. Bir örnek üretim söz konusu olmuştur. Henry Ford standartlaşma ile ilgili şu sözleri söylemiştir: “Her müşteri istediği renkte otomobil satın alabilir, siyah olmak kaydıyla”.
- **Esnek olmayan üretim biçimi:** Üretilen malın niteliğinde kolaylıkla değişim yapmak söz konusu değildir. İş bölümü ve uzmanlaşmanın gerektirdiği belirli iş kalıpları dışına çıkamayan işgücü, kolaylıkla başka uzmanlıklar gerektiren işleri yapamamaktadır.
- **Yeni teknolojilerin kullanılması:** İş örgütlenmesinde rutin işler yapması beklenen işgücünün yeni makineler kullanabilmesidir.
- **Yarı vasıflı işgücü kullanılması:** İş örgütlenmesinde seri ve kitlesele üretim hattında, standart ürünün belirli bir üretim aşamasındaki görevi yapacak yarı vasıflı ve kolay ikame edilebilecek işgücü çalıştırmaktır.
- **Keynesçi ekonomi politikaları ve piyasa düzenlemesi:** Devlet müdahalesi ile gelişen sanayileşme söz konusudur. Kitlesele talep, refah devleti politikaları ile oluşturulur.

- **Hegemonik bir nitelik gösterir:** Bireylerin sisteme uyumu sağlanır, bütünüleyicidir. İnsanlara önce gelir sağlayıcı bir politika izler, ardından bu geliri nasıl kullanacaklarına ilişkin yol gösterir.

1.3.2 İkinci Endüstri Devriminin Sonuçları

Fordist üretim biçimi ve Taylorist iş organizasyonu, İkinci Endüstri Devrimi'nin temel yapı taşını oluşturmuştur. 1900'lü yılların başından 1960'lı yıllara kadar olan süreçte bu üretim biçiminin temel dinamikleri çerçevesinde bir üretim modeli dünya ekonomisine yön vermiştir. İkinci Endüstri Devrimi, demir madenlerindeki ve çelik üretimindeki teknolojik ilerlemelere bağlı olarak yaşanan verimlilikten etkilenecek, üretim ekonomisine katkı sağlayan bir dizi yeniliği kapsayan bir süreç olarak anılabilir. Bu süreç, içten yanmalı motorların otomobil sektöründe kendini göstermesiyle, Fordist üretim biçiminin dünya ekonomisine yön vermesi 1960 tarihine kadar devam etmiştir.

Fordist üretim biçimi 1960'lı yılların ortalarından itibaren ciddi yapısal sorunlar ile karşı karşıya kalmıştır. Kitle üretimini hedefleyen büyük ölçekli sabit sermaye yatırımları, tüketicinin değişen taleplerini cevaplayacak esneklikte bir niteliğe sahip olamamıştır. Fordist sermayenin üretimi, tüketimi aşmış ve ekonomide darboğaz meydana gelmiştir. 1970'li yılların sonunda bilişim teknolojilerindeki ilerlemeler farklı renk, desen ve kalıplarda üretilen nihai malların talebini artırmıştır. Esnek üretime dayalı bir üretim modeline geçişle birlikte, Fordist standart üretim modelinin bunalımı ağırlaşmıştır. Aynı dönemde 1973 yılında ortaya çıkan Petrol Krizi de Fordist üretim modelinin sona ermesine etki eden önemli gelişmelerden biri olmuştur. Petrol fiyatlarındaki artış, üretim yapan fabrikaları etkilemiş ve ekonomik kriz kaçınılmaz olmuştur. Ekonomik bağlamda yaşanan iç dinamiklerdeki tüm radikal değişimler, yeni bir üretim modeline gereksinim doğurmuştur ve İkinci Endüstri Devrimi'nin temel değerleri, bu yapısal değişimleri karşılayamaz hale gelmiştir (Dağdelen, 2005).

1.4 ÜÇÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ

Birinci Endüstri Devrimi tekstil endüstrisini ve diğer mekanizasyonları güçlendiren buhar makinelerini, İkinci Endüstri Devrimi seri üretim ve elektriği kullanmıştır. Üçüncü Endüstri Devrimi sırasında ise bilgisayarlar, bilgi ve otomasyon teknolojisi kullanılmıştır.

Yarı iletkenler, bilgisayarlar ve Internet aracılığıyla gerçekleştiği için dijital devrim olarak da adlandırılmaktadır. Üçüncü Endüstri Devrimi mekanik ve analog teknolojiden sayısal elektroniğe doğru dönüşüm sürecini kapsamaktadır. Bu süreç 1950'lerde dijital bilgisayarların çoğalmasıyla başlamıştır. Bu devrimin merkezinde seri üretim ve dijital mantık devrelerinin yaygın biçimde kullanılması bulunmaktadır. Dijital mantık devreleri sayesinde bilgisayar, cep telefonu ve Internet gibi teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknolojik yenilikler ise geleneksel üretim ve işletme teknolojilerini değiştirmiştir (Tonta ve Küçük, 2005: 6).

1947 yılında transistörün icat edilmesi gelişmiş dijital bilgisayarların üretilmesinin önünü açmıştır. 1950'li ve 60'lı yıllarda devletlerin, orduların ve özellikle üniversiteler gibi diğer kuruluşların bilgisayar sistemleri bulunmaktaydı. 1971 yılında Intel'in ilk mikro işlemci olan Intel 4004'ü geliştirmesi kişisel bilgisayar devrimini başlatmıştır (Patterson, 1995: 62). Internet'e öncülük edecek kavramların daha geniş kitlelerce kullanılabilir olması, ilk kez 1969 yılında ARPANET (The Advanced Research Projects Agency Network-Gelişmiş Araştırma Projeleri Dairesi Ağı) üzerinden bir mesaj gönderildiğinde söz konusu olmuştur. 1960'larda çeşitli protokoller kullanan ARPANET, Mark I ve Telenet gibi paket anahtarlı ağlar geliştirilmiştir. ARPANET TCP/IP (Transmission Control Protocol /Internet Protocol- Aktarma Kontrol Protokolü/Internet Protokolü) kullanan ilk ağıdır ve ağlararası iletişim protokollerinin geliştirilmesinde öncülük etmiştir (Abbate, 1994: 4-5).

1970'lerde ev bilgisayarları piyasaya sürülmüş, aynı anda birden fazla işi yapabilen bilgisayarlar geliştirilmiştir (Dainow, 2017: 1) 1973 yılında Motorola ilk mobil telefonu yaratmıştır (<https://www.motorola.com/us/about/motorola-history-milestones>, 02.12.2017). Ancak bu telefon analog iletişim kullanmaktaydı ve dijital mobil telefonlar 1991 yılına kadar satılmamıştır. Genel görüşe göre Üçüncü Endüstri

Devrimi bilgisayarların ticari amaçlı kullanılmasıyla başlamıştır. Havayolu rezervasyonları bu dönemde elektronik ortama taşınmaya başlamıştır. İşletmelerin kayıtları dijitalle dönüşmeye başlamıştır. Dijital teknoloji kullanımı hızla artarken, işletmelerde dijital kayıt tutma yeni standart haline gelmiş ve veri giriş elemanı ihtiyacı artmıştır. Veri giriş elemanının görevi elle girilmiş verileri dijital veri haline getirmektir.

1980’lerde gelişmiş ülkelerde bilgisayar kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu yıllarda bankamatiklerin yaygınlaşması, endüstriyel robotlar, film ve televizyonlarda CGI (Computer-Generated Imagery-Bilgisayar Üretili İmgeleme) kullanımı ve video oyunlar gibi gelişmeler yaşanmıştır. Milyonlarca kişi ev bilgisayarı satın almıştır. 1988 yılında ilk gerçek dijital kamera üretilmiştir. Bu dönemde barkod tarayıcılar yaygınlaşmış, elektronik hesap makineleri eski tip hesap makinelerinin yerini almaya başlamıştır. Barkod tarayıcılar ve elektronik hesap makineleri işlerin ilerleyişini hızlandırmıştır. Son olarak ve en önemlisi 1989 yılında Tim Berners-Lee World Wide Web’i (Dünya Çapında Ağ) icat etmiştir (Berners-Lee ve diğerleri, 1992: 52).

1990’larda ilk dijital HDTV (High Definition Television- Yüksek Çözünürlüklü Televizyon) yayını gerçekleşmiştir. Bu yayın 1990 Dünya Kupası esnasında yapılmıştır, ancak HDTV 2000’lere kadar bir standart haline gelmemiştir. 1991 yılında ise daha önce sadece devlet yönetimleri ve üniversitelerin kullanımında olan World Wide Web herkes tarafından erişilebilir hale gelmiştir. 1993 yılında satır içi görüntüleri gösterebilen ilk tarayıcı Mosaic geliştirilmiş ve bu tarayıcı günümüzde kullanılan tarayıcıların atası olmuştur. 90’lı yıllarda e-ticaret gelişmeye başlamış, birçok firma kendi erişim sayfasını kurmuştur (Doğaner, 2007: 5). Bunlara ek olarak Windows 95 piyasaya sürülmüştür. Daha önceleri işletim sistemleri olsa da bu işletim sistemleri komut tabanlıydı ve kullanımları oldukça zordu, Windows 95 ise bugün kullanılan tipte bilgisayar kullanımını mümkün kılan en yaygın işletim sistemi olmuştur. Aynı yıllarda Apple da grafik tabanlı işletim sistemi çıkarmıştır.

2000’lerde cep telefonları bilgisayarlar kadar yaygınlaşmıştır. İnternet kullanan kişi sayısı 360 milyona ulaşmıştır ve HDTV televizyon yayını standart haline gelmiştir. 2010’larda 2 milyardan fazla kişi İnternet kullanmaya başlamış, bulut bilişim hayatımıza girmiştir. Ayrıca tablet bilgisayarlar ve akıllı telefonlar

Internet kullanım oranını arttırmıştır (<https://www.internetworldstats.com-/emarketing.htm>, 14.12.2017) .

1.4.1 Üçüncü Endüstri Devrimi Sırasında Teknolojide Yaşanan Gelişmelerin Endüstriye Etkileri

Üçüncü Endüstri Devrimi genel olarak bilgisayar ve Internet üzerinden gerçekleşmiştir. Bu dönemde teknolojiye çok hızlı gelişmeler yaşanmasına rağmen üretim teknolojileri açısından en önemli gelişmeler aşağıda yer alan başlıklarla açıklanmıştır.

1.4.1.1 Bilgisayar ve Yazılımlar

Bilgisayar ve çeşitli yazılımlar sayesinde üretimde çok ciddi ilerlemeler yaşanmıştır. Bilgisayar destekli tasarım programları (CAD-Computer Aided Design), kurumsal kaynak planlama (ERP-Enterprise Resource Planning) programları, üretim takip yazılımları, malzeme gereksinim planlaması (MRP-Materials Requirement Planning) programları ve muhasebe programları gibi birçok yazılımla işletmede gerçekleşen herşey bilgisayar üzerinden kontrol edilebilir hale gelmiştir. CAD programları kullanılarak parça ve ürün tasarımları yapılmaya başlanmıştır. CAD programlarıyla daha kolay ve hızlı çizimler yapmaya ek olarak daha kaliteli çizimler yapılabilmektedir, tasarım hassasiyeti ve tasarım seçeneği sayısı artmaktadır.

CNC (Computerized Numerical Control-Bilgisayarlı Nümerik Kontrol) tezgahlar üretilmiş bu tezgahlar sayesinde üretim kalitesi ve hızı artmıştır. CNC tezgahlar sayesinde üretimdeki insan faktörü en aza inmiş, daha hassas ve seri üretim mümkün olmuştur. Ayarlama, ölçü kontrolü gibi nedenlerden kaynaklanan zaman kayıpları en aza inmiştir. CNC tezgahlar sayesinde üretimdeki fire oranı oldukça düşmüş, kalite ve standardizasyon artmıştır. Bilgisayar destekli işlem planlaması (CAPP-Computer Aided Process Planning) programları sayesinde işlem planlama sürecindeki hatalar ve zaman kayıpları en aza indirgenmiştir. Bilgisayar destekli kalite kontrol (CAQC-Computer Aided Quality Control) programları sayesinde parça üretilirken üretim yerindeki çeşitli sensörler, kameralar vs. ile üretilen ürünlerin tamamının üretilirken

kontrol edilmesi sağlanmış, böylece klasik olarak yapılan örneklem üzerinden kalite kontrolüne oranla daha güvenilir kalite kontrolü yapmak mümkün hale gelmiştir. Buna ek olarak üretim esnasında parçalar hattan çıkarılmadıkları için hem zaman hem de maliyet açısından tasarruf sağlanmaktadır. Çeşitli tahminleme programları sayesinde talep tahminlemek çok daha kolay ve güvenilir hale gelmiş, bu sayede üretim yapan işletmelerin gelecek dönem tahminlerine göre üretim yaparak stok miktarlarını azaltabilmeleri mümkün olmuştur. Bütün üretim programlarının bir arada kullanılmasıyla bilgisayarla bütünleşik üretim yönetimi (CIPM- Computer Integrated Production Management) ortaya çıkmış ve otomasyon miktarı önemli ölçüde artmıştır (Kibritçioğlu, 1998: 5-9).

1.4.1.2 İnternet

İnternet kullanımının artması ve e-ticaretin yaygınlaşmasıyla tüketicilerde kalite ve fiyat karşılaştırma imkanı oldukça artmıştır. E-ticaret sitelerine ek olarak ürün inceleme sitelerinin açılması tüketicilerin farkındalıklarının oldukça artmasına sebep olmuştur. Üretici firmalara ait olmayan aracı e-ticaret siteleri; çok düşük maliyetlerle, sadece bir büro ve depo çalışanlarıyla kitlelere satış yapmakta olup, bu durum fiziki satış yerlerini fiyatlarını düşürmek zorunda bırakmaktadır. Bu, aynı zamanda işletmeler açısından da satış sınırlarını kaldırmış ve rekabeti arttırmıştır. Bu sebeple işletmeler daha düşük maliyetle daha kaliteli ürün üretmek zorunda kalmıştır.

Ayrıca İnternet sayesinde iletişim olanakları artmış, görüntülü konuşma, ortak çalışma yapabilme imkanları, bilgiye kolay ve hızlı bir şekilde ulaşma gibi olanaklar ortaya çıkmıştır. Bu sayede, farklı ülkede bulunan bir mühendis ihtiyaç olan yere fiziki olarak gitmek zorunda kalmadan teknik destek sağlayabilir hale gelmiş, üretime uzaktan katılabilmiş ve bilgi paylaşımı mümkün hale gelmiştir. Aynı zamanda, İnternet erişimindeki kolaylık, kültürler arası etkileşimi de arttırmış, farklı kültürlerdeki insanlar İnternet ortamında bir araya gelebilmiştir. Hatta, farklı ülkelerde yaşayan insanlar bir başka ülkede iş bulabilme fırsatına sahip olmuş ve istihdam edilebilmiştir.

İnternet'in yaygınlaşmasıyla birlikte banka, otel, seyahat acenteleri gibi hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmeler de, İnternet'in sunduğu ayrıcalıklardan

yararlanarak faaliyetlerine konu olan işlemleri müşterilere erişim sayfaları, uygulamalar, portallar üzerinden ulaştırabilir hale getirmiştir. Müşteriler evlerinden çıkmak zorunda kalmadan para transferi yapabilmekte, otel ve ulaşım rezervasyonlarını gerçekleştirebilmektedir.

Internet ve GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi) sistemlerinin gelişmesiyle araç takibi mümkün olmuş, üretim için gereken malzemenin ya da satılan ürünlerin hangi noktada olduğu anlık olarak takip edilebilir hale gelmiştir. Bu takip kolaylığıyla, üretim ve satış planlamasının yapılması kolaylaşmıştır.

Cep telefonlarının akıllı telefon haline gelmesinden sonra Internet'e ulaşım çok daha kolay hale gelmiştir. İşletmeler çeşitli uygulamalar geliştirerek tüketiciye ulaşmayı hedeflemişlerdir. Akıllı telefonlar sayesinde tüketicinin her an yanında olan işletmeler; tüketicilerin istek, şikayet ve önerilerine hızlı bir şekilde cevap veren nitelikte bir yapıya kavuşmuşlardır.

1.4.1.3 Endüstriyel Robotlar

Bilgisayar kontrollü endüstriyel amaçlı robotların üretim sistemine entegre edilmesiyle, üretim için gereken işçi sayısı azalmış, emek yoğun üretim yerini sermaye yoğun üretime bırakmıştır. Endüstriyel robotlar ile daha kısa sürede hata oranı düşük ve daha az israf ile daha fazla miktarda üretim gerçekleştirilebilmiştir. Ayrıca endüstriyel robotlar, insan gücünün taşıyamayacağı ağırlıktaki malzemeleri taşıyabilmesi, insan sağlığı açısından tehlikeli ortamlarda kullanılabilmesi, uzaktan erişim ile kontrol edilebilmesi bakımından avantaj sağlamaktadır. Ancak programlarında yapılan bir yanlış, robotların sürekli yanlış üretim yapmasına neden olacağı için programlarının doğru yapılması çok önemlidir.

Endüstriyel robotların teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanım alanları sürekli artmaktadır. İlk zamanlarında fabrikanın üretim bantlarında kullanılan robotlar, günümüzde çok daha farklı alanlarda kullanılmaktadır. Robotlar genel olarak malzemelerin bir yerden başka bir yere hızlı ve kontrollü şekilde taşınmasında kullanılmaktadır. Ayrıca parçaların birleştirilmesinde, kalıplama, yapıştırma, kaynak işleri, boyama işleri, kesim işleri, lehimleme, taşlama, perçinleme, zımparalama gibi

işlerde de robotlardan yaygın olarak yararlanılabilmektedir (Çengelci ve Çimen, 2005: 70-71).

1.4.2 Üçüncü Endüstri Devriminin Sonuçları

1970’li yıllarda başlayan Üçüncü Endüstri Devrimi bilgisayarlar, Internet ve robotik alanındaki gelişmelerle hız kazanmıştır. 1970’li yılların başlarında Fordist üretim modelinin tüketici talebini karşılayamaması ve yapısal problemlerle karşı karşıya kalması sonucunda üretim anlayışında köklü bir değişikliğe gidilmesi zorunlu hale gelmiştir. Üçüncü Endüstri Devrimi, tüketici isteklerini dikkate alan, esnek üretim sistemlerinin geliştirildiği dönemi kapsamaktadır. Üretim tasarımı, bilgisayar destekli üretimin hayata geçmesi, tüketici taleplerinin bir örnek ürün yerine; farklı renk, desen ve kalıplardaki ürüne evrilmesi Üçüncü Endüstri Devrimi’ni oluşturan dinamiklerin yeni üretim modeli olarak hayata geçmesine temel oluşturmuştur.

Üçüncü Endüstri Devrimi otomasyonun arttığı, üretimin robot kullanılabilen bölümlerinde işçi sayılarının azaldığı, buna bağlı olarak maliyetlerin düşüp kalite ve üretim miktarının arttığı bir dönemdir. Bu dönemde Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno tarafından tam zamanında üretim anlayışı ortaya atılmış, yalın üretim felsefesi benimsenmeye başlanmıştır. Toplam kalite anlayışı önem kazanmış, işletmeler bu değerler çerçevesinde rekabet etmiştir (Parlak, 1999: 89-90).

Teknoloji çok hızlı ilerlediği için Ar-Ge (Araştırma ve Geliştirme) yatırımları küresel ölçekte faaliyet gösteren işletmelerin en önemli gider kalemlerini oluşturmuştur. Değişen ve sürekli gelişen bilgi toplumu, küreselleşmenin sonucunda ortaya çıkan yapısal gelişmeleri takip etmiş ve bilginin temel alındığı sermaye birikiminde rekabete dahil olabilmek için bilişim teknolojilerine olan yatırımı sürekli olarak arttırmıştır. Tarım sektöründen sanayi sektörüne; sanayi sektöründen hizmetler sektörüne değin tüm alanlarda bilişim teknolojilerinin kullanımı yaygın hale gelmiştir (Candan ve diğerleri, 2004: 345).

Maliyetlerin düşürülmesi baskısı işletmelerin Çin gibi işçilik ücretlerinin düşük olduğu yerlere yatırım yapmasına sebep olmuş, bu sebeple üretim tesisleri Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa’dan denizaşırı ülkelere taşınmıştır. Bu

taşıma sonucunda, deniz taşımacılığı dünya ticaretine yön veren en önemli ulaşım yolu haline gelmiştir.

Üçüncü Endüstri Devrimi'nde gerçekleşen teknolojik gelişmeler Endüstri 4.0 olarak da bilinen Dördüncü Endüstri Devrimi'ne zemin hazırlamıştır. Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hız kaybetmeden devam etmesi ve yapay zeka, bulut bilişim, Nesnelerin İnterneti gibi çok önemli ilerlemelerin ortaya çıkması belki de henüz Üçüncü Endüstri Devrimi sona ermeden yeni bir devrimin doğmasına sebep olmuştur. Dördüncü Endüstri Devrimi üçüncünün devamı niteliğindedir, ancak çok daha radikal gelişmeleri beraberinde getirecek olmasıyla fark yaratmaktadır.

1.5 DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ

Dördüncü Endüstri Devrimi'nin üçüncünün devamı mı olduğu, başlı başına yeni bir ilerleme boyutu mu olduğu tartışılıyor olsa da, bu gelişme ile birlikte insan yaşamına ait başta üretim olmak üzere pek çok unsurda köklü değişiklikler gerçekleşmesi beklenmektedir. Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte en temelde otomasyonun ileri düzeye taşınarak makinelerin neredeyse “kendi başlarına” faaliyetleri sürdürebileceği bir düzeye taşınması beklenmektedir. Buna temel oluşturacak ve pek çok alanda uygulamaya geçecek çok sayıda etken bulunmaktadır. Bu çalışmanın ana odak noktası Dördüncü Endüstri Devrimi olduğundan, bu konunun detayları çalışmanın ikinci bölümünde ele alınmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 4.0)

Tarihsel süreç içerisinde ekonomi kurumu, birden çok yenilik ve gelişmelerle sürekli değişmiş ve dinamik bir yapı olma özelliğini devam ettirmiştir. İlkçağ toplumlarından, tarım toplumuna; tarım toplumundan modern ve post modern toplumlara değin üretim modelindeki değişimler sermaye birikimini de etkilemiştir. “Geçtiğimiz beş yüz yıla baktığımızda özellikle Sanayi Devrimi sonrası tüm dünyada etkisini hissettiren Büyük Dönüşüm, insanın hem diğer insanlarla hem de doğayla olan ilişkisini eşi görülmemiş biçimde değiştirmiştir” (Aksoy, 2017: 34-35).

Bu gelişmelerin sonucusunun da başlamakta olan Dördüncü Endüstri Devrimi olduğu iddia edilmektedir.

2.1 DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ KAVRAMININ DOĞUŞU

Endüstri devrimlerinin her aşaması dünyanın farklı yerlerinde, farklı zamanlarda, farklı uygulama kapsamlarında hayata geçmiş olsa da, yakın döneme kadar bilgi ekonomisi ve küreselleşme gibi kavramlar dünyanın her yerindeki üretim birimlerince benimsemek zorunda kalmıştır. 2010’lu yıllara gelindiğinde ise, bilginin sermaye birikim paradigmasını belirleyen iç dinamiklerin sonuna yaklaşmıştır. Bilgi ekonomisi ve küreselleşme gibi kavramlar dünya ticaretini belirleyen temel rekabet unsuru olmaktan çıkmıştır. Çünkü dünya ekonomisi, yönünü bilgi ekonomisinin de ötesindeki ilerlemelere çevirmiştir. Endüstri 4.0 bugün içinde bulunulan dönem içerisinde ortaya çıkmış ve gelişimini henüz tamamlamamış, etkilerini gelecekte çok daha net şekilde gözlemleyebileceğimiz bir sürecin adıdır.

Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı 2011’de on ana projesini duyurmuştur. “Gelecek Projesi” adlı bu projeler, “İleri Teknoloji Stratejisi 2020’nin Gelecek Projeleri” adı altında yayınlanmıştır. Aslında bu projeler, günlük yaşamda da sık sık karşılaşılan kavramlara odaklanmaktadır: Karbon emisyonlarının azaltılması, çevre dostu ve akıllı şehirler kurulması, alternatif yakıtların kullanılması, akıllı şebekelere geçiş yapılması gibi yeni gelişmeler proje içerisinde öncelikle yer alacak kavramlar olmuştur. Projelerden biri de, Almanca “Industrie 4.0” olarak

adlandırılmıştır ve ilk olarak 2011 Hannover Fuarı'nda dile getirilmiştir (Eldem, 2017: 10).

Dördüncü Endüstri Devrimi, nam-ı diğer Endüstri 4.0, terimi ilk olarak Almanya Hannover Fuar'ında Endüstri 4.0'ın beyan edilmesiyle ortaya çıkmıştır (Jazdi, 2014: 1). Daha sonra tüm dünyada ilgiyle takip edilen ve konuşulan bir yeni üretim modeli ve sermaye birikim paradigmasının habercisi olmuştur. 2016 yılında Davos'ta düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu'nun da ana konularından birini oluşturmuştur (Wearden, 2016).

“Endüstri 4.0, insanlar, sistemler, işler, fonksiyonlar, tedarikçiler, müşteriler ve diğer tüm paydaşların aynı havuzda bir araya getirildiği ve paydaşlar arasındaki tüm ilişkilerin yapay zeka ve algoritmalar ile otomatikleştirildiği yapıdır.” (Sayar ve Yüksel, 2018: 92).

“Endüstri 4.0, yapay zeka, 3B (üç boyutlu) yazıcılar, robotik, biyoteknoloji, nanoteknoloji ve uzay teknolojisi alanlarında yaşanan gelişmeler ile birlikte belirli bir ekonomik değere sahip canlı-cansız her nesnenin Internet bağlantılarıyla diğer nesnelerle iletişime ve etkileşime geçebileceği akıllı üretim dönemi olarak tanımlanmaktadır.” (Aksoy, 2017: 37).

2.2 DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİ SÜRÜKLEYEN TEKNOLOJİLER

Dördüncü Endüstri Devrimi'nin başlamasını tetikleyen ve devrimi sürükleyen dokuz teknolojiye birçoğu halihazırda üretimde kullanılmaktadır. Ancak Endüstri 4.0 ile bu teknolojiler üretimi izole edecek, otomatikleştirecek, optimize edilmiş hücrelerin birbiriyle tamamen entegre olmasını sağlayacak, ve üretim akışını optimize hale getirerek; daha verimli yapacaktır. Bu dokuz teknoloji şunlardır (Fırat ve Fırat, 2017: 12):

- Nesnelerin Interneti (IoT-Internet of Things)
- Simülasyon (Simulation)
- Otonom robotlar (Autonomous Robots)
- Katmanlı üretim (Additive Manufacturing)
- Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

- Bulut Bilişim (Cloud Computing)
- Siber Güvenlik (Cyber Security)
- Büyük veri ve analizi (Big Data and Analytics)
- Yatay ve dikey sistem entegrasyonu (Horizontal and Vertical System Integration)

2.2.1 Nesnelerin Interneti (IoT)

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standartlaştırma Birimi'nin tanımına göre Nesnelerin Interneti; bilgi toplumu için mevcut ve gelişmekte olan, birlikte çalışabilen bilgi ve iletişim teknolojilerine dayanarak fiziksel ve sanal şeyleri birleştirerek gelişmiş hizmetleri mümkün kılan küresel altyapıdır (International Telecommunication Union, 2012: 1). Nesnelerin Interneti kısaca nesnelerin, insanların ve bulut hizmetlerin Internet üzerinden birbirine bağlanmasıdır. Bir kimliği olan tüm nesneler, Internet üzerinden haberleşebilir ve ölçüm yapabilirler. Ancak Nesnelerin Interneti'nin M2M (machine to machine-makineden makineye) iletişimle karıştırılmaması gerekmektedir. Çünkü makineden makineye bağlantı sadece makineleri birbirine bağlayan kapalı bir sistemken, Nesnelerin Interneti'nde, tanımdan da anlaşılabilir olduğu gibi, makineler ve insanların aynı sisteme bağlanması söz konusu olmaktadır (Lee ve diğerleri, 2013: 258-259).

Nesnelerin Interneti'nin aktif olarak kullanılabilmesi için; Internet, sensörler ve bilgi olmak üzere üç bileşene ihtiyaç vardır. Bu üç ihtiyacın karşılanmasıyla akıllı ortamlar yaratmak mümkündür (Gubbi ve diğerleri, 2013: 1646-1647). Günümüzde; Internet altyapısının yaygınlaşması, kablosuz teknolojilerin gelişmesi, mikro denetleyicilerin kullanılması gibi birçok teknolojik gelişme Nesnelerin Interneti'nin kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır.

Nesnelerin Interneti'nin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bu alanlardan bazıları günümüzde aktif olarak kullanılırken, bazıları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Kullanım alanlarına aşağıdaki gibi örnekler verilebilir (Öztuna, 2017: 69; Özdoğan, 2017: 95-96; Schwab, 2016: 148-160):

- Bina ve Ev Otomasyonu
Evdeki cihazların Internet'e bağlanması

Işık kontrolü ile elektrik tüketiminin kontrol altına alınması

Akıllı termostatlarla evin sıcaklık değerinin ayarlanması

Video kapı zili uygulamasıyla, zili çalan kişilerin görüntülenmesi

- Akıllı Şehirler

Yenilenebilir enerji sistemlerine geçişin hızlanması

Akıllı sokak lambalarıyla havanın kararması tespit edilerek, lambaların kendiliğinden çalışması

Akıllı boru hatlarıyla yüksek basınç ve kaçak gibi durumların izlenebilmesi

Trafik kontrolünün sağlanması

Elektrik şebekelerinde kablosuz iletişimin sağlanması

- Akıllı Üretim

Akıllı fabrikaların Nesnelerin İnterneti ile entegrasyonu

İletişim modülleri

Akıllı hidrolik vanalar

Taşınabilir monitor

Süreç Analizi

Robotik Kontrolü

Uzun mesafe alan vericileri

- Giyilebilir Ürünler

Artırılmış gerçeklik ve eğlence

Akıllı Saatler

Konum ve takip

- Sağlık Hizmetleri

Ambulans telemetri sistemi

İlaç takibi yapılabilmesi.

Hastane demirbaş takibinin yapılabilmesi

Güvenli giriş kontrolünün sağlanabilmesi

- Otomotiv

Motor yönetimi

Bilgi ve eğlence

Şarj istasyonu

Kestirimci bakım

Bu örnekler Nesnelerin Interneti'yle yapılabileceklerin sadece küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Nesnelerin Interneti'nin yaygınlaşabilmesinin en önemli koşullarından biri olan kablosuz iletişim kurabilecek çipler çok büyük önem arz etmektedir. Bu yüzden ucuz ve küçük olmasından ötürü günümüzde sıkça tercih edilen radyo frekansı ile tanımlama (RFID- Radio Frequency Identification) çipler ve kullanım alanlarından bahsetmek gerekmektedir.

Endüstri 4.0'ın öncü ülkesi olan Almanya'nın Kaiserslautern şehrinde Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi (DFKI- Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) tarafından kurulan akıllı fabrika protopinde bir kimya devi olan BASF SE tamamen özelleştirilmiş şampuanlar ve sıvı sabunlar üretmektedir. Buradaki uygulamada sabun şişelerine radyo frekansı ile tanımlama çipleri yapıştırılmış ve Internet üzerinden bir test siparişi verildikten sonra şişe üzerinde bulunan RFID çipi üretim makineleriyle iletişime geçerek, makinelere şişenin hangi çeşit sabun ve koku ile doldurulacağı, kapağın ne renk olacağı ve gereken etiketleme bilgisini aktarmıştır. Bu teknoloji sayesinde üretim bandında bulunan her şişenin birbirinden farklı olma potansiyeli bulunmaktadır. Bu fabrikada bütün işleyiş makinelerin ve ürünlerin iletişim kurmasını sağlayan kablosuz ağ üzerindendir. Sistemde bulunan tek insan girdisi siparişi veren kişidir (Wang ve diğerleri, 2016: 7).

Böylesi bir akıllı fabrikadaki en önemli özellik, ürünün bir hafızaya sahip olmasıdır. Çiplerin ucuz ve küçük olması, her şeyin üzerine çipi yerleştirebilmeyi mümkün kılmaktadır. Internet'in yaygın kullanımıyla da çiplerin üstüne takılı olan nesneler ile Internet arasında bir ilişki söz konusu olmuştur. Çipler, üzerine takılı olduğu nesneyi yahut kişiyi izlenebilir hale getirmektedir. Bu çipler sayesinde, ürün daha üretime girmeden, ürünün hangi aşamalardan geçeceği, üretiminde hangi girdilerin kullanılacağı ve üretim sonrasında dağıtımının nereye yapılacağı bilgilerine sahip olunacaktır. Ürün tüketiciye ulaştığında olası bir sorun ile karşı karşıya kalındığında, tüketicinin hiçbir şey yapmasına gerek kalmadan, ürün otomatik olarak teknik birime arıza bilgisini geçebilecek ve tüm bu bilgileri takılı olan çip yardımıyla hafızasında taşıyabilecektir. Bu sayede ürünler istendiği zaman ve istenen yerden kontrol edilebilir ve gözlenebilir olacaktır. RFID çiplerin en yaygın olarak

kullanıldığı alan mağazalardır. Mağazalarda bulunan alarm sistemleri ürün üzerindeki RFID çipi etkisiz hale getirilmemişse ya da çıkarılmamışsa çıkış esnasında sesli olarak uyarıda bulunmaktadır. Ayrıca yeni uygulanmaya başlayan kullanımlarından biri de evcil hayvanların takip edilmesidir. RFID teknolojisi genel olarak izleme ve fabrikalarda ürün bilgileri için kullanılmaktadır.

“Endüstri 4.0’ın içerisinde dönüşümün gerçekleştiği önemli mekanlardan biri de ‘akıllı’ teknolojiyle donatılmış fabrikalardır. Bu fabrikalara hiç insan çalışmadığı için karanlık (lights out) fabrikalar da denmektedir. Bu fabrikaların başlangıçta öne çıkan kullanım alanları tehlikeli çalışma koşullarının olduğu üretim alanları olacaktır. Yüksek sıcaklık, fazla ağırlık, zehirli gazlar gibi işlerde insanların yerine robotların kullanılmasıyla iş güvenliği riskinin ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. İlk karanlık fabrikaya geçişi, Çin’deki bir cep telefonu modülü üreticisi gerçekleştirmiştir. Bu fabrikada robotların üretimde kullanılmasıyla birlikte işçi sayısı 650’den 60’a düşerken, ürün çıktısındaki kusurlu parça oranı ise yüzde 25’lerden yüzde 5’lere düşmüştür.” (Aksoy, 2017: 38). Ancak tüm bu bilgilere rağmen her ne kadar Endüstri 4.0’ın süreçsel anlamda yerleşmesi insansız fabrikaları inşa etme amacı etrafında birleşmiş gibi gözükse de, sahne arkasında yüksek vasıflı, çok nitelikli ve programlama yeteneğine sahip bakım-onarımı gerçekleştirecek bir emek gücü vardır. Bu durum açıkça şunu ortaya koymaktadır ki üretim sürecine doğrudan katılan yeni teknolojik üretim araçları emeğin ikamesidir, ancak aynı zamanda bu yeni teknolojik üretim araçları emeğin niteliksel özelliğini, bilgi ve becerisini ön plana çıkaracaktır. Böylesi bir üretim ilişkisinde verimliliğin artması, fakat işsizliğin de buna bağlı olarak artması söz konusu olabilecektir. Sabit sermayenin, değişken sermaye karşısında üretimdeki payını artırması ve emek gücüne olan ihtiyacın azalması olasılık dahilindedir. Bazı kaynaklarda istihdam düzeyinde fazla değişiklik olmayacağı öngörülse de genel görüş akıllı fabrikalar ve robotlarla birlikte işsizliğin hiç olmadığı kadar artabileceği yönündedir (Özdoğan, 2017: 59-73; Öztuna, 2017: 96-102; Schwab, 2016: 44-47).

2.2.2 Simülasyon

Simülasyon; girdilerin gerçek sistemdekilerle ortalamada aynı çıktıları ürettiği benzetim yazılımını oluşturma ve bu yazılımı, genellikle birçok kere yürüterek sistemin değişik koşullarda davranışı hakkında bilgi edinme anlamına gelmektedir (<http://www.tubaterim.gov.tr/>, 07.02.2018). Simülasyonun bir diğer tanımı da; “gerçek dünyada var olan bir fiziksel sisteme ait verilerin sanal bir ortama taşınmasıyla gerçek sisteme ait özelliklerin izlenmesine altyapı oluşturan bir modelleme tekniğidir.” (Çelen, 2017: 10).

Siber fiziksel sistemler, fiziksel dünyada gerçekleşen süreçlerle Internet’te bulunan veri erişimi ve veri işleme programları arasında bağlantı kuran sistemlerdir. Siber fiziksel sistemler insanların çeşitli arayüzlerle makineler ve ürünlerle iletişim kurabilmesini sağlamıştır. Nesnelerin Interneti, kablosuz iletişim ve sensör ağları üretimde gerçekleşen olayların son derece detaylı bir şekilde siber fiziksel sistemlere aktarılmasını mümkün kılmıştır. Bulut bilişim teknolojileri de bu verilerin depolanmasını kolaylaştırmış ve istenilen yerden ve istenildiği anda verilere ulaşılabilmesini mümkün kılmıştır. Siber fiziksel sistemlerden elde edilen verilerin simülasyon programlarına aktarılmasıyla simülasyonlar hiç olmadığı kadar kesin sonuçlar verebilir hale gelmiştir (Monostori, 2014: 10).

Siber fiziksel sistemlerle optimize edilmiş üretim sürecinde akıllı fabrika birimleri diğer birimlerle bağımsız ve kablosuz bir şekilde iletişim kurmalarına ek olarak; kendi aktivite alanlarını, kendi alanlarındaki yapılandırma seçeneklerini ve üretim koşullarını belirleyip tanımlayabilmektedirler. Siber fiziksel sistemlerle ürün özellikleri, maliyetler, lojistik hareketleri, güvenlik, güvenilirlik, zaman ve sürdürülebilirlik hususlarını göz önüne alan, kaynak verimliliği olan kişiye özel ürün üretimi yapmak mümkündür. Ayrıca insan işgücüne göre ayarlamaları yapıldığı için, insanların iş döngülerine adapte olabilmektedir (MacDougall, 2014: 11).

Günümüzde ürünlerin üretim aşamalarında üç boyutlu simülasyonlar zaten kullanılmaktadır. Ancak, Endüstri 4.0’a konu olacak sanal modellerde, makineler, ürünler ve insanlarla birlikte fiziksel dünyanın sanal gerçekliği oluşturulacaktır. Bu sayede birçok şey simülasyonla yapılabilir hale gelebilecektir. Henüz bir ürün üretilmeden üretim aşamaları simüle edilebilecek, simüle edilmiş bir ortamda testler

yapılabilecektir. Kurulması planlanan fabrikalar simülasyon ortamında test edilerek, en verimli şekilde kurulması sağlanabilecektir. Çalışma ortamları simüle edilerek güvenli çalışma ortamları sağlanabilecektir. Ürünlerin hammaddeden son ürüne kadar süreci simüle edilerek hazırlık süreleri oldukça düşürülebilecektir. Şu anda özellikle orduda kullanılan simülasyonların kullanım alanları artacak, her türlü eğitimi simülasyonla vermek mümkün olacaktır. Personel seçiminde simülasyon kullanılarak personelin işe uygun olup olmadığı test edilebilecektir. Lojistik alanında rotalar simülasyonla belirlenebilecek, bir ürünün ulaşması gereken yere tam olarak ne kadar sürede ulaşacağı rotaya karar verildiği anda bilinebilecektir.

2.2.3 Otonom Robotlar

Robotlar gün geçtikçe daha otonom, esnek ve işbirlikçi hale gelmektedir. Otonom robotlar birbirleriyle iletişim kurabilmekte, insanlarla yan yana çalışabilmekte ve insanlardan ve birbirlerinden öğrenebilmektedirler. Otonom robotlar, günümüzde üretimde kullanılan endüstriyel robotların geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır (Bahrin ve diğerleri, 2016: 139). Otonom robotlar, belli bir zekaya sahip olma ve endüstriyel robotlara oranla daha esnek olma özellikleriyle öne çıkmaktadırlar. Bu sayede birden fazla işi aynı robot yapabilmekte, komut olarak verilmiş bir işi otomatik olarak gerçekleştirebilmektedirler. Ayrıca sistemden alınan verileri yansız bir şekilde analiz etme özellikleri, insan kaynaklı hataların en aza indirgenmesini sağlamaktadır. Akıllı fabrikalarda otonom robotlar bu özellikleri bağlamında değişime uyum sağlayabilecek ve üretim sürecini yöneteceklerdir. Nesnelerin Interneti, RFID teknolojisi ve akıllı fabrikaların gelişmesine bağlı olarak da, bulut bağlantılı robotlar en çok kullanılan araçlardan birisi olacaktır.

Birçok üretici işletme üretim süreçlerinde insanların ve robotların daha fazla işbirliği içerisinde çalışması ve robotların insanlara akıllı endüstriyel yardımcılar olmaları gerektiğini düşünmektedir. Böylesine işbirlikçi bir çalışmanın sağlanması için akıllı fabrikalar robotların davranışlarını kontrol ederek, robotların insanlara zarar vermesini engellemektedir. Endüstri 4.0'daki endüstriyel robotlar kendilerine farkındalık ve yeni ürün ve üretim süreçlerine kendi kendine uyum sağlayabilmeyi sağlayan ağlar sayesinde diğer robotlar ve insanlarla daha etkili ve işbirlikçi

olabilmeleri için tasarlanmaktadır. Bunlara ek olarak robotlar ürün performansındaki düşüşleri otomatik olarak tespit edebilecek ve bu sorunu çözmek için optimizasyonlar uygulayabileceklerdir (Üstündağ ve Çevikcan, 2018: 188).

2.2.4 Katmanlı Üretim

3 Boyutlu (3B) yazıcılar 1980'lerin ortalarında bilgi işlem ve kontrol sistemlerinin ilerlemesiyle gelişmiş ve ilk yıllarında hızlı prototipleme olarak da bilinen konsept ve fonksiyonel prototiplerin üretiminde kullanılmıştır. Günümüzde ise 3B yazıcıların prototiplemenin ötesinde endüstriyel üretime uygun olduğu kanıtlandığı için, 3B yazıcılara olan ilgi artmıştır (Murmura ve Bravi, 2018: 351).

Katmanlı üretimde CAD programlarında çizilen nesneler STL (3B yazıcıların kullandığı elektronik dosya biçimi) dosyasına dönüştürülmekte, daha sonra bu dosyalar 3B yazıcıya aktarılmaktadır. Makinenin ayarları yapıldıktan sonra ürün üretilmektedir (Gibson ve diğerleri, 2014: 1-5).

Katmanlı üretim klasik talaşlı üretimden farklı olarak; üretim esnasında hammaddeyi eksiltmek yerine, hammadde üst üste eklenerek yapılmaktadır. Bu, hem hammaddede meydana gelen israfı engellemekte hem de daha hatasız bir son ürün ortaya çıkarmaktadır.

3B yazıcılarının hayatımıza dahil olmasıyla birlikte, bu yazıcılardan üretilen objelerin sayısı da artmıştır. Şirketler, bu yazıcıları çoğunlukla küçük ölçekli özel ürünler üretmek için yaygın bir şekilde kullanmaktadır. Ancak bazı 3B yazıcı çeşitleriyle aynı anda birden çok parçayı aynı anda üretmek mümkündür. Aynı anda birden çok parça üretilse de 3B yazıcılar henüz seri üretim için yeterli değildir.

3B yazıcılar ilk çıktıklarında yalnızca plastik malzemeden üretim yapabilirken günümüzde metal ve seramik malzemeden de üretim yapılabilir hale gelmiştir (Gibson ve diğerleri, 2014: 10). 3B yazıcılar için hammadde seçeneğinin artması ve ilk çıkan modellere göre daha pürüzsüz üretim yapabilen yazıcıların geliştirilmesiyle, katmanlı üretimin daha hızlı yaygınlaşmaya başlayacağı aşikardır.

Katmanlı üretimin, talaşlı üretime göre avantajlarından bazıları; hammadde israfını ve maliyetini düşürmesi, ürünü üretmek için gerekenden çok az daha fazla malzeme kullandığı için geri dönüşüm ya da ortadan kaldırma maliyetinin önüne

geçmesi, daha karmaşık şekillerde üretimi mümkün kılması, daha hatasız üretim yapılması, üretim yaparken işçiye ihtiyaç duymaması ve kitlesel özel üretimi mümkün kılması olarak sayılabilir (Bak, 2003: 340-341).

Katmanlı üretimin kullanıldığı alanlardan bazıları ise otomobil endüstrisi, tıp, uzay araştırmaları, inşaat sektörü, tekstil sektörü, askeri malzemeler olarak sayılabilir. Aslında 3B yazıcılar neredeyse akla gelebilecek her alanda kullanılmaktadır.

2.2.5 Artırılmış Gerçeklik

“Artırılmış gerçeklik (AR-Augmented Reality) ses, video, grafik veya GPS verileri gibi bilgisayar tarafından üretilip duysal girdi ile artırılıp canlandırılan elemanların fiziksel, gerçek dünya ortamıyla birleştirilmesiyle oluşturulan yeni bir algı ortamının canlı doğrudan ya da dolaylı bir görünümüdür.” (Eldem, 2017: 13-14).

Artırılmış gerçeklik gerçek çevreye bilgisayar grafiklerinin yerleştirilmesini sağlayan bir araç olarak oldukça gelecek vaad eden bir teknolojidir. Bilgisayar yazılım ve donanımlarının sürekli gelişmesiyle, artırılmış gerçeklik gerçek zamanlı işlemleri tanımlamada, izlemede ve planlamada; arıza tespitinde ve arızaların tamiratında ve endüstriyel ürün ve süreçlere bağlı eğitimde kullanılabilmektedir (Ghobakhloo, 2018: 920).

Artırılmış gerçeklikte kullanıcı, gerçek dünyayla üst üste koyulmuş ya da birleştirilmiş sanal objeleri aynı anda görebilmektedir. Böylece artırılmış gerçeklik gerçek dünyayı tamamen değiştirmek yerine sanal objelerle desteklemektedir. Artırılmış gerçekliğin gerçek ve sanalı birleştirmesi, gerçek zamanlı olarak etkileşimli olması ve üç boyutlu olması olmak üzere üç karakteristik özelliği bulunmaktadır (Azuma, 1997: 356).

Gerçek hayatta aynı ortamda olmayan kimseler, artırılmış gerçeklik ile sanal ortamda tıpkı aynı ortamdarmış gibi biraraya gelebilir, beyin fırtınası yapabilir ve toplantı organize edebilirler. Artırılmış gerçeklik, endüstriyel tasarımcıların ürünlerini tamamlanmadan önce onların tasarımını ve işleyişini tecrübe etmesine yardımcı olabilir. Örneğin, Volkswagen tahmini ve gerçek çarpışma testi görüntülerini karşılaştırmak için artırılmış gerçeklik kullanmaktadır (Kahraman,

2016). Artırılmış gerçeklikle karmaşık makinelerin üzerinde görülen ve yapılması gereken görevleri adım adım gösteren 3B çizimlerle makinelerin montajı, tamiratı ve bakımı daha kolay hale gelmektedir (Azuma, 1997: 358).

Porsche, Leipzig tesisinde yeni açılan inovasyon alanında artırılmış gerçeklik yardımıyla görünüm ve hız testleri gerçekleştirecektir. Porsche, GTV firması ile birlikte çalışarak, GTV'nin Fraunhofer Society ile birlikte geliştirdiği görünüm ve hız testinde saptanan kusurları üretimin her aşamasında otomobil üzerinde gösteren tablet uygulamasıyla, artırılmış gerçekliği teknik bir kalite kontrol platformu olarak kullanacaktır. Bunun için öncelikle araca ait CAD verileri uygulamaya girilmektedir. Ardından tabletin kamerası aracın bir parçasına yöneltildiğinde, CAD verileri kameradan alınan görüntünün üzerine yerleştirilmekte ve bu sayede hata ve sapmalar, tablet ekranından görülebilir hale gelmektedir. Bu şekilde, CAD görüntüsü gerçek otomobil ile karşılaştırılarak, belirlenen standartlara uymayan bağlantılar kolayca tespit edilebilmektedir (NTV, 2018, 07.04.2018). Hataların bu tablet uygulaması üzerinde nasıl görüldüğü Şekil-2'de gösterilmiştir.

Şekil 2 Porsche'nin Tablet Üzerinde Çalışan Artırılmış Gerçeklik Uygulaması



Kaynak: NTV, 2018, 07.04.2018

2.2.6 Bulut Bilişim

Günümüz işletmelerinin arşivde kayıtlı tutmaları gereken dosyaları, geniş bir salon kadar büyük bir odada saklı tutma dönemini sona erdiren bulut bilişim, bilişim teknolojileri alanında çok önemli bir hizmeti yerine getirmektedir. Bulut bilişim, servis sağlayıcı bilgisayarlar aracılığıyla Internet üzerinden işletme için gerekli olan uygulamaları kullanabilme olanağını sunmaktadır.

Arşivde sakalanan dosyaların ötesinde; artık işletme için gerekli tüm dosyalar veya veri ve uygulamalar, tesis içindeki bilgisayarlarda da tutulmadan, işletmelerin tüm bilişim teknolojileri hizmetleri servis sağlayıcıların yönetimine bırakılmakta, bu durum işletmelerin kendi iş alanlarına odaklanmalarına yardımcı olmaktadır.

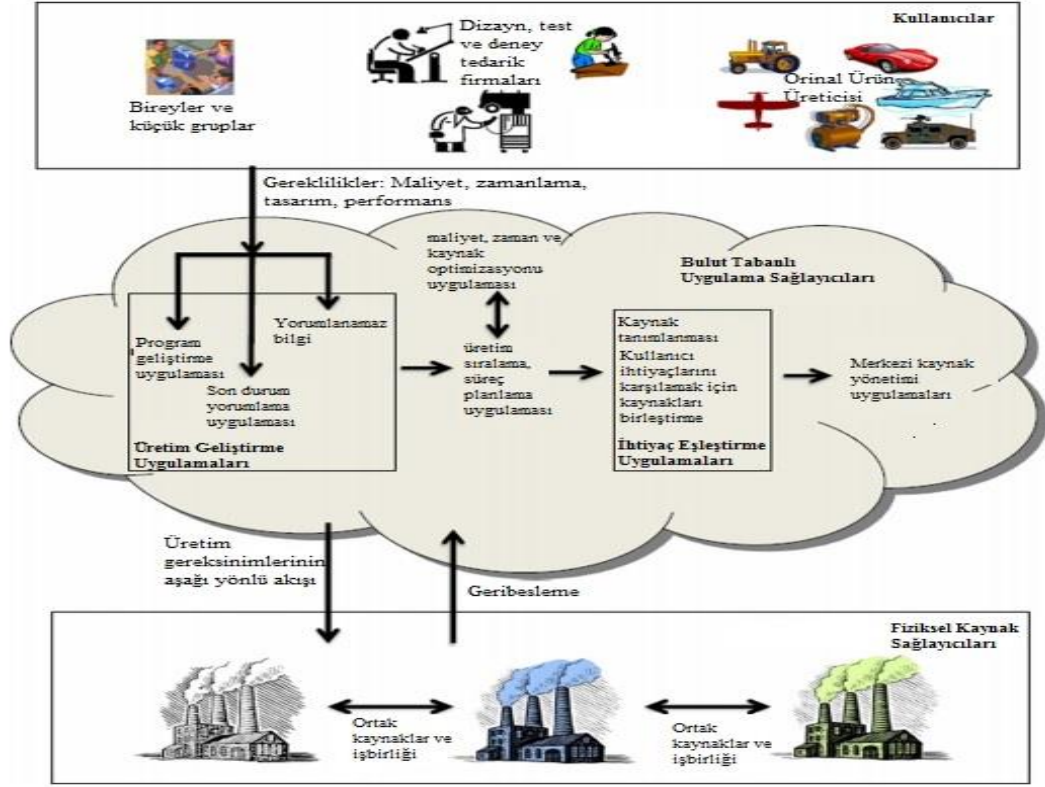
Bulut bilişim sayesinde büyük miktarlarda veriyi ekonomik olarak saklamak mümkündür. Bulut bilişimle işletmeler daha önce hiç olmadığı kadar büyük miktarlarda veriden analiz yapabilmektedir. Endüstri 4.0'da üretim merkezlerinde bulut bilişimden yararlanmaktadır. Akıllı fabrikalarda üzerine çip yerleştirilmiş girdilerin geniş depolama alanlarında Nesnelerin Interneti aracılığıyla birbirine bağlı olması ve gelişmiş hesaplama gücü gibi özellikler, endüstriyel üretimde çok önemli bir unsur olan verilerin toplanması, analizi ve saklanması açısından büyük fayda sağlamaktadır (Gilchrist, 2016: 16-17).

Bulut bilişimle birlikte yeni bir iş modeli olarak bulut üretim ortaya çıkmıştır. Bulut üretim fikri bulut teknolojisinin üzerine geliştirilmiştir, temel fikir bulut bilişim mimarisinin, görevlerinin ve hizmet yapılarının üretim sistemlerine uygulanmasıdır (Pedone ve Mezgár, 2018: 280).

Bulut üretim kullanıcılar, uygulama sağlayıcıları ve fiziksel kaynak sağlayıcılarının birbiriyle etkileşim içerisinde olmasını gerektirmektedir. Bulut üretimdeki kullanıcılar bir şey üretme ihtiyacına sahip ancak bunu üretecek kapasiteye sahip olmayan tüketicilerdir, uygulama sağlayıcıları bulut üretim çevresinin bütün yönlerinin yönetilmesinden ve tüketici isteklerini istenilen nesnelerin üretilmesinde kullanılacak verilere çevirmekten sorumludur, fiziksel kaynak sağlayıcıları ise üretim ekipmanlarına sahip olan ve bunları çalıştıran üretim

tesisleridir (Wu ve diğerleri, 2013: 565-566). Bulut üretimdeki sağlayıcı-tüketici modeli Şekil-3’de gösterilmiştir.

Şekil 3 Bulut Üretim İçin Stratejik Bakış



Kaynak: Wu ve diğerleri, 2013: 566

2.2.7 Siber Güvenlik

Siber güvenlik, kısaca bilgisayar güvenliği yahut bilgi teknolojileri güvenliği anlamına gelmektedir. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği’nin (The International Telecommunications Union, ITU) tanımına göre; siber güvenlik, siber çevre ve örgüt ve kullanıcıların varlıklarını korumak için kullanılabilen araçlar, politikalar, güvenlik kavramları, güvenlik önlemleri, ilkeler, risk yönetimi yaklaşımları, eylemler, eğitim, en iyi uygulamalar, güvenceler ve teknolojilerin toplamıdır. Örgüt ve kullanıcıların varlıkları, bağlı bilgi işlem cihazlarını, çalışanlarını, altyapılarını, uygulamalarını, hizmetlerini ve siber ortamda ilettikleri ve/veya depoladıkları bilgilerin toplamını

içermektedir. Siber güvenlik, siber çevredeki güvenlik risklerine karşı örgüt ve kişilerin varlıklarının güvenlik özelliklerinin elde edilmesine ve bakımlarını sağlamaya çabalamaktır. Genel güvenlik amaçları şunları içermektedir (ITU, 2008: 2):

- Kullanılabilirlik
- Güvenilirlik ve tanınmazlığı içeren bütünlük
- Gizlilik

Endüstri 4.0 dijitalizasyonu Nesnelerin İnterneti'ni, yeni servis sağlayıcılarını, bağlantıları ve verileri de beraberinde getirmiştir. Bu durum bilgisayarlardan veri çalanlara ve bilgisayar casuslarına kapı açmıştır. Bu nedenle siber güvenlik; bilgisayar sistemlerine, donanımlarına, yazılımlarına ve bilgilerine zarar verilmesinden, sağladıkları hizmetlerin aksatılmasından veya saptırılmasından korunması olarak tanımlanmaktadır ve çok önemli bir yere sahiptir.

Tüm bu gerekçeler sebebiyle Dördüncü Endüstri Devrimi, büyük şirketler için siber risk tehdidini beraberinde getirmektedir. Büyük şirketler siber güvenlik alanında bu riskleri ortadan kaldırmak adına çözüm yolları aramaktadırlar. Siber güvenlik Endüstri 4.0 kapsamında uygulamaları olan üretim merkezlerinde verilerin yalnızca yetkili kişilere açık olması biçiminde kendini göstermektedir. Bir üretim tesisinde kritik verilere sadece yetkili kişiler erişebilmekte ve testteki cihazlara girilen bilgilerin de doğru olduğundan emin olunması gerekmektedir. Bu yolla siber güvenlik sağlanmaya çalışılmaktadır. Güvenlik tedbirleri, mevcutta yaşanan tehditleri önlemekle kalmayıp, gelecek olası bir tehdide karşı da güvenliği sağlamalıdır.

Avrupa Konseyi'nin 2001 yılında Budapeşte'de yaptığı kongrede alınan ve 2004 yılında yürürlüğe giren Avrupa Siber Suç Sözleşmesi'nde beş siber suç tanımlanmıştır. Bunlar (Şentürk ve diğerlerinden aktaran, Öztuna, 2017: 68):

- Yetkisiz erişim (Illegal access)
- Yetkisiz müdahale (Illegal interception)
- Veri engelleme (Data interference)
- Sistem engelleme (System interference)
- Cihazların amacı dışında kullanılmasıdır (Misuse of devices)

Bu bilgi ışığında siber suçların hukuki anlamda da yer almaya başladığı ve siber suçlara karşı cezai yaptırımların yürürlüğe girdiği sonucuna varılabilmektedir. Siber suçların ülkeler tarafından cezai yaptırımları olacak kadar ciddiye alınması siber güvenliğe verilmesi gereken önemin göstergesidir.

2.2.8 Büyük Veri ve Analizi

İçinde bulunulan çağda Internet kullanımının artması ve teknolojik gelişmelerin hız kesmeden ilerlemesi ile birlikte her gün çok fazla sayıda yeni veri elde edilmektedir. Bu, sayısal olarak ifade edilecek olursa, günde yaklaşık 2,5 kentilyon bit veri elde edilmekte, bu da 2,5 milyon terabayta denk düşmektedir (Jacobson, 2013)

Büyük veri, günlük yaşantımızda bilgisayarda yaptığımız birçok işlemin anlamlı ve işlenebilir hale dönüşmüş biçimidir. Başka bir ifadeyle, ağ sunucularının giriş kayıtları, Internet istatistikleri, mobil iletişim operatörlerinden elde edilen arama kayıtları, bloglar, sosyal medya yayınları, RFID çipleri ve sensörlerden gelen bilgiler gibi büyük miktarda bilgidir.

Veri analizi ise, istatistiksel yöntemler ve modern matematiksel hesaplamalar ile bu anlamlı ve işlenebilir hale dönüşmüş yüksek hacimli veriler arasında bir entegrasyon sağlamayı, bu entegrasyon sonucunda ortaya çıkan sonuçların işletmelerin işine yarar bilgiler haline dönüşmesini amaçlamaktır.

Örneğin, tüm dünyada bilişim teknolojisi sektöründe lider olan Google, Google Analytics hizmeti ile işletmelerin veri analizi ihtiyacına hizmet etmektedir. İşletmeler, Google Analytics kullanarak, Google'a şirket adı yazıldığında kaçınıcı sırada çıktığının, en çok hangi kelime aratıldığında şirketin erişim sayfasına tıklanıldığının sonuçlarını bu sayede analiz edip sonuçlara göre strateji belirleyebilmektedir.

2.2.9 Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu

Endüstri 4.0, işletmeler arası bütünleşme yani entegrasyonu gerekli kılmıştır. Çünkü bütün organizasyonlar her daim varlıklarını korumayı, büyüme hızlarını ve piyasa değerlerini arttırmayı amaçlamaktadır. Günümüzde işletmeler, tedarikçiler ve müşteriler arasındaki bağlantıyı arttırma amacı öne çıksa da, bu birimlerin birbirleriyle bağlantılarının gerek teknolojik gerekse örgütsel nedenlerle düşük düzeyde kaldığı söylenebilir. Ancak Endüstri 4.0 ve beraberinde getirdiği teknolojilerle birlikte tam bir sistem entegrasyonu yaşanacak ve müşteriden tedarikçiye kadar olan bütün elemanlar birbirine bağlanacaktır (Rüßmann ve diğerleri, 2015: 3-4).

Yatay entegrasyon, değer yaratan ağlar oluşturmak için üretim bilişim teknolojilerinden bazılarının şirket içinde ve şirket dışında birbirine bağlanmasıdır. Dikey entegrasyon ise, otomasyon teknolojisi ve işletme kurumsal kontroldeki çeşitli düzeylerin birbirine bağlanmasıdır (Michels, 2016: 253).

Yatay ve dikey sistem entegrasyonunun sağlanmasıyla, müşteri şikayetleri ve talepleri çok hızlı bir şekilde değerlendirilebilecek, kişiselleştirilmiş üretim kolaylaşacak ve verimlilik artacaktır. Bu sayede işletmeler daha esnek bir yapıya kavuşacaktır (Özsoylu, 2017: 60).

2.3 ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA ÖNCÜ İŞLETMELERİN ÇALIŞMALARI

Dünya ekonomisine yön veren büyük işletmeler, Endüstri 4.0'ın sağladığı yenilikleri ve üretime ilişkin getirdiği yeni çözüm önerilerini uygulamaya koymuş ve hatta bu yenilik ve çözüm önerilerinin öncüsü olmuştur.

Bu bağlamda başta Almanya olmak üzere Bosch, küresel ekonomi içerisinde hem bir ileri teknoloji işletmesi olması hem de bir hizmet tedarikçisi olması bakımından lider bir rol üstlenmiştir. Bosch; motorlu araçlar ve binalarda kullanılan teknolojiler ve endüstriyel teknoloji gibi çeşitli alanlarda üretim yapmakta ve hizmet tedariki sağlamakta olup, Nesnelerin İnterneti sayesinde pek çok şeyi birbirine bağlayabilmektedir. Endüstri 4.0'ın öncülerinden biri olan Bosch, dünyadaki 200'ü

aşkın kuruluşunda müşterilerine sensörler, sürücüler, akıllı robotlar gibi çözümler sunmaktadır.

Almanya'nın 2020 stratejisine paralel olarak da, Endüstri 4.0'a ilişkin küresel yıllık yatırımlarını milyonlarca dolar artırmayı amaçlamaktadır.

7 Eylül 2016 tarihinde düzenlenen toplantıda konuşan Bosch Türkiye ve Ortadoğu Başkanı Steven Young, Endüstri 4.0 ile ilgili olarak "Endüstri 4.0, global ekonomilerin büyük kısmını etkileyen bir devrimdir. Endüstri 4.0 çözümleri hem Bosch hem de diğer uluslararası şirketler açısından pek çok yeni sınır ötesi iş fırsatının yolunu açıyor. Dünyanın önde gelen hizmet ve ürün tedarikçilerinden biri olarak, köklü geçmişimizden ve bugün sahip olduğumuz Ar-Ge donanımından güç alarak, Almanya'da ve tüm dünyada Endüstri 4.0 konusunda öncü bir role soyunduk. Bosch, proje aşamasının ötesine geçeli çok uzun bir zaman oldu ve şu anda Endüstri 4.0'ın ilk öğelerini kendi operasyonlarına kuruyor. Bu noktada kendimizi hem önde gelen bir kullanıcı, hem de önde gelen bir sağlayıcı olarak görüyoruz. Bu iki yönlü strateji başarılı oluyor. 2020 yılı itibarıyla ağa bağlı endüstrinin masraflar açısından toplamda bir milyar Euro'luk bir tasarruf sağlamasını ve toplamda aynı tutarda fazladan satış oluşturmalarını bekliyoruz. Bosch olarak buna yönelik üç aşamalı bir yaklaşımımız bulunmaktadır: İlk olarak, uygulamaları belirli fabrikalarda uygulamaya sokuyoruz, ikinci olarak, son kullanıcıya kadar olan değer akışını optimize ediyoruz, ve üçüncü olarak, global ağlar işletiyoruz" demiştir (<https://www.maxihaber.net/bosch-turkiyede-endustri-4-0-icin-hazirliklarini-tamamladi/>, 12.04.2018).

Bosch'un bir diğer pilot projesi ise yol çalışmalarını, park alanlarını izleyip optimize ederek veri üreten bir ulaşım ağı ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Bu pilot projenin adı ise "Smart City" olarak belirlenmiştir. Smart City, Endüstri 4.0 için verilebilecek en iyi örnek projelerden biridir ve bu projenin uygulanacağı ilk şehir olarak Monaco belirlenmiştir (Heinrich, 2013).

Endüstri 4.0 gelişimine yön veren bir diğer öncü firma ise Siemens'tir. Siemens, Endüstri 4.0 henüz konuşulmazken dahi otomasyon ve dijitalleşme alanlarında hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. Siemens Internet sayfasında da Endüstri 4.0'a uyumlu akıllı fabrikalarının çalışma ilkelerini anlattığı bir e-dergide endüstriyel haberleşmeyle ilgili aşağıdaki açıklamayı getirmiştir:

“Siemens, endüstriyel haberleşme ürünleri ve sistemleri ile işletme genelinde yüksek verimliliği sağlamaktadır. SIMATIC Net gibi sınıfında en iyi ürün aileleri ile, kabul görmüş standartlara dayanan, geleceğe yönelik güçlü ve tam entegre data ağları uygulanabilmektedir. Geniş kapsamlı endüstriyel haberleşme çözümlerimiz ile, temel seviyede bir sensor bağlantı teknolojisinden, tüm işletmenin kalite ve üretim datalarının toplanıp, iletilmesine kadar olan tüm süreçlerde yüksek verimli ve tutarlı bir sistem kurulması sağlanabilmektedir. Siemens endüstriyel haberleşme ürünlerimiz, Scalance X Endüstriyel Ethernet Switch’ler, Scalance W Endüstriyel Kablosuz Haberleşme (Wireless) ürünleri, Scalance S security firewall / VPN güvenlik ve Scalance M modem ürünleri ve çok geniş kapsamlı kablo, konnektör ve aksesuarları içermektedir.” (http://siemens.e-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40_DigitalFabrikalar/assets/common/downloads/page0006.pdf, 13.04.2018). Görüldüğü gibi üretim sürecine, Endüstri 4.0’ı oluşturan tüm yapıtaşlarının dahil olması, Siemens’i bu gelişmelerin öncüsü yapmaktadır.

2.4 ENDÜSTRİ 4.0 VE GELECEKTEKİ ON YENİ MESLEK GRUBU

Endüstri 4.0, kavramı ortaya atıldığından beri birçok yapısal değişiklikleri de beraberinde getirmiştir. Salt üretim modelindeki değişimleri kapsamamakta; sosyal yaşantıyı ve meslek gruplarını dahi değiştirebilecek köklü bir değişimi ifade etmektedir.

Endüstri 4.0 mevcut teknolojik ilerlemeler ile birlikte otomasyonu ve dijitalleşmeyi üretim sürecinin merkezi haline getirmiş ve bunun sonucunda yüksek vasıflı, programlamayı çok iyi bilen kişilerin çalışma hayatına dahil olmasını gerekli kılmıştır. Bu bilgiler ışığında, bu gelişmeleri yönetebilen ve işlemleri gerçekleştiren on yeni meslek grubu şu şekilde sıralanabilir (Eldem, 2017: 15-16):

- Endüstriyel Veri Bilimliği
- Robot Koordinatörlüğü
- Bilişim Teknolojileri/IoT Çözüm Mimarlığı
- Endüstriyel Bilgisayar Mühendisliği
- Bulut Hesaplama Uzmanlığı
- Veri Güvenliği Uzmanlığı

- Ağ Geliştirme Mühendisliği
- 3B Yazıcı Mühendisliği
- Endüstriyel Kullanıcı Arayüzü Tasarımcılığı
- Giyilebilir Teknoloji Tasarımcılığı

2.5 2020 AVRUPA BİRLİĞİ STRATEJİLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0

Dünyanın küreselleşmesi, iklim değişiklikleri, Avrupa nüfusunun yaşlanması gibi sosyal, ekonomik ve çevresel nedenler AB (Avrupa Birliği) 2020 Stratejileri'nin çıkış nedenine kaynaklık etmiştir. 3 Mart 2010 tarihinde “Akıllı, Sürdürülebilir ve Kapsayıcı Bir Büyüme İçin Avrupa Stratejisi” raporu Avrupa Birliği'nin 2020 stratejisinin konusunu ve gündemini oluşturmuştur. Bu belge kapsamında AB'de yaşanan ekonomik krizin, GYİH'de % 4 düşüş meydana getirdiği, 23 milyon kişiyi istihdam dışı bıraktığı, sanayi üretimi seviyesini düşürdüğü ve bütçe açığını ortalama % 7'ye çıkardığı belirtilmiştir (Akbaş ve Apar, 2010: 2-7).

AB bu ekonomik krizin etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla sosyal, ekonomik ve çevresel hedefleri ortaya koyan yeni bir strateji belirlemiştir. Ekonomik büyümeyi sağlamak, istihdamı artırmak ve çevresel hedefleri gerçekleştirmek temel hedefler arasında yer almıştır. Bu hedefleri gerçekleştirmek için en önemli dayanak, bilgi ve inovasyona dayanan akıllı büyüme olmuştur.

AB Komisyonu temel önceliklerini aşağıdaki şekilde ortaya koymuştur (Akbaş ve Apar, 2010: 2-7):

- **Akıllı Büyüme:** Bilginin ve inovasyonun temel alındığı bir ekonomik düzenin oluşturulması amaçlanmaktadır. İnovasyon Birliği'nin kurulması, Hareket Halindeki Gençlik girişiminin hayata geçmesi, Avrupa İçin Dijital Gençlik girişimi bu kapsam içinde değerlendirilir. Ekonomik büyüme ve istihdam yaratmanın temelinde bilgi transferi sağlanarak yeni ürün ve hizmetlerin üretilmesi vurgulanmıştır.
- **Sürdürülebilir Büyüme:** Kıt kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını ifade eder. Çevreci, sürdürülebilir ve rekabet edilebilir bir ekonomik büyümenin sağlanması amaçlanmıştır. Yenilenebilir enerji

kaynakları ile üretimi gerçekleştirmek yönünde girişimler ön plana çıkmıştır.

- **Kapsayıcı Büyüme:** Sosyal sınıflar arasındaki dengenin sağlanması için istihdam seviyesinin artırılmasını ifade etmektedir. Yoksullukla mücadele etmek, yeteneklere yatırım yapmak ve sosyal korunma sistemlerinin modernleşmesi amaçlanmaktadır.

AB, 2020 yılına kadar olan süreçte ulaşılması gereken öncelikli hedefleri aşağıdaki şekilde sıralamıştır (Akbaş ve Apar, 2010: 2-7):

- Yaklaşık 500 milyon nüfuslu AB toplumunun % 75'ini oluşturan 26-65 yaş aralığında bulunan kişiler için istihdam yaratılması,
- AB'nin 2008 yılı 12,2 milyar Euro olan GSYİH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) 'sının % 3'ünün Ar-Ge yatırımlarına ayrılması,
- Kopenhag'ta gerçekleştirilen Çevre Zirvesi'nde alınan sera gazı tüketiminin % 20 azaltılması; yenilenebilir enerji kullanımının % 20 artması ve enerji verimliliğinin % 20 artması konularının karara bağlanması,
- Okulu terklerin en aza indirilmesi, eğitime olan önemin artırılması ve üniversite mezunu kişi sayısının artırılması,
- Yoksul sayısını ve sosyal haklardan yararlanamayacak kişi sayısını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılması.

AB Komisyonu'nun planına göre 2020 yılına gelindiğinde Endüstri 4.0 ile beraber temelleri atılan akıllı robotlar, otomasyon, insansız araçlar, yapay zeka ve biyoteknoloji gibi kavramlar günlük hayata kadar yerleşmiş olacaktır. Dolayısıyla hem iş hayatı hem de sosyal hayat değişirken bazı iş alanları yok olacak; bunların yerine yeni ihtiyaçlar, yeni alışkanlıklar ve yeni meslekler ortaya çıkacaktır. Bugün müzakere edebilme ve esneklik şirketler için en önemli ve gerekli yetenekler iken, 2020'de bunların değerini yitirmiş olması beklenmektedir. Çünkü bunu insanlar yerine büyük verilere ulaşip analiz ederek karar veren akıllı makineler yapacaktır. 2026'da ise yapay zekanın şirketlerin yönetim kurullarının bir parçası olmaya başlaması beklenmektedir (Akbaş ve Apar, 2010: 2-7).

2.6 ENDÜSTRİ 4.0 VE TÜRKİYE

Türkiye, bugün Endüstri 4.0 alanında ekonominin yapısına yön veren yapısal değişimleri bünyesinde barındırabilen ve teknolojik ilerlemeler bağlamında gelişmeler kateden bir ülke konumunda değildir. Almanya Endüstri 4.0'a ilişkin alt yapısını 2013 yılında hazırlamaya başlamışken, Türkiye ise ancak 2015 yılında Endüstri 4.0 kavramına ilgi duyabilmiştir. Küresel dünya ekonomisi içinde, ekonomik gücünü korumak ve rekabet avantajını elinde tutabilmek için Türkiye, Endüstri 4.0'ın gerekliliklerini yerine getirmelidir. Aksi taktirde, Türkiye bu rekabet avantajını sağlayamaz bir ülke konumuna düşerse, üstesinden gelemeyeceği bir ekonomik buhran ile karşı karşıya kalmış olacaktır (Çevik, 2018: 49-50).

TÜSİAD (Türk Sanayici ve İş İnsanları Derneği)'nin 2016 Mart ayında Boston Consulting Group ile birlikte yayınladığı "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Endüstri 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi" isimli raporda, çarpıcı rakam ve tespitlere yer verilmiştir (Tansan ve diğerleri, 2016: 1-13):

- İhracatın, ithalata bağımlılık oranı % 62 seviyesinde olup artmaktadır.
- İleri teknoloji içeren ürünlerin ihracattaki payı yalnızca % 4 seviyesindedir. AB ülkeleri arasında bu oran % 10-25 arasındadır.
- Yetkinlikleri sınırlı olan işgücü ve ekosistemler, yeni teknolojilerin benimsenmesini yavaşlatmaktadır.
- İşgücünün sanayiden hizmet sektörüne doğru kayması, üretim sektöründe çalışanların işten ayrılma hızını arttırmaktadır. AB, ihracatın içinde % 50 paya sahiptir.
- Türkiye'nin ucuz işgücü nedeniyle halen sahip olduğu % 2 ile % 3 arasındaki rekabet avantajının, Endüstri 4.0 uygulamaları nedeniyle kaybolma tehlikesi vardır.

Endüstri 4.0'ın bir işletmede uygulanabilmesinin en önemli koşulu, o kurumun dijitalleşebilmesidir. Dijitalleşmeyi hem şirket alt yapılarına hem de örgüt kültürlerine yerleştirememiş işletmeler, Endüstri 4.0 uygulamalarını yakalayamayacak ve belirli bir süre sonra rekabet edemez duruma gelerek varlıklarını sürdüremeyeceklerdir.

TÜSİAD, Samsung Türkiye, Deloitte Türkiye ve GFK Türkiye'nin işbirliğiyle düzenlenen, 2016 tarihli "Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı" adlı rapor, Türkiye'de faaliyet göstermekte olan 58 işletmenin üst düzey yöneticileriyle yapılmış olan mülakatlar sonucunda ortaya konmuştur. Bankacılık, perakende, hızlı tüketim ve telekomünikasyon gibi önemli ve büyük sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerle bir çalışma yapılmış olup, bu işletmelerin üst düzey yöneticilere göre kurumlarının dijital stratejilerinin personel tarafından anlaşılma oranı % 66 civarındadır. Bu dijital değişimi sağlayan C seviye yönetici oranının da % 38 civarında olduğu belirtilmiştir. İşletme yöneticilerine, işletmelerinin dijital yetkinlik seviyesi sorulduğunda ise % 7'si giriş, % 59'u geliştirmekte olan ve % 34'ü gelişmiş bir dijital yapıya sahip olduklarını belirtmiştir. Araştırmanın kritik sorularından biri, işletmelerin yatırımlarının ne kadarını dijital gelişime ayırdıklarıdır. Ortalama olarak bu oran % 27'dir ve ümit vaat etmektedir (TÜSİAD ve diğerleri, 2016: 2-5).

Türkiye'de Endüstri 4.0 uygulamaları için 15 milyar TL yatırım yapıldığında, % 4 ile % 7 arasında bir verimlilik artışı sağlanabileceği tahmin edilmektedir. Bu da 10 yıl içerisinde 200 milyar TL'lik GSYİH artışının yakalanabileceği anlamına gelmektedir. Teknolojinin hızla ilerlemesi ve katma değeri yüksek ürünlerin küresel rekabet avantajı sağlamanın temel yolu olması, Türkiye'nin de Endüstri 4.0 uygulamalarına muhakkak ki ayak uydurması anlamına gelmektedir (Eldem, 2017: 16).

"Üretim ücretleri, rantabilite, enerji giderleri ve döviz kurlarını dahil ederek hesaplanan BCG (Boston Consulting Group-Boston Danışma Grubu) Global Üretim Maliyeti Endeksi'nde, Türkiye'nin birim maliyet oranı ortalaması 98 iken, ABD 100, Almanya ise 121 ortalama birim maliyetle üretim gerçekleştirmektedir. Yani, Türkiye'deki ortalama doğrudan üretim maliyetleri Almanya'nın % 23, ABD'nin ise % 2 altındadır. Bu analiz, Türkiye'nin küresel değer zincirinden pay almak ve ihracatını arttırmak için sahip olduğu rekabet avantajının altını çizmektedir." (TÜSİAD ve diğerleri, 2016: 33).

Tüm bu veriler göz önüne alındığında, bugün Türkiye işgücü maliyetlerinin ucuz olması bakımından, Batı işletmelerinin üretimini gerçekleştirdiği bir ülke olmasıyla rekabet avantajına sahiptir. Ancak Endüstri 4.0 uygulamalarıyla işgücüne

olan ihtiyacın çok düşük düzeye inecek olması, Doğu’da üretimini gerçekleştiren Batı işletmelerinin üretimlerini kendi ülkelerine geri çekmesine sebep olacaktır.

Türkiye için bu durum oldukça risk arz etmektedir. Türkiye, Endüstri 4.0 uygulamalarına ayak uyduramazsa, üretim maliyetleri bakımından pahalı kalacak ve bir üretim merkezi olarak tercih edilmeyecektir. Bu sebeple Türkiye, katma değeri yüksek ürünler üretebilmek için dijitalleşme sürecini yakalamalı ve Endüstri 4.0 uygulamaları açısından Türk ekonomisine yön verecek stratejileri geliştirmelidir.

2.6.1 Türkiye ve Vizyon 2023 Stratejisi

Türkiye; bilim ve teknoloji alanında inovatif bir sistem geliştirilmesi amacıyla, Cumhuriyetin 100. Yılında ulaşılacak istenen hedefleri ortaya koyan “Vizyon 2023” isimli bir kılavuz oluşturmuştur.

Teknoloji Öngörü Projesi, Ulusal Teknoloji Envanteri Projesi, Araştırmacı Bilgi Sistemi (ARBİS), TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) Ulusal Araştırma Altyapısı Bilgi Sistemi şeklinde dört ayrı alt projeden oluşan Vizyon 2023 Stratejisi’nin kapsamında incelemeye alınan konu başlıkları aşağıdaki şekildedir (TÜBİTAK, 2004):

- Türkiye’nin bilim ve teknoloji alanındaki durum tespiti yapılması,
- Bilim ve teknoloji alanında dünyadaki uzun dönemli gelişmelerin belirlenmesi,
- Türkiye’nin 2023 hedefleri için gerekli olan bilim ve teknoloji ihtiyaçlarının belirlenmesi
- Hedeflere ulaşılabilmesi için gerekli stratejik bir yol haritasının oluşturulması,
- İlgili teknolojilerin hayata geçirilmesi için gerekli çalışmalara dair aksiyon alınması.

Vizyon 2023 Stratejileri ekonomik, sosyal ve siyasal alanlar ile ilgili toplam 23 maddelik bir paketten oluşmaktadır. Paketin ana teması ise Türkiye’nin 2023 yılında dünyanın ilk on ekonomisinden birisi olmasıdır. Bu esas amaç kapsamında ise gerçekleştirilmesi planlanan diğer alt hedefler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (TÜBİTAK, 2004):

- Kişi başına düşen 25 bin dolarlık milli gelir,
- 500 milyar dolarlık ihracat,
- Dış ticaret hacminin 1 trilyon Amerikan Doları'na çıkartılması,
- İşsizliğin % 5 seviyesine indirilmesi,
- İleri teknolojiye sahip olarak kendi uçağını ve uydusunu üretebilmek,
- Türkiye'nin dünya çapında bir lojistik merkezi haline getirilmesi,
- DAP (Doğu Anadolu Projesi) ve GAP'ın (Güneydoğu Anadolu Projesi) tamamlanarak dünyanın tahıl ambarı haline gelmek,
- Milli gelirini 2 trilyon dolar düzeyine yükseltmek.

Vizyon 2023'te hedeflenen amaçlara ulaşabilmek için Türkiye'nin henüz başlangıç aşamasında olan Dördüncü Endüstri Devrimi'ni yakalaması ve doğru adımlar atarak Endüstri 4.0'da başı çeken ülkelere yetişmesi gerekmektedir. 2004 yılında yayınlanan Vizyon 2023 kılavuzu Endüstri 4.0'ı da içerecek şekilde evrilmelidir.

Özellikle dış ticaret hacmi ve milli gelir hedeflerine ulaşılabilmesi için üretimde diğer ülkelere karşı rekabet avantajı yakalanması gereklidir. Türkiye bu avantajı ancak Endüstri 4.0 uygulamalarını doğru şekilde kullanarak, üretim hacmini artırıp maliyetleri azaltarak elde edebilir.

Türkiye'de halihazırda büyük işletmeler bazı Endüstri 4.0 unsurlarını kullanmakta ise de, bu uygulamaların yayılması ve işletmelerin tam otomasyona doğru ilerlemesi gerekmektedir. Ayrıca 2023'ten sonra bu teknolojilerin uygulanması ve geliştirilmesi için gerekli işgücünün yetiştirilmesi gerekmektedir. Bunu başarabilmek için Türkiye'nin eğitim sistemi içerisine doğru dersleri koyarak ya da üniversitelerde gerekli bölümleri açarak geleceğe yatırım yapması gerekmektedir.

2.6.2 2023 Stratejisi ve Uygulanacağı Sektörler

2023 stratejisindeki hedeflere ulaşabilmek için uygulama yapılacak sektörler ve bu sektörlerde gerçekleştirecek uygulamalar şu şekildedir (TÜBİTAK, 2004):

- Eğitim sektöründe; insan odaklı, değişime karşı esnek olan, yaratıcılık ve hayal gücünü öne çıkaran, bireysel yetenekler doğrultusunda kişinin yeteneklerini geliştirebildiği bir eğitim sistemi hedeflenmektedir.
- Sağlık sektöründe; her bir yurttaşa her yerde, her zaman ve her koşulda ileri teknoloji ile geliştirilmiş, yeniliklere açık ve ekonomik sağlık hizmetleri sunmak, biyoteknoloji alanında ilerleyerek son teknoloji tedavileri ve bu tedaviler için gerekli olan teçhizatı üretebilmek gerekmektedir.
- Gıda ve tarımcılık sektöründe; halkın yeterli ve sağlıklı şekilde beslenebilmesi için gerekli miktarda ve kalitede sürdürülebilir gıda ve tarım verimliliğinin sağlanması gerekmektedir. İnşaat sektöründe; artan nüfus ve gelişen sanayinin sonucunda doğan ihtiyaçlara göre modern standartlarda altyapı ve konut inşasının yapılabilmesi için gerekli teknolojiye sahip olmak ve bu bağlamda küresel boyutta rekabet edebilir seviyede olmak gerekmektedir.
- Ulaşım sektöründe halkın can güvenliğinin tam olarak sağlandığı, son teknoloji ile donatılmış, çevreci ve yasal koşullara uygun ulaşımın sağlanması gerekmektedir.
- Enerji sektöründe; çevreci teknolojilere sahip, güvenli, ekonomik ve yüksek verimlilikte enerji üretimi yapabilmek için gerekli teknolojilere sahip olunmalı ve uluslararası pazarda etkin bir rol elde edilmelidir.
- Bilgi ve iletişim sektöründe; en az üç bilgi ve iletişim teknolojisi alanında bütün dünyada ilk tercih edilen ülke konumuna gelinmelidir.
- Kimya alanında; hammadde, enerji ve işgücü verimi yüksek, yenilikçi süreç ve ürün teknolojileri yaratarak bilimsel gelişmeleri teknolojiye, üretime ve yüksek katma değerli ürünlere dönüştürmek; ihracat ve doğrudan sermaye yatırımlarıyla, küreselleşen dünya kimya sanayisinin önde gelenleri içinde olmak gerekmektedir.
- Tekstil sektöründe; yüksek katma değerli, inovatif, ileri teknolojili üretim yapılarak küresel pazardaki payı arttırmak gerekmektedir.
- Turizm sektöründe, hizmet çeşitliliğini ve kalitesini artırarak, eğitilmiş nitelikli işgücü, yüksek düzeyde teknik altyapı, tesis ve hizmetleriyle rakip

destinasyonlarla yarışabilen bir sektör olmak; Akdeniz'in dördüncü büyüklükteki destinasyonu olarak, kitle turizminin yanı sıra yüksek gelirli bireysel turizmin de önemli cazibe merkezlerinden birisi olmak gerekmektedir.

- Doğal kaynaklar alanında, serbest, şeffaf ve istikrarlı piyasa koşulları içinde milli kaynaklara öncelik vermek; bu kaynakların aranmasında, güvenli ve ekonomik olarak üretiminde ileri teknolojileri geliştirmek ve kullanmak gerekmektedir.
- Çevre konusunda, sürdürülebilirliği doğayı koruyarak ve yerel kaynak ve bilgilerle pekiştirerek sağlayan; üretimini temiz üretim teknolojileriyle yapan; her türlü evsel ve sanayi atıklarını çevre koruma ilkeleri kapsamında yönetebilen; biyolojik çeşitliliğini koruyan ve toplumsal yarara dönüştürebilen; tarihi ve kültürel mirasını koruyarak gelecek nesillere aktarabilen bir ülke konumuna gelinmelidir.

2.7 DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİN MUHTEMEL SONUÇLARI

Dördüncü Endüstri Devrimi günümüzde gerçekleşmekte olduğu ve henüz sonlanmadığı için, daha önce gerçekleşen devrimlerdeki gibi kesin sonuçlardan bahsetmek mümkün değildir. Bunun yerine olası sonuçlar üzerinde durulabilir.

İlk üç endüstri devrimi de dördüncüsü gibi teknolojiye gelişmeler ve yeni icatlarla ortaya çıkmıştır, ancak daha önce yaşanan devrimlerden hiç birisinde dördüncüdeki gibi insan faktörünü üretimden tamamen çıkartabilecek gelişmeler yaşanmamıştır. İlk üç devrimde kullanılan teknolojiler üretimde çalışan kişilerin işlerini kolaylaştırmaktayken, içinde bulunduğumuz devrimde insan faktörünü neredeyse tamamen üretimden çıkartabilecek teknolojiler kullanılmaktadır.

Dördüncü Endüstri Devrimi'nin getireceği değişikliklerin işgücü piyasasına etkisi sektörel olarak ele alındığında farklı görüşler mevcuttur. Bazı görüşlere göre tarım sektöründe iş gücüne ihtiyacın kalmayacağı öngörülmüşken, bir diğer görüş sektörün çalışma süreçlerinde insan faktörünün önemini sürdüreceğini belirtmektedir. Üzerinde ortaklaşılan görüş, hasta bakımı, yaşlı bakımı gibi alanlarda, makinelerin insanların sahip olduğu empati ve ilgi gibi özelliklere sahip

olmadığından insan işgücünün önemini devam ettireceğidir.(Bonekamp ve Sure: 2015: 36)

Dördüncü Endüstri Devrimi insan işgücüne ihtiyaç duyduğu alanlarda çalışanlardan, soyut ve karmaşık problem çözme yetisine sahip olmalarını istemektedir. Ayrıca yüksek derecede kendini yönetme kabiliyeti, iletişim ve örgütlenme becerilerinde rekabetçi üstünlük sahibi olmalarını beklemektedir. (Kagermann ve diğerleri, 2013: 57)

Dördüncü Endüstri Devrimi'yle birlikte üretimde kullanılmayan iş gücü ilk etapta hizmet sektöründe ya da tarımda kullanılabilecektir. Ancak hizmet işletmelerinin ve tarımın da otomasyona gitmesiyle birlikte işsizlik oranının tarihteki en yüksek seviyeye ulaşma ihtimali bulunmaktadır. Endüstri 4.0'la birlikte bazı yeni meslekler ortaya çıkacak olsa da bunların çok kısıtlı kalması beklenmekte, buna ek olarak başlangıçta ortaya çıkan bazı mesleklerin de daha sonra otomasyona gidebileceği üzerinde durulmaktadır.

Üretim sürecinde hiç insan bulunmayan karanlık fabrikaların kurulmasıyla, üretim maliyetlerinin endüstri tarihinin en düşük seviyesine inmesi muhtemeldir. Üretim maliyetleri düşerken tam otomasyon sayesinde insan kaynaklı hatalar olmayacağı için fire oranlarının çok düşmesi ve ürün kalitelerinin de artması beklenmektedir.

Her gün, günün her saati üretim yapılacak olmasının üretim miktarını ve verimliliği çok yükseltmesi beklenmektedir. Son tüketicilerin 3B yazıcılarla kendi evlerinde de üretim yapabilecek olmaları işletmelerin ürettiği ürünlere olan talebi azaltabilecektir. Ürün arzının yükselip, ürünlere olan talebin azalması ve maliyetlerin düşmesiyle birlikte ürün fiyatlarının düşmesi beklentiler arasındadır. Üretim genel olarak robotlar ve 3B yazıcılarla gerçekleştirileceği için işletmelerin birbirine karşı üstünlüğü birincil olarak sürekli yeni ürünler çıkararak kazanmaya çalışacağı düşünülmektedir. Üretimin bu denli artması, işletmelerin birbirine üstünlük sağlamak için sürekli yeni ürün çıkarmak zorunda kalacak olmaları ve ürünlerin kolay ulaşılabilir olmasının dünyayı eski ürün çöplüğü haline getirmesi muhtemel sonuçlar arasındadır.

3B yazıcıların yaygınlaşmasıyla birlikte sokaklarda atölye tipi üretim yapan küçük dükkanların çoğalması ve tüketicinin buralara giderek istediği ürünü

alabilmesi ihtimali bulunmaktadır. Büyük işletmeler bu dükkan sahipleriyle anlaşarak kendi ürünlerini talep olduğu taktirde buralarda ürettirip satılmasını sağlayabilecek, böylece ürünlerin taşınma ve depolama maliyeti düşebilecektir. Buna ek olarak satışın gerçekleşmesi için kendilerine ait bir satış noktası olmasına gerek olmayacağı için kira, işçi ve elektrik gibi maliyetlerden de kurtulmuş olacaklardır.

Endüstri 4.0 için gerekli ekipmanların (otonom robotlar gibi) ilk etapta kendi kendini üretmesi mümkün olmadığı için, bu ekipmanların üretimi yoğun olarak işçilik ücretleri düşük olan ülkelerde yapılacaktır. Ancak teknolojinin yeterli düzeye gelmesiyle bu ekipmanlar kendi kendini üretebilir hale gelecek ve işçilik ücreti düşük olan ülkelere olan talep azalacaktır.

Türkiye'nin görece düşük işçilik ücretleri olduğu göz önüne alınırsa, ilk etapta ekipman üretiminin ülkemizde de yapılma ihtimali bulunmaktadır. Türkiye'de bu üretimi yapacak olan işletmeler bu fırsatı iyi değerlendirmeli ve teknolojik bilgiyi öğrenip geliştirerek çağın gerisinde kalmamalıdır.

İlk etapta doğru yatırım yaparak Endüstri 4.0'ı tam uygulayabilen işletme ve ülkelerin çok büyük rekabet üstünlükleri elde edebilecek olmaları beklense de, zamanla bütün işletmeler ve ülkelerin tam otomasyona gitmesiyle bu rekabet üstünlüğünün ortadan kalkması olasıdır.

Bütün sektörlerde tam otomasyon uygulamaları gerçekleştirildiğinde insanların nereden para kazanacağı tartışılan konular arasındadır. Bu duruma karşı en çok üzerinde durulan çözüm önerisi evrensel temel gelirdir (UBI-Universal Basic Income). Ancak bu sistemin işleyişinin nasıl olacağına henüz net bir karar verilmemiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde henüz tam otomasyona geçmemiş olsa da, Endüstri 4.0 uygulamalarını fabrikaya entegre etmeye başlamış olan bir işletmenin plastik enjeksiyon bölümünde gerçekleştirdiği bulut depolama uygulamasının sonuçları incelenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR İLERİ TEKNOLOJİ FABRİKASINDA DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ KAPSAMINDA BİR UYGULAMA

Endüstri 4.0 uygulamaları üretim alanında uygulanmaya başlanmıştır. Araştırmada uygulamaların işletmelere ne gibi faydaları olduğu bulunmaya çalışılmış ve uygulamanın yapıldığı fabrikada elde edilen kazanımlar araştırılmıştır.

3.1 ARAŞTIRMANIN AMACI VE YÖNTEMİ

Araştırmanın amacı; ileri teknoloji üretimi yapan bir fabrikada zaman etüdü yöntemi ile iş akışını yavaşlatan bölüm olarak belirlenen plastik enjeksiyon bölümünde iyileştirme yapmaktır. Bu iyileştirmelerin sanayideki en güncel kavramlardan biri olan Endüstri 4.0 kapsamındaki uygulamalar göz önünde bulundurularak yapılması istenmektedir.

Bu amaç doğrultusunda öncelikle mevcut durum analizi yapılmıştır. İkinci adımda seçilmiş olan plastik enjeksiyon bölümündeki makinelerine uygulanabilecek Endüstri 4.0 uygulamaları değerlendirilmiş ve seçilmiştir. Seçilen uygulamanın gerçekleştirilmesinden sonra tekrar zaman etüdü yapılarak elde edilen zaman ve maliyet değişimlerini ortaya koyulmuştur.

3.2 İŞLETME HAKKINDA BİLGİ

İşletme 30 yılı aşkın süredir Manisa şehrinde teknoloji ürünleri üretiminde hizmet vermekte olup, çalışmanın yapıldığı ileri teknoloji fabrikası 2003 yılında kurulmuştur. İşletmenin Manisa tesislerinde yaklaşık 16000 kişi, çalışmanın yapıldığı ileri teknoloji fabrikasında ise yaklaşık 2000 kişi çalışmaktadır. İşletme 12 saatlik iki vardiya olarak 24 saat üretim yapmaktadır.

İşletmede televizyon, ses sistemleri, akıllı telefon, tablet, akıllı tahta, beyaz eşya, ankastre ürünler, ısıtma ve soğutma ürünleri, dizüstü bilgisayar, yazar kasa, uydu sistemleri ve LED (Light Emitting Diode-Işık Yayan Diyot) aydınlatma ürünleri üretilmekte olup; çalışmanın yapıldığı ileri teknoloji bölümünde bu

ürünlerden cep telefonu, televizyon, uydu alıcısı, LED aydınlatma, akıllı tahta ve tablet üretilmektedir.

İşletme ürünlerini yerli piyasaya üretmesinin yanında, 154 ülkeye ihracat yapmaktadır. Günlük toplam üretim hacmi 87000 adet üründür.

3.3 MEVCUT DURUMUN İNCELENMESİ

Öncelikli olarak fabrikanın üretim hacminin artırılması için darboğaz olan bölüm olarak plastik enjeksiyon bölümü belirlenmiştir. Plastik enjeksiyon bölümünün darboğaz olarak belirlenmesinin nedeni, tüm üretim süreci içerisinde en az üretim hacmine sahip olan bölümün burası olmasıdır. Bu bölümde plastik enjeksiyon makinesi sayısı daha fazla olmasına rağmen, bunlardan altısı otomasyon uygulamasına daha uygun olduğu için uygulama kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. İlk aşamada bu altı makineye ilişkin mevcut durum, zaman etüdü yapılarak ortaya koyulmuştur.

Fabrikada çeşitli ürünler için plastik parçaların üretildiği bölümde 850/8, 700/7, 1500/8, 1250/6, Engel 1500/5, NB700/2 kodlu altı adet makine uygulama kapsamına alınmıştır. Bu makinelerin mevcut durum ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2 Makinelerin Uygulamadan Önceki Süre Değerleri

Makine Kodu		850/8	700/7	1500/8	1250/6	Engel 1500/5	NB 700/2
Üretilen Ürün Kodu		65190BC	24265FC	40410BC/ PCABS	40272FC/ PCABS BEYAZ	32240 LED BMS	22275FC
Süre (sn)	İtici Ayarı	20	18	28	106	50	30
	Kalıp Kapama Ayarı	33	30	109	76	33	37
	Kalıpların Soketlere Takılması	480	175	657	548	80	90
	Eski Malzeme Temizliği	80	60	212	348	50	40
	Robot Ayarları	480	1182	272	1415	300	115
	Kaba Ayarlar	150	100	110	95	660	223
	İnce Ayar ve İlk Ürün	660	113	373	524	1200	574
	Toplam	1903	1678	1761	3112	2373	1109

Uygulama yapılmadan önce, makinelerde bütün ayarlar teknisyenler tarafından elle girilmek zorundadır ve bir test üretimi gerçekleştirilip ayarlarda hata varsa düzeltmek ve tekrar test üretimi yapmak gerekmektedir. Bu ayarların girilmesi işlemi hatasız üretim gerçekleşene kadar devam etmektedir. Ayarlar bir deftere not edilmekte olup, bir teknisyen tarafından defterden okunarak 170 farklı parametre girilmektedir. Hatalı üretim durumunda gereken düzeltmelerin yapılması teknisyenin bilgi, tecrübe ve becerisine bağlı olarak birden fazla seferde de gerçekleşebilmektedir.

Tablo 2’de bulunan kaba ayarlar, ince ayar ve ilk ürün süreleri dışında kalan işlemler elle yapılmak zorunda olduğu için bu değerler değişmemektedir. Makinelere Endüstri 4.0 uygulanmasından önce kaba ayarların ortalama girilme süresi 223 sn, ince ayarların ortalama girilme süresi 574 sn ve ikisinin toplamı ortalama olarak 797 sn’dir. Kalıp değişiminin başlangıcından itibaren ilk ürün üretilene kadar olan süre ise ortalama olarak $\frac{1903+1678+1761+3112+2373+1109}{6}=1989$ sn’dir. Ayrıca günlük ortalama fire miktarları $\frac{9+9+6+10+11+9}{6}=9$ adettir ve makinelere göre fire miktarları Tablo 3’te verilmiştir.

Fabrikanın plastik enjeksiyon bölümünde makinelere ayar girmek için 30 teknisyen çalışmaktadır.

Tablo 3 Makinelere Göre Günlük Ortalama Fire Sayıları

Makine Kodu	850/8	700/7	1500/8	1250/6	Engel 1500/5	NB 700/2
Günlük Ortalama Fire	9	9	6	10	11	9

Makinelerin saatlik maliyetleri 140,2 TL, teknisyenlerin aylık ücretleri ise ortalama 4000 TL’dir. Günlük ortalama kalıp değişimi ise 27 kez olarak ölçülmüştür. İşletme yılda 365 gün üretim yapmaktadır. Makineler günde 24 saat üretim yapmaktadır. Ayrıca makinelerin ortalama çevrim süreleri 32 saniyedir. Bu değerler uygulama öncesinde ve sonrasında eşit kabul edilmiş olup, hesaplamalar bu değerler üzerinden yapılmıştır. Makinelere gerekli olan bakım çalışmalarının süresi uygulama öncesi ve sonrası aynı olduğu için hesaplamalar yapılırken göz ardı edilmiştir. Ancak

yıllık ortalama 5 gün bakım çalışmaları için hesaplamalardan çıkarılmış, bu yüzden hesaplamalar 360 gün üzerinden yapılmıştır.

Her makine için günlük ortalama üretim miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\dot{U}M = \frac{\dot{U}S - ((TS - \dot{C}S) \times KD)}{\dot{C}S} \quad \text{Denklem (1)}$$

$\dot{U}M$: Üretim miktarı (adet/gün);

$\dot{U}S$: Günlük üretim süresi (sn)

TS : Toplam süre (sn)

$\dot{C}S$: Ortalama çevrim süresi (sn/adet)

KD : Günlük ortalama kalıp değiştirme sayısı

Parça başı makine maliyeti (C) ise aşağıda gösterilen yöntemle hesaplanmıştır:

$$C = \frac{\text{Makinenin günlük çalıştırma maliyeti}}{\text{Günlük üretim miktarı}} \quad \text{Denklem (2)}$$

Makine verimlilikleri (V) aşağıda sunulduğu şekilde hesaplanmıştır:

$$V = \frac{\dot{U}M}{\text{Makine Çalışma Süresi}} \quad \text{Denklem (3)}$$

3.3.1 850/8 Kodlu Makine

850/8 kodlu makinede bulut depolama uygulaması yapılmadan önce kalıp değişiminden ilk ürün üretilene kadar 1903 saniye geçmektedir ve bunun 32 saniyesi ürünün kalıba basılmasından hazır hale gelmesine kadar geçen süredir.

Bu makinede uygulama öncesi kaba ayarların girilmesi 150 saniye, ince ayarların girilmesi ise 628 saniye (İnce Ayar Süresi = İnce Ayar ve İlk Ürün – Çevrim Süresi = 660 – 32) sürmektedir. Kaba ve ince ayarların toplam süresi $150 + 628 = 778$ saniyedir. Kaba ve ince ayarların kalıp değişim işleminin başlangıcından ilk ürün çıkana kadar olan süreye oranı ise; $\frac{778}{1903} = 0,409$ çıkmaktadır.

Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile 850/8 kodlu makinenin üretim miktarı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{U}M_{850/8} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(1903 - 32) \times 27]}{32} = 1121 \text{ adet/gün}$$

850/8 kodlu makine için parça başı maliyet ve makine verimliliği ise Denklem 2 ve Denklem 3'teki yöntemlerle aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$C_{850/8} = \frac{140,2 \times 24}{1121} = 3,002 \text{ TL/adet.}$$

$$V_{850/8} = \frac{1121}{24} = 46,708 \text{ adet/makine-saat.}$$

3.3.2 700/7 Kodlu Makine

700/7 kodlu makinede bulut depolama uygulaması yapılmadan önce kalıp değişiminden ilk ürün üretilene kadar 1678 saniye geçmektedir ve bunun 32 saniyesi ürünün kalıba basılmasından hazır hale gelmesine kadar geçen süredir.

Bu makinede uygulama öncesi kaba ayarların girilmesi 100 saniye, ince ayarların girilmesi ise 81 saniye (İnce Ayar Süresi = İnce Ayar ve İlk Ürün – Çevrim Süresi = 113 – 32) sürmektedir. Kaba ve ince ayarların toplam süresi 100 + 81 = 181 saniyedir. Kaba ve ince ayarların kalıp değişim işleminin başlangıcından ilk ürün çıkana kadar olan süreye oranı ise; $\frac{181}{1678} = 0,108$ çıkmaktadır.

Denklem 1'de gösterilmiş olan yöntem ile 700/7 kodlu makinenin üretim miktarı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{U}M_{700/7} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(1678 - 32) \times 27]}{32} = 1311 \text{ adet/gün}$$

700/7 kodlu makine için parça başı maliyet ve makine verimliliği ise Denklem 2 ve Denklem 3'teki yöntemlerle aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$C_{700/7} = \frac{140,2 \times 24}{1311} = 2,567 \text{ TL/adet.}$$

$$V_{700/7} = \frac{1311}{24} = 54,625 \text{ adet/makine-saat.}$$

3.3.3 1500/8 Kodlu Makine

1500/8 kodlu makinede bulut depolama uygulaması yapılmadan önce kalıp değişiminden ilk ürün üretilene kadar 1761 saniye geçmektedir ve bunun 32 saniyesi ürünün kalıba basılmasından hazır hale gelmesine kadar geçen süredir.

Bu makinede uygulama öncesi kaba ayarların girilmesi 110 saniye, ince ayarların girilmesi ise 341 saniye (İnce Ayar Süresi = İnce Ayar ve İlk Ürün – Çevrim Süresi = 373 – 32) sürmektedir. Kaba ve ince ayarların toplam süresi 110 + 341 = 451 saniyedir. Kaba ve ince ayarların kalıp değişim işleminin başlangıcından ilk ürün çıkana kadar olan süreye oranı ise; $\frac{451}{1761}=0,256$ çıkmaktadır.

Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile 1500/8 kodlu makinenin üretim miktarı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{M}_{1500/8} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(1761 - 32) \times 27]}{32} = 1241 \text{ adet/gün}$$

1500/8 kodlu makine için parça başı maliyet ve makine verimliliği ise Denklem 2 ve Denklem 3’teki yöntemlerle aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$C_{1500/8} = \frac{140,2 \times 24}{1241} = 2,711 \text{ TL/adet.}$$

$$V_{1500/8} = \frac{1241}{24} = 51,708 \text{ adet/makine-saat.}$$

3.3.4 1250/6 Kodlu Makine

1250/6 kodlu makinede bulut depolama uygulaması yapılmadan önce kalıp değişiminden ilk ürün üretilene kadar 3112 saniye geçmektedir ve bunun 32 saniyesi ürünün kalıba basılmasından hazır hale gelmesine kadar geçen süredir.

Bu makinede uygulama öncesi kaba ayarların girilmesi 95 saniye, ince ayarların girilmesi ise 492 saniye (İnce Ayar Süresi = İnce Ayar ve İlk Ürün – Çevrim Süresi = 524 – 32) sürmektedir. Kaba ve ince ayarların toplam süresi 95 + 492 = 587 saniyedir. Kaba ve ince ayarların kalıp değişim işleminin başlangıcından ilk ürün çıkana kadar olan süreye oranı ise; $\frac{587}{3112}=0,189$ çıkmaktadır.

Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile 1250/6 kodlu makinenin üretim miktarı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{M}_{1250/6} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(3112 - 32) \times 27]}{32} = 101 \text{ adet/gün}$$

1250/8 kodlu makine için parça başı maliyet ve makine verimliliği ise Denklem 2 ve Denklem 3’teki yöntemlerle aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$C_{1250/6} = \frac{140,2 \times 24}{101} = 33,315 \text{ TL/adet.}$$

$$V_{1250/6} = \frac{101}{24} = 4,208 \text{ adet/makine-saat.}$$

3.3.5 Engel 1500/5 Kodlu Makine

Engel 1500/5 kodlu makinede bulut depolama uygulaması yapılmadan önce kalıp değişiminden ilk ürün üretilene kadar 2373 saniye geçmektedir ve bunun 32 saniyesi ürünün kalıba basılmasından hazır hale gelmesine kadar geçen süredir.

Bu makinede uygulama öncesi kaba ayarların girilmesi 660 saniye, ince ayarların girilmesi ise 1168 saniye (İnce Ayar Süresi = İnce Ayar ve İlk Ürün – Çevrim Süresi = 1200 – 32) sürmektedir. Kaba ve ince ayarların toplam süresi 660 + 1168 = 1828 saniyedir. Kaba ve ince ayarların kalıp değişim işleminin başlangıcından ilk ürün çıkana kadar olan süreye oranı ise; $\frac{1828}{2373} = 0,770$ çıkmaktadır.

Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile Engel 1500/5 kodlu makinenin üretim miktarı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{M}_{Engel\ 1500/5} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(2373 - 32) \times 27]}{32} = 724 \text{ adet/gün}$$

Engel 1500/5 kodlu makine için parça başı maliyet ve makine verimliliği ise Denklem 2 ve Denklem 3’teki yöntemlerle aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$C_{Engel\ 1500/5} = \frac{140,2 \times 24}{724} = 4,648 \text{ TL/adet.}$$

$$V_{Engel\ 1500/5} = \frac{724}{24} = 30,167 \text{ adet/makine-saat.}$$

3.3.6 NB 700/2 Kodlu Makine

NB 700/2 kodlu makinede bulut depolama uygulaması yapılmadan önce kalıp değişiminden ilk ürün üretilene kadar 1109 saniye geçmektedir ve bunun 32 saniyesi ürünün kalıba basılmasından hazır hale gelmesine kadar geçen süredir.

Bu makinede uygulama öncesi kaba ayarların girilmesi 223 saniye, ince ayarların girilmesi ise 542 saniye (İnce Ayar Süresi = İnce Ayar ve İlk Ürün – Çevrim Süresi = 574 – 32) sürmektedir. Kaba ve ince ayarların toplam süresi 223 + 542 = 765 saniyedir. Kaba ve ince ayarların kalıp değişim işleminin başlangıcından ilk ürün çıkana kadar olan süreye oranı ise; $\frac{765}{1109} = 0,690$ çıkmaktadır.

Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile NB 700/2 kodlu makinenin üretim miktarı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{M}_{NB\ 700/2} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(1109 - 32) \times 27]}{32} = 1791 \text{ adet/gün}$$

NB 700/2 kodlu makine için parça başı maliyet ve makine verimliliği ise Denklem 2 ve Denklem 3’teki yöntemlerle aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$C_{NB\ 700/2} = \frac{140,2 \times 24}{1791} = 1,879 \text{ TL/adet.}$$

$$V_{NB\ 700/2} = \frac{1791}{24} = 74,625 \text{ adet/makine-saat.}$$

3.4 UYGULAMA SÜRECİ

Plastik enjeksiyon bölümünde seçilen makinelerle ilgili olarak Endüstri 4.0’ın önemli gerekliliklerinden biri olan otomasyon kapsamında bir uygulama yapılmıştır. Seçilen makinelerde uygulanmak üzere Nesnelerin İnterneti düşünülmüş ancak fabrika henüz hazır olmadığı için bu uygulama yapılmamıştır. Makinelerde itici ayarı, kalıp kapama ayarı, eski malzeme temizliği gibi elle yapılması gereken işler için otonom robotlar göz önüne alınmış, ancak ilk aşama uygulaması için maliyeti yüksek bulunmuş ve bu uygulama yapılmamıştır. Son seçenek olarak bulut depolama üzerinde durulmuş ve hem uygulama kolaylığı hem de daha düşük maliyetli olması sebebiyle bu uygulama gerçekleştirilmiştir.

Otomasyon amacı ile makineler öncelikle işletmenin kurumsal kaynak planlaması sistemine bağlanmıştır. Makinelere girilmesi gereken 170 parametrenin otomatik olarak makineye yüklenmesi için beş ölçüt belirlenmiştir. Bu beş ölçüt makine kodu, kalıp kodu, hammadde kodu, hammaddenin geldiği işletmenin kodu ve hammadde kırma oranından oluşmaktadır. Hammadde kırma oranı ise parçanın üretiminde ne kadar geri dönüştürülmüş hammadde kullanılacağını göstermektedir.

Makine kodu, işletme tarafından kendi standartlarında makinelerin her birine ayrı ayrı verilen koddur. Kalıp kodu, makinelerde kullanılan farklı şekillerde plastik parça üretmeye yarayan kalıplara işletme tarafından verilen koddur. İşletmede plastik parça üretiminde polipropilen, polietilen, polikarbonat gibi çeşitli hammaddeler kullanıldığı için hammadde kodları belirlenmiştir. Her tedarikçiden farklı özelliklere

sahip ve farklı kalitede hammadde geldiği için, hammaddenin geldiği işletmenin kodunun belirlenmesi gerekmiştir.

Makinelardan bir kez sağlam ürün alındığı anda 170 parametre otomatik olarak bulut depolamaya yüklenmekte ve daha sonra aynı ürün üretileceği zaman gerekli beş ölçüt girildiği anda sağlam ürünün üretildiği parametler otomatik olarak makinelere gönderilmektedir.

3.5 ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMASI SONRASI DURUMUN İNCELENMESİ

Makinelere günlük ortalama model değişimi sayısı 27 kez olarak gözlemlenmiş ve buna göre maliyet ve süre açısından ortalama günlük ve yıllık kazançlar hesaplanmıştır. Ayrıca gerekli işçi sayıları ve işçilik ücretleri üzerinden de maliyet tasarrufu hesaplanmıştır.

Makinelere girilmesi gereken 170 parametre kaba ayarlar ve ince ayarlardan oluşmakta olup bulut depolama uygulaması yapılan kısım bu ayarlardır. Uygulamadan önce kaba ve ince ayarların süreleri ayrı ayrı ölçülüp makine bazında süreler elde edilmiş, ancak bulut depolama uygulaması sonrasında bu iki ayar aynı anda makinelere yüklendiği için bu iki süre tek olarak alınmıştır. Tablo 4'te makinelere ölçülen uygulama sonrası değerler görülebilmektedir.

Tablo 4 Makinelerin Uygulama Sonrası Değerleri

Makine Kodu		850/8	700/7	1500/8	1250/6	Engel 1500/5	NB 700/2
Üretilen Ürün Kodu		65190BC	24265FC	40410BC/ PCABS	40272FC/ PCABS BEYAZ	32240 LED BMS	22275FC
Süre (sn)	İtici Ayarı	20	18	28	106	50	30
	Kalıp Kapama Ayarı	33	30	109	76	33	37
	Kalıpların Soketlere Takılması	480	175	657	548	80	90
	Eski Malzeme Temizliği	80	60	212	348	50	40
	Robot Ayarları	480	1182	272	1415	300	115
	Bulut Depolamadan Ayar Yükleme	47	49	49	50	45	48
	İlk Ürün	32	32	32	32	32	32
	Toplam	1172	1546	1359	2575	590	392

çıkana kadar geçen sürenin ortalama olarak $\frac{1172+1546+1359+2575+590+392}{6} = 1272,33$ saniyeye düştüğü görülebilmektedir. Buna ek olarak günlük ortalama fire sayıları da $\frac{3+2+4+5+6+4}{6} = 4$ 'e düşmüştür. Günlük ortalama fire sayıları Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5 Uygulama Sonrası Makinelere Göre Günlük Ortalama Fire Sayıları

Makine Kodu	850/8	700/7	1500/8	1250/6	Engel 1500/5	NB 700/2
Günlük Ortalama Fire	3	2	4	5	6	4

Bulut depolama uygulamasının kazanımları hesaplanırken; öncelikli olarak makine bazında karşılaştırmalar yapılmış, daha sonra ortalama değerler bulunmuş ve son olarak işçi sayısındaki düşüş de hesaba katılarak toplam aylık kazanç elde edilmiştir.

3.5.1 850/8 Kodlu Makine

Uygulamadan önce kaba ve ince ayarların toplamı 778 saniyeyken, uygulama sonrası ayarların buluttan yüklenme süresi 47 saniyeye düşmüştür. Ayarların toplam süreye oranları uygulama öncesi 0,409 olarak hesaplanmışken, uygulama sonrası ise $\frac{47}{1172} = 0,040$ olarak hesaplanmıştır. Bu ayarların kalıp değişimlerindeki toplam süre içindeki paylarındaki değişim $\frac{0,040}{0,409} = 0,098$ olmuştur. Bunun anlamı kalıp değişimlerinin toplam süre içerisindeki paylarında yaklaşık % 90,2 düşme meydana gelmiş olmasıdır. Ayrıca kaba ve ince ayarların girilme süresindeki değişim $\frac{47}{778} = 0,060$ olmuştur. Buna göre kaba ve ince ayarların girilme süresi % 94,0 oranında düşmüştür.

Bulut depolama uygulaması yapılmadan önce makine günde ortalama 1121 adet üretim gerçekleştirilmekteydi. Uygulamadan sonra üretim miktarı Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{M}_{850/8} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(1172 - 32) \times 27]}{32} = 1738 \text{ adet/gün}$$

Bu iki veriye göre uygulama sonrası ve öncesi üretim miktarlarının oranı $\frac{1738}{1121} = 1,550$ 'dir. Bu da 850/8 kodlu makinenin üretim miktarının % 55,0 oranında arttığını göstermektedir.

850/8 kodlu makinenin parça başı maliyeti ise uygulamadan önce 3,002 TL/adet olarak bulunmuştu. Uygulamadan sonra parça başı maliyet Denklem 2'deki yöntemle aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$C_{850/8} = \frac{140,2 \times 24}{1738} = 1,936 \text{ TL/adet}$$

Bu verilere göre parça başı makine maliyetindeki değişim oranı $\frac{1,936}{3,002} = 0,645$ olup bu değer maliyetin % 35,5 oranında düştüğünü ifade etmektedir.

Makinenin uygulama öncesi verimliliği 46,708 adet/makine-saat olarak bulunmuştu. Uygulama sonrası verimlilik Denklem 3'e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$V_{850/8} = \frac{1738}{24} = 72,417 \text{ adet/makine-saat}$$

Buna göre verimlilikteki değişim $\frac{72,417}{46,708} = 1,550$ 'tir, yani makine verimliliği % 55,0 oranında artmıştır.

850/8 kodlu makinenin uygulama öncesi ve sonrası durumu Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6 850/8 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu

850/8	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Kaba ve İnce Ayarların Toplam Süresi(Sn)	778	47
Üretim Miktarı (adet/gün)	1121	1738
Parça Başı Makine Maliyeti (TL/adet)	3,002	1,936
Verimlilik (parça/makine-saat)	46,708	72,417

3.5.2 700/7 Kodlu Makine

Uygulamadan önce kaba ve ince ayarların toplamı 181 saniyeyken, uygulama sonrası ayarların buluttan yüklenme süresi 49 saniyeye düşmüştür. Ayarların toplam süreye oranları uygulama öncesi 0,108 olarak hesaplanmışken, uygulama sonrası ise $\frac{49}{1514} = 0,032$ olarak hesaplanmıştır. Bu ayarların kalıp değişimlerindeki toplam süre içindeki paylarındaki değişim $\frac{0,032}{0,108} = 0,296$ olmuştur. Bunun anlamı kalıp değişimlerinin toplam süre içerisindeki paylarında yaklaşık % 70,4 düşme meydana gelmiş olmasıdır. Ayrıca kaba ve ince ayarların girilme süresindeki değişim $\frac{49}{181} = 0,271$ olmuştur. Buna göre kaba ve ince ayarların girilme süresi % 72,9 oranında düşmüştür.

Bulut depolama uygulaması yapılmadan önce makine günde ortalama 1311 adet üretim gerçekleştirmekteydi. Uygulamadan sonra üretim miktarı Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{U}_{700/7} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(1546 - 32) \times 27]}{32} = 1422 \text{ adet}$$

Bu iki veriye göre uygulama sonrası ve öncesi üretim miktarlarının oranı $\frac{1422}{1311} = 1,085$ 'tir. Bu da 700/7 kodlu makinenin üretim miktarının % 8,5 oranında arttığını göstermektedir.

700/7 kodlu makinenin parça başı maliyeti ise uygulamadan önce 2,567 TL/adet olarak bulunmuştu. Uygulamadan sonra parça başı maliyet Denklem 2’deki yöntemle aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$C_{700/7} = \frac{140,2 \times 24}{1422} = 2,366 \text{ TL/adet}$$

Bu verilere göre parça başı makine maliyetindeki değişim oranı $\frac{2,366}{2,567} = 0,922$ olup bu değer maliyetin % 7,8 oranında düştüğünü ifade etmektedir.

Makinenin uygulama öncesi verimliliği 54,625 adet/makine-saat olarak bulunmuştu. Uygulama sonrası verimlilik Denklem 3’e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$V_{850/8} = \frac{1422}{24} = 59,250 \text{ adet/makine-saat}$$

Buna göre verimlilikteki değişim $\frac{59,250}{54,625} = 1,085$ 'tir, yani makine verimliliği % 8,5 oranında artmıştır.

700/7 kodlu makinenin uygulama öncesi ve sonrası durumu Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7 700/7 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu

700/7	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Kaba ve İnce Ayarların Toplam Süresi(Sn)	181	49
Üretim Miktarı (Adet)	1311	1422
Parça Başı Makine Maliyeti (TL)	2,567	2,366
Verimlilik (Parça/Makine-Saat)	54,625	59,250

3.5.3 1500/8 Kodlu Makine

Uygulamadan önce kaba ve ince ayarların toplamı 451 saniyeyken, uygulama sonrası ayarların buluttan yüklenme süresi 49 saniyeye düşmüştür. Ayarların toplam süreye oranları uygulama öncesi 0,256 olarak hesaplanmışken, uygulama sonrası ise $\frac{49}{1359} = 0,036$ olarak hesaplanmıştır. Bu ayarların kalıp değişimlerindeki toplam süre içindeki paylarındaki değişim $\frac{0,036}{0,256} = 0,141$ olmuştur. Bunun anlamı kalıp değişimlerinin toplam süre içerisindeki paylarında yaklaşık % 85,9 düşme meydana gelmiş olmasıdır. Ayrıca kaba ve ince ayarların girilme süresindeki değişim $\frac{49}{451} = 0,109$ olmuştur. Buna göre kaba ve ince ayarların girilme süresi % 89,1 oranında düşmüştür.

Bulut depolama uygulaması yapılmadan önce makine günde ortalama 1241 adet üretim gerçekleştirmekteydi. Uygulamadan sonra üretim miktarı Denklem 1'de gösterilmiş olan yöntem ile aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{U}M_{1500/8} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(1359 - 32) \times 27]}{32} = 1580 \text{ adet}$$

Bu iki veriye göre uygulama sonrası ve öncesi üretim miktarlarının oranı $\frac{1580}{1241}=1,273$ 'tür. Bu da 1500/8 kodlu makinenin üretim miktarının % 27,3 oranında arttığını göstermektedir.

1500/8 kodlu makinenin parça başı maliyeti ise uygulamadan önce 2,711 TL/adet olarak bulunmuştu. Uygulamadan sonra parça başı maliyet Denklem 2'deki yöntemle aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$C_{1500/8} = \frac{140,2 \times 24}{1580} = 2,130 \text{ TL/adet}$$

Bu verilere göre parça başı makine maliyetindeki değişim oranı $\frac{2,130}{2,711} = 0,786$ olup bu değer maliyetin % 21,4 oranında düştüğünü ifade etmektedir.

Makinenin uygulama öncesi verimliliği 51,708 adet/makine-saat olarak bulunmuştu. Uygulama sonrası verimlilik Denklem 3'e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$V_{1500/8} = \frac{1580}{24} = 65,833 \text{ adet/makine-saat}$$

Buna göre verimlilikteki değişim $\frac{65,833}{51,708} = 1,273$ 'tür, yani makine verimliliği % 27,3 oranında artmıştır.

1500/8 kodlu makinenin uygulama öncesi ve sonrası durumu Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8 1500/8 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu

1500/8	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Kaba ve İnce Ayarların Toplam Süresi(Sn)	451	49
Üretim Miktarı (Adet)	1241	1580
Parça Başı Makine Maliyeti (TL)	2,711	2,130
Verimlilik (Parça/Makine-Saat)	51,708	65,833

3.5.4 1250/6 Kodlu Makine

Uygulamadan önce kaba ve ince ayarların toplamı 587 saniyeyken, uygulama sonrası ayarların buluttan yüklenme süresi 50 saniyeye düşmüştür. Ayarların toplam süreye oranları uygulama öncesi 0,189 olarak hesaplanmışken, uygulama sonrası ise

$\frac{50}{2575} = 0,019$ olarak hesaplanmıştır. Bu ayarların kalıp değişimlerindeki toplam süre içindeki paylarındaki değişim $\frac{0,019}{0,189} = 0,101$ olmuştur. Bunun anlamı kalıp değişimlerinin toplam süre içerisindeki paylarında yaklaşık % 89,9 düşme meydana gelmiş olmasıdır. Ayrıca kaba ve ince ayarların girilme süresindeki değişim $\frac{50}{587} = 0,085$ olmuştur. Buna göre kaba ve ince ayarların girilme süresi % 91,5 oranında düşmüştür.

Bulut depolama uygulaması yapılmadan önce makine günde ortalama 101 adet üretim gerçekleştirmekteydi. Uygulamadan sonra üretim miktarı Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{U}M_{1250/6} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(2575 - 32) \times 27]}{32} = 554 \text{ adet}$$

Bu iki veriye göre uygulama sonrası ve öncesi üretim miktarlarının oranı $\frac{554}{101} = 5,485$ 'tir. Bu da 1250/6 kodlu makinenin üretim miktarının % 448,5 oranında arttığını göstermektedir.

1250/6 kodlu makinenin parça başı maliyeti ise uygulamadan önce 33,315 TL/adet olarak bulunmuştu. Uygulamadan sonra parça başı maliyet Denklem 2’deki yöntemle aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$C_{1250/6} = \frac{140,2 \times 24}{554} = 6,074 \text{ TL/adet}$$

Bu verilere göre parça başı makine maliyetindeki değişim oranı $\frac{6,074}{33,315} = 0,182$ olup bu değer maliyetin % 81,8 oranında düştüğünü ifade etmektedir.

Makinenin uygulama öncesi verimliliği 4,208 adet/makine-saat olarak bulunmuştu. Uygulama sonrası verimlilik Denklem 3’e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$V_{1250/6} = \frac{554}{24} = 23,083 \text{ adet/makine-saat}$$

Buna göre verimlilikteki değişim $\frac{23,083}{4,208} = 5,486$ ’dır, yani makine verimliliği % 448,6 oranında artmıştır.

1250/6 kodlu makinenin uygulama öncesi ve sonrası durumu Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9 1250/6 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu

1250/6	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Kaba ve İnce Ayarların Toplam Süresi(Sn)	587	50
Üretim Miktarı (Adet)	101	554
Parça Başı Makine Maliyeti (TL)	33,315	6,074
Verimlilik (Parça/Makine-Saat)	4,208	23,083

3.5.5 Engel 1500/5 Kodlu Makine

Uygulamadan önce kaba ve ince ayarların toplamı 1828 saniyeyken, uygulama sonrası ayarların buluttan yüklenme süresi 45 saniyeye düşmüştür. Ayarların toplam süreye oranları uygulama öncesi 0,770 olarak hesaplanmışken, uygulama sonrası ise $\frac{45}{590} = 0,076$ olarak hesaplanmıştır. Bu ayarların kalıp değişimindeki toplam süre içindeki paylarındaki değişim $\frac{0,076}{0,770} = 0,099$ olmuştur. Bunun anlamı kalıp değişimlerinin toplam süre içerisindeki paylarında yaklaşık % 90,1 düşme meydana gelmiş olmasıdır. Ayrıca kaba ve ince ayarların girilme süresindeki değişim $\frac{45}{1828} = 0,025$ olmuştur. Buna göre kaba ve ince ayarların girilme süresi % 97,5 oranında düşmüştür.

Bulut depolama uygulaması yapılmadan önce makine günde ortalama 724 adet üretim gerçekleştirmekteydi. Uygulamadan sonra üretim miktarı Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{U}_{Engel\ 1500/5} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(590 - 32) \times 27]}{32} = 2229 \text{ adet}$$

Bu iki veriye göre uygulama sonrası ve öncesi üretim miktarlarının oranı $\frac{2229}{724} = 3,079$ 'dur. Bu da Engel 1500/5 kodlu makinenin üretim miktarının % 207,9 oranında arttığını göstermektedir.

Engel 1500/5 kodlu makinenin parça başı maliyeti ise uygulamadan önce 4,648 TL/adet olarak bulunmuştu. Uygulamadan sonra parça başı maliyet Denklem 2’deki yöntemle aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$C_{Engel\ 1500/5} = \frac{140,2 \times 24}{2229} = 1,510 \text{ TL/adet}$$

Bu verilere göre parça başı makine maliyetindeki değişim oranı $\frac{1,510}{4,648} = 0,325$ olup bu değer maliyetin % 67,5 oranında düştüğünü ifade etmektedir.

Makinenin uygulama öncesi verimliliği 30,167 adet/makine-saat olarak bulunmuştu. Uygulama sonrası verimlilik Denklem 3'e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$V_{Engel\ 1500/5} = \frac{2229}{24} = 92,875 \text{ adet/makine-saat}$$

Buna göre verimlilikteki değişim $\frac{92,875}{30,167} = 3,079$ 'dır, yani makine verimliliği % 207,9 oranında artmıştır.

Engel 1500/5 kodlu makinenin uygulama öncesi ve sonrası durumu Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10 Engel 1500/5 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu

Engel 1500/5	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Kaba ve İnce Ayarların Toplam Süresi(Sn)	1828	45
Üretim Miktarı (Adet)	724	2229
Parça Başı Makine Maliyeti (TL)	4,648	1,510
Verimlilik (Parça/Makine-Saat)	30,167	92,875

3.5.6 NB 700/2 Kodlu Makine

Uygulamadan önce kaba ve ince ayarların toplamı 765 saniyeyken, uygulama sonrası ayarların buluttan yüklenme süresi 48 saniyeye düşmüştür. Ayarların toplam süreye oranları uygulama öncesi 0,690 olarak hesaplanmışken, uygulama sonrası ise $\frac{48}{392} = 0,122$ olarak hesaplanmıştır. Bu ayarların kalıp değişimlerindeki toplam süre içindeki paylarındaki değişim $\frac{0,122}{0,690} = 0,177$ olmuştur. Bunun anlamı kalıp değişimlerinin toplam süre içerisindeki paylarında yaklaşık % 82,3 düşme meydana gelmiş olmasıdır. Ayrıca kaba ve ince ayarların girilme süresindeki değişim $\frac{48}{765} = 0,063$ olmuştur. Buna göre kaba ve ince ayarların girilme süresi % 93,7 oranında düşmüştür.

Bulut depolama uygulaması yapılmadan önce makine günde ortalama 1791 adet üretim gerçekleştirmekteydi. Uygulamadan sonra üretim miktarı Denklem 1’de gösterilmiş olan yöntem ile aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\dot{U}_{NB\ 700/2} = \frac{(24 \times 60 \times 60) - [(392 - 32) \times 27]}{32} = 2396 \text{ adet}$$

Bu iki veriye göre uygulama sonrası ve öncesi üretim miktarlarının oranı $\frac{2396}{1791} = 1,338$ ’dir. Bu da NB 700/2 kodlu makinenin üretim miktarının % 33,8 oranında arttığını göstermektedir.

NB 700/2 kodlu makinenin parça başı maliyeti ise uygulamadan önce 1,879 TL/adet olarak bulunmuştu. Uygulamadan sonra parça başı maliyet Denklem 2’deki yöntemle aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$C_{NB\ 700/2} = \frac{140,2 \times 24}{2396} = 1,404 \text{ TL/adet}$$

Bu verilere göre parça başı makine maliyetindeki değişim oranı $\frac{1,404}{1,879} = 0,747$ olup bu değer maliyetin % 25,3 oranında düştüğünü ifade etmektedir.

Makinenin uygulama öncesi verimliliği 74,625 adet/makine-saat olarak bulunmuştu. Uygulama sonrası verimlilik Denklem 3’e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$V_{NB\ 700/2} = \frac{2396}{24} = 99,833 \text{ adet/makine-saat}$$

Buna göre verimlilikteki değişim $\frac{99,833}{74,625} = 1,338$ ’dir, yani makine verimliliği % 33,8 oranında artmıştır.

NB 700/2 kodlu makinenin uygulama öncesi ve sonrası durumu Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11 NB 700/2 Kodlu Makinenin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Durumu

NB 700/2	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Kaba ve İnce Ayarların Toplam Süresi(Sn)	765	48
Üretim Miktarı (Adet)	1791	2396
Parça Başı Makine Maliyeti (TL)	1,879	1,404
Verimlilik (Parça/Makine-Saat)	74,625	99,833

3.5.7 Uygulamadan Elde Edilen Toplam ve Ortalama Kazanımlar

Fabrikada uygulama yapılan altı makinede elde edilen toplam ve ortalama kazanımları inceleyecek olursak; kalıp değiştirme işleminin başından ilk ürün çıkana kadar geçen sürede, altı makinenin toplam süresi, $1903 + 1678 + 1761 + 3112 + 2373 + 1109 = 11936$ saniyeden, $1172+1546+1359+2575+590+392=7634$ saniyeye düşmüştür; makine başı ortalama süre ise, $\frac{11936}{6}=1989,330$ saniyeden, $\frac{7634}{6}=1272,33$ saniyeye düşmüştür. Makine başına ortalama süre bazında bakıldığında; $\frac{1272,33}{1989,33}=0,640$ yani yaklaşık %m 36,0 oranında düşüş olduğu gözlemlenmektedir.

Uygulama öncesi kaba ve ince ayarların makinelere girilme süresi makine başına ortalama $\frac{778+181+451+587+1828+765}{6} = 765$ saniyeyken, uygulama sonrası bu ayarların buluttan yüklenme süresi makine başına ortalama $\frac{47+49+49+50+45+48}{6} = 49$ saniye olarak hesaplanmıştır. Buna göre kaba ve ince ayarların makinelere girilme süresinde makine başına ortalama $\frac{49}{765} = 0,064$ yani yaklaşık %93,6 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

Günlük toplam üretim miktarı; $1121+1311+1241+101+724+1791=6289$ adetten, $1738+1422+1580+554+2229+2396=9919$ adete yükselmiş, makine başına günlük ortalama üretim miktarı ise $\frac{6289}{6}=1048$ adetten, $\frac{9919}{6}=1653$ adete yükselmiştir. Toplam üretim miktarına oransal olarak bakıldığında; $\frac{9919}{6289}=1,577$ yani % 57,7 oranında artış olduğu ortaya çıkmaktadır.

Parça başı maliyetlerin ortalaması uygulama öncesi $\frac{3,002+2,567+2,711+33,315+4,648+1,879}{6}=8,020$ TL iken, uygulama sonrası $\frac{1,906+2,322+2,094+5,791+1,491+1,383}{6}=2,570$ TL'ye düşmüştür. Parça başı maliyet ortalama olarak $\frac{2,570}{8,020}=0,320$, yani %68,0 oranında düşmüştür.

Makinelerin toplam verimliliği ise uygulama öncesinde $\frac{6289}{6 \times 24 \times 60 \times 60} = 0,012$ adet/makine-saat iken, uygulama sonrası $\frac{9919}{6 \times 24 \times 60 \times 60} = 0,019$ adet/makine-saat

olmuştur. Buna göre verimlilikteki değişim $\frac{0,019}{0,012} = 1,577$ 'dir, yani %57,7 oranında artmıştır.

Makinelerin uygulama öncesi ve sonrası ortalama durumu Tablo 12'de gösterilmiştir.

Günlük her makinede ortalama 27 kez kalıp değiştiği, makinelerin saatlik maliyetlerinin 140,2 TL olduğu ve her kalıp değiştirmedeki toplam sürenin $11936-7634=4302$ saniye azaldığı göz önüne alınarak günlük makine işletme maliyetlerindeki kazanç bakıldığında $\frac{4302}{60 \times 60} \times 27 \times 140,2 = 4523,553$ TL kazanç sağlandığı görülmektedir. Aylık toplam kazanç ise $4523,553 \times 30 = 135706,59$ TL'dir.

Fabrikanın plastik enjeksiyon bölümünde uygulama yapılmadan önce 30 teknisyen çalışmaktaydı ve ortalama 4000 TL maaş almaktaydılar. Uygulama yapıldıktan sonra bu bölümdeki teknisyen sayısı 12'ye düşürülmüştür. Teknisyen sayısındaki düşüşü göz önüne aldığımızda aylık olarak işçilik ücretlerinden elde edilen kazanım; $(30-12) \times 4000 = 72000$ TL'dir.

Plastik enjeksiyon makinelerine uygulanan bulut depolama işletme maliyetlerinde aylık toplam $135706,59 + 72000 = 207706,59$ TL düşüş sağlamıştır.

Tablo 12 Makinelerin Uygulama Öncesi Ve Sonrası Ortalama Durumu

	Kaba ve İnce Ayarların Toplam Süresi		Üretim Miktarı		Parça Başı Üretim Maliyeti			Verimlilik	
	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası	Uygulama Sonrası
850/8	778	47	1121	1738	3,002	1,936	46,708	72,417	
700/7	181	49	1311	1422	2,567	2,366	54,625	59,250	
1500/8	451	49	1241	1580	2,711	2,130	51,708	65,833	
1250/6	587	50	101	554	33,315	6,074	4,208	23,083	
Engel 1500/5	1828	45	724	2229	4,648	1,510	30,167	92,875	
NB 700/2	765	48	1791	2396	1,879	1,404	74,625	99,833	
Ortalama	765	49	1048	1653	8,020	2,570	0,012	0,019	

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Birinci Endüstri Devrimi'nden Dördüncü Endüstri Devrimi'ne dek bütün devrimlerde üretim şekilleri, hammadde kullanımları, insanların yaşayış biçimleri ve daha birçok şey kökten değişmiştir. Dördüncü Endüstri Devrimi ile üretim ve tüketim ilişkileri tamamen değişecektir.

Endüstri 4.0'ın en önemli ortaya çıkış sebebi teknolojideki gelişmelerin yanı sıra, Almanya ve Amerika gibi endüstrinin başını çeken ülkelerin çok ucuza üretim yapan Çin gibi uzakdoğu ülkelerine karşı olan rekabet avantajlarını kaybetmeye başlamalarıdır. Özellikle Almanya'nın Dördüncü Endüstri Devrimi konusunda ısrarcı olmasının temel sebebi budur.

Nasıl ki ilk üç endüstri devrimine damgasını vuran önemli gelişmeler yaşandıysa (örneğin; ilk Endüstri Devrimi'nde buhar makinesinin gelişimi), Dördüncü Endüstri Devrimi'ne de Nesnelerin İnterneti damgasını vuracaktır. Mevcut koşullarda bile akıllı fabrikalar ya da akıllı evler gibi kullanımı artmaya başlayan Nesnelerin İnterneti'yle, makineler ve insanlar aynı ağda buluşacak ve birbirleriyle iletişim halinde olabileceklerdir.

Endüstri devrimleri yaşandıkları sırada ilk çıktıkları ülkeye her zaman avantaj sağlamışlardır. Ancak günümüzde teknolojinin çok ilerlemesi ve Endüstri 4.0 uygulamalarının dünyanın her yerinde aynı anda yapılabilecek olması nedeniyle, bu devrimde bütün ülkeler eşit şansa sahiptir. Bu sebeple ülkemizin eline geçen bu fırsatı iyi değerlendirmesi gerekmektedir.

Dördüncü Endüstri Devrimi ile gelişen teknolojilerin iş modellerini derinden etkilemesi beklenmektedir. Mevcut teknolojiler bir anda kökten değişmemekte ancak sürekli artan bir ivmeyle gelişmelerini sürdürmektedirler. Bu teknolojik gelişmelere çalışanlar da uyum sağlamak zorundadırlar. Aksi halde çalışanlar atıl duruma düşebileceklerdir. Teknolojik gelişmelerin kısa dönemde kısmen işsizliği arttıracığı ancak bu gelişmelerin ülkelere sunacağı refah düzeyi sayesinde toplumsal yaşam standartlarının korunacağı düşünülmektedir.

Otonom robotların durumu değerlendirildiğinde giderek geliştikleri, kullanım alanlarının ve sayılarının sürekli arttığı görülmektedir. Daha önce kullanılmakta olan ve sadece tek bir iş yapabilen endüstriyel robotlar yerlerini; birden fazla iş yapabilen,

kendi kendine öğrenebilen ve insanlarla birlikte çalışabilen otonom robotlara bırakmaktadır. Otonom robotlar sayesinde üretim miktarı ve verimlilik artmakta, maliyetler ve hatalı üretim miktarı düşmektedir.

Bulut teknolojisi sayesinde fiziki arşivlere gerek kalmayacak, bu da hem yer hem de zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bulut teknolojisi sayesinde gereken verilere saniyeler içinde ulaşmak dünyanın her yerinden mümkün haldedir. Bulut teknolojisi sayesinde aynı dosya üzerinde aynı anda birden fazla kişi gerçek zamanlı olarak çalışabilmektedir.

Artırılmış gerçeklik ve simülasyon teknolojileri sayesinde işletmeler çalışan seçimlerini yaparken adayları sanal çalışma alanlarında işe uygunluklarını değerlendirebilecek, bu sayede en doğru seçimi yapabileceklerdir. Ayrıca bir ürünü üretmeden test edebilecek ve üretim kararlarını bu test sonuçlarına göre verebileceklerdir. Siber fiziksel sistemlerin bu teknolojilerle birleşmesiyle fabrika işleyişleri düzenlenecek, daha az hatalı karar verilebilecektir. Sanal turistik geziler yapılabilecek, tüketiciler yerlerinden ayrılmadan istedikleri bir yeri görebileceklerdir. Ev satın alacak kişiler daha binanın temeli bile atılmadan evin bitmiş halinin içinde gezebilecektir.

3 boyutlu yazıcılar sayesinde günümüzde hızlı prototipleme ve çoğu alanda üretim yapmak mümkündür. Ancak bu yazıcıların hızları ve kullandıkları hammadde çeşitleri arttıkça kullanım oranları artacak ve neredeyse herşey bu şekilde üretilmeye başlanacaktır. 3 boyutlu yazıcılarla kitlesel özel üretim kolaylaşacaktır. Günümüzde 3B yazıcılar; binaların, karmaşık şekilli parçaların, otomobillerin, protezlerin, kıyafetlerin ve daha birçok şeyin üretiminde giderek daha fazla kullanılmaktadır.

İşletmeler çağın gerisinde kalmamak için en azından birlikte çalıştıkları işletmelerle sistemlerini entegre etmek zorundadır. Özellikle Nesnelerin İnterneti'nin kullanımı ve karanlık fabrikalar arttıkça sistemsel olarak tam bir birleşme zorunlu hale gelecektir. İşletmeler tüm tedarik zinciriyle ve tüketicilerle entegre olacaktır. Dördüncü Endüstri Devrimi'nin lojistiğe de etkileri olması beklenmektedir. Günümüzde ilk örnekleri görülen sürücüsüz araçların giderek artması, sürücüsüz tırlar, pilotsuz uçaklar ve kaptansız gemilerin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte lojistik sektöründe de gerekli işgücü sayısının oldukça düşmesi muhtemeldir. Buna ek olarak 3B yazıcılar sayesinde işletme tarafından üretimde kullanılan hammadde

dışında kalan diğer materyallerin taşınmasına gerek kalmayabilecektir. Örneğin; bir işletme üretim için bir makine aldığı zaman, makineyi satan işletme alan işletmeye sadece makinenin CAD tasarımını yollayacak ve satın alan işletme makineyi kendi 3B yazıcısında üretebilecektir.

Günümüzde işletmeler ürettikleri ürünler için genellikle 10 yıl boyunca yedek parça bulundurmak ya da gerektiği zaman üretmek zorundadır. Ancak bulut bilişim ve 3B yazıcılar sayesinde işletmelerin bu ürünlere ilişkin yedek parçaları ya da kalıplarını ellerinde bulundurmalarına gerek kalmayacaktır. Tasarım dosyası buluta yüklenen bir parça gerekli olduğu takdirde saniyeler içinde buradan indirilerek 3B yazıcılarla üretilenilecektir.

Internet ilk kullanılmaya başladığı andan itibaren bütün veriler saklanmaktadır. Bu verilerin birleşimi ise büyük veriyi oluşturmaktadır. İşletmeler bu verinin içinden işlerine yarayacak bilgiyi ayrıştırabilirse, kendilerine çok büyük avantajlar sağlayabilecektir. Tüketici davranışları, tüketicilerin zevkleri, tüketicilerin istekleri ve tüketicilerin satın alma eğilimleri gibi birçok bilgiye ulaşmaları bu yolla mümkün olabilecektir. Bu sebeple veri analizeilerine olan ihtiyaç artacaktır.

Ancak teknolojiye bütün bu gelişmelerle birlikte siber güvenlik önlemlerinin önemi de en üst seviyeye çıkmaktadır. Tam otomasyonla çalışan bir fabrikaya gerçekleştirilecek bir siber saldırı fabrikanın tamamen durmasına neden olabilecektir. Ayrıca işletmelerin ticari sırları da tehdit altında olacaktır. Bu sebeple siber güvenliğin mutlaka en üst düzeyde sağlanması önemlidir.

Dördüncü Endüstri Devrimi'nin istihdama etkisi ilk zamanlarında çok belirgin olmayacaktır. Çünkü günümüzde işletmeler Dördüncü Endüstri Devrimi'nin getirdiği yeniliklere yavaş yavaş uyum sağlamaktadır. Ancak teknolojiler ilerlediğinde, işletmeler tam olarak uyum sağlayıp, üretim tam otomasyona geçtiğinde işsizlik oranlarının çok yüksek boyutlara ulaşabilme ihtimali söz konusudur.

Endüstri 4.0'la birlikte yeni iş olanakları da doğacaktır. Ancak bu meslek kolları için özel eğitim almak gerekecek ve eğitim vermek konusunda geç kalan ülkeler diğer ülkelerin çok gerisinde kalacaktır.

Bu çalışmanın kapsamında, ileri teknoloji ürünleri üreten bir işletmenin üretim hatlarında Endüstri 4.0 kapsamındaki teknolojileri içeren bir uygulama

gerçekleştirilmiştir. Yukarıda anılan teknolojilerin tamamı çeşitli kapsam ve düzeylerde uygulanabilme potansiyeli taşısa da, işletmelerin bunların tamamını yaygın ve geniş ölçekli olarak uygulamaya almaları pratikte pek çok nedenden dolayı mümkün olmamaktadır. Bu nedenlerin en başında teknolojilerin edinilmesi ve uyarlanması için gerekli olan sermaye yatırımının büyüklüğü, bu teknolojilere uyum için gereken süre ve bu süredeki olası iş kayıpları ve teknolojilere uyum sürecindeki organizasyonel zorluklardan söz edilebilir. Bu nedenler dolayısıyla çalışmanın uygulamasında ele alınan üretim süreçleri kısıtlanmış ve işletmenin plastik enjeksiyon bölümündeki altı makine üzerinde ve yalnızca bu makinelerin kalıp değişimindeki ayarların bulut sistemi üzerinden yapılması ile sınırlı tutulmuştur. Bu bağlamda makinelerin kaba ve ince ayarı için harcanan süreler odaklanılmıştır.

Uygulama sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde, kaba ve ince ayarlar için kaba ve ince ayarlarda harcanan toplam sürenin % 93,6 azalmış olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak üretim miktarı kalıp değişiminin başlangıcından ilk ürünün çıkmasına kadar geçen sürede tüm makineler göz önünde bulundurulduğunda ortalama % 36 azalmış, ortalama fire de 9 adetten 4 adede düşmüştür. Bu rakamların ortalama üretim miktarı üzerine etkisi, üretim miktarının % 57,7 artması şeklindedir. Ayrıca parça başına makine maliyetinde de bu iyileşmelere bağlı olarak ortalama % 68 tasarruf sağlanmıştır.

Altı makine için ortalama rakamların haricinde makineler tek tek incelendiğinde çarpıcı iyileşmeler görülmektedir. Kaba ve ince ayarların toplam sürelerindeki kısalma oranları % 72,9 (700/7 kodlu makine) ile % 97,5 (Engel 1500/5 kodlu makine) arasında değişmektedir. Ayar sürelerinin kapasite üzerindeki etkisi düşünüldüğünde bu orandaki kazanımların üretim miktarını ciddi ölçüde arttırması beklenmektedir ki çalışmada elde edilen sonuçlar da bunu doğrulamaktadır. Makinelerdeki üretim miktarlarının artış oranları % 8,5 (700/7 kodlu makine) ile % 448,5 (1250/6 kodlu makine) arasında değişmektedir. İki makinedeki üretim miktarı artışları birkaç misli şeklinde ifade edilebilecek düzeydedir (1250/6 kodlu makine 4 mislinden fazla ve Engel 1500/5 2 mislinden fazla). Diğer makinelerde elde edilen kazanımlar da azımsanmayacak ölçüdedir. Bu kadar dar kapsamlı tutulan bir uygulamada bile bu derece yüksek kazanımlar elde edilmesi, Endüstri 4.0 ile birlikte

anılan diğer teknolojilerin de hayata geçirilmesi mümkün olduğunda çok daha önemli kazanımlar elde edileceği beklentisi doğurmaktadır. Ayrıca bu üretim artışının verimlilikler üzerindeki etkisi de tüm makineler için üretim miktarı ile aynı oranda gerçekleşmiştir.

Parça başı maliyetler de değerlendirildiğinde, bu çalışmada incelenen parça başı makine maliyetleri kapsamındaki kazanımların % 7,8 (700/7 kodlu makine) ile % 81,8 (1250/6 kodlu makine) arasında değiştiği görülmektedir. İşletmelerin başlıca kaygılarından birinin maliyet tasarrufu olduğu düşünüldüğünde, her ne kadar tek maliyet kaleminde de olsa maliyetlerde bu derece yüksek oranlarda tasarruf sağlanması Endüstri 4.0'ın getirileri arasında tartışılan ürün maliyetlerinin düşmesi ve buna bağlı olarak daha düşük fiyatlı ürünler ortaya çıkması beklentisini de destekler nitelikte bir sonuç ortaya koymaktadır.

Yapılan iyileştirmelerle, çalışmada ele alınan plastik enjeksiyon bölümünde çalışan tekniker sayısı 30'dan 12'ye inmiştir. Bu durum gereken çalışan sayısında % 60'lık bir azalma göstermektedir. Çalışma kapsamında ele alınan işletmenin plastik enjeksiyon bölümünde çalışmasına gerek kalmayan 18 tekniker başka alanlarda görevlendirilerek bir rotasyon sağlanmış olsa da, bu sonuç Endüstri 4.0 kapsamında genel olarak gereksinim duyulan çalışan sayılarının azalması savını doğrular nitelikte olması açısından dikkat çekicidir. Kavramın diğer boyutlarının da yaygın olarak uygulamaya girmesi ile birlikte gereken çalışan sayılarının daha da azalıp son noktada tam otomasyona ulaşılması mümkün olabilir. Çalışma kapsamındaki parça başı maliyet hesaplarının içerisine işçilik maliyetleri dahil edilmemiş olsa da, gerekli çalışan sayısındaki tasarrufun önemli maliyet tasarruflarına da kapı açacağı açıktır. Nitekim çalışma sonucunda sağlanan toplam kazanımlar hesaplandığında makine maliyetleri açısından 135.706,59 TL/ay, işçilik maliyetleri açısından 72.000 TL/ay ve toplamda 207.706,59 TL/ay bir tasarruf elde edildiği bulunmuştur. Bu da oldukça önemli bir miktar olarak değerlendirilebilir.

Bu sonuçlar Dördüncü Endüstri Devrimi'nin getirdiği teknolojilerin önemini dar kapsamda da olsa gözler önüne sermektedir. Tam olarak entegrasyonu sağlanmış bir sistemde, fabrikalarda bulunan yapay zekalar insana hiç gerek kalmadan, otomatik olarak tedarikçiden hammadde siparişi verebilecek, hammaddeler tedarikçi firmadan robotlarla ulaşım araçlarına yüklenecek, insansız araçlar hammaddeyi

Üretim yapan fabrikaya getirecek ve fabrika üretime devam edebilecektir. Bu derece yüksek düzeyde bütünleşik bir sistem içerisinde gerekli tüm değişiklikleri yaparak Dördüncü Endüstri Devrimi'ne uyum sağlamak kapsamlı, uzun süreli ve yüksek maliyetli uygulamalar gerektirdiği için, Endüstri 4.0'a kademeli bir geçiş rneği oluşturan bu tür çalışmaların önemli olduğu düşünülebilir. Kavram geliştikçe ve uygulamaların yaygınlığı arttıkça, içerisinde yer alan boyutların birden fazlasının ilişkili olarak değerlendirildiği çalışmalar da yapılması mutlaka gerekecektir.



KAYNAKÇA

Abbate, J. A. (1994). *From ARPANET To Internet: A History Of ARPA-Sponsored Computer Networks*. Pennsylvania: University of Pennsylvania.

Adıgüzel, O. ve Yüksel, H. (2011). Tarihsel Süreçte Çalışma Kavramı ve Bir Kırılma Noktası Olarak Sanayi Devrimi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*. 48(553): 69-81.

Akbaş, G. ve Apar, A. (2010). *Avrupa 2020 Stratejisi: Akıllı, Sürdürülebilir ve Kapsayıcı Büyüme için Avrupa Stratejisi Özet Bilgi Notu*. Ankara: T.C. Başbakanlık Avrupa Birliği Genel Sekreterliği Sosyal, Bölgesel Ve Yenilikçi Politikalar Başkanlığı.

Aksoy, S. (2017). Değişen Teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair Bir Giriş. *Katkı*. 4:34-44.

Altındağ, A. (08.09.2016). *Bosch, Türkiye’de Endüstri 4.0 İçin Hazırlıklarını Tamamladı*. Maxi Haber. <https://www.maxihaber.net/bosch-turkiyede-endustri-4-0-icin-hazirliklarini-tamamladi/>, (12.04.2018).

Armor, J. N. (2011). A History Of Industrial Catalysis. *Catalysis Today*. 163(1): 3-9.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*. 6(4): 355-385.

Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. N. ve Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A Review On Industrial Automation And Robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13): 137-143.

Bak, D. (2003). Rapid Prototyping Or Rapid Production? 3D Printing Processes Move Industry Towards The Latter. *Assembly Automation*. 23(4): 340-345.

Başer, N. E. (2011). *I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmelerin Rolü*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Berners-Lee, T., Cailliau, R., Groff, J. F. ve Pollermann, B. (1992). World-Wide Web: The Information Universe. *Internet Research*. 2(1): 52-58.

Bonekamp, L. ve Sure, M. (2015). Consequences Of Industry 4.0 On Human Labour And Work Organisation. *Journal of Business and Media Psychology*. 6(1): 33-40.

Candan, E., Akbey, F. ve Başer, N. E. (2004). Bilgi Ekonomisi ve Birikim Sürecinin Mekandan Kopması. 3. *Ulusal Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi Bildiriler Kitabı* (ss. 341-350), Düzenleyen Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Eskişehir. 25-26 Kasım 2004.

Challoner, J. (2013). *Dahiler Büyük Mucitler ve İcatları*. Çev. Erdal Alovera. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Chatterjee, A. G. (2008). *Iron Making And Steelmaking: Theory And Practice*. Yeni Delhi: PHI Learning Private Limited.

Crouzet, F. (1996). *The industrial revolution in national context: Europe and the USA*. Cambridge: Cambridge University Press.

Çelen, S. (2017). Sanayi 4.0 ve Simülasyon. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*. 1(1): 9-26.

Çengelci, B. ve Çimen, H. (2005). Endüstriyel Robotlar. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 2: 69-78.

Çevik, G. Z. (2018). *Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel Ve Gelecek Eksenli Bir Analiz*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Dağdelen, İ. (2005). Post Fordizm. *Mevzuat Dergisi*. 90:s.y.

Dainow, E. (2017). *A Concise History Of Computers, Smartphones And The Internet*. Charleston: Createspace Independent Publishing Platform.

Dirlam, W. A. (1966). Big Steel, Invention, And Innovation. *The Quarterly Journal of Economics*. 80(2): 167-189.

Doğan, M. (2012). *İşletme Ekonomisi ve Yönetimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.

Doğaner, M. (2007). *Elektronik Ticaret Türkiye'de Elektronik Ticaretin Gelişimi ve İşletmeden Tüketicieye Elektronik Ticaret Üzerine Bir Araştırma*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Dungworth, D. (2012). Historic Window Glass The Use of Chemical Analysis to Date Manufacture. *Journal of Architectural Conservation*. 18(1): 7-25.

Eldem, M. O. (2017). Endüstri 4.0. *TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni*. 2017/3: 10-16. http://www.emo.org.tr/ekler/09287020c96f18a_ek.pdf?dergi=1111, (20.01.2018).

Encyclopedia Britannica. (15.10.2017). *James Beaumont Neilson*. <https://www.britannica.com/biography/James-Beaumont-Neilson>, (28.11.2017).

Etimolojitürkçe, (2017). *Endüstri Kelime Kökeni*. <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/endüstri>, (10.12.2017).

Explorepahistory: <http://explorepahistory.com/hmarker.php?markerId=1-A-1CA>,
(29.11.2017).

Fırat, S. Ü. ve Fırat, O. Z. (2017).Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme:Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*. (114): 10-23.

French, G. J. (1862). *The Life And Times Of Samuel Crompton Of Hall-In-The-Wood, Inventor Of The Spinning Machine Called The Mule*. Manchester: Charles Simms And Co.

Gibson, I., Rosen D. ve Stucker B. (2014). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. New York: Springer.

Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Tayland: Apress.

Gordon, R. B. (1996). *American Iron 1607-1900*. Baltimore: John Hopkins University Press

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. ve Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, And Future Directions. *Future generation computer systems*, 29(7): 1645-1660.

Hall, C. (1976). On The History Of Portland Cement After 150 Years. *Journal Of Chemical Education*. 53(4): 222-223.

Heinrich, C. (16 Aralık 2013). *Beautiful, glamorous and well connected for the future: Monaco 3.0*. <https://blog.bosch-si.com/smart-city/smart-city-monaco-3-0-bosch-technology/>, (12.04.2018).

Hobsbawm, E. J. (1999). *Industry And Empire The Making Of Modern English Society, 1750 To The Present Day*. Londra: Penguin Group.

Hobsbawm, E. J. (2013). *Sanayi ve İmparatorluk*. Çev. Abdullah Ersoy. Ankara: Dost Kitabevi Yayınları.

International Telecommunication Union (15 Haziran 2012). *Overview Of The Internet Of Things*. <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>. (05.02.2018).

Jazdi, N. (2014). Cyber Physical Systems In The Context Of Industry 4.0. *2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics* (ss. 1-4), Düzenleyen The Institute of Electrical and Electronics Engineers. Cluj-Napoca. 22-24 Mayıs 2014.

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A. ve Wahlster, W. (2013). *Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0: Securing The Future Of German Manufacturing Industry; Final Report Of The Industrie 4.0 Working Group*. Frankfurt: Forschungsunion.

Kahraman, H. (31 Mart 2016). *Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)*. <http://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/>, (05.04.2018).

Kibritçioğlu, A. (1998). Firma ve Ürün Kalitesi: Nedir? Neden Önemlidir?. *Future's Technologies*. 51: 1-11.

Lee, G. M., Crespi, N., Choi, J. K. ve Boussard, M. (2013). Internet of Things. *Evaluation of Telecommunication Services* (ss. 257-282). Berlin: Springer.

Michels, J. S. (2016). Industrial Connectivity And Industrial Analytics, Core Components Of The Factory Of The Future. *The Internet Of Things* (ss. 247-270). Berlin: Springer-Verlag GmbH.

Mokyr, J. (1998). The Second Industrial Revolution, 1870-1914. *Storia Dell'economia Mondiale*. 219(45): 1-16.

Monostori, L. (2014). Cyber-Physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. *Procedia Cirp*. (17): 9-13.

Motorola Company. (t.y.). *Motorola Milestones*. <https://www.motorola.com/us/about/motorola-history-milestones>, (02.12.2017).

NTV. (12.02.2018). *Porsche Üretiminde Artırılmış Gerçeklik Dönemi*. NTV. https://www.ntv.com.tr/otomobil/porsche-uretiminde-artirilmis-gerceklik-donemi,dJgEcTd9bUO5yc1oA4GLYA?_ref=infinite, (07.04.2018)

Oesper, R. E. (1942). Nicolas Leblanc (1742-1806). *Journal of Chemical Education*. 19(12): 567-572.

Özdemir, Ş. (22 Mart 2014). *Sanayi Devriminin Bilim Tarihi Üzerine Etkisi: Bilim ve Teknoloji İç İçe*. <http://acikerisim.iku.edu.tr/bitstream/handle/11413/1207/%C5%9Eelale%C3%96zdemirUEK2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, (15.11.2017)

Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*. İstanbul: Pusula Yayınevi.

Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi) İle Çalışma Yaşamının Geleceği*. Ankara: Gece Kitaplığı.

Parlak, Z. (1999). Yeniden Yapılanma ve Post-Fordist Paradigmalar. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*. 1: 83-102.

Patterson, D. A. (1995). Microprocessors In 2020. *Scientific American*. 273(3): 62-67.

Rowe, D. J. (2018). *Lead Manufacturing In Britain A History*. New York: Routledge Taylor&Francis Group.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. ve Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future Of Productivity And Growth In Manufacturing Industries. *Boston Consulting Group*. 9: 1-14.

Sayar, M. ve Yüksel, H., (2018). Endüstri 4.0 ve Türkiye Kamu Sektöründe Endüstri 4.0 Dönüşümü. *Hukuk Ve İktisat Araştırmaları Dergisi*. 10 (2): 83-98.

Schwab, K. (2016). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. Çev. Zülfü Dicleli. İstanbul: Optimist Yayın Dağıtım San. Ve Tic. Ltd. Şti.

Selçuk, G. (2011). Fordist Birikim Rejimi ve Kitle Kültürü. *Journal of Yaşar University*. 24(6): 4130-4152.

Siemens (t. y.) *Endüstri 4.0 Yolunda: Dijital Fabrikalar*. http://siemens.e-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40_DigitalFabrikalar/assets/common/downloads/page0006.pdf, (13.04.2018)

Studený, J. (1967). The Paper Revolution. *Proceedings Of The Pennsylvania Academy Of Science*. 41: 230-235.

Tansan, B., Gökbulut, A., Targotay, Ç. ve Eren, T. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*. İstanbul: TÜSİAD.

Tonta, Y. ve Küçük, M. E. (2005). Sanayi Toplumundan Bilgi Topluma Geçiş Sürecinde Temel Dinamikler. *Türk Kütüphaneciliği*. 19(4): 1-14.

Üstündağ, A. ve Çevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Cham: Springer International Publishing AG.

TÜBİTAK. (2004). *Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi*. Ankara: TÜBİTAK.

Türkiye Bilimler Akademisi, (2017). *Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü*. <http://www.tubaterim.gov.tr/>, (13.11.2017, 07.02.2018)

TÜSİAD, Samsung, Deloitte, GFK. (2016). *Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı*. İstanbul: Deloitte.

Üskent, S. B. (2006). *19. Yüzyıl İngiliz Romanında Endüstri Devrimi'nin Yansımaları: Dickens'in Hard Times'ı, Gaskell'in Mary Barton'ı Ve Disraeli'nin Sybil Or Two Nations'ı*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Wang, S., Wan, J., Li, D. ve Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal Of Distributed Sensor Networks*. 12(1): 1-10.

Wearden, G. (19.01.2016). *Davos 2016: eight key themes for the World Economic Forum*. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/business/2016/jan/19/world-economic-forum-davos-2016-eight-key-themes-robotics-migration-markets-climate-change-europe-medicine-inequality-cybercrime>, (02.02.2018)

Wu, D., Greer, M. J., Rosen, D. W. ve Schaefer, D. (2013). Cloud Manufacturing: Strategic Vision and State-of-the-Art. *Journal of Manufacturing Systems*. 32(4): 564-579.

Yüksel, H. (2017). *Üretim İşlemler Yönetimi Temel Kavramlar*. İzmir: Kitapana Basım Yayın Dağıtım.

