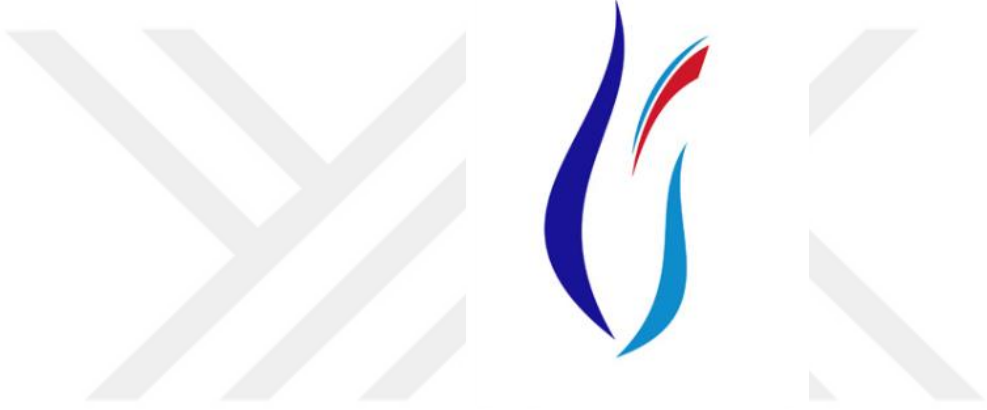


**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI
MUHASEBE FİNANSMAN PROGRAMI**



**ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI ÜRETİMİN İŞLETME
PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİSİ: VESTEL BUZDOLABI
FABRİKASI'NDA BİR UYGULAMA**

Aslı DUMAN

Danışman

Doç. Dr. Sibel KARGIN

MANİSA-2019

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI
MUHASEBE FİNANSMAN PROGRAMI**

**ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI ÜRETİMİN İŞLETME
PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİSİ: VESTEL BUZDOLABI
FABRİKASI'NDA BİR UYGULAMA**

Ash DUMAN

**Danışman
Doç. Dr. Sibel KARGIN**

MANİSA-2019


	T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu	FRYL-031
	YÜKSEK LİSANS EĞİTİMİ FORMLARI	Yayınlanma Tarihi	26/03/2018
		Revizyon No/Tarih	2/23/03/2018
		Sayfa	1/1
Tez Savunma Sınavı Tutanağı			


TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI


Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 10/07/2019 tarih ve 24/Ek8 sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin 9. Maddesi gereğince Enstitümüz İşletme Anabilim Dalı Muhasebe Finansman Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Aslı DUMAN'ın "Endüstri 4.0 İle Akıllı Üretimin İşletme Performansı Üzerine Etkisi: Vestel Buzdolabı Fabrikasında Bir Uygulama" konulu tezi incelenmiş ve aday 06/08/2019 tarihinde saat 10:00'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra ..60 dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI olduğuna OY BİRLİĞİ
DÜZELTME yapılmasına * OY ÇOKLUĞU
RED edilmesine ** ile karar verilmiştir.


ÜYE
Doç. Dr. Reha AKTAŞ

BAŞKAN

Doç. Dr. Sibel KARGIN


ÜYE
Doç. Dr. M. G. Gürül DURAK

Evet Hayır

Tez, burs, ödül veya Teşvik programına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.

Tez, mutlaka basılmalıdır.

Tez, mevcut haliyle basılmalıdır.

Tez, gözden geçirildikten sonra basılmalıdır.

Tez, basımını gereksizdir.

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir. İkinci tez savunma sınavında da başarısız olan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.

** Bu halde adayın Enstitü ile ilişkisi kesilir.

Hazırlayan
Enstitü Sekreteri

Onaylayan
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Endüstri 4.0 ile Akıllı Üretimin İşletme Performansı Üzerine Etkisi: Vestel Buzdolabı Fabrikası’nda Bir Uygulama” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

06/08/2019

Aslı Duman

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI ÜRETİMİN İŞLETME PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİSİ: VESTEL BUZDOLABI FABRİKASI'NDA BİR UYGULAMA

İlk kez 2011 yılında telaffuz edilen Endüstri 4.0 ya da Dördüncü Sanayi Devrimi ile üretim yöntemleri bir kez daha köklü bir değişim yaşamaktadır. Tarihsel açıdan bakıldığında yaşanan üç sanayi devriminde sırasıyla, makineler üretime dahil edilmiş, elektrik enerjisi ile çalıştırılan bir bant üzerinde üretim seri şekilde gerçekleştirilmiş ve bilgisayarın üretim sistemleri ile entegrasyonu sağlanmıştır. Bugün ise Endüstri 4.0 başlığı altında, çeşitli teknolojilerin yardımıyla üretim sistemleri akıllandırılmaktadır.

Akıllı üretim, Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilen bir üretimi tanımlamaktadır. Aynı şekilde bu son moda teknolojiler ile donatılmış fabrikalar da akıllı fabrikalar olarak ifade edilmektedir. Farklı isimlerde olsalar da bu kavramlar aynı şeyi ifade etmektedir. Akıllı üretim başlığı altında modernleştirilen üretim sistemleri ile eskiye nazaran çok daha kaliteli ürünler, çok daha hızlı bir şekilde ve daha ucuza üretilmektedir. Aynı zamanda bu sistemler, üretim hattına esneklik kazandırmakta, yeni pazarlara ve müşterilere ulaşılmasını kolaylaştırmakta ve rekabette üstünlük sağlamaktadır. Daha birçok faydası olan bu sistem dolayısıyla işletme performansına da etki etmektedir.

Çalışmada, akıllı üretim başlığı altında modernleşen üretim sistemlerinin işletme performansına olan etkisi araştırılmıştır. Endüstri devrimleri ile ilgili bilgiler verildikten sonra akıllı üretim kavramına geçilmiş ve konuyla ilgili literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama aşamasında, fabrikada kullanılan yeni teknolojiler ve sistemler incelenmiş, daha sonra belirlenen performans göstergeleri yardımıyla akıllı üretimin işletme performansına olan etkisi ortaya konulmuştur.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SMART MANUFACTURING UPON BUSINESS PERFORMANCE WITH INDUSTRY 4.0: AN IMPLEMENTATION IN VESTEL REFRIGERATOR FACTORY

Industry 4.0, which was pronounced for the first time in 2011 or with fourth industrial revolution is once again experiencing a radical change. From the historical point of view, in three Industrial Revolution: Machines are included to the production, Production on a band operated by electrical energy has been actualized in series, and integration of the computer with production systems has been ensured. Today, under the title of industry 4.0, production systems are being used with the help of various technologies.

Smart manufacturing has identified a production with using Industry 4.0 technologies. Similarly, factories equipped with these latest technologies are also referred to these smart factories. Even if these concepts have different names, they are the same things. Under the smart manufacturing title, Modernized production systems can be produced faster and cheaper. At the same time, these systems give flexibility to the production line, make easier to access new markets and customers, and give superiority in competition. This system, which has many more benefits, also affects operational performance.

In the study, under the title of smart manufacturing, modernized production system's effect on operating performance was researched. After is being given information about the industrial revolution, smart manufacturing concept was transferred, and a literature review related to the topic was scanned. In the third part of the study, an implementation was actualized in Vestel Refrigerator Factory. In the implementation stage, systems and new technologies used in the factory were examined. Then, with the help of performance indicators, smart manufacturing's effect on business performance was revealed.

TEŞEKKÜR

Çalıőmamn her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gosteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Sibel Kargın'a, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında maddi manevi her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum sevgili hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Burak Özdoğan'a, tezimin uygulama kısmında büyük desteğini gördüğüm Sayın Nihat Akyol ve Sayın Ercan Akkaő'a, çalışmalarım sırasında manevi desteğini her zaman hissettiğim değerli arkadaşım İnci Yılmaz'a, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Aslı DUMAN

Manisa, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
TABLolar	viii
ŞEKİLLER	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM SANAYİ DEVRİMLERİ

1.1. ENDÜSTRİ 4.0 YOLCULUĞU	4
1.1.1. Endüstri 1.0	5
1.1.2. Endüstri 2.0	7
1.1.3. Endüstri 3.0	11
1.1.4. ENDÜSTRİ 4.0.....	15
1.1.4.1.Endüstri 4.0 Teknolojileri	20
1.1.4.1.1. Nesnelerin İnterneti	21
1.1.4.1.2.Siber-Fiziksel Sistemler (SFS) ve Simülasyon	22
1.1.4.1.3.Büyük Veri ve Analizi	24
1.1.4.1.4.Bulut Teknolojileri ve Siber Güvenlik.....	25
1.1.4.1.5.Üç Boyutlu (3B) Yazıcılar	28
1.1.4.1.6.Otonom Robotlar.....	29
1.1.4.1.7.Artırılmış Gerçeklik	30
1.1.4.1.8.Sistem Entegrasyonu	32
1.1.4.1.9.Akıllı Fabrikalar	32
1.1.4.2.Endüstri 4.0'ın Potansiyel Gücü	34
1.1.4.3. Endüstri 4.0'ın Beklenen Etkileri	35

İKİNCİ BÖLÜM

AKILLI ÜRETİM

2.1.AKILLI ÜRETİM.....	38
2.1.1.Akıllı Üretimin Kilit Teknolojileri.....	40
2.1.2.Akıllı Üretimin Faydaları	43
2.1.3.Akıllı Üretimin Önünde ki Engeller	44
2.1.4.Akıllı Üretimin Sonuçları	46
2.2.LİTERATÜR TARAMASI	48
2.2.1.Kavramsal Çalışmalar	48
2.2.2.Ampirik Analizler.....	52
2.3.İMALATÇI ÜLKELERİN AKILLI ÜRETİM POLİTİKALARI.....	57
2.3.1.Almanya	59
2.3.2.Amerika Birleşik Devletleri.....	60
2.3.3.Japonya.....	63
2.3.4.Çin.....	66
2.3.5. Güney Kore	67
2.3.6.Türkiye	68
2.3.6.1.Türkiye’de Mevcut Durum	68
2.3.6.2.Türkiye’nin Dijital Dönüşümü.....	70
2.3.6.3.Türkiye’de Endüstri 4.0 Teşvikleri.....	76

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AKILLI ÜRETİMİN İŞLETME PERFORMANSINA ETKİSİ

3.1. İŞLETME PERFORMANSI.....	80
3.2.VESTEL BEYAZ EŞYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	83
3.3.VESTEL BUZDOLABI FABRİKASI'NDA BİR UYGULAMA.....	88
3.3.1.Araştırmanın Amacı.....	88
3.3.2.Araştırmanın Yöntemi	88
3.3.3.Araştırmanın Bulguları	89
3.3.3.1.Genel Veriler.....	89

3.3.3.2.Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Akıllı Üretim İçin Kullanılan Teknolojiler.....	94
3.3.3.3.Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Kullanılan Akıllı Sistemler	95
3.3.3.4.Akıllı Üretim Çıktıları	99
3.3.3.5.Akıllı Üretim İşletme Performansına Etkisi	104
SONUÇ.....	108
KAYNAKÇA	111



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AG	Artırılmış Gerçeklik
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
A.Ş.	Anonim Şirketi
AÜ	Akıllı Üretim
BITCOM	Federal Association for Information Technology, Telecommunications and New Media (Federal Bilgi Teknolojileri, Telekomünikasyon ve Yeni Medya Derneği)
BT	Bilgi Teknolojileri
BTÜ	Bulut Tabanlı Üretim
Çev.	Çeviren
FAVÖK	Faiz, Amortisman ve Vergi Öncesi Kar
GF	Geleceğin Fabrikaları
GTAİ	Almanya Ticaret ve Yatırım Ajansı
KF	Karanlık Fabrika
KOBİ	Küçük ve Orta Ölçekli İşletme
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
NI	Nesnelerin İnterneti
NIST	National Institute of Standards and Technology (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü)
SE	Sistem Entegrasyonu
SFS	Siber-Fiziksel Sistemler
SG	Sanal Gerçeklik
SMLC	Smart Manufacturing Leadership Coalition (Akıllı Üretim Liderlik Koalisyonu)
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği

TABLolar

Tablo 1 Kuzey Amerika'da Dördüncü Sanayi Devrimi	57
Tablo 2 Avrupa'da Dördüncü Sanayi Devrimi	58
Tablo 3 Asya'da Dördüncü Sanayi Devrimi.....	58
Tablo 4 Dijital Dönüşüm Yol Haritası Bileşen ve Eylem Alanları	73
Tablo 5 Altı Bileşen Kapsamında Yapılacaklar ve Sonuçları.....	74
Tablo 6 Vestel Beyaz Eşya A.Ş.'nin Ortaklık Yapısı ve Sermaye Dağılımı.....	85
Tablo 7 SPK Finansal Tabloları	86
Tablo 8 Karlılık ve Finansal Duruma İlişkin Oranlar	87

ŞEKİLLER

Şekil 1 Endüstrinin Tarihsel Gelişimi	4
Şekil 2 1991(a) ve 2001(b) Yıllarındaki Üretim Katma Değer Oranları.....	19
Şekil 3 Siber-Fiziksel Sistemler de İnsan-Makine Etkileşimi	23
Şekil 4 Akıllı Ürün Üretimi	40
Şekil 5 Akıllı Üretimin Kilit Teknolojileri	40
Şekil 6 Akıllı Üretim Teknolojilerinin Süreçlere Etkileri	42
Şekil 7 Toplum 5.0.....	64
Şekil 8 Üç Teknoloji Grubunda Sekiz Kilit Teknoloji.....	71
Şekil 9 İşletme Performansı Göstergeleri	82
Şekil 10 Endüstri 4.0, Akıllı Fabrika ve Akıllı Üretim Arasındaki İlişki	90
Şekil 11 Akıllı Üretimin Etkilediği Alanlar	92
Şekil 12 Ürüne Kompresör Yerleştirilmesi.....	96
Şekil 13 AGV Sistemleri	97
Şekil 14 Lazer Kesim Ünitesi	98
Şekil 15 Robotik Lazer Trim Projesi.....	98
Şekil 16 Robotik Boru Sarma.....	99

GİRİŞ

Tarih boyunca toplumlar sosyal, siyasal, ekonomik ve kültürel olmak üzere birçok değişim yaşamışlardır. Bu değişimleri körükleyen olaylar genellikle, göçler, salgınlar ve savaşlardır. Çoğu zaman bu tarz olaylar, toplumların yok olmasına, sınırların değişmesine ve kültürel asimilasyona yol açmıştır. Bir diğer taraftan ise toplumların refah seviyelerini artıran gelişmeler de yaşanmıştır. Bunların başında sanayi devrimleri gelmektedir. İlk endüstri devrimi İngiltere’de başlamış ve kısa süre içerisinde tüm Avrupa’ya yayılmıştır. O zamana kadar emek-yoğun şekilde ve basit el aletleriyle gerçekleştirilen üretim yavaş yavaş ortadan kalkmış ve üretimde makineler kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum üretimin hızlanmasına, ucuzlamasına ve verimin artmasına imkan sağlamıştır. Dönem boyunca tek umursanan şey daha fazla üretmek ve daha fazla satmak olmuştur. Bu anlayış dış ticaretin gelişmesine ortam hazırlamıştır. Ülkeler kendi aralarında imzaladıkları çeşitli ticaret anlaşmaları ile de dış ticareti teşvik etmişlerdir. Dış ticaretin başlaması ile dünya üzerinde ki sınırlar yavaş yavaş ortadan kalkmaya başlamıştır. Bugün yaşadığımız küresel dünyanın kapıları bu sayede aralanmıştır. Bu açıdan bakıldığında küreselleşmeyi tetikleyen olayların başında ekonomik nedenlerin geldiği söylenebilir.

Birinci Sanayi Devrimi’ni izleyen İkinci Sanayi Devrimi süresince de yeni üretim yöntemleri döneme damgasını vurmuştur. Seri üretim bu dönemde başlamıştır. Henry Ford tarafından kurulan bant sistemi üzerinde üretilen Ford T Model otomobiller seri üretim ile üretilen ilk otomobillerdir. Devrimler sayesinde toplumlar belli bir bilgi birikimi elde etmişlerdir. İki devrim sürecinde de dünya üretenler ve üretemeyenler olarak ikiye ayrılmıştır. Üretemeyen kısımda yer alanlar her türlü sömürüye açık hale gelmişlerdir. Bu dönemde üreten ülkeler asıl zenginliğin bilgide olduğunu anlamışlardır. Elde edilen bilgi birikimi yeni bir sanayi devrimine kapı aralamıştır.

Üçüncü Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan bilgi toplumunda da her toplumsal süreçte olduğu gibi üretim yöntemlerinde değişim yaşanmıştır. Bu dönemde bilgisayar ve internetin icadı ve bunların üretim süreçlerine entegre hale getirilmesi, hayatımıza otomasyon kavramını sokmuştur. Bu kavram üretim süreçlerinden insanı çeken ve üretimde insana olan ihtiyacı azaltan bir üretim şeklini ifade etmektedir.

Toplumsal aşamaları endüstri devrimleri ile eşleştirdiğimizde, endüstri toplumunun Birinci ve İkinci Sanayi Devrimi'ni kapsadığını, bilgi toplumunun ise Üçüncü Sanayi Devrimi ile ortaya çıktığını söyleyebiliriz. Bugün ise başını dijitalleşmenin çektiği yeni bir çağın kapıları aralanmıştır. Hayatımızın her alanına giren bu kavram bir endüstri devrimine kaynaklık etmektedir. Endüstri 4.0 veya Dördüncü Sanayi Devrimi olarak ifade edilen bu dönem üretim yöntemlerinde köklü bir değişim yaratmaktadır. Gelişen teknolojiler, ortaya çıkan yeni kavramlar, ülkelerin bir sanayi devriminin üzerine bu kadar yoğun bir şekilde düşmesi 2011 yılında tanıştığımız ve yeni bir endüstri devrimini ifade eden Endüstri 4.0'ın önemini göstermektedir. Endüstri 3.0'da ortaya çıkan otomasyona dayalı üretim Endüstri 4.0'da yerini akıllı fabrikalarda gerçekleştirilen akıllı üretime bırakmıştır.

Endüstri 4.0 çeşitli teknolojiler çerçevesinde şekillenmiş bir devrimdir. Aynı şekilde akıllı üretim de bu teknolojiler yardımıyla gerçekleştirilen yenilikçi bir üretimi tanımlamaktadır. Yeni nesil üretim ile imalatçı ülkeler daha ucuza, daha çabuk, daha fazla ve aynı zamanda kişisel ürünler üretebilmektedirler. Birçok alanda fayda sağlayan akıllı üretim çevreye de saygılıdır. Tüm olumlu yanları göz önünde bulundurulduğunda sanayisini daha da geliştirmek isteyen ülkeler çalışmalara başlamışlardır. İlk iş olarak, imalat sistemlerinin, hızlı ve planlı bir şekilde modernleşmesini sağlayacak ulusal planlar hazırlamıştır. Almanya'nın başını çektiği Endüstri 4.0, ülkelerin kalkınma seviyelerine de etki edecek bir kavramdır.

Endüstri 4.0 imalat sistemlerini kökünden dönüştüren bir yapıya sahiptir. Bu dönüşüm, Endüstri 4.0'ın teknolojileri sayesinde gerçekleşmektedir. Bu teknolojiler ile modernleştirilen fabrikalar, akıllı fabrikalar ve yine bu teknolojiler ile gerçekleştirilen üretim, akıllı üretim olarak ifade edilmektedir. Akıllandırılan fabrikalar veya üretim sistemlerinin eski sistemlere nazaran işletme ekosisteminde bulunan her paydaşa birçok olumlu etkisi vardır. Bu etkiler günümüzde çok net bir şekilde ortaya konulamamaktadır. Çünkü henüz yeteri kadar işletme üretim sistemlerini bu teknolojilere entegre edememiştir. Bu şu an için içinde bulunduğumuz devrimin teknolojilerinin tanınmamasından, sağlayacağı faydaların bilinmemesinden ve bu teknolojilere erişimin maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak günümüzde özellikle büyük ölçekli firmalar bu dönüşüm için kolları sıvamış durumdadırlar. Endüstri 4.0 vizyonu ile modernleşen fabrikalar her anlamda rakiplerinin bir adım önünde olacaktır. Endüstri 4.0 ile gerçekleşen,

Çevreye saygılı, hızlı, kaliteli ve daha az maliyetli üretim işletmenin performansına da etki etmektedir. İşletme performansı çeşitli göstergeler yardımıyla işletmenin hedeflerine ulaşma derecesini gösteren, elde edilen veriler ile önceki dönemlerle kıyaslama yapılmasını sağlayan ve ileriki dönemler için belirlenecek olan hedeflere kaynaklık eden günümüz işletmelerinin son derece önemsediği bir kavramdır.



BİRİNCİ BÖLÜM

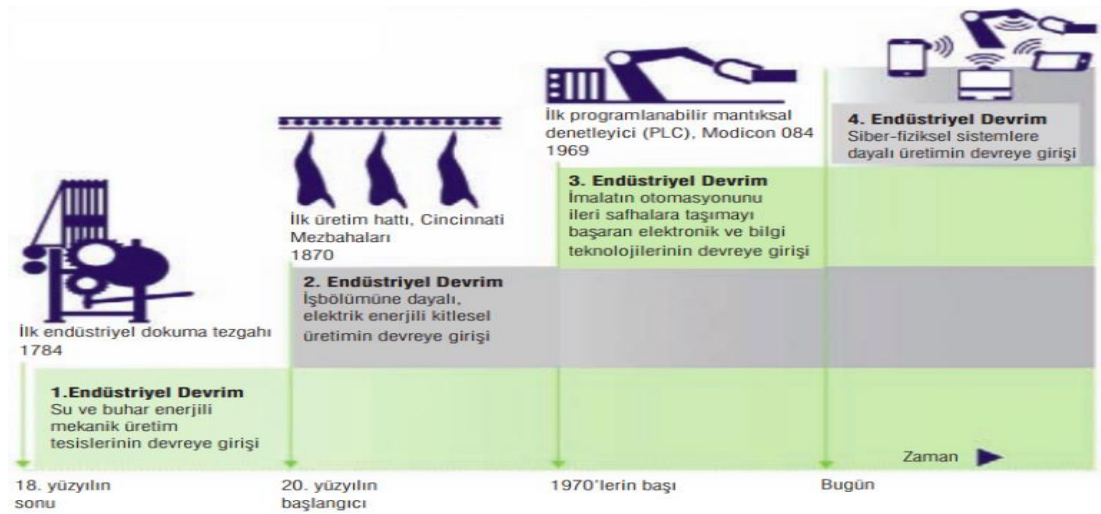
SANAYİ DEVRİMLERİ

1.1.ENDÜSTRİ 4.0 YOLCULUĞU

Bilim ve teknolojinin hayatımıza girişi çok eski zamanlara dayanmaktadır. İnsanlar sürekli olarak hayatlarını kolaylaştıracak yöntemler aramışlar ve bunları günlük hayatlarında uygulamaya koymuşlardır. Bu bilgi birikimi bilim ve teknolojinin gelişmesine katkı sağlarken, zaman içerisinde insanların yaşam tarzlarını da değiştirmiştir. Değişim süreci incelendiğinde avcı ve toplayıcı toplulardan tarım toplumuna geçiş önemli bir gelişmedir. İnsanlar, bu dönemde ekim ve hasat gibi işlerin daha kolay bir şekilde gerçekleştirilmesine imkan sağlayan basit el yapımı aletlerden ve hayvan gücünden faydalanarak topraklarını işlemeye başlamışlardır. Gerçekleşen ilk devrim olan Tarım Devrimi, gıda üretimini artırmıştır. Tarım Devrimi ile toplumlarda sosyo-ekonomik gelişmeler de yaşanmıştır. Bunların başında insanların tarımla uğraşmaya başladıktan sonra yerleşik yaşama geçmeleri gelir. Aynı zamanda bu devrim Feodal yapının oluşmasına ve bu düzenin bir sonucu olarak sınıf farklılıklarının oluşmasına ortam hazırlamıştır.

Tarım Devrimi ardından gerçekleşecek dört büyük sanayi devriminin tetikleyicisi durumundadır. Dört sanayi devriminin belirleyici özellikleri aşağıdaki Şekil 1’de gösterildiği gibidir.

Şekil 1 Endüstrinin Tarihsel Gelişimi



Kaynak: Endüstri 4.0 Platformu, <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>.
Erişim Tarihi: 05.05.2019.

1.1.1. Endüstri 1.0

Günümüzde sınırları olmayan, ekonomik, sosyal ve siyasal açıdan bütünleşmiş bir dünyada yaşıyoruz. Bu bütünleşme yeni ortaya çıkan bir kavram değildir. İngiltere’de başlayan Birinci Sanayi Devrimi veya Endüstri 1.0 bu sürecin ilk ayağı olarak tanımlanabilir.

Endüstri 1.0’ın başlangıcı için net bir tarih belirlemek zor olsa da, bu dönemin, buhar makinesinin üretimde kullanılmasıyla başladığı kabul edilmektedir. Buhar makinesi ile ilgili çalışmalar 17. yüzyıla kadar dayansa da, başarılı bir şekilde çalışan ilk makine James Watt tarafından yapılmıştır (Başer ve Erkan, 2011:135). Watt, çalışmaları sonucunda 1775 yılında buhar gücü ile çalışan ilk makinesini tamamlamıştır (Görçün, 2017:12). Buhar makinesinin üretimde kullanılmaya başlaması zaman içerisinde üretim süreçlerini dönüştürmüş ve insan veya hayvan gücüne olan ihtiyaç azalmıştır. Bu noktada Sanayi Devrimi’nin ilk etkileri hissedilmeye başlamıştır. Özellikle tekstil sektöründe kas gücüne duyulan ihtiyacın azalması ile sanayi işçilerinde, işlerini kaybetme korkusu bir direnç yaratmıştır (Usul, 2016:8). 1758 yılında Ned Ludham adında bir işçi çorap dokuma tezgahına zarar vermiştir (Orhan ve Savuk, 2014:12). Bu tarz olayların artması Luddizm kavramını doğurmuştur. Luddizm, işgücü yerine ikame edilen makinelerin kırılması hareketidir (Taymaz, 1997:1). Aslına bakıldığında tekstil sektöründe basit bir mekanizmaya sahip olan makinelerin kullanımı, buhar makinesinin icadından önce de mevcuttu (Görçün, 2017: 13). Özellikle pamuklu dokumaya hız kazandıran iplik makinesinin icadı dönemin önemli gelişmelerindendir. John Kay 1733 yılında geliştirdiği ‘Uçan Mekik’ isimli makinesi ile dokuma tezgahlarının otomatikleştirilmesi yolunda önemli bir adım atmıştır (Göker, 2004:3). Bu makine ile iki işçinin yaptığı işi bir işçi yapabilmeye başlamıştır (Gürsakal, 2007:382). Kay’ı, J. Hargreaves ve R. Arkwright takip etmiştir. Hargreaves’in 1765 yılında geliştirdiği ‘Spinning Jenny’ isimli makine, doğrudan kas gücü ile çalışmasına rağmen işgücünden önemli tasarruf sağlanabilmiştir (Başer ve Erkan, 2011:144). Arkwright, 1767 yılında su değirmenlerinden sağlanan enerji ile çalışan dokuma makinesini icat etmiştir (Bakar ve Yamaçlı, 2017:36). Samuel Crompton ise 1779 yılında ‘Eğirme Katırı’ denen bir iplik eğirme makinesi yapmıştır (Günay, 2002:13). Sanayi devrimin getirdiği dönemin modern makineleri ile bir işçinin üretim kapasitesi yaklaşık 40 kat artış göstermiştir (Özdoğan, 2017:2).

Üretim sistemlerinin emek yoğun şekilde sınırlanması ile üretim miktarında artış meydana gelmiş ve küçük çaplı işletmeler büyük fabrikalara dönüşmüştür. İşte bu noktada sermaye sahipleri üretim arzında meydana gelen bu artışı avantaja çevirmek için iç pazarlardan sonra dış pazarlara yönelmişlerdir. Ancak o dönemde ulaşım ağlarının yeteri kadar gelişmemiş olması, sermaye sahiplerinin bu hedeflerini gerçekleştirmelerine engel olmuştur. Bu sorun, buhar gücünü elde etmeye yarayan kömürün, denizyolu ulaşımından sonra demiryolu ulaşımında da kullanılmaya başlamasıyla çözülmüştür. Bu dönemde devlet eliyle demiryollarına yapılan yatırımlar artmış ve ulaşım ağları genişletilmiştir.

Ürünlerin dış pazarlara ulaştırılmasıyla, ülke sınırları yavaş yavaş ortadan kalkmaya başlamıştır. Daha önce söylendiği gibi bütünleşmiş, daha güncel bir tabirle küresel dünyanın kapıları aralanmıştır. 18. yüzyılın başlarından itibaren okyanus ötesi ticaretin artması bu sürece hız kazandırmıştır. Bu açıdan bakıldığında küreselleşmenin ilk ayağını ekonominin oluşturduğunu söyleyebiliriz. Birinci Sanayi Devrimi'nin tüm nimetlerinden yararlanan burjuva sınıfı bu dönemde gittikçe zenginleşmiştir. Emekleri sömürülen işçi sınıfı ise gittikçe fakirleşmiştir. Bu durumun önüne geçmek isteyen işçi sınıfı devrimci hareketlerde bulunmaya başlamış ve böylece sosyalizmin temelleri atılmıştır.

Bu gelişmeler sonucunda dünyanın en zengin ülkesi olan İngiltere, aynı zamanda sömürgeci anlayışla dünyadaki hakimiyetini arttırmıştır (Pakmak, 2012:18). İngiltere bu anlayışla topraklarının 104 katı bir coğrafyaya sahip olmuş ve topraklarında güneş batmayan imparatorluk olarak anılmaya başlamıştır (Kodal, 2014:1290). Bu süreçte Osmanlı Devleti gibi sanayisi gelişmemiş ülkelerin ticaret hacimleri ve alanları daralmıştır.

Sanayi Devrimi toplumu, sosyal, siyasal ve ekonomik açıdan köklü bir değişim yaşamıştır. İngiltere'de zengin ve fakir arasındaki uçurumu büyüten devrim aynı zamanda ülkelerin gelişme seviyelerine de etki etmiştir. Devrime geç adapte olan veya hiç olamayan ülkeler her anlamda sömürüye açık hale gelmelerinin yanı sıra devrimin getirdiği yeniklere kısa sürede cevap veren ülkelere bağımlı hale gelmişlerdir. Aynı zamanda devrim iktisat bilimciler tarafından da yakından takip edilmiştir. Özellikle günümüzde hala popülerliğini koruyan 'Ulusların Zenginliği' isimli kitap Adam Smith tarafından bu dönemde yazılmıştır. Smith kitabında

ekonominin temel sorunları üzerine eğilmiştir. Klasik iktisadın kurucusu olan Smith, ekonomide liberalizmi savunmuştur. İlk kez 17. yüzyılda John Lock tarafından ortaya atılan Liberalizm kavramının, 19. yüzyılda iktisadi karşılığı ‘bırakınız yapsınlar, bırakınız geçsinler’ olmuştur. Bu düşünce bireylerin özgürce iktisadi faaliyette bulunma haklarının altını çizmektedir (Tayyar ve Çetin, 2013:110). ‘Görünmez El’ metaforu yine bu dönemde ortaya çıkmıştır. Devletin ekonomiye müdahalesine karşı çıkmak için kullanılan bu kavram ile her girişimcinin kendi çıkarları peşinde koşacağı ve sonucunda toplumsal faydanın artacağı savunulmuştur (Top ve Öner, 2008:99).

Özetleyecek olursak 18. yüzyılın sonlarına doğru başlayan Birinci Sanayi Devrimi üretimin makineleşmesine ve az sayıda da olsa yarı-otomatik bir şekilde gerçekleşmesine olanak sağlamıştır. Teknolojinin, emekten daha ucuz ve verimli bir üretim faktörü olduğu anlaşılmıştır. Yenilikleri takip eden sermaye sahipleri, yeni pazarlara açılmış ve kısa süre içerisinde büyük karlar elde etmişlerdir. Üretimin artmasıyla doğru orantılı olarak işgücü ihtiyacı artmış ve çalışmak için kırsal kesimden şehirlere göçler başlamıştır. Bunun sonucunda ise kentleşme kavramı ortaya çıkmıştır.

1.1.2. Endüstri 2.0

Birinci Sanayi Devrimi ile teknolojiye yakalanan ivme, Endüstri 2.0 sürecinde de devam etmiştir. İkinci Sanayi Devrimi’nde de birçok teknolojik gelişme yaşanmasının yanı sıra bu devrime elektrik enerjisi ile kitle üretimin gerçekleştirilmesi damga vurmuştur.

İngiltere’de başlayan Endüstri 1.0 kısa bir süre içerisinde önce Avrupa’ya daha sonra tüm dünyaya yayılmıştır. ‘Dünyanın atölyesi’ olarak anılan İngiltere’yi, Fransa ve Belçika takip etmiş, daha sonra ise sanayileşme Kuzey Amerika ve Almanya’ya sıçramıştır (Günay, 2002:12).

1870 yılında Cincinnati Ohio’da bir mezbanede elektrik enerjisi ile ilk kez bir üretim hattı hareket ettirilmiş ve böylece Endüstri 2.0 dönemi başlamıştır. Elektriğin endüstride kullanılmaya başlanmasıyla montaj hatları geliştirilmiş ve seri üretim mümkün hale gelmiştir (Boşça, 2017).

İkinci Sanayi Devrimi'nin başlamasına zemin hazırlayan en önemli gelişmelerden biri Birinci Sanayi Devrimi'nin ana enerji maddesi olan kömürün yerini petrolün almaya başlamasıdır. Bugün hala çok değerli olan petrolün bir enerji kaynağı olarak kullanılabilmesinin keşfedilmesiyle dünya ekonomik ve politik olarak köklü bir değişim sürecine girmiştir. Teknolojik gelişmelerle birlikte artan enerji talebini, taşınması, işlenmesi ve depolanması kolay olan petrol karşılamıştır (Şengönül vd., 2018:337; Görçün, 2017:53). Edwin Drake'nin 1859'da Pensilavanya'da ilk petrol kuyusunu açması petrol endüstrisinin gelişmesinde önemli bir adım olmuştur (Bemko, 2011:161). Ancak Amerika Birleşik Devletleri'nde 1861 yılında patlak veren ve 1865 yılına kadara süren İç Savaş, petrol endüstrinin gelişmesini engellemiştir. Bu süreç zarfında Almanya endüstrisini hızla geliştirmeye devam etmiştir. Özellikle petrolün endüstriye sokulması ve içten yanmalı motorun icat edilmesi Alman sanayisini bir adım öteye taşımıştır. Rudolf Diesel tarafından geliştirilen içten yanmalı motorların kullanımının yaygınlaşması ile buhar makineleri kullanımdan kalkmıştır.

Bilim ve teknolojinin gelişmesine birçok bilim adamı katkıda bulunmuş, endüstrilerde üretim yöntemlerini dönüştürmüşlerdir. Endüstri 2.0 döneminde bunu başaranların başında Henry Ford gelmektedir. Günümüzde dahi İkinci Sanayi Devrimi denilince akla ilk gelen isim kitlesel üretim yönteminin öncüsü Henry Ford'dur. Ford bu yeni üretim yöntemini '*Siyah olmak kaydıyla istediğiniz renkte otomobil sahibi olabilirsiniz*' sloganı ile ifade etmiştir (Bardakçı, 2004:2).

Henry Ford otomobil üretimine başlamadan önce Amerika'da Oliver Evans, 1893 yılında içten yanmalı motorlu otomobil üretimine başlamıştır (Bedir, 2002'den aktaran Aşık, 2013:29). Ford, bu tarihten üç yıl sonra ilk otomobilini yapmıştır. Ford'un ürettiği ilk otomobille başlayan süreç ilkeri zamanlarda literatüre 'Fordizm' olarak geçmiştir.

Ford özellikle araba motorları üzerine çalışmalarını tamamladıktan sonra 1899 yılında Detroit Automobile Company'yi kurmuştur. Ancak bu serüven uzun süremeden 1901 senesinde şirket kapanmıştır. Kısa bir süre sonra ise Henry Ford, Ford Motor Company'yi kurmuştur. Şirkete asıl ününü kavuşturan Ford T model otomobiller ise 1908 yılında üretilmeye başlamıştır. Ford T model otomobiller seri üretim ile üretilen ilk otomobillerdir.

Taylor 1911 yılında yayınladığı Yönetimin Bilimsel İlkeleri kitabı ile emek faktörünün verimliliğini artırmaya odaklanan Taylorist üretim tekniğini ortaya koymuştur (Kabaklarlı, 2016:37). Bilimsel yöntemlerle iş süreçlerini rasyonelleştirmeyi başaran Taylor'un bilimsel yönetim anlayışı birçok işletmede uygulanmıştır (Koçak, 2015:41). Henry Ford, bir mezbahada elektrikli konveyöre asılı etlerin ilerlemesinden esinlenmiş ve Taylor tarafından belirlenen ilkeler doğrultusunda kendi sistemini kurmuştur (Kayacan vd., 2016:156). 1913 yılında bant tipi üretimin hayata geçirilmesi kitlesel üretimi mümkün hale getirmiştir. Fordist üretim tekniği olarak ortaya çıkan bu yöntem ile üretim maliyetleri düşmüş aynı zamanda üretim miktarı artış göstermiştir (Yüksel, 2017'den aktaran Arslan, 2018:153). Daha önce 12,5 saatte üretilen bir otomobilin bant tipi üretim sistemi sayesinde üretimi 1,5 saate inmiştir (Görçün, 2017:63). Taylorist üretim şekli temelde emeğin verimliliğini artırmaya odaklanırken, Fordizm, üretim esnasında ortaya çıkan kayıp zamanı minimize etmeye yarayacak üretim araçlarının organizasyonu üzerine odaklanmıştır.

1910 yılında Sakichi Toyoda'nın Amerika gezisi sırasında Ford T model otomobilleri görmesi yeni bir otomobil devinin doğuşunu tetiklemiştir. Dokuma işiyle uğraşan bir aile bir anda dünyadaki trendi yakalamak için harekete geçmiştir. 1937 yılında kurulan şirket ancak 1980'li yılların başında otomobil endüstrisinde varlığını ortaya koyabilmiştir. Bu yıllarda Toyota rakiplerinden 10 kat daha az işçiyle 3,5 milyon otomobil üretmeyi başararak bir anda dünya üreticileri arasında ikinci sıraya oturmuştur (Ohno, (Çev. Canan Feyyat) 2017:15). Tüm dünya bu başarının sırrını öğrenmek için gözlerini Japonya'ya çevirdiğinde, günümüzde hala popülerliğini koruyan 'Yalın Üretim' kavramıyla karşılaşmışlardır. Bu üretim yöntemi isminden de anlaşılacağı üzere basit, karmaşıklıktan uzak bir üretimi tanımlar. Üretim esnasında ortaya çıkabilecek her türlü israf ve kayıpları minimuma indirmek temel hedefidir.

Fordist üretim tarzı ile üretilen tek tip, tek model ve ucuz otomobiller Henry Ford'un daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmasına imkan sağlamıştır. Ancak bu üretim anlayışında müşteri talepleri göz ardı edilmiştir. Çünkü kurulan sistem üretim hattında esnekliğe izin vermemiştir. Buna karşın 1908 yılında kurulan General Motors, kullanıcı kitlesinin taleplerini göz önünde bulundurmıştır. General Motors

herkesin bütçesine göre renk ve modelde seçim yapabileceği bir üretim tarzı ile üretime çeşitlilik katmayı başarmıştır. Bu çeşitlilik Ford'un pazardaki payını %55'ten %12'ye düşürmüştür (Halberstam, 1986'dan aktaran Saydan: 2004:156).

1914 yılında başlayıp 1918'e kadar süren Birinci Dünya Savaşı beklenenin aksine endüstrileri geliştirmiş ve bu dönemde savaş için gerekli alet vb. ürünleri üretenler yüksek karlar elde edilmiştir. Ancak savaşın yarattığı ekonomik durgunluk yine de hissedilmiştir. Savaş süresince borçlanan İngiltere, Fransa ve Almanya borçlarını kendi kaynaklarıyla ödeyemeyecek duruma gelmişlerdir. Bu durumu çözmek için iç borçlanmanın bir yolu olan borsaya yönelmişlerdir (Görçün, 2017:67). Bu eğilim piyasaları kısa süreli rahatlatırsa da, sonu felaketle bitmiştir. Avrupa ülkelerinde borsaya yönelenlerin yüksek enflasyon nedeniyle paralarının erimeye başlaması onları Amerikan bankalarına yöneltmiştir. Amerika'da kısa süre içerisinde biriken bu servet büyük bir ekonomik refaha yol açmıştır. Bu dönemde Amerikan borsasında değerler anormal bir hızla yükselmiştir (Ercan, 2014:92). Bu gidişat spekülasyon bir balonun sürekli şişmesi olarak tarif edilebilir. Tarihler 24 Ekim 1929'u gösterdiğinde ise bu balon patlamış ve tüm hisse senetleri kısa süre içerisinde satışa çıkartılmıştır. Amerika'da başlayan kriz kısa bir sürede tüm dünyaya yayılmıştır. Borsanın çöküşü ile birlikte endüstriler ve işletmeler de çökmüştür.

1929 krizi dünyaya Keynes'i tanıtmıştır. Ekonomide dalgalanmanın geçici olduğu, devletin ekonomiye müdahalesinin ekonomik dengeyi bozacağını savunan Klasik İktisadi görüşe Keynes çeşitli eleştiriler yöneltmiştir. 1936 yılında yayınladığı 'İstihdam, Faiz ve Para Genel Teorisi' adlı kitabında devletin ekonomik hayata müdahalesinin gerekli olduğunu açıklamış ve maliye politikasının önemine değinmiştir (Bayramlı, 2004:7). Birinci Dünya Savaşı sırasında sekteye uğramayan endüstrileşme süreci, Büyük Buhran olarak adlandırılan 1929 krizi nedeniyle kesintiye uğramıştır. Amerika'da krizi durdurmak için dönemin başkanı Roosevelt tarafından 'New Deal' olarak adlandırılan kararlar alınmıştır (Ercan, 2014:97).

Birinci Dünya Savaşı ve ardından gelen Büyük Buhran, İkinci Dünya Savaşı'nın tetikleyicileridir. Aslına bakıldığında savaş endüstriler için nefes alabilecekleri bir ortam yaratmıştır. Endüstriler hızlı bir şekilde kendilerini savaş endüstrisine dönüştürüp, askeri materyaller üretmeye başlamışlardır (Görçün, 2017:74). 1939 yılında Almanya'nın Polonya'yı işgali ile başlayan savaş bittiğinde

dünya yeniden şekillendirilmiştir.

İkinci Sanayi Devrimi süresince birçok sosyal, siyasal ve ekonomik gelişme yaşanmıştır. Dönem içerisinde yaşanan savaşlar, ülkelerin sınırlarını değiştirmekle birlikte sosyo-kültürel yapılarını da etkilemiştir. Küreselleşmenin etkisi bu dönemde yoğun bir şekilde hissedilmiştir. Bunun en temel göstergesi krizlerin kısa süre içerisinde çok uluslu bir hal almasıdır.

Dönemin itici güçlerinden bir tanesi de çeliğin kullanımının yaygınlaşmasıdır. Özellikle demiryollarının inşasında demirden daha sağlam olan çeliğin kullanılması demiryolu ağlarının yayılmasına neden olmuş ve bunun sonucunda da ulaşım ve haberleşmede önemli kolaylık sağlanmıştır. Devrim süresince bilim ve teknoloji durmadan gelişme göstermiştir. Dönemin önemli gelişmelerinden birisi sanayide enerji kaynağı olarak önce petrolün daha sonra da elektriğin kullanılmasıdır. Yine bu dönemde özellikle telgraf ağının yayılması borsa ve hisse senedi piyasasının hareketlenmesine neden olmuştur (Kavrakoğlu, 2014). Bir mezbahada gördüğü sistemi kendi fabrikasına uygulayan Henry Ford, bize kitlesel üretimi tanıtmıştır. Hemen akabinde General Motors müşterinin, istek, beklenti ve bütçe gibi kıstaslarını dikkate aldığı ve bunlara cevap verebildiği bir üretim sistemi kurmuştur. Otomobil sektöründeki bu rekabet gelişimi hızlandırmıştır. Dönem içerisinde iki büyük dünya savaşı yaşanmasına rağmen teknolojik gelişmeler endüstrinin bu duruma adapte olmasına imkan sağlamıştır. Tüm bu gelişmeler yeni bir sanayi devrimi sürecinin kapılarını aralamıştır.

İkinci Dünya Savaşı akabinde yeniden toparlanan Avrupa ve süreç zarfında sürekli güç kazanan Amerika ve Japonya artık dünyada söz sahibi olmak için savaşmanın gerekli olmadığını anlamışlardır. Bu noktada savaş meydanlardan endüstrilere taşınmıştır. Gücün teknolojiye olduğunun anlaşılması yeni eğilimlere kapı aralamıştır.

1.1.3. Endüstri 3.0

İkinci Sanayi Devrimi süresince bilim ve teknolojiye gelişim ve sosyal, siyasal, ekonomik değişim ile dijital çağ olarak da tanımlayabileceğimiz Üçüncü Sanayi Devrimi'nin kapısı aralanmıştır. 1970'li yıllara gelindiğinde endüstrisi güçlü ülkeler dünyaya hükmeder duruma gelmiştir. Kısacası teknoloji artık ülkeler için bir

strateji durumuna gelmiştir. Bu anlayış sanayi toplumundan sonra bilgi toplumunun doğuşuna ortam hazırlamıştır. Özellikle dönem içerisinde bilgisayarın icadı, dünyaya tanıtılması ve kullanımının yaygınlaşması insanların bilgiye erişimini kolaylaştırmıştır. Ayrıca bilgi teknolojilerinin gelişmesi ile beraber nitelikli iş gücüne olan gereksinim artarken, beden işçiliğine olan ihtiyaç azalmıştır (Koçak, 2015:43).

Üçüncü Sanayi Devrimi veya bilgi çağı ‘nasıl’ sorusunu soran ve bunun cevabını verebilenlerin yani bilgi üretenlerin çağı olmuştur. Bu dönemde bilgi ve teknoloji arasındaki ilişkinin artması ile üretim sistemlerinde bir kez daha köklü bir değişim yaşanmıştır (Dursun, 2014:32). Dünya ilk sanayi devriminin gerçekleştiği zamandan itibaren aslında ikiye ayrılmıştır. Bu ayrım sanayisine önem veren, geliştiren ve üretimi daha verimli hale getirmeye çalışan ülkeler ile sadece tüketmeyi bilen, üreten ülkelere muhtaç, yeniliklerden bihaber ve her zaman geri kalmaya mahkum ülkeler arasındadır. Üçüncü Sanayi Devrimi sürecinde bilim, teknoloji ve sanayide yaşanan gelişmeler aradaki uçurumu kapanması zor bir şekilde açmıştır.

Üçüncü Sanayi Devrimi’ne damga vuran gelişmeler, ulaşım ağlarının genişlemesi, iletişim araçlarının yaygınlaşması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmaya başlanması, bilgisayarın icadı ve kullanımının artması, internetin icadı ve uzay çalışmalarının yoğunlaşması olarak sıralanabilir. Özellikle Amerika ve Sovyetler Birliği arasındaki rekabet uzay çalışmalarının hız kazanmasına neden olmuştur. Dünya Savaşları sonrasında füze ve roket çalışmaları ile uzay çağının tohumları atılmıştır (Erdem, 2018:436). 1957 yılında Sovyetler Birliği Sputnik I isimli ilk yapay uyduyu uzaya fırlatmayı başarmış ve bu sayede uzay çağını başlatmıştır (NASA, 2011). Bunun karşılığında Amerika 1958 yılında ‘İleri Araştırma Projeleri Ajansı’ni kurarak internet üzerine çalışmalar yapmaya başlamıştır (Gülel, 2013:65).

Bugün hemen hemen her evde olan bilgisayarın kullanımının yaygınlaşması ile bilginin dijitalleşmesi döneme adını vermiştir. ENIAC adlı bilgisayar, 1946 yılında Amerika’da yapılmıştır (Çokokumuş, 2012:52). ENIAC’ın öncesinde saniyede beş işlem yapabilen Mark 1 isimli bir bilgisayar icat edilmiştir (Ayvaz, 2008:5). Ancak bu dönemde bilgisayar sadece askeri alanda kullanılmıştır. Bilgisayarın ticarileşip önce işletmelere daha sonra da evlere girmesi Endüstri 3.0 dönemi içerisinde gerçekleşmiştir.

Bilgisayarın ticarileşmesinde IBM şirketi büyük rol oynamıştır. 1952 yılında tanıtımını yaptıkları IBM 701, saniyede 17.000 talimatı yerine getirebilecek güce sahipti. Hemen akabinde geliştirilen IBM 7090 saniyede 229.000 hesaplama yapabiliyordu. Bu bilgisayar Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri tarafından kullanılmıştır (IBM, 1950s). Şirket daha sonra bilgisayarların iş dünyasında oynayacağı rolü öngörmüş ve pazarlama stratejisini bu yönde revize etmiştir. Bu süre zarfında bilgisayarların verimini artıracak yazılımlar ve donanımlar geliştirilmiştir. Gelişmeler ışığında 1960'ların sonuna gelindiğinde yeni bir endüstri doğmuştur (IBM, 1960s). 1970'li yılların başında ise bilgisayar tamamen günlük hayata girmiştir (IBM, 1970s). Bu duruma 1976 yılında piyasaya sürülen Apple I isimli bilgisayar da katkı sağlamıştır. Bu zamana kadar icat edilen telgraf, telefon, radyo ve bilgisayar kitlesel iletişimi mümkün kılan cihazlardır ve her biri icat edildiği döneme damga vurmuştur.

Bilgisayarların günlük hayata girmesi iş süreçlerini dijitalleştirmiştir. Ancak bilgisayarlara asıl ününü kazandıracak teknoloji internettir. 1969 yılında Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı'nda ARPANET isimli ağın kurulması internetin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Gülel, 2013:65). Uzun süre devlet bünyesinde tutulan internetin kullanıcı sayısının artması onun ticarileşmesine ortam hazırlamıştır. 1991 yılında Ulusal Bilim Kurumu'nun internetin ticari kullanımına izin vermesiyle yeni bir iletişim platformu ortaya çıkmıştır (Soysal, 2006:482). Kısa süre içerisinde kullanımının yaygınlaşması bilgiye erişimi hızlandırmıştır. 1990'lı yılların sonuna doğru bilgisayar ve internetin hayatı kolaylaştırıcı etkisi anlaşılmış ve bu teknolojiler önce işyerlerine daha sonra da evlere girmiştir. Tarih boyunca hiçbir teknolojik gelişme bu kadar hızlı bir şekilde benimsenip, kullanılmaya başlanmamıştır. 21. yüzyılın ilk on yılında internete bağlananların sayısı 350 milyondan 2 milyarın üstüne çıkmıştır (Schmidt ve Cohen, (Çev. Ümit Şensoy) 2015:12).

Üretim süreçlerinin ve iş yapış şekillerinin dijitalleşmesi bilgisayar ve internetin kullanımının yaygınlaşması ile başlamıştır. İlk olarak kağıtlarda saklanan bilgiler dijital ortama taşınmıştır. Daha sonra bilgisayar imalat süreçleri ile entegre hale getirilmiş ve üretim süreci elektronikleşmiştir. Bu noktada üretim şekillerini ileri teknolojiler ile dönüştürmeyi başaran işletmeler müşteri taleplerine hızlı bir şekilde

cevap verebilmişlerdir.

1970’li yıllardan itibaren uluslararası ticaretin artması yoğun bir rekabet ortamı yaratmıştır. Bunun yanında işletmeler yeni girdikleri pazarlarda farklı taleplerle karşılaşmışlardır. İşte bu noktada ürünler daha karmaşık bir hal almıştır. Ürünlerin yapılarının değişmesiyle, uluslararası pazarlarda yer tutmak isteyen işletmeler geleneksel üretim sistemlerini bir kenara bırakmışlardır. Esnek bir imalat sistemi ise bilgisayarlar ile yoğun bir bağ sayesinde gerçekleştirilmiştir. Bu dönüşüm bize otomasyon kavramını tanıtmıştır.

‘Otomasyon, bir imalat dizisini, her noktasında insanın işe karışmasına gerek bırakmaksızın denetleyen, bir kontrol ünitesi veya mikroişlemci aracılığı ile yapacağı işler önceden kendisine öğretilen, sayısal sinyallerle aldığı talimatlar doğrultusunda kendisine öğretilen görevleri insan emeği ile kıyaslanamayacak derecede daha hızlı, hatasız ve daha ucuza yapılmasını sağlayan ve özgün olarak negatif bir geri besleme sistemi kullanan kontrol sistemidir.’(Özturan ve Tanrıtanır, 2004:30)

Tanımdan da anlaşıldığı üzere otomasyon ile gerçekleştirilen üretimde emek faktörüne olan ihtiyaç azalmaktadır. Bu yeni imalat sistemi, özellikle işsizliği artıracak konusunda toplumda kaosa neden olabilir. Teknolojik işsizlik olarak karşımıza çıkan bu kavram Keynes’in 1931 yılında yazdığı ‘Essays in Persuasion’ kitabında açıkladığı üzere kısa vadede sıkıntı yaratsa da uzun vadede büyük bir lütuftur (Keynes, 2011’den aktaran Rifkin, (Çev. Levent Göktem) 2015:15). Ayrıca sistem insandan vazgeçen bir özellik taşımamaktadır. Tam tersine insana değer veren bir yapısı vardır. Bu sistem basit, herhangi bir değer teşkil etmeyen iş süreçlerinden insan katkısını çekerek, bu gücü katma değer yaratabilecekleri alanlarda kullandırmaya çalışmaktadır.

Özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinde bilgi teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması ardı ardına yeni teknolojilerin gelişimine imkan tanımıştır. İşyerlerine giren bu teknolojiler, geleneksel metotların bir kenara bırakılmasına neden olmuştur. Bu noktada son moda teknolojiyi üretim sistemlerine adapte edemeyen işletmeler ya kapanmış ya da üretimlerini ucuz işgücü temin edebilecekleri Uzak Doğu’ya kaydırmışlardır. Bu dönemde aldığımız ürünlerin etiketine baktığımızda gördüğümüz

hep aynı ülke olmuştur.

Markalaşmanın öneminin anlaşıldığı bu dönemde işletmeler üretimi ucuz bir şekilde gerçekleştirip, kaynaklarını daha çok tanıtım ve pazarlama için kullanmışlardır. Bu nedenle Endüstri 3.0 sürecinde özellikle büyük şirketler, üretim merkezlerini işgücünün bol ve ucuz olduğu Çin'e kaydırmıştır. Bu durum Çin'i küresel pazarlarda ciddi bir rakip haline getirmiş ve birçok ülkenin imalat endüstrilerini olumsuz etkilemiştir (Özekicioğlu vd., 2014:58). İşte bu durum yıllarca dünyaya mal satan batıyı rahatsız etmiştir. Tekrar üretimi eline geçirmek için işgücünden ucuz, verimli ve hızlı bir imalat sistemini mümkün kılan, bir dizi teknolojinin başı çektiği yeni bir sanayi devrimi sürecine geçilmesinin temel nedeni budur.

Üçüncü Sanayi Devrimi sürecinde bir sonraki devrimin temel teknolojileri olarak tarihe geçecek buluşlar yapılmıştır. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin en önemli teknolojileri arasında yer alan 'Nesnelerin İnterneti' (Internet of Things – IoT – Nİ) kavramı ilk kez bu dönemde tanımlanmıştır. 1999 yılında Kevin Ashton tarafından ortaya atılan bu kavram, nesnelerin kendileri arasında ve ayrıca insanlar ile de iletişim kurabilecekleri bir yapıyı temsil etmektedir. Bu teknoloji bir işletmenin tüm bileşenlerini birbirine bağlantılı bir sistem haline getirmektedir (Banger, 2016:100). Ancak bu teknoloji Ashton tarafından açıklandıktan sonra çok fazla kullanım alanı bulamamıştır. Bunun temel nedeni o yıllarda bu teknolojiyi destekleyecek alt yapının yetersiz kalmasıdır. Müthiş bir vizyon ile geliştirilen bu teknoloji, ileride değeri anlaşılan verinin, sadece insanlardan değil, nesnelere de toplanmasının önünü açmıştır. Çeşitli altyapı sorunlarına çözüm üretildikten sonra Nİ gibi teknolojilerin birçok sektörde derinlemesine bir değişim yaratabileceği anlaşılmıştır. Bu gelişmeler ile Dördüncü Sanayi Devrimi süreci başlamıştır.

1.1.4. Endüstri 4.0

Sanayileşme tarihine baktığımızda başından beri sürekli bir değişim sürecinin yaşandığını görüyoruz. Aslına bakıldığında bu değişimi tetikleyen kişisel ürün talep eden tüketicilerdir. İlk sanayi devriminden itibaren üretimde sırasıyla makineler, elektrik ve bilgi teknolojileri kullanılmıştır. Bugün ise üretimde Nesnelerin İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemler kullanılmaktadır. Bu iki dev teknoloji sürecin otomatik bir şekilde işlenmesini sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 devrimi tüketicinin talebiyle başlayan sürecin dijitalleşmesini ifade etmektedir. Üçüncü Sanayi Devrimi'nde imalat süreçlerinin dijitalleşmesi üzerine odaklanılmış, daha çok üretimde kullanılan makinelerin otomasyonu için çalışmalar yapılmıştır. İçinde bulunduğumuz Dördüncü Sanayi Devrimi'nde ise sadece imalatın değil bir işletmenin tüm değer zincirinin dijital entegrasyonu söz konusudur. Özellikle değer zincirinin bir halkası olan müşterilerin sürece entegre edilmesi ürünlerin bireyselleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

2011 yılında Almanya'da düzenlenen ve dünyanın en büyük sanayi fuarı olan Hannover Fuarı'nda ilk kez tanıtılan Endüstri 4.0 rekabetin yeni adıdır. Alman Hükümeti konunun üzerine gitmiş ve 2012 yılında bir takım kurmuştur. Bu takım bir yıl çalıştıktan sonra 2013 yılında Almanya, sanayisini 'Endüstri 4.0' adı altında dönüştüreceğini tüm dünyaya duyurmuş ve endüstrisini 3.0'dan 4.0'a geçirmek için bir yol haritası hazırlamıştır. Bu sayede Endüstri 4.0 resmi bir kimlik kazanmıştır. Ayrıca Endüstri 4.0'ı stratejik bir girişim haline getirip 'Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planı'na dahil etmiştir (Kagerman vd. 2013'ten aktaran Mrugalska ve Wyrwicka, 2017:469). Bu devrimin başarıyla hayata geçirilmesi için araştırma ve geliştirme faaliyetlerine uygun sanayi politikaları belirlenmelidir. Bu noktada aşağıdaki sekiz kilit alanda eyleme ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir (Acatech, 2013:6-7):

- Standardizasyon ve referans mimarisi: Endüstri 4.0'ın kazanımlarından olan, bir işletmenin değer zincirinin entegrasyonu, birkaç farklı şirketin değer ağları üzerinden ağ kurmasını ve entegrasyonunu içermektedir. Bu işbirlikçi ortaklık ancak ortak bir standartlar kümesi geliştirildiğinde mümkün olacaktır.
- Karmaşık sistemlerin yönetimi: Artan ürün ve üretim sistemleri karmaşıklığına karşın uygun planlama ve açıklayıcı modeller bu karmaşıklığın yönetimi için bir temel hazırlayabilir.
- Endüstri için kapsamlı bir geniş bant yapısı: Güvenilir, kapsamlı ve yüksek kaliteli iletişim ağları bu devrimin temel gereksinimleridir.
- Güvenlik: Kritik öneme sahip gerekliliklerden bir tanesidir. Bunun temel nedeni işletme için kritik öneme sahip tüm bilgilerin artık sanalda saklanıyor olmasıdır. Bu noktada kötüye kullanım ve yetkisiz erişimin

önüne geçileceği önemli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

- İş organizasyonu ve tasarımı: Akıllı fabrikalarda çalışanların rolü büyük ölçüde değişecektir. Bu fabrikalarda bir nitelik gerektirmeyen işler robotlara devredilecek ve çalışanlara daha fazla sorumluluk alma ve kişisel gelişimlerini hızlandırma fırsatı sunulacaktır.
- Eğitim ve sürekli mesleki gelişim: Endüstri 4.0 çalışanların iş ve yeterlilik profillerini kökten değiştirmektedir. Bu nedenle işletmede uygun eğitim stratejileri geliştirilmeli ve sürekli mesleki gelişimi mümkün kılacak bir kurum kültürü oluşturulmalıdır.
- Düzenleyici yasal çerçeve: Değişen yapı ve mevcut yenilikler göz önünde bulundurularak mevcut mevzuatın da uyarlanması bir gerekliliktir.
- Kaynak verimliliği: Yüksek maliyetlerin yanı sıra, imalat sanayinin büyük miktarda hammadde ve enerji tüketimi de çevre ve tedarik güvenliği için tehdit oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 doğası gereği kaynakların etkin kullanımında ve verimlilikte kazançlar sağlayacaktır. Akıllı fabrikalara yapılması gereken ek yatırımlar ile üretilen potansiyel tasarruflar arasındaki dengeyi hesaplamak gerekecektir.

Endüstri 4.0'ın bir sonucu olarak, dünya çapında milyarlarca makine, sistem ve sensör birbiriyle iletişim kuracak ve bilgi paylaşacaktır (Siemens, 2016). Bu iletişim Nİ teknolojisi sayesinde gerçekleşmektedir. Nİ teknolojisi, sadece nesnelere değil, aynı zamanda süreçleri, verileri, insanları ve hayvanları birbirine bağlayan dijital iletişimin yeni adıdır. Endüstri 4.0 teknolojileri içerisinde merak edilen teknolojilerin başında gelmektedir. Bu yüzdendir ki kavramın Kevin Ashton tarafından ortaya atılmasının üzerinden yaklaşık on yıl sonra akla gelebilecek her tip cihaz, 10 Milyon sensör tarafından Nesnelerin İnternetine bağlanmış duruma gelmiştir (Rifkin, (Çev. Levent Göktem) 2015:81). 2020 yılına kadar 21 milyar cihazın ağa bağlanacağı tahmin edilmektedir (NTV, 2016).

Endüstri 4.0'ın hedeflerinden bir tanesi günümüz fabrikalarını akıllı hale çevirmektir. Akıllı fabrika, ürünlerin, üretim süreçlerinin ve tedarik zincirlerinin artan karmaşıklığı karşısında, bilgi teknolojileri yardımıyla tüm süreçlerde esneklik sağlayabilen fabrikalardır. Bilgi teknolojileri, telekomünikasyon ve üretimin birleştiği akıllı fabrikalarda, üretim araçları daha özerk hale gelmekte ve bu sayede

insan müdahalesine gerek duymadan kendi kendine organize olabilen fabrikalar ortaya çıkmaktadır. Bu bütünleşik sistem ile üretimin her aşaması izlenebilir, süreçlerdeki sorunlara anında müdahale edilebilir ve gerçek zamanlı olarak tedarik zincirinden bilgi sağlanabilmektedir. Akıllı fabrika için verilebilecek en güzel örneklerden bir tanesi Siemens'in 1989 yılında Amberg'de kurduğu fabrikadır. Aslında Siemens burayı teknoloji üssü olarak tanımlamaktadır. Bu fabrikada iş süreçleri, bilgisayarlar, makineler ve robotlar yardımıyla yürütülmektedir. Durum böyle olunca bine yakın ürün üreten fabrikada insan gücüne olan ihtiyaç sadece %25'lik kısmı kapsamaktadır (Sarı, 2016). Bir başka güzel örnek olarak, General Elektrik'in Gebze'de ki Güç Transformatörleri Fabrikası verilebilir. Fabrika'nın 'akıllanma' dönüşümüyle, üretimde %30'luk verimlilik artışı, üretim süreçlerinde %25, stok seviyeleri ve maliyetlerde %20 oranında bir azalış beklenmektedir (Kabaklarlı, 2016:42). Şu an Endüstri 4.0 dönüşümünü başlatanlar örneklerde verildiği gibi büyük işletmelerdir. Bu noktada işletme kültürü büyük bir önem taşımaktadır. Yeniliklere açık işletmelerin dijital dönüşümü tamamlaması çok daha hızlı gerçekleşmektedir. Ancak devrimin getirilerini toplumun uç noktalarına kadar yayabilmemiz için bu değişim sürecine orta ve küçük ölçekli işletmeleri de dahil etmemiz gerekir. Bu entegrasyonu sağladığımızda akıllı sistemi yönetebilen, gerektiğinde müdahale edebilen, makinelerle çalışmayı başarabilen nitelikli iş gücüne ihtiyaç artacaktır. Bu demektir ki girilen dijitalleşme sürecinin altının doldurulabilmesi için açılması gereken ilk kapı eğitimidir.

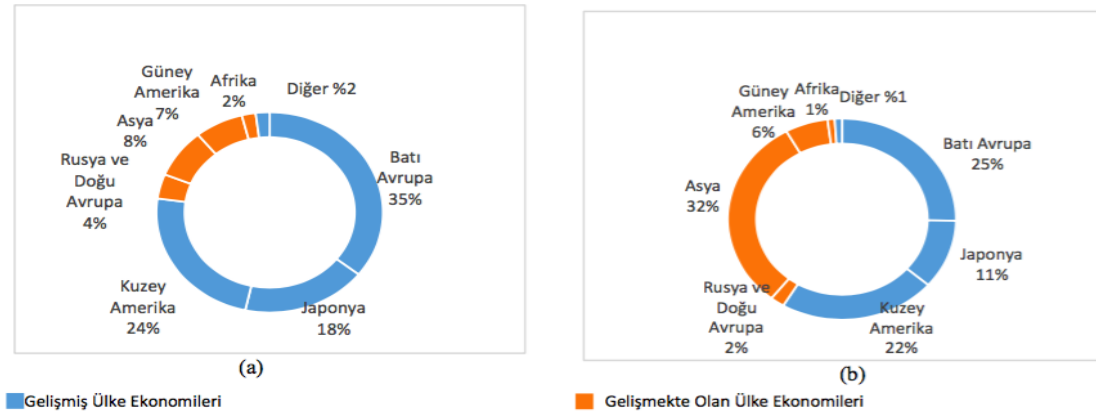
Günümüz fabrikalarını akıllı hale çevirmeye yarayan teknolojilerin başında Nesnelerin İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemler (SFS) gelmektedir. Nİ teknolojisi ile işletmenin yatay ve dikey entegrasyonu gerçekleşmektedir. Yatay entegrasyon ile işletmenin ekosisteminde bulunan diğer paydaşlar birleştirilirken, dikey entegrasyonda yöneticiler, çalışanlar, işletme bünyesinde bulunan tüm birimler, makineler ve mekanlar birbirine bağlanmaktadır (Banger, 2016:100). SFS, fiziksel dünya ile sanal bilgi işlem dünyasını birleştiren teknolojidir. Bu kavram ilk kez 2006 yılında Lee tarafından fiziksel dünya ile bağlantılı bilgisayar sistemlerinin önemine değinmek için kullanılmıştır (Alçın, 2016:23). Lee (2006), bu teknolojinin 20. yüzyıl teknolojilerini geride bırakacak bir potansiyele sahip olduğunun altını çizmiştir. SFS, imalat, mühendislik, malzeme kullanımı, tedarik zinciri ve ürün yaşam döngüsü yönetiminde yer alan endüstriyel süreçlerde temel iyileştirmeleri kolaylaştırır. Bu

sistemler ile işletmeler, makinelerini, depolama sistemlerini ve üretim tesislerini birleştiren küresel ağlar kurabileceklerdir (Acatech, 2013:5).

Avrupa'nın 'Geleceğin Fabrikaları', Amerika'nın 'Endüstriyel İnterneti' ve Çin'in 'İnternet +'ı, Endüstri 4.0 çerçevesinde yeni bir dijital üretim vizyonunu tanımlamaktadır (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 469). Avrupa özellikle son yirmi yılda sanayide kaybettiği zemini Endüstri 4.0 ile geri kazanmayı amaçlamaktadır (Berger, 2014:3). Bu amaç doğrultusunda Avrupa'da 2020 yılına kadar 140 Milyar Euro'luk yatırım gerçekleştirilmesi beklenmektedir (Çelik vd., 2018:87).

2011 yılında gelişmekte olan ülkelerin sınai değer payları %40 civarındaydı. Bu oran 1990'lı yıllar ile karşılaştırıldığında müthiş bir artışı gözler önüne seriyordu. Buna karşılık Batı Avrupa ülkelerinde bu oran %36'dan %25 seviyelerine kadar düşmüştür (Qin vd., 2016:173).

Şekil 2 1991(a) ve 2001(b) Yıllarındaki Üretim Katma Değer Oranları



Kaynak: Çelikaş vd., 2015:30

Endüstriyel krallığı geri isteyen batı hızlı, yıkıcı ve tüm süreçleri dönüştüren bir başlangıç yapmıştır. Bu devrim temelde üç ayak üzerine kurulmuştur. Bunlar hız, esneklik ve verimlilik. Müşteriyi tam merkezine yerleştiren bu sistem, müşteri profilini göz önünde bulundurup taleplere en hızlı şekilde ve kişiselleştirilmiş ürünler ile cevap verebilmektedir. Bunu gerçekleştirirken, insan, makine, malzeme, enerji vb. gibi üretim girdilerinde tasarruf sağlayabilmektedir.

Tüm açıklamalar dahilinde Endüstri 4.0'ın tetikleyicilerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Teknolojiye dayalı, güçlü, çevik, hızlı bir sanayiye sahip olmak,
- Özellikle Almanya'nın dünya çapında bir teknoloji tedarikçisi konumuna yerleşme isteği,
- Avrupa'nın endüstrisini eski gücüne kavuşturma hedefi,
- Artan nüfusa karşın azalan kaynakların daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılması gerekliliği,
- Endüstriye bağlı çevresel kirliliğin önüne geçmek için, doğaya saygılı üretim yapma gerekliliği,
- Tüketici taleplerine hızlı, inovatif ve kişiselleştirilmiş ürünlerle cevap verme isteği,
- İnovasyona dayalı ekonomik büyüme ile rekabet gücünü artırma,
- Düşük maliyetlerle üretimi gerçekleştirme,
- Yatırımcıları Güneydoğu Asya ülkelerine çeken ucuz işgücüne karşın güçlü teknoloji ile yatırımları Avrupa'da tutma isteği ve
- Özellikle Avrupa ülkelerinde yaşlı nüfusun her geçen gün artması ve doğum oranlarının düşüklüğü sonucunda işgücü arzında meydana gelebilecek problemleri ortadan kaldırmak amacıyla, sanayide insana olan ihtiyacı minimuma indirecek teknolojilerle üretimi gerçekleştirmektir.

1.1.4.1.Endüstri 4.0 Teknolojileri

Her devrim sürecinde olduğu gibi Endüstri 4.0'ın da teknolojik itici kuvvetleri vardır. Bu teknolojiler, 3D yazıcılar, Nİ, SFS, akıllı fabrikalar, büyük veri ve analizi, artırılmış gerçeklik, bulut bilişim, siber güvenlik, simülasyon, sistem entegrasyonu ve otonom robotlardır. Bugün büyük bir merakla anlamaya çalıştığımız bu teknolojiler, değişim hızı göz önünde bulundurulduğunda kısa bir süre sonra hayatımızın merkezine oturacaktır. Aslına bakıldığında bu teknolojiler Endüstri 4.0'ın başlangıcı olarak gösterilen 2011 tarihinden önce de mevcuttu. Hatta bu nedenden dolayı Endüstri 4.0'ı, Endüstri 3.0'ın uzantısında bir evrim olarak değerlendirenler, yani bunun gerçek bir devrim olmadığını savunanlar vardır (Klieve vd. 2015'ten aktaran, De Felice vd. 2018:1643). Bu noktada değinilmesi gereken iki önemli konu vardır. Bunlardan ilki bu teknolojilerin devrimden önce var olmasına karşın endüstride kullanımlarının üzerine gidilmemiş olmasıdır. Bunun bazı nedenleri olmakla birlikte en başta internet alt yapısının bu gelişmeleri destekleyecek

nitelikte olmaması yatar.

2012 yılında piyasaya sürülen IPv6 protokolü ile bu sorun ortadan kalkmış ve akıllı nesnelerin internet üzerinden iletişim kurmalarına yarayacak yeterli sayıda adres bulunmuştur. Ağ probleminin ortadan kaldırılması ile internet tabanlı bu teknolojilerin kullanımı yaygınlaşmış, dolayısıyla bir kez daha yeni teknolojilerin çevreye, işletmeye, işletme ekosistemine, çalışana ve müşteriye sağladığı yararlar ortaya konmuştur.

İkinci olarak ise imalatta rekabetçi olan ülkelerin durumu fark etmeleri ve devletlerin küresel rekabette üstünlük sağlamalarına yardımcı olacak bu yeni teknolojileri bir başlık altında toplamak istemeleri yatmaktadır. Bu noktada da başı dünyanın imalatta en rekabetçi ülkelerinden biri olan Almanya çekmiştir. Başka bir yadsınamaz durum ise Endüstri 4.0 teknolojilerine olan ilginin yine devrimden sonra artmış olmasıdır. Bu noktada basit bir örnek verilebilir. Google Trends internet üzerinden aranan kelimelerin popülerliğini ortaya koyan bir Google servisedir. Bu platform üzerinden Endüstri 4.0'ın en popüler teknolojileri arasında yer alan Nesnelerin İnterneti için bir arama yaptığımızda özellikle 2012 yılından itibaren ilginin arttığını görebiliriz. Devrimin yaratacağı etkileri daha net bir şekilde görmek için bu teknolojilerin tek tek açıklanması sürecin anlaşılmasını kolaylaştıracaktır.

1.1.4.1.1. Nesnelerin İnterneti

2012 yılında piyasaya sürülen yeni internet protokolü ile Nesnelerin veya Hizmetlerin İnterneti için gerekli internet alt yapısı sağlanmıştır. Bu demektir ki artık bir ağ ile bilgileri, nesnelere, insanları ve aslında akla gelebilecek birçok şeyi birbirine bağlamak mümkün hale gelmiştir. Nİ ile ağa bağlı cihazların yapabildiği işlemleri geliştirebilir veya daha önce mümkün olmayan yeni bir senaryoyu etkinleştirebiliriz (Google, 2018). Nİ, iletişim, ağ ve bilgi işlem teknolojilerine dayanan çok sayıda bağlı cihazdan oluşan küresel bir ağ altyapısı olarak düşünülebilir (Tan ve Wang 2010'dan aktaran He vd., 2014:2233). Bu teknoloji ile insan-nesne ve/veya nesne-nesne iletişimi gerçeğe dönüşmektedir. Akıllı evler, şehirler, giysiler, saatler ve daha birçok şey Nİ sayesinde ortaya çıkmıştır.

Nİ, günümüzde kullandığımız cihazlar ve nesnelere arasındaki iletişim biçimlerini internet ağlarını kullanarak geliştirmeyi amaçlayan bir kavramdır

(Alarcón vd., 2016:3). Bu iletişim radyo frekansıyla tanımlama (RFID) ve kablosuz sensör ve aktüatör ağı (WSAN) gibi birbirine bağlı teknolojiler sayesinde gerçekleşmektedir (Oral ve Çakır, 2017:174). Bu bütünleşik ağ bir işletme içerisindeki canlı cansız her şeyi birbirine bağlamasının yanı sıra işletmenin değer zincirinin entegrasyonunu ve birlikte çalışabilirliğini destekleyen bilgi alışverişini içerir. Bu akıllı ağın, verimlilik, üretkenlik, kalite ve maliyetler üzerine olumlu etkisi vardır. General Electric tarafından yürütülen bir araştırmada, akıllı bir sanayi interneti sayesinde elde edilecek verimlilik ve üretkenlik artışının 2025 yılına kadar tüm sektörler için etki edeceği tahmin edilmektedir (Rifkin, (Çev. Levent Göktem). 2015:81) Bu teknoloji üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler (Gonzales ve Djurica, 2015:1):

- Nesnelerin kendileri,
- Nesnelere birbirine bağlayan bir iletişim ağı ve
- Nesnelere tarafından alınan veya gönderilen verileri işleyen ve kullanan bilgisayar sistemleridir.

Nİ, akıllı fabrikalar, akıllı ürünler ve akıllı servislerin temelini oluşturmaktadır (Kagerman vd. 2015'ten aktaran Alçın, 2016:25). Bu kadar büyük bir teknolojinin sadece imalat süreçlerine etki edeceğini düşünmek büyük bir yanlışlıktır. Örneğin, bugün Nİ ile müşterilerden toplanan veriler pazarlama stratejilerini doğrudan etkilemektedir. Telefon, tablet gibi her an elimizin altındaki teknolojilerin yanı sıra bugün kolumuza taktığımız saat bile akıllı hale gelmiştir. Bu cihazlar sürekli olarak bizlerle ilgili verileri toplamaktadır. Ziyaret ettiğimiz siteler, incelediğimiz ürünler, sipariş verdiğimiz yemekler ve daha birçok konuda akıllı cihazlar bizi izlemekte ve veri üretmektedirler. İşte bu veriler bugün işletmeler için altın değerinde bilgilerdir. Müşterisinin zevk ve tercihlerini bilen bir firma ürün geliştirmede rakipsiz olacaktır. Yine aynı şekilde sağlık sektörü de bu teknoloji ile sağlanan üretkenlik artışından büyük kazanç elde edecektir. Sağlık sektöründeki verimsizliğin %59'u endüstriyel internetin hayata geçirilmesiyle ortadan kalkabilecek niteliktedir (Rifkin,(Çev. Levent Göktem) 2015:81).

1.1.4.1.2.Siber-Fiziksel Sistemler (SFS) ve Simülasyon

Endüstri 4.0'ın ortaya koyduğu üretim vizyonu için gerekli teknolojilerden bir

tanesi de Siber-Fiziksel Sistemlerdir. SFS, fiziksel dünya ile siber kısmın internet üzerinden entegrasyonunu sağlayan sistemlerdir (Alçın, 2016:23). Entegrasyonun sağlanmasında, yazılım sistemleri, iletişim teknolojileri, sensörler ve aktüatörlerden yararlanır.

Endüstri 4.0'ın fiziksel ayağını gömülü sistemler olarak da adlandırabileceğimiz SFS oluşturmaktadır (Banger, 2017: 57). Bu sistemler, sensör, aktüatör ve işlemci ağı mimarisi aracılığıyla karmaşık endüstriyel süreçler üzerinde geniş kontroller sağlayabilmektedirler (Wang vd. 2008:1). SFS, üretim sürecinde internet üzerinden veri erişimine, işlenmesine ve bu verinin gerektiğinde kullanımına olanak sağlar.

Şekil 3 Siber-Fiziksel Sistemlerde İnsan-Makine Etkileşimi



Kaynak: Broy, 2010'den aktaran, Brettel vd. 2014:38

Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri ise süreçlerden makinelere, üretimden lojistik ağlara kadar tüm üretim seviyelerinde ve süreçlerinde duruma bağlı olarak birbirleriyle bağlantı sağlayabilen, özerk ve işbirlikçi ögeler ve alt sistemlerden oluşur (Monostori, 2014:10).

Fiziksel dünya ile siber süreçlerin birleşimi, fiziksel nesne veya sistemlerin bire bir dijital karşılıklarını ifade eden 'Dijital İkiz' kavramını yaratmıştır (Dengiz, 2017:39). İlk kez 2010 yılında NASA tarafından kullanılan bu kavram, gerçek dünya koşullarını analiz etmek, değişikliklere yanıt vermek ve işlemleri geliştirmek için kullanılabilir (Erturan ve Ergin, 2018:815). Fiziksel nesnelerin yada süreçlerin sanal ortamda simülasyonu ile oluşturulan dijital ikiz sayesinde fiziksel ile sanal dünya arasında bir köprü kurulmaktadır.

Türkçede benzetim anlamına gelen simülasyon, 4.0 teknolojileriyle donatılmış bir fabrikada fiziksel sistemin sanal kopyasını ifade eder. Bu teknoloji sayesinde süreçlerin gelişimi takip edilebilir ve gerçekleşmesi muhtemel sorunlara önceden müdahale edilebilir. Bu da işletmeye zaman, maliyet ve risk yönetimi bakımından avantajlar sağlamaktadır (Çelen, 2017:10).

1.1.4.1.3.Büyük Veri ve Analizi

Büyük veri, büyük hacim, hız ve çeşitlilik özelliklerinden bir veya daha fazlasına sahip veri kümelerine verilen isimdir. Büyük veri dendiği zaman aklımıza ilk olarak verinin hacim olarak çokluğu-genişliği gelmektedir. Ancak büyük veri sadece bu açıdan değerlendirilebilecek bir kavram değildir. Büyük verinin hacmi, çeşitli kaynaklardan elde edilen verileri ifade etmektedir. Hız özelliği verinin üretim hızını ifade eder ve çeşitlilikten anlamamız gereken de verinin yapısal olup olmadığıdır.

Büyük veri sensörlerden, cihazlardan, ağlardan, günlük dosyalardan, işlemsel uygulamalardan, web ve sosyal medyadan büyük ölçekte ve çoğunlukla gerçek zamanlı olarak üretilir (IBM). Üretim ve hizmet işletmelerinde süreçleri optimize etme, kaynakları verimli kullanma, kaliteyi koruma ve artırma amacıyla kullanılmaktadır (KPMG, 2017). Bu kavram hayatımıza Google tarafından 2003 yılında sokulmuştur. Google tarafından yayınlanan makalede dağıtık dosya sistemi ile verinin nasıl depolanabileceği anlatılmıştır (Ghemawat vd. 2003'ten aktaran Aktan, 2018:12). 2000'li yılların başından itibaren bilgisayar ve internet kullanımının yaygınlaşması veri artışına yol açmıştır. Nİ ile tüm veriler anlık paylaşılmakta ve her gün 2.5+ exabayt veri oluşturulmaktadır. Bu noktada artan veriden anlamlı sonuçlar çıkartmak işletmeler için önemli bir konudur. Veri analitiği olarak tanımlayabileceğimiz bu işlem daha iyi ve daha hızlı karar almak üzere ve bu veri yığınınından anlamlı bilgiler elde etmek için yapılan bir veri analizidir.

Dünyanın önde gelen denetim ve danışmanlık şirketi Deloitte müşterilerine büyük veri analiz desteği sağlamaktadır. Aynı şekilde Google müşterilerine veri analizinin operasyonel zorluklarını ortadan kaldıran bir dizi hizmet sunmaktadır. IBM, işletmeleri analitik odaklı yapmak için bir hizmet portföyü sunmaktadır. Apple, büyük veri ve makine öğrenimi üzerine çalışan ve Fortune 500 şirketlerine hizmet

veren Tuplejump şirketini satın almıştır (Demirel, 2016). KPMG de bu konuda yenilikleri yakından takip etmektedir. Şirket vergilemede büyük veri döneminin başladığına dikkat çekmekte ve vergide veri analitiğinin önemine değinmektedir. Bu noktada idarelerin vergi toplama sürecindeki verimliliklerinin arttığı, mükelleflerin vergi düzenlemelerine kolay adapte olmakta ve vergi yönetiminde stratejik analiz yapabilmektedirler (KPMG, 2017).

Büyük şirketlerin bu konunun üzerine gitmelerinin en büyük nedeni verinin günümüzde büyük bir öneme sahip olmasıdır. Bu veri yığınının analizi ve sonucunda anlamlı bilginin elde edilmesi ve bunun kullanılması ise çok daha önemlidir. Bu veriyi kullanabilenler, gelecekle ilgili daha net öngörülerde bulunabilir, iş yapılarını geliştirebilir, araştırma-geliştirme ve uygulama faaliyetlerini daha somut bir şekilde gerçekleştirebilirler (Doğan ve Arslantekin, 2016: 16).

Günümüz karmaşık ve bağlı dünyasında yüksek performanslı bir işletme hayalimiz varsa bu makine-otomasyon-iletişim üçgeniyle veri bilimini birleştirerek gerçekleştirilebilir. Bu birleşim işletmenin verimliliğini ve üretkenliğini doğrudan etkilemekle birlikte, müşteri taleplerinin daha kolay anlaşılıp, ürünlerin bu verilere göre geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

1.1.4.1.4. Bulut Teknolojileri ve Siber Güvenlik

Bulut teknolojileri, bugün hayatımızın her alanında kullandığımız bilgi teknolojilerine esneklik katan ve büyük verinin depolanmasını sağlayan teknolojilerdir. Bulut teknolojileri ile şirketler için büyük önem taşıyan veriler bilgisayarlarda değil bulut denilen ortamda depolanmakta ve ihtiyaç anında bu verilere erişim sağlanmaktadır. Burada bulut sözcüğü bir metafor olarak kullanılmakta ve internet üzerinden sunulan hizmetleri tanımlamaktadır.

Bulut bilişim veri toplama, sınıflandırma ve işleme gereksinimleri için bir çözüm aracıdır (Aksu, 2017:83). Bu amaçla bir çok şirket, Amazon ve Google gibi büyük şirketlerin sunduğu hizmetlerden yararlanmaktadır. Amazon bu konuda müşterilerine ihtiyaçları doğrultusunda hizmet sunabileceği ‘Amazon Web Services’ isimli bir platform kurmuştur. Kapsamlı bir hizmet ve çözüm paketi sunan şirket, kullanıcılarına bulutun çevikliğinden, ölçeğinden ve performansından yararlanma olanağı sağlamaktadır (AWS). 2006 yılında kurulan şirket, müşterilerine Amazon

Simple Storage Service (Amazon S3) adı altında nesne depolama hizmeti sunmaktadır. S3'ün özellikleri, veri taşıma ve depolama, veri erişim denetimlerini yapılandırma ve uygulama, verileri yetkisiz kullanıcılara karşı güvene alma, büyük veri analizlerini yürütme ve gerek nesne gerekse klasör seviyesinde verileri izleme olarak sıralanabilir (AWS).

Google Cloud IoT, işletmelerin iş çevikliğini artırıp daha hızlı karar almalarını sağlayacak bir platformdur. Google Cloud IoT, tüm dünyaya yayılmış cihazlara kolay ve güvenli bir şekilde geniş ölçekli olarak bağlanıp bunları yönetmemize ve bu cihazlardaki Nİ verilerini kullanmamıza izin verir. Aynı zamanda bu verileri gerçek zamanlı olarak işleyebilir, analiz edebilir, gerektiğinde operasyonel değişiklikleri uygulamaya koymamıza ve harekete geçemize olanak sağlayabilir. Bu hizmet ile veri analizini gerçekleştirmek için yüksek maliyetli alt yapılara olan ihtiyaç ortadan kalkar. Bulut teknolojisi bu noktada büyük bir konfor, hız ve maliyet tasarrufu sağlarken operasyonel verimliliği de artırmaktadır (Google Cloud).

Kurumların ihtiyaçları doğrultusunda servis sağlayıcılar çeşitli hizmetler sunabilir. Bunları aşağıda açıklandığı üzere IaaS, HaaS, PaaS ve SaaS başlıkları altında toplayabiliriz:

- Hizmet Olarak Altyapı (IaaS): Şirketlere bulut bilişim desteği sağlayan hizmet sunucuları, işletmeleri bu konuda altyapı masrafı yapmaktan kurtarmaktadır. Sunucu, depolama, ağ bileşenleri gibi altyapı hizmetlerinden yararlanan kullanıcılar, tedarikçiye kaynak kullanımları kadar ödeme yaparlar (Tayaksi, vd. 2016:73).
- Hizmet Olarak Donanım (HaaS): İsminden de anlaşılacağı üzere kullanıcılara üretim donanımına erişim sağlar. Bazı kaynaklarda IaaS ve HaaS birbiri yerine kullanılmaktadır. IaaS daha çok bilgi teknolojileri altyapısı sağlamaktadır. HaaS, müşterilerinin önceden yapılmış yatırımlar olmadan, ihtiyaç duydukları şekilde tedarikçilerden donanım kiralamasını sağlar (Wu, vd. 2014:9).
- Hizmet Olarak Platform (PaaS): Tüketicilerin ihtiyaçları doğrultusunda web uygulamalarının oluşturulmasına izin veren bilgi işlem platformlarına erişim sağlar. PaaS, web uygulaması yaşam döngüsünün (oluşturma, test

etme, dağıtma ve güncelleştirme) tamamını desteklemek üzere tasarlanmıştır (Microsoft Azure).

- Hizmet Olarak Yazılım (SaaS): Yazılım ve yazılım lisansı maliyetini ortadan kaldıran bir hizmettir. Kullanıcılar ihtiyaçları olan yazılımı bilgisayarlarına kurmadan bu hizmetten yararlanabilir. Kısacası tüketicilerin yazılım lisansı satın almadan, uygulama yazılımına erişmesini sağlar.

Bulut bilişimin, verilere erişimi kolaylaştırması, zaman ve maliyet tasarrufu sağlaması, iş kararlarının daha etkin alınması ve süreçlere esneklik katması gibi faydaları vardır (Ciğer ve Kınay, 2018:630). Ayrıca bulutta saklanan veriler ürünün tasarımı, üretim şekli, miktarı gibi son derece önemli konularda da yön gösterir. Bulut tabanlı üretim (BTÜ), kişisel ürün üretimini basitleştiren, ağa dayalı ürün geliştirme modelini ifade eder. BTÜ, teknolojiye ve ağa dayalı ve merkezi olmayan üretim şeklidir. BTÜ, temelde üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar (Tayaksi, vd. 2016:74):

1. İhtiyaç doğrultusunda taleplerde bulunan kaynak kullanıcıları,
2. Hizmet olarak fiziksel kaynak sağlayıcılar,
3. İkisinin arasında köprü görevi yapan bulut teknolojisidir.

Üretim veya diğer süreçlerden elde edilen verilerin bulutta saklanması, işletmeye bir çok konuda esneklik kazandırmaktadır. Ancak burada bu verilerin güvenli bir şekilde saklanması da büyük önem taşımaktadır. İşletmeler için çok değerli olan bu verilerin sanal saldırılar sonucunda çalınıp, karşılığında para istendiği şeklinde birçok haber ile karşılaşmaktadır. Bu noktada siber güvenlik, günümüz sorunlarından bir tanesidir. Gerekli tedbirler alınmazsa işletmeler ve hatta devletlerin başına dert açabilir. Bu nedenle otoriteler bu konuda bazı önlemler almaktadır. Siber saldırılar, bir siber alana izinsiz ve kötü niyetli olarak yapılan saldırılardır. Bu tarz bir saldırı karşısında ağları, bilgisayarları, programları ve verileri koruyan teknolojilere siber güvenlik teknolojileri denir (Bilim ve Sanayi Bakanlığı, 2018:27).

BITCOM (Federal Bilgi Teknolojileri, Telekomünikasyon ve Yeni Medya Derneği) tarafından gerçekleştirilen ‘Sanayinin Korunması’ adlı anket sonuçlarına göre, Almanya’da her on sanayi şirketinden yedisi son iki yılda sabotaj, veri

hırsızlığı ve casusluk faaliyetlerine maruz kalmışlardır. Şirketlerin üçte ikisini vuran siber saldırılar sonucunda 50,5 milyar dolarlık bir zarar meydana gelmiştir (Hürriyet, 2018). Bu durumun önüne geçilmesi için bilgi teknolojilerinin yeteneklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

1.1.4.1.5.Üç Boyutlu (3B) Yazıcılar

Üretimin daha düşük maliyetli ve daha az kaynak kullanımıyla gerçekleştirilmesi için geliştirilmiş üretim teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Bu durum, her teknolojik gelişimde üretim yönteminin de değişmesine neden olmaktadır. Bugün üretimde değişiklik yaratacak bir dizi teknolojinin oluşturduğu yeni bir devrim içerisindeyiz. Bu teknolojilerden bir tanesi de 3B yazıcılarıdır. Klasik imalat yöntemlerini bir kenara iten eklemeli imalat, üç boyutlu karmaşık yapıları tasarlama ve üretme özgürlüğü getiren yenilikçi bir imalat yöntemidir. Bu teknoloji ile üç boyutlu bir bilgisayar çizimi gerçek bir nesneye çevrilebilir. 3B yazıcı teknolojisi 1980'li yılların başında Charles Hull tarafından icat edilmiş, Scott Crump tarafından geliştirilmiş ve 1990'da ticarileştirilmiştir (Schubert vd. 2013:159; Özdoğan, 2018:5). 2006 yılında Repap Projesi ile de bilinirliği artmıştır (EBSO, 2015:10). Üç boyutlu yazıcılar ile gerçekleştirilen eklemeli imalat, dijital verileri ve girdi olarak hammaddeyi kullanarak tabaka tabaka parça üreten bir üretim tekniğini ifade etmektedir (Baumers, vd. 2011: 2228).

Geleneksel imalat yöntemlerini kullanmadan 3B yazıcılar, plastik, metal ve seramik gibi malzemeleri kullanarak, katmanlı bir şekilde nesne üretimini mümkün kılmaktadırlar. Bu tarz bir üretim doğrudan kaynak israfının önüne geçmektedir. Ayrıca emek gücüne olan ihtiyaç, elektrik kullanımı, maliyetler, kişiselleştirilmiş ürün tasarımı, üretim için gerekli alan ve daha bir çok konuda iyileştirme sağlanmaktadır. Eklemeli imalatta insan faktörü daha çok işin yazılım kısmında yer almakta, üretimi doğrudan yazıcılar gerçekleştirmektedir. Bu durum üretim esnasında insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmaktadır.

Eklemeli imalat, tedarik zinciri dinamiklerini iyileştirmek için talep üzerine üretime geçilmesine yardımcı olur (Liu vd. 2014:1169). Talep üzerine üretimde stok tutma ve ürünleri depolama ihtiyacı ortadan kalkar. Ancak burada stok tutmama maliyetlerini göz önünde bulundurmamak gerekir. Müşteri ürünü hemen almak

istiyorsa, onu üretim için bir süre bekletmek müşterinin kaybedilmesine neden olabilir. Klasik imalat yöntemlerine göre daha hızlı çalışan bu sistem aradaki bekleme süresini elimine etmektedir. Bir diğer güzel yanı ise üretimin müşterinin talepleri doğrultusunda şekillendirilmesidir. Bunun sonucunda da başından beri önemini vurguladığımız kişiselleştirilmiş ürünler çok daha az kaynak kullanımıyla ve kısa sürede üretilmektedir. Aynı zamanda bir tasarım değişikliğine ihtiyaç duyulduğunda herhangi bir ek maliyet ya da süreye gerek olmamaktadır (Banger, 2017:147).

3B baskı teknolojilerinin sektörel kullanımları, prototipleme, ürün geliştirme, inovasyon, maliyet tasarrufu ve verimlilik artışı amaçları çerçevesinde şekillenmektedir (Özdoğan, 2018:6). Bu teknolojinin sanayide kullanımı henüz yaygın olmasa da bu durum kısa bir süre içerisinde değişecektir. Ayrıca sadece imalat sektöründe değil sağlık, gıda, tekstil gibi sektörlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Bir örnek olarak Foodini adındaki yazıcı verilebilir. Bu yazıcı hiçbir müdahaleye gerek kalmadan gerçek malzemeler ile pizza, makarna, hamburger ve kurabiye yapabilmektedir.

1.1.4.1.6.Otonom Robotlar

Endüstri 4.0 ile gerçekleştirilen üretimin altında, birbirine bağlantılı ve öğrenebilen süreçler yatmaktadır. İnsan faktörünü basit ve herhangi bir katma değer yaratmayan işlerde kullanmak yerine daha etkili olabileceği alanlara yönlendirmeyi amaçlayan bu devrim, üretimde bu tarz işleri robotlara yaptırmaktadır. Endüstri 4.0'ın otonom robotları, belli bir iş tekrarından sonra öğrenme kabiliyetine sahip robotlardır. Dünyaca ünlü endüstriyel robot üreticisi Kuka, öğrenme yeteneğine sahip akıllı robotlarına 'Industry-4.0 Ready' demektedir. Bu tarz robotlar insanlarla birlikte çalışabildiği için daha çok Kobot (Cobots) olarak adlandırılmaktadır. İş birliği ve robot kelimelerinin birleşiminden oluşan Kobot, birçok endüstriyel süreçte rahatlıkla kullanılabilir (Gök, 2018).

Kobot (Kollobratif Robot), Endüstri 4.0'ın en belirleyici özelliklerinden olan insan-robot işbirliğinde, insanların asistanları olarak çalışmakta ve işgücünün kapasitesini artırmaktadırlar (Fırat ve Fırat, 2017b:213, 222). Ayrıca robotların endüstrilere girmesi üretimin hiç durmadan devam etmesine olanak sağlamaktadır.

Hastalanmayan, yorulmayan, hiç durmadan çalışma ve üretim hızına ayak uydurma kapasitesine sahip bu robotlar, Endüstri 4.0'ın 'Karanlık Fabrikaları'nın temel taşıdır.

Endüstriyel robotların iş yapış şekillerini değiştirmesi ve üretimde insan gücüne ikame olarak kullanılması paniğe yol açabilir. Bu önyargının yıkılması için devletlere ve işverenlere bazı işler düşmektedir. Öncelikle bu konuda ki bilinç artırılmalı ve robotların getireceği olumlu etkiler ortaya konulmalıdır. Daha sonra ise bu olumlu etkilerin sürdürülebilirliğini sağlamak için iş tanımları yapılırken, çalışanlar becerileri doğrultusunda yönlendirilmelidirler.

Uluslararası Robotik Federasyonu'nun verilerine göre, 2019 yılında 2,5 milyondan fazla endüstriyel robotun iş başında olacağı tahmin edilmektedir. Bu 2016 ile 2019 arasında yıllık ortalama %12'lik bir büyüme oranını temsil etmektedir (IFR, 2016:17). 2017 yılında yayınlanan çalışmada, robotların üretkenlik ve rekabeti artırdığı, artan verimlilik sonucu yeni iş fırsatları yarattığı, otomasyonun iş gücü talebinde artışa yol açtığı ve robotların emeği tamamlar nitelikte olduğu ortaya konulmuştur (IFR, 2017:2).

'Made in China 2025' başlıklı bir planla endüstrisini güçlendirmeyi amaçlayan Çin, robotik endüstrisi için en güçlü büyümeyi gösteren ülkedir (Fırat ve Fırat, 2017b: 217, 219). Aynı zamanda Çin, 2020 yılına kadar dünyanın en yoğun 10 otomasyonlu ülkesinden biri olmayı hedeflemektedir. 2017 yılında Avrupa ve Amerika'da toplam 112.400 adet robot satılırken, Çin tek başına 138.000 adet satış yapmıştır (IFR, 2018). Robotik endüstrisi alanındaki gelişmelerle dikkat çeken bir diğer ülke ise Hindistan'dır. Gelişmekte olan Asya ekonomileri arasında kendini gösteren Hindistan'da 2009 yılından beri robot kurulum sayısı hızla artmaktadır (IFR, 2019).

1.1.4.1.7.Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AG), sanal ortamların veya kullanıcıyı tamamen yapay bir ortama çeken sanal gerçekliğin bir varyasyonudur (Azuma, 1997:355). 1992 yılında ilk kez Thomas Preston Caudell tarafından tanımlandıktan sonra bu alanda araştırmalar başlamıştır (Shaljami, 2018:4). Azuma (1997) çalışmasında bu teknolojiyi üç özelliği ile birlikte değerlendirerek, gerçeği ve sanalı birleştiren, gerçek zamanlı olarak etkileşimli ve üç boyutlu olarak algılanan bir sistem olarak

tanımlamıştır.

Bugün imalat endüstrisinin yanı sıra eğitim, sağlık, hizmet, pazarlama ve eğlence sektörlerinde de kullanılmaktadır. Apple, Samsung, Google gibi ileri teknoloji şirketleri geliştirdikleri teknolojilerle insanların sanal dünya ve içindeki nesnelere etkileşime geçmesine imkan sağlamaktadır.

Gerçeklik kavramının sanal ve artırılmış olarak ikiye ayrıldığını belirtmekte yarar vardır. Çünkü çoğu zaman bu iki kavram karıştırılmakta veya aynı şeyi ifade ettikleri düşünülerek birbirleri yerine kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik, bilgisayarlar tarafından taklit edilerek oluşturulmuş bir ortamı tanımlar (Banger, 2017:50). Bir gözlük takarak, kendimizi oyun ortamında bulduğumuzda bu sanal gerçeklik ile sağlanmıştır. Bu durumda gerçek dünya ile iletişim ortadan kalkar, çevremizdeki değil sentetik dünyadaki nesnelere görmeye başlarız. Artırılmış gerçeklikte ise gerçek dünya ile etkileşimde kalmaya devam ederiz. Bu teknoloji bizim gerçek dünyayı daha zenginleştirilmiş bir halde algılamamızı ve görmemizi sağlar (GE Türkiye Blog, 2017). AG, ses, veri, görüntü ve grafiklerin gerçek dünya görüntülerine eklenerek, gerçek ve sanal nesnelere aynı ortamda birlikte algılanmasını sağlayan bir teknoloji olarak ifade edilebilir (İçten ve Bal, 2017:111).

Google kurduğu ARCore isimli platformda, bu teknoloji ile ilgili deneyimlerini ortaya koymaktadır. ARCore, farklı API'ler kullanarak telefonumuzun çevresini algılamasına ve etkileşime geçmesine olanak tanımaktadır. Apple ARKit ile tasarlanan Ikea Place uygulaması AG için güzel bir örnektir. Bu uygulama kanepeler, koltuklar ve sehpalara kadar her şeyin üç boyutlu ve gerçek ölçekli modellerini içerir. Böylece uygulama üzerinden odamızı taratıp rahatlıkla sanal ortamda dönebiliriz.

Bu teknoloji üretimin dijitalleşmesine yardımcı olmaktadır. AGCO isimli traktör üreticisi firma üretim hattında Google Glass'ı aktif olarak kullanmaktadır. Giyilebilir bir teknoloji olan Google Glass ile üretim programlarının verimliliği, kalitesi ve güvenliği artmaktadır. Şirketin 2016 yılında yaptığı bir araştırmada, bu ileri teknolojinin üretkenliğe ve ürün kalitesine olumlu etki sağladığı ortaya konulmuştur (AGCO). Ürünün tasarım aşamasında da bu teknolojiden yararlanılmaktadır. Üretime başlamadan önce müşterilere ürünün özelliklerinin

tanıtılmasına ve son halinin gösterilmesine imkan sağlayan AG, ürüne olan talep üzerinde de pozitif etki sağlamaktadır. Kendi sanal gerçeklik laboratuvarını kuran Ford, aracın üretimine başlanmadan önce sanal gerçeklik gözlükleriyle ürünlerin iç ve dış tasarımlarını inceleyebilmekte ve gerekli düzenlemeleri yapabilmektedir (GE Türkiye Blog).

1.1.4.1.8.Sistem Entegrasyonu

Entegrasyon kelimesi bütünleşmiş bir sistemi tanımlamak için kullanılmaktadır. Sistem entegrasyonu (SE), bir işletmenin sunduğu mal ve hizmetlerin ortaya çıkması ve sunulmasında ihtiyaç duyulan her türlü birimin ve sürecin birleştirilip tek bir sistem haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. SE ile ifade edilen kavramın işlevsel bir şekilde çalışabilmesi için öncelikle yatay, dikey ve uçtan uca mühendislik entegrasyonlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu entegrasyonlar sayesinde gerçek zamanlı veri akışı sağlanabilir.

SE sadece tek bir işletmenin kendi içindeki entegrasyonunu ifade etmemektedir. İşletmenin birimlerini ve tasarım, üretim ve nakliye gibi süreçleri entegre etmesi dikey entegrasyon olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanı sıra işletmenin ekosisteminde yer alan diğer işletmelerle olan entegrasyonu da söz konusudur. Bu ise yatay entegrasyon olarak tanımlanır. Yatay entegrasyon firmanın tedarikçileri veya dış sistemlerle kurduğu entegrasyonu ifade etmektedir. Yatay ve dikey entegrasyon sayesinde oluşturulan işbirlikçi yapı, süreçlerin esnek, sorunsuz ve daha hızlı ilerlemesine olanak sağlar. Yatay ve dikey entegrasyonların en başından en sonuna kadar takip edilmesi ise mühendislik entegrasyonu ile sağlanmaktadır. Uçtan uca entegrasyon, değer zinciri optimizasyonuna katkı sağlamaktadır. Üretim veya diğer süreçlerden elde edilen verinin işletme içinde ve diğer paydaşlarla birlikte işlenmesine olanak sağlayan entegrasyonlar, ekosistem içerisinde yer alan tüm şirketlerin rekabet düzeylerine olumlu katkı sağlayacaktır.

1.1.4.1.9.Akıllı Fabrikalar

Endüstri 4.0, işletmede, esneklik, verimlilik, hız ve kalitede iyileşme sağlarken, maliyetler ile kaynak ve işgücü kullanımında minimumu hedeflemektedir. Bu hedefi gerçekleştirmek için bir dizi teknolojiye dayanılmaktadır. Endüstri 4.0'ın akıllı fabrikaları, üretim süreçlerinin tüm karmaşıklığına rağmen, son

teknolojiden yararlanarak, durmadan, hızlı ve hatasız bir şekilde üretimin gerçekleştirildiği fabrikalardır. Akıllı fabrikaları Endüstri 4.0'ın bir sonucu olarak değerlendirebiliriz. Bu fabrikalar her bir fiziksel sistemi izlemek, yönetmek, gerektiğinde müdahale etmek ve geliştirmek için sensörlerle doludur. Üretim belli bir sistematiğe oturtulduğunda, insana daha çok denetim, kontrol ve sistemin iyileştirilmesinde iş düşmektedir. Mevcut endüstriyel süreçlerin yenilikçi bilişim teknolojileri ile entegrasyonu, üretimin tam otomatik olarak gerçekleşmesini mümkün kılar.

Bu devrim, akıllı üretimin yapılabildiği akıllı fabrikalar kurma vizyonu etrafında şekillenmiştir. Çin'in aynı üründen çok ucuza ve çok fazla bir şekilde ürettiği ürünler, bu fabrikalarda farklı şekillerde, hızlı bir şekilde, çok sayıda, hatasız ve ucuza üretilebilmektedir. Bu fabrikalarda sensörler ve çipler yardımıyla insan-nesne etkileşimi yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Bunun için Nİ ve SFS akıllı fabrikaların ana teknolojileridir. Almanya Ticaret ve Yatırım Ajansı'na (GTAI) göre, üretim sistemlerinde siber-fiziksel sistemlerin kullanılması akıllı fabrikaları doğurmaktadır (GTAI, 2014:10). Buraya kadarki açıklamalarımız doğrultusunda akıllı fabrikaların özellikleri şu şekilde ifade edilebilir (EBSO, 2015:16):

- Karmaşık üretim süreçleri hızlı ve sorunsuz bir şekilde yönetilebilir,
- Bu fabrikalardan çıkan ürünler daha sorunsuz ve daha uzun ömürlüdür,
- Aynı üretim hattında hem seri üretim hem de müşteri ihtiyaçlarına göre özel üretim yapılabilir,
- İnsan-makine etkileşimi yoğundur,
- Ürün özelleştirme çalışmaları, en ideal sistem ve akıllı derleme yoluyla gerçekleştirilir,
- Küresel pazarlarda rahatlıkla tutunabilirler.

Endüstri 4.0 vizyonu altında gerçekleştirilen üretimin faydaları göz önünde bulundurulduğunda, fabrikasını akıllı hale dönüştürmek istemeyen bir girişimci olamaz. Ancak şu an için bu dönüşümü başlatanlar, belli bir teknolojiye sahip olan büyük şirketlerdir. Dönüşüm özellikle teknoloji-yoğun çalışan sektörlerde daha hızlı gerçekleşmektedir. Emek-yoğun sektörlerde ise teknolojiye erişim de bazı sıkıntılar vardır. Bunların başında teknolojiye sahip olmak için yapılacak yatırıma kaynak bulunamaması yatmaktadır. Bu sorunun aşılmasında devletlerin teşvik ve destekleri

büyük rol oynamaktadır. Bir diğer sorun ise basit tezgahlarda çalışmaya alışan bir personeli son teknolojilerle donatılmış bir fabrikaya soktuğunuzda oluşacak dirençtir. Bu direnci kırmak için en önemli unsur kurum kültürüdür. Öncelikle personelin iyi bir şekilde eğitilmesi gerekmektedir. Ayrıca bir personele yapması için sadece tek bir iş öğretilmemelidir. Personel, teknolojiyi işini kaybetmesine neden olabilecek bir faktör olarak görürse yeni sisteme karşı direnç gösterebilir. Bu da süreçlerin aksamasına neden olabilir. Özetlemek gerekirse, kurum kültürü, çalışanların akıllı makineler, süreçler veya robotlarla çalışacak bilgiye sahip olup olmadıkları ve en önemlisi girişimcinin teknolojiye sahip olma maliyetlerini karşılayıp karşılayamayacağı fabrikaların akıllı hale dönüşmesinde belirleyicidir.

1.1.4.2.Endüstri 4.0'ın Potansiyel Gücü

Çalışmanın önceki kısımlarında Endüstri 4.0'ın getireceği faydalardan sıkça bahsedilmiştir. Bu başlık altında Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi'nin 2013 yılında yayımladığı bildirisinden yararlanılarak, Endüstri 4.0 girişiminin potansiyeli ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Acatech, 2013):

- Müşteriyi, tasarım, planlama ve üretim gibi süreçlere dahil ederek müşteri gereksinimleri maksimum fayda ile karşılanabilir. Üretim hattı esnek bir hale getirildiğinden ürün ile ilgili son dakika değişiklikleri bir problem yaratmaz. Bu zamana kadar kitlesel üretimden elde edilen karlar, Endüstri 4.0'da küçük hacimlerle yapılan üretimden de sağlanabilir. Bu devrim kitlesel üretimi, özelleştirilmiş kitlesel üretime dönüştürmektedir.
- SFS tabanlı özel ağ, kalite, zaman, risk, sağlamlık, fiyat ve çevre dostu olma gibi iş süreçlerinin farklı yönlerinin dinamik olarak yapılandırılmasını sağlar. Bu durumu süreçlerin esnek bir yapıya kavuşması olarak tanımlanmaktadır. Bu durum, tedarik zincirinin kısalmasına, malzeme israfının önüne geçilmesine, mühendislik işlerinin daha çevik hale gelmesine, üretim sırasında meydana gelebilecek değişikliklere sistemin sorunsuz uyum sağlamasına ve kısa sürede üretim artışına olanak sağlar.
- Endüstri 4.0, mühendislik alanındaki tasarım kararlarının erken doğrulanmasını sağlayan gerçek zamanlı uçtan uca şeffaflık sağlar. Bu

şeffaflık küresel pazarlarda başarılı olmak için ihtiyaç duyulan, kısa sürede doğru kararlar alınmasına yardımcı olur.

- Endüstri 4.0 için kaynakları verimli ve etkin bir şekilde kullanmak önem taşımaktadır. SFS, üretim süreçlerinin tüm değer ağı genelinde durumunu sürekli optimize ettiğinden, kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olur. Bu sistem belirli bir üretim çıktısını sağlamak için mümkün olan en düşük kaynak miktarını kullanmaktadır.
- Büyük veri sayesinde, değer yaratmanın farklı yolları ve yeni istihdam şekilleri ortaya çıkmaktadır.
- Nitelikli iş gücü kıtlığı ve iş gücünün artan çeşitliliği (yaş, cinsiyet vb.) karşısında Endüstri 4.0, insanların çalışmaya devam etmelerini ve daha uzun süre üretken kalmalarını sağlayacak çeşitli ve esnek kariyer yolları sağlayacaktır.
- Endüstri 4.0 iş-yaşam dengesine önem veren bir devrimdir. Çalışanların sürekli mesleki gelişimi kadar, kişisel gelişimlerini de önemsemektedir.

1.1.4.3. Endüstri 4.0'ın Beklenen Etkileri

Endüstri 4.0'ın beklenen etkileri maliyet, istihdam, hız, verimlik, fiyatlar, yatırım, ürün geliştirme, rekabet düzeyi ve ciro artışı kriterleri üzerinden değerlendirilebilir.

Çalışmanın en başından beri en çok Endüstri 4.0 ile yapılan akıllı üretimde eskiye nazaran maliyetlerin azalacağına vurgu yapılmıştır. Sanayide özellikle doğrudan üretimde çalışan mavi yakalı personele ihtiyaç, 4.0'ın dijital teknolojileri ile azalmaktadır. Aynı şekilde bu teknolojiler mühendislik giderlerini %30'a kadar düşürebilmektedir (Ersoy, 2016:48). Tüm bu iyileşmelerin sağlanabilmesi için dijital teknolojilere sahip olma gerekliliği unutulmamalıdır. Bu noktada maddi duran varlık yatırımları yapılmalıdır. Özellikle bu teknolojilerin ciddi bir ağ altyapıları olduğu düşünüldüğünde işletmelerin bu konu üzerinde de belirli yatırımlar yapmaları gerekecektir. Bu durum işletmelerin yatırım maliyetlerinin artmasına neden olacaktır. Yazılım sistemlerine yapılan yatırımlar da toplam içerisinde büyük bir paya sahiptir. Ayrıca akıllı üretim için fabrikalarda kullanılmaya başlanan robot ve makineler enerji maliyetlerini artırabilir.

Endüstri 4.0'ın istihdam üzerine etkileri iki karşıt görüş çerçevesinde değerlendirilebilir. Bunlardan ilki dijital teknolojilerin sanayide yoğun bir şekilde kullanımının teknolojik işsizliği artıracığı yönündedir. Federal Bilgi Teknolojileri Birliği tarafından yayınlanan en son raporda bu durumu destekleyen iddialar öne sürülmüştür. Raporda, robotlar ve algoritmalar nedeniyle her on kişiden birinin işini kaybedeceği iddia edilmektedir (Hürriyet, 2018). Karşıt taraf ise sanayinin büyümesi ile istihdam artışı olacağını ileri sürmektedir. Ancak bu istihdam kalifiye elemanlar için sağlanacaktır. Ayrıca sanayide yaşanan bu değişim ekonomi üzerinde olumlu etki yaratacak ve iş imkanları artacaktır (Gabaçlı, 2018:245). Endüstri 4.0'ın istihdam üzerindeki etkisini araştıran bir başka çalışma ise Pew Araştırma Merkezi tarafından yürütülmüştür. '2025'te Sayısal Hayat: Yapay zeka, robotlar ve işlerin geleceği' isimli anket çalışmasının sonucunda, 1.896 teknoloji yetkilisi ve analistin %48'i, üretimde robot kullanımının artması ile mavi ve beyaz yakalı personelin istihdamına gerek kalmayacağını düşünmektedirler. Geriye kalan %52'lik kısım ise işlerin büyük çoğunluğunun robotlara ve sayısal yapılara devredileceğini kabul etmekte, ancak 2025 yılında bu nedenden dolayı iş kayıplarının artmayacağını düşünmektedirler. %52'lik kesim, Endüstri 4.0 ile yeni iş modellerinin ortaya çıkacağını, yeni sektörler yaratılacağını ve bunun sonucunda da yeni istihdam alanlarının doğacağına vurgu yapmıştır (EBSO, 2015:39).

Dijital teknolojiler hızlı ve çevik bir sanayi oluşturulmasına yataklık etmektedir. Bu teknolojiler sayesinde değişen tüketici zevk ve tercihlerine hızlı bir şekilde cevap verilebilecek ve üretim ile ilgili her türlü süreç daha hızlı işleyecektir.

İşletmeler için son derece önemli bir kavram olarak verimlilik, üretim miktarı ile üretimin gerçekleşmesinde kullanılan girdiler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir kavramdır. Dolayısıyla verimlilik artışı belirli bir girdiyle daha çok çıktı sağlanması olarak ifade edilebilir. Dijital teknolojiler bu hedefe hizmet etmektedir. Bu bağlamda maliyetlerde sağlanan her türlü tasarruf verimliliği artıracaktır. Hammadde ve kaynak kullanımında sağlanan tasarrufun, verimlilik üzerinde %3 ile %5 arasında bir artış yaratacağı beklenmektedir (Crnjac vd., 2017'den aktaran Ünlü ve Atik, 2018:442).

Bir ürünün fiyatının belirlenmesinde, o ürünün üretiminde katlanılan maliyetler belirleyicidir. Maliyet kalemleri incelendiğinde en büyük pay işçiliğe

aittir. İnsanın sistemden çekilmesi, maliyetleri azaltacak bu da ürünün fiyatının yeniden belirlenmesinde etkili olacaktır. Aynı zamanda akıllı üretim başlığı altında kurulan sistemler ve kullanılan teknolojiler ürünün kalitesini artırmaktadır. Daha kaliteli ürünleri daha az maliyet ile üretmeyi başaran işletmeler bu durumu fiyat politikalarını oluştururken dikkate almaktadırlar.

Endüstri 4.0 teknolojileri ile üretim süresi kısalmaktadır. Bu durumda ürünler pazara daha hızlı bir şekilde çıkartılmaktadır. Endüstri 4.0 ile entegre hale gelen süreçler ürünlerin pazara çıkış sürelerini %25 ile %50 arasında azaltabilmektedir (Ersoy, 2016:48).

Akıllı üretim sayesinde, müşteri üretimin her aşamasında aktif rol alabilmektedir. Bu durum kişiselleştirilmiş ürün geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Ürünlerini geliştirmeyi ve çeşitlendirmeyi başaran işletmeler her zaman daha fazla müşteriye hitap edebilmektedir. Bu noktada kurulan esnek üretim hatları da bu geliştirilen yeni ürünlerin aynı hatta üretilmesine imkan sağlamaktadır. Bu durum işletmelerin farklı pazarlara açılıp yeni müşterilere ulaşmasını kolaylaştırmaktadır.

Bugün için dünya devlerine baktığımızda hepsinin aynı zamanda bir teknoloji devi olduğuna da görüyoruz. Bu durum artık günümüzde birbirine geçmiş iki kavram olarak değerlendirilebilir. Güçlenmek isteyen bir işletme önce teknolojik altyapısını güçlendirmelidir. Üretim süreçleri ile gelişmiş yazılım ve bilgisayar programlarını entegre hale getirebilen bir işletme inovatif ürünler üretebilecek ve bunlara olan talebi karşılamakta zorlanmayacaktır. Teknoloji sayesinde çok daha ucuza üretimini gerçekleştiren işletme aynı zamanda çok daha fazla pazarda çok daha fazla müşteriye hitap edebilecektir. Bu durum doğrudan ciro artışı ile sonuçlanacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM AKILLI ÜRETİM

2.1.AKILLI ÜRETİM

Endüstri 4.0, makineleri, sistemleri, süreçleri ve ağları akıllandırma vizyonu çerçevesinde şekil almış bir devrimdir. Burada akıl, insandan bağımsız bir şekilde çalışabilme, çoklu platformlarda iletişim sağlayabilme ve hesaplama yapabilme kabiliyetini tanımlar. İşte Endüstri 4.0 vizyonuyla dönüştürülen fabrikaların 'akıllandırma' yatırımı altında kazandıkları işlevler bunlardır. Akıllı fabrikalar bir teknoloji kümesinin bir araya gelmesiyle ortaya çıkmaktadır. Endüstri 4.0'ın etkilerinin daha somut bir şekilde hissedilmesi, bu fabrikaların sayıca artması ile doğru orantılıdır.

Akıllı fabrikalar bir terim olarak akıllı üretimin yapıldığı fabrikalar olarak da tanımlanmaktadır (Radziwon, vd., 2014:1185). Bu açıdan değerlendirildiğinde akıllı fabrika ve akıllı üretim kavramları ayrı bir şekilde düşünülemez. Akıllı üretim (AÜ), ABD kökenli bir kavram olmakla birlikte, son yıllarda endüstride ve akademide bir terim olarak kullanılması ona küresel bir anlam kazandırmıştır (Mittal vd., 2017:1). Akıllı üretim, dijital teknolojilerin ve robotların yoğun bir şekilde kullanılması ile gerçekleştirilen üretim olarak tanımlanabilir. Bu tarz bir üretim, verileri üretim sürecinin farklı aşamalarında kesintisiz olarak, en son algılama teknolojileri ve kablosuz bağlantılarla birleştirmeyi amaçlamaktadır (Zhang ve Kwok, 2018: 1278).

Endüstri 4.0'ın Almanya'da başladığını daha önce de belirtmiştik. Bu devrimin ismi anılmaya başladığı günden itibaren güçlü bir sanayinin öneminin farkında olan devletler, kısa bir süre içerisinde üretim süreçlerini dönüştürmek için kollarını sıvamışlardır. İlk adım olarak, ulusal planlar, stratejiler ve yol haritaları oluşturulmuş ve bunlar kurulan platformlarda yayınlanmıştır. Ülkelerin oluşturduğu ulusal programlarda, Endüstri 4.0 tanımlanmakta, sanayinin gelişmesi için ne gibi adımlar atılacağı belirtilmekte, sanayinin bilgisayarlaştırılması teşvik edilmekte ve güçlü sanayinin yaratacağı pozitif etkilerden bahsedilmektedir. Büyük imalatçı ülkelerin konunun üzerine bu kadar yoğun bir şekilde düşmelerinin başlıca iki nedeni vardır. Bunlar, üretimde rekabetçiliği koruma ve küresel pazarlarda daha yoğun bir şekilde yer tutma isteğidir. Bu hedefleri gerçekleştirme yolunda AÜ, geleneksel yöntemleri bir kenara iten yenilikçi bir modeldir. AÜ son derece geniş bir konsepti

tanımlamaktadır. Çünkü bu tarz bir sistemin etkin bir şekilde çalışabilmesi için tüm üretim ekosisteminin akıllı bir halde çalışması gerekmektedir. Bu noktada da karşımıza Nİ ve SFS çıkmaktadır. Tüm ekosistemin bir bütün haline getirilebilmesi için bu iki teknoloji kilit roledir. Şu anda bu tarz bir ortamda gerçekleştirilen üretim çok yaygın değildir. Ancak bir başlangıç olarak fabrikalar kendi içlerinde akıllandırma işlemlerine önem vermektedirler.

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından yayınlanan programda¹ AÜ, fabrikada, tedarik ağında ve müşteri isteklerinde değişen talep ve koşullara gerçek zamanlı olarak yanıt verebilen, tam entegre ve işbirliğine dayalı bir üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (NIST, 2014). NIST, ABD Ticaret Bakanlığı'nın bir ajansıdır ve Akıllı Üretim Liderlik Koalisyonu'na (SMLC) ait tek devlet kurumu olarak AÜ teknolojilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Kang vd., 2016:115). AÜ, doğru bilgi ve doğru teknolojinin, doğru zamanda ve doğru formda doğru insanlara ulaşmasını mümkün kılar ve bu sayede fabrikalarda ve tüm değer zincirlerinde doğru kararlar verilmesini güçlendirir (Wetzel, 2017:11).

AÜ, büyük veri, otomasyon, 3B yazıcılar ve simülasyon gibi birbirine bağlı farklı araçların entegrasyonunu temsil eden yeni bir üretim modelidir (Farina vd., 2016'dan aktaran, De Felice vd., 2018:1643). Bu tarz bir üretim modelini tanımlamak için karanlık üretim veya dijital üretim gibi kavramlar da kullanılmaktadır. Dijital üretim (DÜ), herhangi bir fiziksel prototipe gerek duyulmadan, üretimin sanal ortamda, dijital modellerle ve simülasyonlarla desteklenerek gerçekleştirilmesidir. Bu tarz bir sistemde fiziksel olarak üretime başlanmadan önce üretim için gerekli hammadde miktarı, ürünün dizaynı, üretim miktarı, maliyeti gibi önemli konularda hızlı ve doğru kararlar alınabilmektedir.

Akıllı üretim sistemleri, tedarik, üretim, ürün, lojistik ve hizmet gibi tüm üretim unsurlarını birbirine bağlar (Choi vd., 2015:22). Burada bu bütünlüğün sağlanmasında Nİ'nin büyük rolü vardır. Endüstri 4.0 sadece imalat sürecini dönüştürmeyi hedefleyen bir devrim değildir. Bu noktada özellikle ürünlerin daha müşteri odaklı gelişmesi için işletmeler satış sonrası hizmetlere de büyük önem vermektedir. Bu noktada karşımıza akıllı fabrikalarda üretilen akıllı ürünler

¹ Smart Manufacturing Operations and Control Program

çıkılmaktadır.

Şekil 4 Akıllı Ürün Üretimi



Akıllı ürünler, geleneksel ürünlerden temelde veri üretmesiyle ayrılmaktadır. Akıllı ürünler veya diğer bir tanımla bağlantılı ürünler, çevre ve kullanıcı ile etkileşime geçip, çeşitli verileri toplayıp, bunları işleyebilme yeteneğine sahip ürünlerdir. Özellikle pazarlama stratejileri için akıllı ürünlerden elde edilen veriler önem taşımaktadır. Bu tarz ürünlere yetenek ve işlevselliğini kazandıran yazılımlardır. Bunun yanı sıra akıllı ürünler, mikroçipler ve sensör teknolojisiyle desteklenmiştir. Sensörler sayesinde ürünler kendini yönetebilen bir yapıya kavuşmaktadır. Bu durum işletmeye ürünlerin ne kadarının satıldığı konusunda anlık bilgi vermektedir. İşletmeler bu ürünlerden topladıkları bilgilerle satış ve stok yönetimlerini daha doğru bir şekilde sürdürebilirler (EBSO, 2015:14).

2.1.1. Akıllı Üretimin Kilit Teknolojileri

Endüstri 4.0 devriminin teknolojilerinden birinci bölümde bahsedilmiştir. Bu başlık altında akıllı üretimi var eden kilit teknolojilerin, bu sistemi nasıl çalıştırdığı anlatılmaktadır.

Şekil 5 Akıllı Üretimin Kilit Teknolojileri



Üretimde Nİ ve SFS teknolojilerinin kullanılması süreçlerin daha esnek, daha güvenli ve daha hızlı bir şekilde sürdürülmesine imkan sağlar. Başarılı bir üretim süreci yönetimi, tedarik zincirinin daha doğru yönetimine, enerji ve altyapı maliyetlerinin azalmasına, daha az insanla daha çok iş yapılmasına ve satış gelirlerinde artışa yol açar (EBSO, 2015:13,14,15).

SFS, bilgisayar ve fiziksel yetenekleri birleştiren yeni nesil sistemlerdir ve bu sistemler geri bildirim döngülerine, üretim süreci ile ilgili iyileşmelere ve karar verme süreçlerine optimum destek sağlarlar (Hozdić, 2015:30). Aynı Nİ’de olduğu gibi SFS de insanlar, makineler ve ürünler arasındaki iletişimi sağlayabilir, nesnelere veri toplayıp bunları işleyebilir. Ayrıca bu sistemler sayesinde fabrika sanal ortamda izlenebilir ve hesaplama, iletişim, kontrol ve koordinasyon süreçleri etkin bir şekilde yönetilebilir.

Akıllı üretimin başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi için işletme ekosisteminde bulunan paydaşlarında bu teknolojileri kullanması gerekmektedir. Nİ, ekosistemin entegrasyonunu ve birlikte çalışabilirliğini destekler ve bilgi alışverişini mümkün kılarak akıllı üretim için entegre fabrikaların ortaya çıkmasına yardımcı olur. Endüstri 4.0 vizyonu ile çalışan fabrikalar, üretim sürecindeki gecikmeleri minimize ettiğinden, sistemin stoksuz çalışmasına imkan sağlar. Sağlam bir tedarik zinciri entegrasyonu ile üretimin doğrudan talebe bağlı olarak gerçekleştirilmesini mümkün kılar.

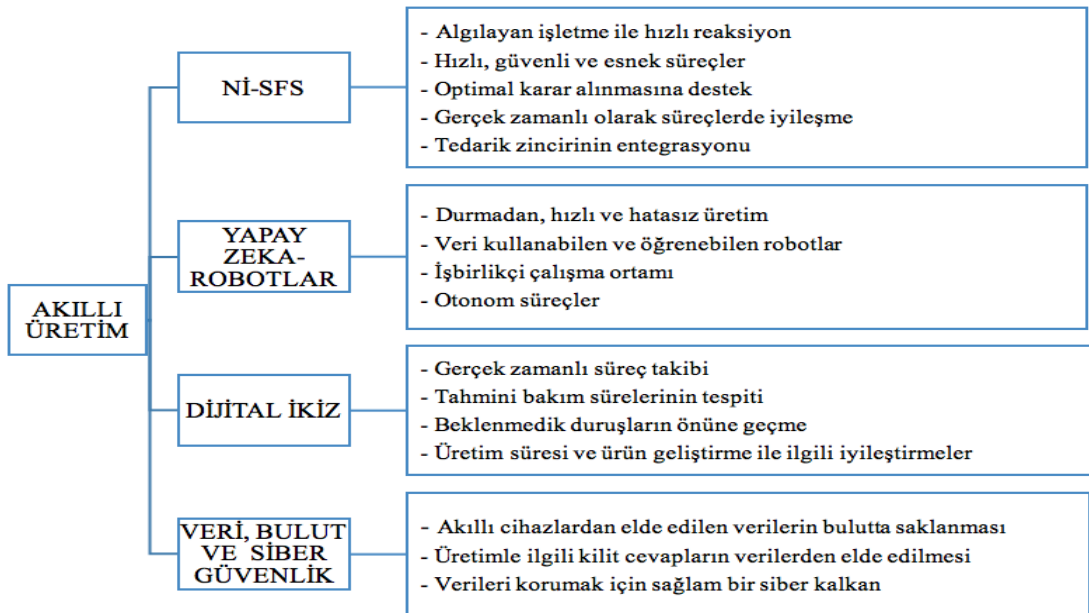
Endüstriyel robotlar akıllı üretimin olmazsa olmazı arasındadır. Ancak akıllı fabrikalarda kullanılan robotların diğerlerinden farklılıkları bulunmaktadır. Bunların başında, bu robotların yapay zeka teknolojisi sayesinde akıllı hale dönüşmeleri gelmektedir. Akıllı ağlar ve sensörler yardımıyla, akıllı robotlar verileri kullanabilmekte ve hareketlerini buna göre değiştirebilmektedirler. Bu durum bir robotun birden fazla işte çalışmasına imkan sağlamaktadır. Endüstri 4.0’ın endüstriyel robotlarına, işbirlikçi robotlar da denmektedir. Bunun nedeni bu robotların insanlarla da rahat bir şekilde çalışabilmesidir. Bir başka özellikleri ise bu robotların öğrenme yeteneğine sahip olmasıdır. Aynı hatta çalıştıkları insanların ne yaptıklarını izleyebilirler, görevlerini öğrenebilirler ve bunları yerine getirebilirler. Tüm bu kabiliyetler yapay zeka teknolojisi ile sağlanmaktadır.

Dijital ikiz, fiziksel bir sistemin veya sürecin sanal ortamda modellenmesini tanımlamaktadır. Modelleme yapılırken sistemden veya nesneleredeki sensörlerden elde edilen veriler ve sürecin işleyişiyle ilgili makul tahminler yapmak için algoritmalar kullanılmaktadır. Dijital ikiz sayesinde, üretim ile ilgili süreçler gerçek zamanlı olarak takip edilebilir ve tahmini bakım süreleri ortaya konulabilir. Bu teknoloji sayesinde, üretimde beklenmedik duruşlara yol açabilecek durumlar ortadan kaldırılır ve üretim ve ürün geliştirme ile ilgili süreçlerde iyileşme sağlanır.

Nesnelerden elde edilen veriler iletişim sistemleri yoluyla buluta aktarılır. Bu büyük miktardaki veri analiz edildikten sonra, ya sistemin iyileştirilmesi için ya da noksanlık olan bir kısmı düzeltmek için geri bildirim olarak gönderilebilir. Akıllı üretim yoğun otomasyon içeren üretimdir ve insana gerekmedikçe ihtiyaç duymaz. Üretimi gerçekleştiren akıllı cihazlar, üretimle ilgili gerekli bütün bilgileri buluttan çekip, bu bilgileri kullanabilirler.

Akıllı üretim ile veri kavramı ayrı düşünülemez. Veriler neyi, ne zaman, ne miktarda ve nasıl yapılacağına cevabını verir. İşte bu noktada siber güvenlik kavramı kilit konumdadır. Çünkü bu veriler sanal ortamlarda saklanmaktadır. Bu ortamlara yapılacak kötü niyetli bir saldırı, işletmenin bütün sistemini yerle bir edebilir.

Şekil 6 Akıllı Üretim Teknolojilerinin Süreçlere Etkileri



2.1.2.Akıllı Üretimin Faydaları

Buraya kadar ki açıklamalar doğrultusunda akıllı üretimin faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- Kaynak kullanımını minimuma iner, israf azalır,
- Yalın ve tam zamanında üretim gerçekleştirilebilir,
- Üretimin hızı artar,
- Tedarik zinciri yönetiminde etkinlik artar,
- Hatalı ürün miktarı azalır,
- Üretim bandı esnek bir yapıya kavuşur,
- Üretim süreci döngüsü kısalır,
- Otomasyon artar,
- Yenilikçi iş modelleri ortaya çıkar,
- İnsan-makine etkileşimi süreçleri hızlandırır,
- Denetim ve kontrol süreçleri kolaylaşır,
- Taleplere hızlı ve kişiselleştirilmiş ürünlerle cevap verilir,
- Müşteri ilişkileri yönetimi kolaylaşır,
- Rekabet gücü artar,
- Girilen yeni bir pazarda tutunma kabiliyeti artar,
- Optimal kararların alınmasını destekler,
- İnsan faktörü olabildiğince üretimden çekildiğinden, üretim hiç durmadan devam eder,
- Makinelere dayalı üretimde ışığa gereksinim olmadığından, üretim karanlık ortamda gerçekleştirilebilir,
- Nesnelere ağı bağlı olduğundan koordine bir şekilde süreçler yönetilir,
- Bulut tabanlı üretimde nesnelere üretimin nasıl gerçekleşeceği ile ilgili verileri buluttan çekerek kolaylıkla kullanabilirler,
- Süreçlere gerçek zamanlı olarak müdahale edilebilir,
- Üretim aşamasında meydana gelen bir değişiklik sürecin aksamasına neden olmaz,
- Sistem ve süreç kontrolleri aksamadan ve istenilen anda gerçekleştirilebilir,

- Çalışanların sağlığını tehdit eden işler, makineler veya robotlar tarafından yapılır,
- Üretim araçları sensörlerle donatıldığından, durumları her an izlenir ve arızalar gerçekleşmeden müdahale edilir,
- Tedarik, üretim, nakliye ve lojistik süreçleri entegre hale gelir.

2.1.3. Akıllı Üretimin Önündeki Engeller

Akıllı üretimin önünde halen aşılması gereken bazı engeller mevcuttur.

Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

- Fabrikaların geleneksel üretim yöntemlerini bırakması zordur. Burada hem kurum kültürü hem de işletmenin teknolojik bir altyapıya sahip olmaması AÜ sistemlerinin kurulmasının önünde büyük bir engeldir. Bunun tersi olarak yeni kurulan fabrikalara bu sistemi kurmak daha kolaydır.
- Teknolojik alt yapının (internet erişimi, internete erişim hızı, vb.) gelişmemiş olduğu yerlerde AÜ sistemlerinin uygulanması mümkün değildir.
- Yöneticilerin teknolojiye bakış açıları akıllı sistemlerin kurulmasında belirleyicidir. Özellikle ucuz iş gücünün temin edilebildiği ülkelerde bu tarz teknolojiye dayalı üretime karşı olan ilgi çok yoğun değildir.
- Ürünlerin müşterilerin istekleri doğrultusunda şekillenmeleri ürün çeşitliliğini artırmaktadır. Bu durum esnek üretimde bir sorun yaratmamaktadır. Ancak yine de bu durum üretici işletme ve tedarikçiler arasındaki etkileşimi daha karmaşık bir hale sokabilir (Banger, 2017: 205).
- Otomasyon ile akıllı makine ve robotların insanlara ikame bir hal alması niteliksiz iş gücüne olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. İşçi çıkarmaları sonucunda işletmeye karşı bir antipati oluşabilir. Bunun işletme prestijine olumsuz etkisi olabileceği düşüncesi girişimciyi sistemden uzak tutar.
- AÜ, teknoloji yoğun şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu tarz bir üretim için ciddi bir teknoloji altyapısı gerekir ve bunun gerçekleşmesi maliyetli bir süreçtir. Bu maliyetleri özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ) karşılayamamaktadır. Ayrıca bu sistemin bir kere yatırım yapıldıktan sonra bir ömür devam edecek bir yapısı yoktur. Süreç içerisinde girişimci yenileme maliyetleri gibi ek maliyetlerle de karşılaşacaktır. Bu noktada

devletlere de iş düşmektedir. Teşvik ve yardımlarla, akıllı üretimi destekleyen programlar bu sisteme olan ilgiyi artırabilir.

- AÜ, özellikle Endüstri 4.0 devrimi sonrasında ilgi gösterilen bir kavramdır. Yeni bir sistem olduğu için henüz uygulamaları yaygın değildir. Bu nedenle de henüz sonuçları net bir şekilde ortaya konulamamaktadır. Bu durum girişimcilerin sisteme çekimser bakmasına neden olmaktadır.
- Akıllı cihazlarla birlikte çalışabilecek ve gerektiğinde müdahale edecek nitelikli iş gücüne ihtiyaç vardır. Ancak fabrikalarda çalışan mavi yakalı personel bu niteliklere sahip değilse üretimde aksamalar meydana gelebilir. Aynı zamanda nitelikli iş gücü temini girişimci için ekstra bir maliyet unsuru olarak değerlendirilebilir. Bundan kaçınmak isteyen girişimci sistemden uzak durabilir.
- İşletme kendi dönüşümünü tam olarak gerçekleştirirse bile, ekosisteminde bulunan işletmelerin klasik yöntemlerle devam etmesi karmaşık bir yapı ortaya çıkartır. Böyle durumlarda sistemler çakışabilir ve üretimde aksaklıklar meydana gelebilir. Ekosistem ile entegrasyonun aynı zamanda sağlanamaması akıllı üretimin etkilerinin tam olarak hissedilememesine neden olur.
- Akıllı üretim, akıllı cihazlarla yapılan üretimdir. Cihazlarda meydana gelen beklenmedik bir duruş veya arıza üretimin aksamasına neden olabilir. Bu durum girişimcinin sisteme güvenini kırabilir. Ancak bu noktada cihazların bağlantılı oldukları unutulmamalıdır. Yani istenmeyen durumlar meydana gelmeden önce cihazlar uyarı verirler. Mühendislerin duruma hızlı müdahalesi veya bu cihazlar farklı bir işletmeden temin edildiyse, bu işletmenin satış sonrası hizmetleri olumsuz durumların önüne geçilmesinde büyük önem taşır.
- Akıllı üretim sistemleri her işletmeye uygulanabilen tek bir sistemden oluşmamaktadır. Bu sistemler kurulurken, işletmelerin ne ürettiği, nasıl ürettiği, ne kadar zamanda ürettiği ve bu sistemler ile ne hedefledikleri AÜ için cevaplanması gereken sorulardır. Bu cevaplar sonucunda işletmenin ihtiyaçları doğrultusunda çözümler sunulmaktadır. Dolayısıyla sistemlerde herhangi bir sorun ortaya çıktığında bunun ortak bir çözümünün olacağını

düşünmek doğru olmaz. Ortak bir çözüm yönteminin olmaması ve sistemlerin yeni olması dolayısıyla, konuyla ilgili deneyimin yetersizliği AÜ sistemlerine olan güvensizliği artırmaktadır.

- Teknoloji yoğun bir şekilde iş süreçlerini tamamlamanın birçok avantajı vardır. Bu avantajları işletme geneline personeli de kapsayacak şekilde yaymak gerekir. Burada çalışanların performanslarını ve yeteneklerini göz önünde bulundurmak büyük öneme sahiptir. Gelişi güzel yapılan planlamalar sürecin işleyişini engeller.
- Akıllı üretime karşı tedirginlik duyulmasına neden olan bir başka önemli konu ise siber saldırılara maruz kalma korkusudur. Bilindiği üzere üretim, ürün ve süreç ile ilgili bilgiler AÜ’de bulutta yani sanalda saklanmaktadır. Bu alana kötü niyetli bir saldırı gerçekleştirildiğinde bütün bilgiler kaybedilebilir. Bu noktada işletme güvenlik politikalarını siber güvenliği de kapsayacak şekilde revize etmelidir. Özellikle siber güvenlik kapsamında yeni politikalar belirlemeli ve bu konuda sürecin işleyişinde çeşitli mekanizmaların nasıl uygulanacağı ve yönetileceği iyi bir şekilde kavranmalıdır.

2.1.4.Akıllı Üretimin Sonuçları

AÜ, Endüstri 4.0’in üzerine düşen her ülkenin hedefi durumuna gelmiştir. Bunun başlıca nedenlerinden biri AÜ ile dijital teknolojilerin üretimde daha fazla kullanılması ve bunun sonucunda da üretkenliğin artmasıdır. Bu durum özellikle gelişmiş ülkeler için önemli bir olgudur. AÜ’in arkasında koskocaman bir dijital teknoloji sektörü vardır. Hepimizin bildiği üzere bu tarz teknolojik ürünler, katma değeri yüksek ürünlerdir ve gelişmiş ülkelere baktığımızda genellikle teknoloji üretebildiklerini ve bunu satabildiklerini görürüz. Kişi başına gelir, teknoloji üretebilen ve bunu kullanabilen ülkelerde daha yüksektir (TÜSİAD, 2018:17).

AÜ, üretkenliğin artmasına ve maliyetlerin düşmesine katkı sağlar. Maliyetlerin düşmesi girişimci açısından büyük öneme sahiptir. Çünkü buradan sağladığı her birim tasarruf yeni bir yatırımın önünü açmaktadır. Maliyetlerde yaşanan düşüşün diğer bir etkisi ise kendisini fiyatlar üzerinde gösterir.

Dijital teknolojilerle gerçekleştirilen üretimin süreçlere pozitif etkisi şu şekilde özetlenebilir (TÜSİAD, 2018:18):

- Müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) %1,3 (yani üretim değeri 100 milyon TL olan bir firmanın, CRM kullanması durumunda üretim değeri 101,3 milyon TL'ye çıkacaktır),
- Kurumsal kaynak planlaması (ERP) %2,2
- Tedarik zinciri yönetimi (SCM) %0,9,
- Genişbant mobil cihaz kullanılması %1,7,
- Açık kaynak işletim sistemi kullanılması %1,4 ve
- Bulut bilişim uygulaması kullanılması %1,5.

AÜ, şeffaf ve esnek bir üretim sisteminin kurulmasına imkan sağlamaktadır. Bu durum özellikle farklı pazarlarda farklı müşteri portföylerine hitap etmenin önünü açmaktadır. Yani en başından beri üzerinde durulan pazarda yer tutabilme kabiliyeti, süreçlere yeni teknolojilerin entegrasyonu ile artmaktadır.

Makro ekonomik açıdan değerlendirildiğinde ise yenilikçi üretim tarzının sürdürülebilir kalkınmaya da olumlu etkisinin olacağı söylenebilir. Kalkınma kavramı, toplum, çevre ve ekonomi olmak üzere üç ayak üzerine konumlanmıştır. Sanayisi güçlü ülkelerin ekonomisi de güçlüdür. Aynı zamanda bu ülkelerde yaşam standartları ortalamanın üstündedir. AÜ ile amaçlananların başında, işçi sağlığını olumsuz etkileyen işlerin makine ve/veya robotlara devredilmesi gelmektedir. Bu açıdan hem insana saygılı hem de ekonomiye katkılı bir sistemdir. Endüstri 1.0 ile başlayan endüstrileşme sürecinden, yakın bir geçmişe kadar sanayi kökenli kirlilik ve bunun çevreye verdiği zararlar göz ardı edilmiştir ve endüstriyel kirlilik küresel bir boyut kazanana kadar da hiçbir önlem alınmamıştır. Bugün ise çevre dostu teknolojilerle üretim yapmak mümkündür. AÜ teknolojileri, gereksiz hammadde ve kaynak kullanımının önüne geçebilmektedir. Sistemin doğal olarak israfı önleyen bir yapısı vardır. Aynı zamanda günümüzde çevre dostu üretim yapan işletmeler bunu stratejik bir değer olarak görmekte ve pazarlama stratejilerini bu yönde revize etmektedirler.

Endüstri 4.0'ın politik bir kimliği de vardır. Ülkeler bu devrimin en kısa sürede hayata geçirilmesi için yol haritaları hazırlamışlardır. Burada üzerinde durulması gereken önemli bir konu vardır. Endüstri 4.0 yenilikçi yapısıyla olduğu kadar yıkıcı özellikleriyle de toplum üzerinde etkili olacaktır. Devletler bu noktada hazırladıkları planları sürekli olarak yenilikçi ve bütüncül olacak şekilde revize

etmelidirler. Bu planların uygulama hızı belirlenirken toplumun verdiği reaksiyon göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.LİTERATÜR TARAMASI

Endüstri 4.0, AÜ ve/veya akıllı fabrika (dijital fabrika, karanlık fabrika) ile ilgili kavramsal yapıyı tanımlayan bir çok çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte yeni kavramlar olduklarından ampirik çalışmalar sayıca sınırlıdır. Bu nedenle literatür taraması iki başlık altında toplanmıştır.

2.2.1.Kavramsal Çalışmalar

Endüstri 4.0 birçok sektörü etkilemesine rağmen ilk etkileri her sanayi devriminde olduğu gibi imalatta ortaya çıkmaktadır. Aslında kökeni 1980'lere kadar uzanan 'Karanlık Fabrika (KF)' kavramı günümüzde Endüstri 4.0 için kilit öneme sahiptir. İlk dönemde ortaya çıkan karanlık fabrikalarda dönemin teknolojileri kullanılarak, büyük bir maliyet unsuru olarak değerlendirilen işçi maliyetlerini elimine etmek temel hedefti. Endüstri 4.0'ın fabrikaları ise bu anlayış çevresinde şekillenmemiştir. Bu fabrikalar akıllı üretimin yapılabilirdiği, esnek üretime ve esnek personel rotasyonuna izin veren, minimum kaynakla maksimum çıktıyı elde etme misyonuyla üretimin gerçekleştirildiği, insana ve doğaya saygılı fabrikalardır. Daha önce de belirtildiği üzere, Endüstri 4.0, akıllı fabrikalar ve akıllı üretim ayrı kavramlar olarak değerlendirilemez. Çalışmalarda da bu kavramlar çoğu kez birbirleri yerine kullanılmaktadır.

Witkowski (2017), iş süreçlerinin bilgisayarlaşmasına ve üretimde bilgi teknolojilerinin kullanımına dayanan Endüstri 3.0'dan sonra, akıllı ürünlerin ortaya çıktığı ve 3B yazıcılar ve otonom cihazların yoğun olarak kullanıldığı dördüncü bir dalganın geldiğini belirtmiştir. Fırat ve Fırat (2017a)'a göre Endüstri 4.0, Dijital Dönüşüm, Dijitalleşen Endüstri, Dördüncü Sanayi Evrimi gibi çeşitli kelimelerle de ifade edilebilmektedir. Lee vd. (2014), Almanya'nın başı çektiği Endüstri 4.0'ın, SFS destekli üretim ve hizmet yeniliğine dayalı dördüncü nesil endüstri devrimi olduğunu belirtmişlerdir. Vaidya vd. (2018), Endüstri 4.0'ı giderek artan kişiselleştirilmiş ürün talebine cevap verebilecek, sürekli iyileştirmenin önünü açacak, katma değer yaratan alanlara yönelmesine imkan sağlayacak, üretim esnasında israfı ortadan kaldıracak ve ürünlerin tüm değer zinciri boyunca kontrolünü sağlayacak yeni bir üretim vizyonu olarak tanımlamışlardır. Ulusoy (2018), Endüstri 4.0'a büyük şirketlerin

KOBİ'lere nazaran daha kolay adapte olduklarını belirtmiştir.

Kolberg ve Zühlke (2015), Endüstri 4.0'ın önemli özelliklerini belirttikleri çalışmalarında bu özellikleri Yalın yaklaşımla ilişkilendirmişlerdir. Bu entegrasyon ile Endüstri 4.0'ın bilimden gerçeğe geçişinin hızlanacağı, yeni çözümler üretilebileceği ve basit Yalın Üretim yönteminin yetersiz kaldığı durumlara karşılık bilgi iletişim teknolojileriyle entegrasyonun çok kazançlı olacağı belirtilmiştir. Stock ve Seliger (2016), Endüstri 4.0'ın ekonomi, toplum ve çevre üzerinde yarattığı faydalar ile sürdürülebilir üretim için bir fırsat olduğunu belirtmişlerdir. Erol vd. (2016), Nİ, Endüstriyel İnternet, Bulut Tabanlı Üretim ve AÜ gibi vizyoner kavramların Endüstri 4.0'ın itici güçleri olduğunu belirtmişlerdir. Lasi vd. (2014) ise Endüstri 4.0'ın temel kavramlarını, akıllı fabrika, SFS, kendiliğinden organize üretim süreçleri, dağıtım ve tedarikte yeni sistemler, ürün ve hizmetlerin geliştirilmesinde yeni sistemler, değişen müşteri taleplerine kolay adapte olacak yani esnek üretim sistemlerinin tasarlanması, sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliğinin endüstriyel üretim süreçlerinin merkezine oturtulması olarak listelemişlerdir.

Akben ve Avşar (2018), KF kavramını, üretimde yoğun makine kullanımı ile insan faktörüne olan ihtiyacın ortadan kalktığı bir otomasyon sistemi olarak tanımlamışlardır. Ayrıca KF da insan sistemden çekildiği için işğa gereksinim duyulmadan, karanlık ortamda üretim yapılabileceğini belirtmişlerdir. Toker (2018), tarafından akıllı fabrikalar, cihazların ve makinelerin kendi aralarında haberleşerek üretim işlerini belirlediği ve düzene koyduğu fabrikalar olarak tanımlanmıştır. Öztuna (2017), akıllı fabrikaların oluşturulmasında, yatay, dikey ve uçtan uca mühendislik entegrasyonunun önemini vurgulamıştır. Ayrıca akıllı fabrikaları, yeni ve akıllı üretimin yapıldığı ortamlar olarak tanımlamıştır. Çelen (2017), akıllı fabrikaların Nİ ve SFS fikirlerinin entegrasyonu ile ortaya çıktığını ve akıllı fabrikalarda çoğunlukla tasarım ve mühendislik safhalarında kullanılan simülasyon teknolojisinin doğru kararlar verilmesine destek olduğunu belirtmiştir.

Alçın (2016), fabrikaların akıllanması sonucunda daha az fire ile müşteri isteklerine anında yanıt verilebileceğini belirtmiştir. Banger (2017), akıllı bir fabrikadan bahsedebilmek için tedarikçilerin de sisteme entegrasyonunu gerçekleştirmeleri gerektiğini ifade etmiştir. Alarcón vd. (2016)'ne göre akıllı fabrikalar için gerekli ve tamamlayıcı bir teknoloji olan Nİ, işletmelerin daha hassas

olmalarına, çevrelerinde olup bitenlerin hızla farkına varmalarına ve değişiklikleri işlem ve karar merkezlerine hızla aktarmalarına yardımcı olacağını belirtmiştir. Alarcón vd. bu tarz işletmeleri ‘Algılayan İşletme’ olarak tanımlamışlardır. Davutoğlu (2017) ise akıllı fabrikaları üretimde ileri teknolojinin kullanıldığı, tüm süreçlerin sorunsuz bir şekilde yönetildiği, makine ve robotların diğer üretim faktörleri ile etkileşime girebildikleri fabrikalar olarak tanımlarken, bu fabrikalarda üretimi gerçekleştiren akıllı cihazların kendi üretim kaynaklarını planlamaları ile yalın ve tam zamanında üretim şeklini mümkün kıldıklarını belirtmiştir. Görçün (2017), dijital fabrikaları, fiziksel ve dijital sistemlerin, üretimi gerçekleştiren ve gittikçe otonom bir nitelik kazanan makineler ile bir araya gelmesi sonucunda ortaya çıkan fabrikalar olarak tanımlamıştır. Crnjac vd. (2017), Endüstri 4.0’ın merkezine oturttukları akıllı fabrikaları, Nİ teknolojisi ile işçilerin, makinelerin ve kaynakların kolayca iletişim kurabildiği ve sanal ile fiziksel dünyadaki nesnelere birbirine bağlanabildiği fabrikalar olarak tanımlamışlardır. Radziwon vd. (2014) tarafından KF, karmaşıklaşan üretim süreçlerinde karşılaşılan sorunları çözebilecek, esnek ve durumlara göre uyarlanabilir üretim süreçleri sağlayan bir üretim çözümü olarak tanımlanmıştır.

Lee vd. (2017), çalışmalarında işletmeler için veri analizinin önemi üzerinde durmuşlardır ve Endüstri 4.0’ın yaratacağı dijital dönüşümün, işletme performansında büyük iyileştirmeler yaratacağı, müşteri ilişkilerinin daha iyi ve doğru bir şekilde yönetileceği, şirketlerin küreselleşme olanaklarının artacağı ve akıllı üretim girişimleri hayata geçirildiğinde maliyet tasarrufları sağlanacağını ifade etmişlerdir. Ayrıca akıllı üretim sistemleri ile şirket içindeki veriler değer zinciri ortaklarından gelen bilgilerle birleştirilerek, şirketlerin verimliliğinin artacağı, stok miktarının azalacağı ve ürün ve hizmet portföyünün dijitalleştirilmesinden dolayı gelir artışının yaşanacağı belirtilmiştir. Kazak (2018), Endüstri 4.0 çerçevesinde üretim ve lojistik süreçlerinin entegrasyonu ile tam zamanlı Yalın Üretim’in yapılabileceğini ve bu sayede verimli ve esnek bir ekosistem yaratılabileceğini ifade etmiştir. Özdemir ve Özgüner (2018), Endüstri 4.0’ın lojistik sektörü üzerine etkilerini incelemiş ve farklı bir kavram olarak Lojistik 4.0’ı, siber ve psikolojik sistemlerin getirdiği yenilikler ve uygulamaların lojistik sektörüne entegrasyonu ile ortaya çıkan bir kavram olarak tanımlamışlardır. Ayrıca, Lojistik 4.0 veya akıllı lojistiğin, akıllı ürünler veya hizmetleri tanımlamada kullanılan teknoloji merkezli

bir kavram olduğunu ifade etmişlerdir.

Hoshino vd. (2008), geleneksel üretim yöntemlerinin pazar yapılarında ve müşteri taleplerinde meydana gelen değişime karşılık veremediğini belirtmiş, klasik yöntemlerle yapılan üretimde üretkenliğin düşüklüğüne dikkat çekmiş ve bu tarz durumları ortadan kaldıracak esnek bir üretim sistemine ve üretim içerisinde robot kullanımına odaklanmışlardır. Chen (2017), Endüstri 4.0 adı altında entegre ve akıllı üretim olmak üzere iki benzersiz özellik ile karakterize edilebilecek yeni bir üretim paradigmasının ortaya çıktığını belirtmiştir. Cinkılıç (2017), Endüstri 4.0 fikrinin öngördüğü hedeflerle son on yılda AÜ konseptinin oluştuğunu belirtmiştir. Yıldız (2018), Endüstri 4.0'ı, bütün nesnelere internet aracılığıyla birbirleriyle iletişime geçebildiği bir AÜ sistemi olarak tanımlamıştır. Özsoylu (2017), AÜ sistemlerinin işletmeye esneklik ve çeviklik kazandıracağını belirtmiş ve bu sistemleri, üretim esnasında yararlanılan her elemanın özerk bir şekilde ve aynı zamanda diğerleriyle de iletişim halinde kalarak görevlerini yerine getirdiği sistemler olarak tanımlamıştır. Bağcı (2018), Endüstri 4.0 ile gelişen AÜ kavramını, bilişim teknolojilerinin üretim süreçleriyle entegrasyonu sonucunda ortaya çıkan yeni bir üretim şekli olarak tanımlamış ve akıllı üretimin yaratacağı dijital dönüşümün sanayide yeni bir paradigma doğuracağını ifade etmiştir. Felice vd. (2018a)'e göre AÜ, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için kişiselleştirilmiş ürünlerin, tüm değer zincirini yönettiği ve kontrol ettiği yeni bir organizasyon seviyesidir. Zhong vd. (2017) tarafından AÜ, geleneksel üretim sistemini dönüştürmek için yeni modeller, yeni formlar ve yeni ideolojilerin benimsenmesiyle ortaya çıkacak akıllı sistemde bir ürünün tasarımını, üretimini ve yönetimini büyük ölçüde geliştiren ve bu ürünün tüm yaşam döngüsünün entegrasyonunu sağlayan, bilim ve teknolojiye dayalı yeni bir üretim modeli olarak tanımlanmıştır.

Aksoy (2017), AÜ'de üretimin vazgeçilmez kısmı olan makinelerin ve robotların sistem içerisindeki rolünün artacağını ve bunun karşılığında emek faktörünün üretimden çekileceğini belirtmiştir. Ancak bakım-kontrol, ileri düzey programlama ve süreç iyileştirmelerinde yardımcı olacak nitelikli iş gücüne olan ihtiyacın artacağını da altını çizmiştir. Akın (2017), akıllı üretimin makro ekonomik değerleri de olumlu etkileyeceğini belirtmiştir. Bu tarz bir üretimin, ihracat ve büyüme rakamlarını etkileyeceğini ve hatta dünya ekonomisi ve siyaseti üzerinde de

doğrudan etkisinin olacağını ifade etmiştir.

2.2.2.Ampirik Analizler

Ünlü ve Atik (2018), Türkiye ve 28 Avrupa Birliği ülkesinin Endüstri 4.0 açısından performans düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, 10 Endüstri 4.0 göstergesinden yararlanarak faktör ve kümeleme analizi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada ilk önce faktör analizi yapılmıştır ve analiz sonucunda şu verilere ulaşılmıştır; (i) Endüstri 4.0 performansı en yüksek olan ülke Almanya olarak belirlenirken, (ii) Türkiye 27. sırada yer almış ve (iii) Letonya da sonuncu olmuştur. Faktör analizinden elde edilen sonuçlar dahilinde kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. Ward yöntemi tercih edilerek gerçekleştirilen kümeleme analizinin sonucunda; (i) 29 ülke Endüstri 4.0 performansı açısından dört kümede toplanılmıştır, (ii) Almanya birinci kümede, Finlandiya ikinci kümede, İtalya üçüncü kümede ve Türkiye dördüncü kümede yer alan ülkelerdendir. Çalışmada son olarak 10 değişken ile kümeleme analizi ikinci kez tekrarlanmıştır. Analiz sonucunda (i) 29 ülke Endüstri 4.0 performansı açısından beş kümede toplanmıştır, (ii) İtalya birinci kümede, İsveç ikinci kümede, Almanya üçüncü kümede, Türkiye dördüncü kümede ve Bulgaristan beşinci kümede yer alan ülkelerdendir.

Eğilmez ve Koca (2018), Türkiye’de sürdürülebilir tedarik zincirini planlamak ve uygulayabilmek için Endüstri 4.0 güçlüklerini analiz ettikleri bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma da anket formu kullanılmış ve alanında uzman 150 kişi ankete cevap vermiştir. Anketler Keşfedici Faktör Analizi ile incelenip, analiz sonucu elde edilen ana ve alt güçlüklerin öncelikleri Analitik Hiyerarşi Prosesi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ulaşılan sonuçlar şu şekildedir; (i) analizde değerlendirilen güçlükler sıralandığında ilk sırada örgütsel güçlüklerin geldiği görülmüştür; (ii) örgütsel güçlükler boyutu altındaki güçlükler incelendiğinde ‘yetersiz yönetim desteğinin varlığı’ ifadesi başı çekmektedir; (iii) örgütsel güçlüklerden sonra gelen güçlükler, teknolojik, yasal ve etik ve stratejik güçlükler olarak sıralanmıştır.

Uslu vd. (2019), Endüstri 4.0’a geçmek isteyen bir şirketin hangi ölçütlere önem vermesi gerektiğini ve ne doğrultuda ilerlemesi gerektiğini belirten bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Endüstri 4.0 ile ilgili strateji seçimi için beş alternatif ve on ölçüt belirlenmiştir ve en iyi stratejinin belirlenmesinde çok ölçütlü

karar verme yöntemlerinden olan Analitik Ağ Süresi (AAS) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmanın uygulama kısmı orta ölçekli bir beyaz eşya üreticisi firmada gerçekleştirilmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir; (i) yapılan sıralamada en iyi strateji bilgi sistemleri geliştirme stratejisidir; (ii) sıralamada en son sırada gelen strateji ise iş modellerinin geliştirilmesi ile ilgili teknolojiler stratejisidir; (iii) Endüstri 4.0'a kolay uyum sağlanabilmesi için veri akışının kendi kendine yetebilen sistemlerle bütünsel bir şekilde çalışması sağlanmalıdır; (iv) vaka analizinde uzmanların, AAS'de ölçütler arasındaki karşılaştırmada liderlik ilk sırada, teknoloji ölçütü son sırada yer almıştır.

De Felice vd. (2018b), çalışmalarında AÜ ile ilgili 2011 ve 2018 yılları arasında yayınlanan çalışmaları incelemişlerdir. Analiz yöntemi olarak bibliyometrik analiz ve çok kriterli karar verme modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda şu veriler elde edilmiştir; (i) Almanya, %39.0'lık bir oranla AÜ ile ilgili en çok makalenin yayınlandığı ülkedir; (ii) makalelerin yayınlanma tarihleri bakımından özellikle son iki yılda konuya ilgi artmıştır; (iii) sırasıyla, SFS, büyük veri, Nİ, otomasyon, eklemeli imalat, bulut ve simülasyon Endüstri 4.0 ile ilgili makalelerin anahtar kelimelerinde en çok kullanılan yedi teknolojidir; (iv) Analitik Hiyerarşi Prosesi ile bu yedi teknoloji ile dört anahtar üretim kriteri (güvenlik, çevre, verimlilik ve maliyetler) karşılaştırılarak en çok kullanılan anahtar kelimeler (otomasyon, eklemeli imalat ve simülasyon) ortaya konulmuştur; (v) SFS, Nİ ve büyük veri en çok alıntı yapılan alt anahtar kelimelerdir; (vi) son olarak çalışmada bir atıf analizi gerçekleştirilmiş ve çalışmalar arasından en çok atfı Lee vd. tarafından 2015 yılında yayınlanan '*Endüstri 4.0 Tabanlı Üretim Sistemleri İçin SFS Mimarisi*' adlı makale almıştır.

Pamuk ve Soysal (2018)'da Endüstri 4.0 için benzer bir literatür taraması yaparak mevcut durumu ortaya koyan bir çalışma hazırlamışlardır. Çalışmada Thomson Reuters Web of Knowledge sitesinde yer alan İngilizce yazılmış 56 adet makale analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda şu veriler elde edilmiştir; (i) Endüstri 4.0, 2014 yılından sonra literatürde yer bulmuştur; (ii) 2014 yılından sonra Endüstri 4.0 ile ilgili yayınlanan makale sayılarında artış olmuştur; (iii) mühendislik, bilgisayar bilimleri ve telekomünikasyon gibi araştırma alanlarında yer alan dergiler

Endüstri 4.0'a daha çok ilgi göstermektedir; (iv) işletme bilim dalı ile ilgili dergiler konuya yeteri kadar ilgi göstermemektedir; (v) Nİ, SFS, büyük veri ve veri analitiği ve akıllı fabrikalar gibi kavramlar taranan makalelerde araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmıştır; (vi) Almanya, Endüstri 4.0 ile ilgili en çok yayının yapıldığı ülkedir; (vii) Türkiye'den henüz konuyla ilgili bir çalışma yayınlanmamıştır.

Tjahjono vd. (2017), devlet raporları ve şirketlerden gelen ticari raporlar da dahil olmak üzere mevcut literatürü tarayarak, Endüstri 4.0'ın tedarik zinciri yönetimine etkisini ortaya koyan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada dört tedarik zinciri kolu (satın alma, mal/hizmet üretimi, depolama, nakliye/lojistik/teslim) tanımlanmış ve kolların her biri tedarik zinciri yönetiminin bir alanı olarak temsil edilmiştir. Endüstri 4.0'ın yeni teknolojilerinin zaman içinde bu alanlarda değişiklik yaratıp yaratmadığını karşılaştırmak ve ölçülebilir önlemler almak için Anahtar Performans Göstergeleri tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler şöyledir; (i) Endüstri 4.0 en çok üretim ve nakliye alanlarında etkili olacaktır; (ii) modern teknolojinin kullanılması ile ortaya çıkacak fırsatlar, siparişin yerine getirilmesinde %53,84, nakliye/lojistikte %61,54, depolamada %66,6 ve satın alma işlevinde %71,43 şeklindedir; (iii) sanal ve artırılmış gerçeklik, 3B baskı ve simülasyon gibi bazı teknolojilerin kullanılması fırsatlarla sonuçlanmıştır; (iv) büyük veri analitiği, bulut teknolojisi ve siber güvenlik gibi bazı teknolojilerin kullanılması kuruluşlar için hem fırsatlara hem de tehditlere yol açabilir; (v) Endüstri 4.0'ın en önemli faydaları artan esneklik, kalite standartları, etkinlik ve verimlilik üzerinde olacaktır.

Brettel vd. (2014), Endüstri 4.0'ın literatürdeki gelişmelerini açıklamak amacıyla, bireyselleştirilmiş üretim, ortak ağlarda yatay entegrasyon ve uçtan uca dijital entegrasyon olmak üzere üç alanla ilgili sekiz bilimsel dergiyi analiz etmişlerdir. Çalışmada ilgili araştırma alanına alt başlıklar atamak için kümeleme analizi yapılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda üç alan altında belirlenen alt başlıklar şu şekildedir; (i) kişiselleştirilmiş üretim için belirlenen 330 makalenin analizi sonucunda çıkarılan alt başlıklar, kitlesel özelleştirme, modülerleştirme, esnek ve yeniden yapılandırılabilir üretim sistemleri, dağıtılmış kontrol, otomatik optimizasyon, hızlı imalat ve bulut bilişimdir; (ii) işbirlikçi ağlarda yatay entegrasyon araştırma alanı altında 268 makalenin analiziyle belirlenen alt başlıklar,

ortak ağlar, dağıtım, imalat, tedarik zinciri esnekliği ve Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti'dir; (iii) mühendislik ve üretim sistemleri bağlamında uçtan uca dijital entegrasyon araştırma alanında 209 makalenin analizi sonucunda belirlenen alt başlıklar, bireyselleştirilmiş izlenen veri, gerçek zamanlı işletim sistemleri, ürünlerin simülasyonu ve modellenmesi ve üretim süreçleri, üretim ve üretim süreçlerinin eşzamanlı olarak planlanması ve katma değerli hizmetlerdir.

Dombrowski vd. (2017) çalışmalarında, Endüstri 4.0 ve Yalın Üretim Sistemleri'nin ilkeleri arasındaki karşılıklı bağımlılıkları analiz etmişlerdir. Çalışmada Almanya'nın Endüstri 4.0 Platformu'nda yer alan (haberler vb.) Endüstri 4.0 kullanım durumları ve elemanlarını içeren 260 olay/vaka analiz edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler şu şekildedir; (i) Endüstri 4.0 ile ilgili her türlü kullanım durumu Yalın Üretim Sistemleri ile bağlanabilir; (ii) şirketler Endüstri 4.0 potansiyellerini analiz etmekte ve onlar için en iyi Endüstri 4.0 teknolojisini seçmekte zorlanmaktadırlar; (iii) Endüstri 4.0 teknolojileri ile Yalın Üretim Sistemleri arasındaki en yüksek bağımlılık israfın önlenmesi ile bulut bilişim arasındadır; (iv) sıfır hata prensibi ile büyük veri arasında yüksek bağımlılık vardır; (v) yalın üretim ilkeleri üzerine en yüksek etki dijitalleşmesindedir; (vi) literatürde yatay ve dikey entegrasyonun Endüstri 4.0 için önemi sıkça vurgulansa da Yalın Üretim Sistemleri için yüksek etkiye sahip değildir.

Wiktorsson vd. (2018), çalışmalarında akıllı üretim konseptini somutlaştırmak için Güney Koreli ve İsveçli KOBİ'leri ve büyük şirketleri incelemişlerdir. Çalışmada iki ülke içindeki örneklere ve ulusal çabalara bakılarak şu sonuçlara ulaşılmıştır; (i) Güney Kore'de ulusal Akıllı Fabrika girişimleri daha hedef odaklıdır ve KOBİ'lerin akıllı üretim yeteneklerini geliştirmeye odaklanmışlardır; (ii) İsveç'in ulusal girişimi ise sanayisine akıllı yetenekler kazandırmak için dijitalleşme alanlarını (süreçler ve üretimin yanı sıra ürün ve hizmetler, iş ve iş modelleri) çeşitlendirmektedir; (iii) İsveç'in sanayisini akıllandırmak için hazırladığı projelerde, KOBİ'lerin dijital dönüşümünün hızlandırılması amaçlanmaktadır; (iv) dijital olgunluk seviyesi şirketler arasında farklılık göstermektedir; (v) dijitalleşmenin, verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılması, yeni ürünler geliştirilmesi ve yeni iş modelleri yoluyla gelir elde edilmesinde bir araç olduğu kabul edilmektedir.

Kang vd. (2016) çalışmalarında AÜ ile ilgili tanımlamalara, çeşitli ülkelerin hükümet planlarına ve temel teknolojilere değindikten sonra AÜ ile yakından ilgili olan literatür üzerinde bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında sırasıyla (i) AÜ kavramıyla ve temel teknolojiler ile ilgili Zaman Serisi Analizi yapılmıştır; (ii) ele alınan makalelerde açıklanan uygulamalar akıllı fabrikaların oluşturulması açısından, fabrika (genel yapı), süreç, makine ve altyapı olarak sınıflandırılmıştır; (iii) her bir teknolojinin çalışma alanları sınıflandırılmıştır (mühendislik, tasarım ve yapı, işlem (operasyon-süreç) ve bakım); (iv) seçilen teknolojilerin gelişim durumlarını belirlemek için çeşitli başlıklar altında sınıflandırılmışlardır; (v) son olarak, makalelerde kullanılan anahtar kelime ve anahtar teknolojiler ile akıllı üretimin anahtar teknolojileri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Tüm bu adımlar sonucunda elde edilen veriler şu şekildedir; (i) AÜ kavramının ve belirtilen teknolojilerin 2014 yılından sonra literatürde kullanımı çarpıcı bir şekilde artmıştır; (ii) büyük veri ve hologram teknolojileri süreçler ve makineler ile daha yüksek oranda bağlantılıdır; (iii) SFS ve bulut üretimi, akıllı üretimi kapsayan ve çoğunlukla fabrikalarda yüksek oranlarda kullanılan teknolojilerdir; (iv) imalat sistemlerinin tasarım ve inşası, eklemeli (katkılı) imalat konusundaki makalelerde yüksek oranda dikkate alınmıştır; (v) makalelerde ele alınan teknolojilerin gelişme seviyelerini ortaya koymak için yapılan analizde, çoğu teknolojinin uygulama alanı bulmasının yanı sıra, konsept oluşturma, metodoloji ve sistem tasarımı aşamasında kalanlar da vardır; (vi) AÜ'in kilit teknolojileri, SFS, Nİ, bulut, büyük veri ve akıllı sensörlerdir.

Beana vd. (2017), modern üretim mühendisliği uygulamalarını Öğrenme Fabrikalarına dönüştürecek bir model ortaya çıkarmak amacıyla çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. İki aşamadan oluşan çalışmalarında ilk olarak Öğrenme Fabrikası ile ilgili yönler (tematik, amaç grubu, eğitim amacı, öğretme-öğrenme stratejileri ve farklı Öğrenme Fabrikalarındaki teknolojik altyapı) tanımlanmıştır. Bu tanımlamanın yapılabilmesi için literatür taranmış, nicel ve nitel metin analizi gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada elde edilen sonuçlar şu şekildedir; (i) Öğrenme Fabrikaları veya Öğrenme Fabrikası ile ilgili başlıkları, özetleri ve anahtar kelimeleri içeren 123 makaleye ulaşılmıştır; (ii) bu makaleler arasından seçilen 115 makalenin analizi sonucunda, eğitimsel amaçlar ve mühendislik olmak üzere iki liste oluşturulmuş ve bu listeler altında makalelerde en sık kullanılan kelimeler (eğitimsel amaçlar altında belirlenen kelimeler; eğitim mühendisliği, proje geliştirme müfredatı,

üniversite, araştırma, bilgi geliştirme eğitimi, tecrübe gelişimi ve temel uygulama; mühendislik altında belirlenen kelimeler; imalat, üretim, tasarım, endüstri, ürünler, teknolojiler, yönetim, Yalın, verimlilik ve montaj) belirlenmiştir; (iii) nicel metin analizinden elde edilen anlam bağlamını belirlemek için yapılan analizde, Öğrenme Fabrikası'nın merkezi yönlerini belirleyen yedi küme (hedef grup, eğitimsel amaç, öğrenme stratejileri, değer zinciri alanları, teknolojiler, mühendislik amaçları ve stratejiler) elde edilmiştir. İkinci aşamada ise dönüşümde edinilmesi gereken özellikleri içeren üç ayak (Öğretme/Öğrenme, Entegrasyon ve Mühendislik) üzerine konumlandırılan bir model oluşturulmuştur. Tüm bu aşamalardan sonra Öğrenme Fabrikası kurma hedefine etki eden dört aşama belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla değer yaratma, değer zincirinin entegrasyonu, Bilgi ve İletişim Teknolojileri altyapısının geliştirilmesi ve gerçek dünya ile SFS'in entegrasyonu. Çalışma sonucunda elde edilen veriler şu şekildedir; (i) Öğrenme Fabrikaları, öğrenme stratejileri ve üretimdeki son trendlerin birbirine bağlanması ile mühendisliğin farklı alanlarında alıştırma, araştırma ve eğitimi güçlendirir; (ii) değer yaratma ve değer zinciri entegrasyonu alanında gerçekleştirilen dönüşümler kilit roledir; (iii) çalışma Endüstri 4.0 gibi yeni üretim eğilimlerine giden yolda mühendislik eğitimi süreçlerini güçlendirerek bu alana katkı sağlamaktadır.

2.3.İMALATÇI ÜLKELERİN AKILLI ÜRETİM POLİTİKALARI

Birçok ülke çeşitli başlıklar altında sanayilerini akıllandıracak çok yıllık planlar hazırlamışlardır. Ülkeler benzer bir strateji izleyerek ilk önce yeni bir dönemin başladığını bildiren başlıklar belirlemişlerdir. Bunlardan bazıları Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterildiği gibidir.

Tablo 1 Kuzey Amerika'da Dördüncü Sanayi Devrimi

KUZEY AMERİKA		
Amerika Birleşik Devletleri	2012	Industrial Internet
Kanada	2016	Industry 2030
Meksika	2016	Crafting the Future

Tablo 2 Avrupa’da Dördüncü Sanayi Devrimi

AVRUPA		
Almanya	2011	Industry 4.0
Birleşik Krallık	2011	Future of Manufacturing
İtalya	2012	Fabbrica Intelligente
Fransa	2013	La Nouvelle France Industrielle
İsveç	2013	Made in Sweden 2030
Hollanda	2014	Smart Industry
İspanya	2015	Industria Conectada 4.0

Tablo 3 Asya’da Dördüncü Sanayi Devrimi

ASYA		
Çin	2014	Made in China
Güney Kore	2014	Manufacturing Innovation 3.0
Hindistan	2014	Make in India
Japonya	2015	Super Smart Society
Singapur	2016	Innovation and Enterprise 2020

Avrupa Birliği de ‘Geleceğin Fabrikaları (GF)’ başlığı altında çeşitli adımlar atmaktadır. ‘Horizon 2020 (Ufuk 2020)’ bunlardan bir tanesidir ve kamu-özel ortaklığı çerçevesinde GF için oluşturulan bir programdır. Bu program kapsamında GF için 1,15 milyar Euro finansman ayrılmıştır. Nisan 2016’da aynı vizyon dahilinde

2018-2020 yılları için ‘Fabrikalar 4.0 ve Ötesi’ adlı bir çalışma programı hazırlanmıştır. Son çalışma Endüstri 4.0’ın nasıl bir sinerji içerisinde geliştiğini göstermektedir ve ilk programın güncellenmiş versiyonudur.

2.3.1.Almanya

Almanya sahip olduğu güçlü imalat sanayisi ile küresel ölçekte diğer ülkeler için büyük bir rakiptir. İkinci Sanayi Devrimi’nden itibaren sürekli olarak sanayisini geliştiren Almanya, Endüstri 4.0 için de büyük adımlar atmaktadır. Özellikle hazırlanan programlar ve bunların gerçekleştirilmesi için ayrılan bütçeler konunun üzerinde ne kadar ciddiyetle durulduğunun kanıtıdır.

Alman Hükümeti ilk adım olarak Endüstri 4.0’ı ‘Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planı’na dahil ederek, bu alanda hızlı bir şekilde sosyal ve teknolojik dönüşümün gerçekleşeceğini tüm dünyaya duyurmuştur. Hemen akabinde kurulan çalışma grubu 2012 yılında yayınladığı raporda Endüstri 4.0’a başarılı bir başlangıç yapmak için gerekenlere ışık tutmuştur. 2013 yılında ise sanayinin önde gelen şirketleri, Endüstri 4.0 projesini geliştirerek devam ettirme düşüncesi ile biraraya gelmişlerdir. Bunun sonucunda Endüstri 4.0 Platformu kurulmuştur. Bu platform, Endüstri 4.0’ın tüm paydaşları için ortak öneriler geliştirilmesi, imalat sektörüyle ilgili tüm yeniliklerin takip edilmesi ve bunların Endüstri 4.0 çerçevesinde birleştirilmesi amacıyla kurulmuştur. Aynı yıl Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi (Acatech) bünyesinde Henning Kagerman, Wolfgang Wahlster ve Johannes Helbig tarafından yeni bir rapor hazırlanmıştır. Bu raporda, Endüstri 4.0’ın büyük bir potansiyele sahip olduğu ifade edilmiştir. Bu devrim ile daha önce görülmemiş yeni değerler yaratılacağı, yeni iş modelleri oluşturulacağı, bireysel müşteri ihtiyaçlarına en iyi şekilde karşılık verilebileceği ve dinamik işletme ve mühendislik süreçleri ile üretimde son dakika değişikliklerinin sorun yaratmayacağı belirtilmiştir. Ayrıca raporda, SFS ve Nİ tabanlı iletişim ağları aracılığıyla bir fabrika içindeki ve dışındaki nesnelere ve hizmetleri birbirine bağlayarak çeşitli sorunların çözülebileceği vurgulanmıştır (Acatech, 2013).

2016 yılında ise ‘2025 Dijital Stratejisi (Digital Strategy 2025)’ yayınlanmıştır. Bu belgede ‘Geleceğe Doğru 10 Adım’ başlığı altında yapılması gerekenler belirtilmiştir. Bunlar:

1. 2025'e kadar Almanya için gigabit fiber optik bir ağ oluşturmak.
2. Genç girişimciler ve yeni kurulan şirketler arasında işbirliğine yardımcı olmak ve bunu teşvik etmek.
3. Daha fazla yatırım ve yenilik için düzenleyici bir çerçeve oluşturmak.
4. Ekonominin kilit ticari altyapı alanlarında 'akıllı ağları' teşvik etmek.
5. Veri güvenliğini güçlendirmek ve bilgiye dayalı otonomluğu (özerkliği) geliştirmek.
6. KOBİ'ler için yeni iş modelleri sağlamak.
7. Almanya'yı üretim bölgesi olarak modernize etmek için Endüstri 4.0'dan faydalanmak.
8. Dijital teknoloji araştırma, geliştirme ve yeniliklerinde mükemmelliği yaratmak.
9. Dijital eğitimi hayatın her aşamasına sokmak.
10. Modern bir mükemmellik merkezi olarak 'Dijital Ajans' oluşturmak.

Almanya Endüstri 4.0'ın biran önce sorunsuz bir şekilde ülkenin geneline yayılması için, bu on stratejik hamle kapsamında çalışmalarına devam etmektedir. Bu çalışmalardan bir tanesi de 'Dijital Ol Programı'dır. Bu program kapsamında KOBİ'lerin dijitalleşmesine yardımcı olacak teknik ve maddi destekler verilmektedir (T.C. Bilim ve Sanayi Bakanlığı, 2018:45). Aynı zamanda Endüstri 4.0 Platformu da, modernleşmek isteyen işletmeleri bir araya toplamakta ve Endüstri 4.0 için gerekli olan işbirliği ağını genişletmektedir.

2.3.2.Amerika Birleşik Devletleri

Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Endüstri 4.0 yerine bu devrimi tanımlamak için Endüstriyel İnternet terimini kullanmaktadır. Endüstriyel İnternet, 2012 yılında General Electric tarafından bir plan olarak önerilmiştir. ABD en az Almanya kadar bu devrimi yakından takip etmekte ve AÜ için yüksek teknolojiye sahip üretim programları hazırlamaktadır. Aynı zamanda konuya olan ilgiyi artırmak için çeşitli destekler sunmaktadır. Bu üretim programlarında özellikle, Nİ, SFS, büyük veri ve analizi, sistem entegrasyonu, sürdürülebilir üretim ve eklemeli imalat üzerine yoğunlaşmıştır (Kang, vd. 2016:113).

2012 yılında İleri Üretim Ortaklığı'nın (Advanced Manufacturing Partnership) kurulmasından sonra ABD'de konuyla ilgili süreçler hız kazanmış ve ardı ardına önemli adımlar atılmıştır. 2013 yılında sunulan Üretimde İnovasyon Ulusal Ağı (National Network for Manufacturing Innovation) isimli raporda, teknolojilerin, eğitim yetkinliklerinin, üretim süreçlerinin ve ürünlerin çağa uygun şekilde revize edileceği belirtilmiştir. Bu modernleşme, akademi, kamu ve özel sektörün ortak katkısıyla sağlanacaktır. Aynı zamanda raporda, ABD'nin üretimini hızlandırmaya yönelik bir dizi girişim de açıklanmıştır. Bu ulusal ağ, son teknoloji ve ileri hizmet sunmak üzere tasarlanan Üretim İnovasyon Enstitüleri'nden oluşmaktadır. Bu enstitüler tarafından yerel girişimlere ve küçük üreticilere, yeni girişimlerin artırılması, pazarda teknoloji transferinin hızlandırılması ve tedarik zincirlerinde yenilikçi gelişmelerin benimsenmesinde yardımcı olmak için ortak tesisler sağlanmıştır (US Executive Office of the President, National Science and Technology Council Advanced Manufacturing National Program Office, 2013).

2014 yılında İleri Üretim Ortaklığı 2.0 (AMP 2.0) ile ABD'nin küresel rekabetçiliğini artıracak ulusal bir adım daha atılmıştır (MIT, 2014). AMP 2.0 çerçevesinde bir araya gelen uzman ekipler tarafından ABD'nin stratejik avantaj sağlayabileceği alanlar belirlenmiştir. Bunun yanı sıra kamu-özel işbirliğinde girişimleri başlatacak, üretim teknolojilerinde inovasyonu mümkün kılacak ve yenilikçi imalat firmaları için iş ortamlarını iyileştirecek öneriler sunulmuştur. 2013 yılındaki rapor baz alınarak ABD'nin üretimde rekabetçiliğini artırmak için kamu çalışanları, politikacılar, endüstri uzmanları ve akademisyenler bir araya gelerek geniş bir ulusal üretim stratejisi çerçevesinde bazı öneriler sunmuşlardır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (US Executive Office of the President, The President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014):

- Belirli bir vizyon ve koordine edilmiş girişimler kümesi çerçevesinde ulusal bir strateji oluşturmak. Bu strateji, üretim teknolojileri konusunda ulusal çıkarlara öncelik verme ve gelişmiş üretim teknolojisi yatırımları yönetimini kolaylaştırma üzerine konumlandırılmalıdır. Ülke genelinde inovasyonun yaygınlaşmasında rehber niteliği taşıyan öneriler şu şekilde sıralanmıştır:

- ABD'nin imalatta rekabet gücünü artıracak ve düzenli olarak güncellenecek bir ulusal teknoloji stratejisi geliştirilmelidir,
 - İleri üretim danışma kurulu oluşturulmalıdır,
 - Üretim teknolojilerinin geliştirilmesinde kamu ve özel yatırımların koordinasyonu sağlanmalıdır,
 - İmalat teknolojilerinin birlikte çalışmasına imkan sağlayacak standartlar belirlenmelidir,
 - Üretimde İnovasyon Ulusal Ağı kurulmalıdır..
- İmalat sektöründeki değişime ayak uyduracak ve bu sistemin büyümesine katkı sağlayacak yetenekli ve kararlı bir iş gücüne gereksinim vardır. Bu bağlamda iş gücünün geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu konuyla alakalı olarak şu öneriler getirilmiştir:
 - Dönüşüm ile birlikte ortaya çıkacak yenilikleri ve fırsatları halka ve çalışanlara iletmek için çeşitli kampanyalar yürütülmelidir,
 - İş gücü yetiştirilmesi için özel sektör yatırımlarını çekecek adımlar atılmalıdır,
 - Online eğitim ve akreditasyon programları geliştirilmelidir,
 - Eğitim müfredat ve materyalleri ileri üretim teknolojisi kapsamında güncelleştirilmelidir.
- Yeni devrime hızlı bir şekilde adapte olabilmek için, genç şirketlerin yeni teknolojileri kullanabilecekleri ortamların oluşturulması kritik öneme sahiptir. Bu nedenle iş ortamlarının geliştirilmesi için şu öneri sunulmuştur:
 - KOBİ'lerin ileri üretim konusundaki farkındalık ve yetkinliklerinin artırılmasında, tedarik zincirinde bilgi akışının iyileştirilmesinde ve aynı zamanda süreç içerisinde karşılaşılabilecek sorunlara çözümler sunulmasında ekosistem içerisindeki paydaşlardan destek alınmalıdır.
- Bu dijital dönüşüm kapsamında KOBİ'lere büyük işler düşmektedir. Çünkü bu dönüşümün yayılması doğrudan KOBİ'lerin bunu ne kadar benimseyip uyguladıklarıyla doğru orantılıdır. ABD özellikle KOBİ'lere

yönelik uygulamaların üzerinde durmaktadır. KOBİ'lerin teknolojiye erişimelerindeki en büyük engel bunun için sermaye ayıramamalarıdır. Bu noktada üreticiye verilen hibeler, kredi garantileri ve vergi ertelemeleri ile hükümet dönüşümü teşvik etmektedir. Bu durumla ilgili getirilen öneriler şu şekildedir:

- Kamu-özel yatırım fonu ile sermaye erişimi iyileştirilmelidir,
 - Hükümet ve üreticiler arasında konuyla ilgili bilgi akışı yoğunlaştırılmalıdır,
 - Yatırımları teşvik etmek için üreticiler, vergi teşviklerinden yararlandırılmalıdır.
- Yukarıda sunulan önerilerin başarılı bir şekilde uygulanması ve kamu ile özel sektörün bu konu üzerindeki işbirliği, girişimlerin artmasında rol oynamıştır. Bu durumun gelişerek devam etmesi için hükümete düşen görevler belirlenmeli, rol ve sorumluluklar netleştirilmelidir.

ABD'nin kamu-özel-akademi ortaklığı, konuyla ilgili büyük adımlar atılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu ortaklıklardan bir tanesi de Akıllı Üretim Liderlik Koalisyonu'dur. Bu koalisyon ülkenin üstün üretim kabiliyetini güvence altına almak için çalışmalar yapmaktadır. Koalisyon içinde yer alan paydaşlarla birlikte, dijitalleşme için çeşitli konseptler oluşturma, teknolojik hedefler koyma, rol ataması yapma ve devrimle ilgili bir yol haritası oluşturma gibi somut eylem planları önerilmekte ve bu planlar uygulamaya konulmaktadır. ABD'nin yol haritasında özellikle, modelleme, simülasyon, veri toplama ve yönetimi, kurumsal olarak entegrasyon ve eğitim ve öğretim üzerinde durulmaktadır (Kang, vd. 2016: 114-115).

2.3.3.Japonya

Japonya konuya diğer ülkelere nazaran biraz daha farklı yaklaşmaktadır. Bu farklılık kullanılan teknolojilerden veya devrimi tanımlamak için kullanılan terimlerden kaynaklanmamaktadır. Japonya, Endüstri 4.0'ın merkezine doğrudan insanı yerleştirmiştir ve bu devrimi Toplum 5.0 olarak tanımlamıştır. Bu başlık, CeBIT 2017 fuarında tanıtıldıktan sonra da küresel bir ün kazanmıştır.

Japonya, Endüstri 4.0'ın yeniliklerini her sektöre ve sosyal hayata dahil ederken, bu yeniliklere uyum sağlayabilen ve aynı zamanda dönüşümün yaratacağı

çeşitli zorluklarla da baş edebilen bir toplum yaratmayı hedeflemektedir. Bu çerçevede sürekli yeni değerler ve hizmetlerin yaratıldığı, yeniliklerin yaşama kolay adapte edilebildiği bir toplum ortaya çıkacaktır. Endüstri 4.0'ı yakından takip eden ülkeler sanayilerini akıllandırmaya çalışırken, Japonya süper akıllı bir toplum oluşturmayı amaçlamaktadır. Toplum 5.0, bilgi toplumundan süper akıllı topluma geçişi ifade etmektedir.

Şekil 7 Toplum 5.0



Endüstri 4.0 kapsamında sanayi için temel teşkil eden teknolojileri, Japonya insanların hayatlarını kolaylaştırmada bir çözüm olarak görmektedir. Japonya teknoloji üretebilen bir ülkedir. Yani toplumu teknolojiye alışkındır. Aynı zamanda bu teknolojiler üretimde de rahatlıkla kullanılmaktadır. Bu devrim ile birlikte Japonya'nın ileri teknolojisi, büyük veri, yapay zeka gibi teknolojilerle birleştirilerek daha güçlü, verimli ve rekabetçi bir sanayi inşa edilecektir. Verimliliği artan bir sanayi ile yeni pazarlar yaratılacak ve bu sayede canlı bir ekonomik toplum ortaya çıkacaktır.

Japonya'da üretken yaş popülasyonu gittikçe azalmaktadır. 2050'de nüfusunun yaklaşık %40'ının 65 yaş ve üstü olması beklenmektedir (Granrath, 2017). Bu noktada hem iş gücü arzının karşılanması hem de enerji ve çevre sorunları gibi zorlukların üstesinden gelinmesi açısından bu devrim kilit öneme sahiptir. Şu an Toplum 5.0 için atılan ilk adımlar şunlardır:

- Sağlık sektöründe yapay zeka ve robot kullanımı,

- İnsansız dağıtım ve lojistik ağı,
- Toplu taşımada otonom araçlar ve
- Yol, köprü, tünel vb. inceleme ve bakımında sensör, yapay zeka ve robot kullanımı.

Japonya 1995 yılından beri bilim ve teknolojiye yaşanan gelişmeler ışığında beş yıllık planlar hazırlamaktadır. Bunlardan sonuncusu 2016 yılında yayınlanmıştır. 2016 ve 2020 yıllarını kapsayan '5. Bilim ve Teknoloji Temel Planı'nda hükümetin önemli araştırma alanları geniş bir şekilde tanımlanmış ve sistem inovasyonuna olan ilgi üzerinde durulmuştur. Hükümet tarafından önemli araştırma alanlarının belirlenmesi, hangi stratejik alanlarda Ar-Ge çalışmalarının yoğunlaşacağını belirlemektedir. Japonya Ekonomik Organizasyonlar Federasyonu'nun hazırladığı raporda SFS ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonu ile yaratılacak yeni değerler üzerine odaklanılmıştır. Raporda Toplum 5.0 ile oluşacak yeni ekonomi ve toplum imajı çerçevesinde oluşturulan hedefler şu şekilde sıralanabilir (Keidanren, 2016:10):

- Toplum 5.0 birey merkezli bir reformdur. Teknoloji ile bireylere, güvenli, sağlıklı, rahat bir hayat yaşatılması hedeflenmektedir.
- Toplum 5.0 şirketlerin yeni değerler yaratmasına da imkan sağlayacaktır.
- Zengin ve güçlü bir gelecek için sosyal sorunların çözülmesi hedeflenmektedir. Özellikle yaşanan toplum ve doğal afetler gibi sorunların çözümleri için çaba gösterilmektedir. Aynı zamanda yeni işletmelerin ve hizmetlerin yurtdışına yayılmaları ile de küresel ölçekteki sorunların çözüleceği ifade edilmiştir.

Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için atılan adımlar şu şekildedir (Keidanren, 2016:11):

- Ulusal zorluklardan kaynaklanan ihtiyaçlara Toplum 5.0 çerçevesinde yeni değerler ve hizmetler sunmak,
- SFS'de fiziksel kısmın (insanlar, robotlar gibi fiziksel olarak var olanlar) gücünü kullanmak,
- Hem sanayi de hem de sosyal konularda yenilikler yapmak ve 'görünmez üretim (yazılım)' gibi yaratıcı yeteneklerden faydalanmak.

2.3.4.Çin

Çin uzun yıllardan beri imalatta diğer ülkeler açısından büyük bir rakip olarak görülmektedir. Bugün için birçok küresel şirket ucuz işgücünden faydalanmak için üretimini Çin'e kaydırmıştır. Ancak günümüzde artık Çin'de de işgücü pahalılaşmaya başlamıştır. Bununla birlikte artık dünya iş gücünü olabildiğince az kullanarak daha ucuza üretmenin sırrını çözmüştür. Ancak beklenmedik bir şekilde Çin'de kendini bu dönüşüme adapte etmek amaçlı girişimler bulunmaktadır. Çin 2049 yılına kadar bir teknoloji gücü olmak için çalışmalara başlamıştır.

Almanya'nın Endüstri 4.0 konseptine Çin 'Made in China 2025 (MIC 2025)' ile karşılık vermiştir. İnternet Plus olarak bilinen bu plan ile e-ticaretin, endüstriyel ağların ve internet bankacılığının sağlıklı gelişmesine yardımcı olmak için mobil internet, bulut bilişim, büyük veri ve Nİ teknolojilerini modern üretim ile birleştirmeyi amaçlamaktadır (Liu, 2016:54). İnternet Plus bu teknolojileri, üretimden ticarete, internet bankacılığında tarıma ve diğer birçok çeşitli sektöre entegre etmek için hazırlanan beş yıllık bir plandır. Çin hükümeti MIC 2025'i Çin'in gündeminde olan İnternet Plus ile birleştirmeye çalışmaktadır. İnternet Plus ekonomiyi ve sanayiye dijitalleştirmek için eksiksiz bir plandır (Wübbeke vd., 2016:20). İnternet Plus'a toplumun da ayak uydurabilmesi için hükümet bu alana daha fazla fon ayırmaktadır. Bu sayede toplumun yenilikleri benimsemesi, kullanması ve yeni teknolojiler ile işlerini geliştirmesi amaçlanmaktadır. Plan doğrudan Çin'in, AÜ'yi geliştirme stratejisidir.

Almanya, ABD, Japonya dönüşüm için ne yapıyorsa Çin de aynısını yapmaktadır. Ortaya attığı MIC 2025 girişimi kapsamında şu gelişmeler yaşanmaktadır:

- Bilgi teknolojileri ile sanayi sektörü arasındaki bağ kuvvetlenmektedir,
- Üretimde akıllı teknolojilerden yararlanılmaya başlanılmıştır,
- Teşvikler ile çevre dostu üretim gerçekleştirilmektedir ve
- Endüstriyel robotlardan her alanda faydalanılmaya başlanmıştır.

Kısacası Çin endüstrisini modernleştirecek adımlar atmaktadır. İlk kez 2015 yılında duyurulan MIC 2025, çeşitli sektörlerde akıllı üretime odaklanmaktadır. Aynı zamanda bu girişim ile Çin'de markalaşma bilinci oluşacaktır.

Çin, MIC 2025 kapsamında, teknolojiye erişimde dış ülkelere olan bağıllığını sona erdirmeyi, kendi inovasyonlarına yatırım yapmayı ve robotik, temiz enerji araçları ve biyoteknoloji de dahil olmak üzere yükselen on sektörde, inovasyon, ürün kalitesi ve verimlilik artışını hedeflemektedir (Institute For Security & Development Policy, 2018:3). Tüm bu hedeflere ulaşmak için hükümet tarafından atılan adımlar şu şekildedir (Malkin, 2018:3):

- KOBİ'lerin fikri mülkiyet haklarını ticarileştirmeleri için teşvik edilmeleri,
- Özel sektöre verilen kredi seviyelerinin artırılması,
- Ürün kalitesini artıracak ve yatırımların düzensizliğini ortadan kaldıracak düzenlemelerin getirilmesi ve yatırımları artırmak için özel fonların kurulması,
- Yerli olmayan teknolojilere olan bağımlılığın azaltılması,
- Eğitim kalitesinin artırılması,
- Üniversiteler ve imalat işletmeleri arasındaki işbirliğini teşvik ederek, yüksek teknoloji üretimini teşvik edilmesi,
- Sivil ve savunma temelli imalatın entegre edilmesi ve
- Yabancı yatırımların kısıtlanması ve mevcuttakilerin düzenlenmesi.

2.3.5. Güney Kore

AÜ için büyük adımlar atan bir diğer ülke de Güney Kore'dir. Hükümet yaptığı açıklamalarda bu alana yapacağı yatırımların artacağını belirtmiş ve Güney Kore Ticaret, Sanayi ve Enerji Bakanlığı (MOTIE) bu doğrultuda beş öncelik belirlemiştir (T.C. Bilim ve Sanayi Bakanlığı, 2018:41). Bu öncelikler:

- Otonom araçlar,
- Nİ teknolojileri ile donatılmış elektronik ürünler,
- Yarı iletkenler ve ekranlar,
- Biyo-sağlık ve
- Yenilenebilir enerjidir.

Güney Kore'de Endüstri 4.0'ın karşılığı, İmalat Sanayi İnovasyonu 3.0 (Strateji 3.0)'dır. Strateji 3.0 çerçevesinde akıllı fabrika, planlama, tasarım, üretim, dağıtım ve satış işlemleri olmak üzere tüm iş süreçlerinin otomatikleştirildiği, çeşitli bilgi ve iletişim teknolojilerinin bütünleştirildiği ve birleştirildiği bir üretim sistemi

olarak tanımlanmaktadır (Wiktorsson vd., 2018:473). İmalat Sanayi İnovasyonu 3.0 adı altında, bilgi teknolojilerinin, yazılımların ve hizmetlerin 2020 yılına kadar 3B baskı gibi yeni üretim yöntemleri ile entegrasyonunun sağlanacağı ve bu sayede akıllı fabrikaların sayıca artacağı düşünülmektedir (Liao vd., 2018:7). Bilim, BİT ve Gelecek Planlama Bakanlığı (MSIP) AÜ ile ilgili araştırma ve geliştirme faaliyetlerini desteklemektedir. Bakanlık, her alanda AÜ ile ilgili teknolojilerin geliştirilmesini amaçlamakla birlikte, kilit teknolojiler geliştirilirken temelde Nİ teknolojisi ile bilgi iletişim teknolojilerini, SFS modelleme ve simülasyon teknolojilerini ve AR ile desteklenmiş giyilebilir cihaz teknolojilerini birleştirerek, bunun sonucunda ortaya çıkacak veri üretimine odaklanmıştır (Kang vd., 2016:112).

Strateji 3.0'ın amacı, akıllı fabrikaları yaygınlaştırmak ve akıllı üretim ile ilgili temel teknolojileri geliştirerek üretime yenilik getirmektir (Wiktorsson vd., 2018:472). Belirtilen temel teknolojiler, SFS, Nİ, 3B baskı, bulut bilişim, büyük veri, akıllı sensörlerdir (Kang vd., 2016:117) Strateji 3.0'ın vurgu yaptığı alanlar şu şekildedir (Chang, 2016'dan aktaran Wiktorsson vd., 2018:472-473):

- 2020 yılına kadar 10.000 akıllı fabrika kurmak,
- 40.000'den fazla çalışana eğitim vermek ve
- İnovasyonu yaygınlaştırmak.

2.3.6. Türkiye

Üretimi verimli, hızlı ve esnek bir şekilde gerçekleştirmek için ülke olarak kolları sıvamış durumdayız. Aynı zamanda özellikle büyük ölçekli işletmeler AÜ için son teknolojileri kullanmaya başlamışlardır. Ülke olarak ilk üç sanayi devrimine zamanında reaksiyon gösteremememize rağmen, Endüstri 4.0 için bilinçli bir şekilde hareket edilmektedir. Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de kamu mevcut durumu güncelleştirecek adımlar atmakta ve çeşitli destekler sağlamaktadır.

2.3.6.1. Türkiye'de Mevcut Durum

TÜBİTAK tarafından Türkiye'nin mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçlarına göre (TÜBİTAK, 2016):

- Firmaların sadece %22'si AÜ, Endüstri 4.0 ve yeni teknolojiler konusunda kapsamlı bilgiye sahiptir,

- Konuyla ilgili farkındalığın en yüksek olduğu üç sektör: elektronik, yazılım ve malzemedir,
- Firmaların %50'sinin önümüzdeki 3-5 yıl içerisinde yeni teknolojileri sistemlerine entegre etme stratejileri bulunmaktadır,
- Sanayimizin dijital olgunluk seviyesi Endüstri 2.0 ile 3.0 arasında,
- Dijital olgunluk seviyesinin en yüksek olduğu üç sektör (i) malzeme (kauçuk ve plastik), (ii) bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünler, (iii) otomotiv ve beyaz eşya yan sanayiidir. Aynı şekilde bu üç sektörün en çok katma değer yaratılan sektörler olacağı değerlendirilmektedir ve
- Otomasyon ve kontrol sistemleri, ileri robotik sistemler ve eklemeli imalat en fazla katma değer yaratacak teknolojilerdir.

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 2018 yılında yayınlanan 'İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü Raporu ve Yol Haritası' kapsamında, imalat sanayimizin mevcut durumu hakkında şu verilere yer verilmiştir:

- 2017 yılında imalat sanayinin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) içindeki payı %17,5;
- İmalat sanayinin toplam ihracat içindeki payı %93,7,
- İmalat sanayinin ihracattaki yüksek teknoloji ürünlerin payı %3,9 olup ülkemizin dünya ihracatından aldığı pay %0,97'dir;
- İmalat sanayi toplam istihdamın %13,6'sını oluşturmaktadır.

Dünya Ekonomik Forumu tarafından 2018 yılında yayınlanan Küresel Rekabet Raporu doğrultusunda mevcut durumumuz şu şekildedir:

- Küresel Rekabet Endeksi 4.0'da 140 ülke ulusal rekabet gücüne göre sıralanmaktadır. Türkiye bu sıralamada 61. sırada yer almaktadır;
- Nüfusun dijitali kullanma becerisinde 118. sırada, kalifiye eleman bulma kolaylığında 117. sırada ve personel eğitiminde 107. sırada yer almaktadır;
- Ürün pazarı hakimiyetinde 86. sırada ve hizmet rekabetinde 35. sırada yer almaktadır;
- İşçi-işveren ilişkilerinde işbirliğinde 113. sırada, işgücü oranına kadınların katılımında 111. sırada yer almaktadır;
- Yenilikçi firmaların büyümesinde 49. sırada ve yıkıcı fikirleri olan şirketler sıralamasında 74. sırada yer almaktadır;

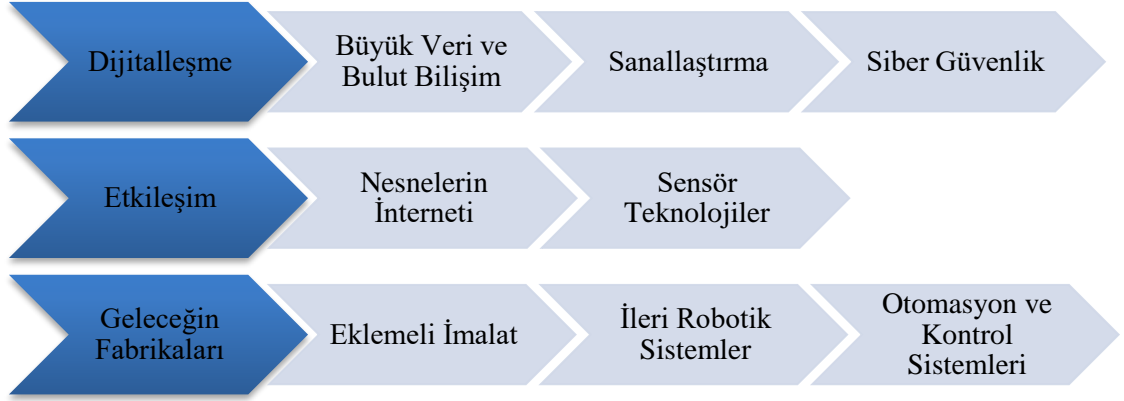
- İşgücü çeşitliliğinde 128. sırada, çok paydaşlı işbirliği uygulamalarında 83. sırada, GSYİH içindeki Ar-Ge harcamalarında 38. sırada, araştırma kurumlarının kalitesinde 19. sırada ve ticari markalaşmada 41. sırada yer almaktadır;
- Bilgi teknolojileri kullanımında 71. sırada ve
- Makroekonomik istikrar sütununda 67,4 puanla 116. sırada yer almaktadır. Raporda yer alan bazı makroekonomik göstergeler şu şekildedir:
 - Kişi başına GSYİH 10.512 Amerikan Doları,
 - 10 yıllık bir periyotta yıllık GSYİH artışı %4,8,
 - İşsizlik oranı %11,3 seviyesinde,
 - 5 yıllık bir periyotta doğrudan yabancı yatırımların GSYİH içindeki payı %1,5'dir.

2018 Küresel Rekabet Raporu'nda Endüstri 4.0 ve bu devrimin rekabette yaratacağı faydalar üzerinde durulmuştur. Dünya ile kıyaslandığımızda bulunduğumuz durumun pek iç açıcı olduğu söylenemez. En başından beri belirtildiği üzere Endüstri 4.0 özellikle bizim gibi gelişme aşamasını tamamlayamamış ülkeler için bir şanstır. Türkiye'de toplam girişimler içerisinde en büyük pay KOBİ'lere aittir. Bu nedenle KOBİ'lerin dijital dönüşüme adapte edilmesi büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda istihdamın %54,5'ini, katma değer %53,5'ini, yatırımların %55'ini ve ihracatın %55,1'ini KOBİ'ler karşılamaktadır (T.C. Bilim ve Sanayi Bakanlığı, 2018: 56). Bu oranlar ülke olarak belirleyeceğimiz stratejileri yönlendirecek niteliktedir.

2.3.6.2. Türkiye'nin Dijital Dönüşümü

Ülkemizin dijital dönüşüm süreci 2016 yılında gerçekleştirilen 29. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısında alınan '*Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması*' kararı ile başlamıştır ve bu toplantıda T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK sorumlu kuruluşlar olarak atanmıştır. TÜBİTAK tarafından dünyayı yakalayabilmemiz için 3 teknoloji grubunda 8 kritik teknolojiyi içeren 10 teknolojik hedef belirlenmiştir (TÜBİTAK, 2016:5).

Şekil 8 Üç Teknoloji Grubunda Sekiz Kilit Teknoloji



TÜBİTAK (2016) tarafından belirlenen hedefler şu şekildedir:

- Dijitalleşme:
 - Hedef 1. Servis Bulut Platformu, Güvenlik ve Mahremiyet: Uç cihazlarının, güvenli, mahrem, akıllı ve ölçeklenebilir servis bulut platformunun, algoritmalarının ve uygulamalarının geliştirilmesi.
 - Hedef 2. Büyük Veri Analitiği: Verinin toplanması, işlenmesi, anlamlandırılması, ilişkilendirilmesi, analizi, raporlanması ve karar destek sistemlerinde kullanılması.
 - Hedef 3. Siber Güvenlik Çözümleri: Endüstri 4.0'a yönelik siber güvenlik çözümlerinin üretilmesi.
 - Hedef 4. Modelleme ve Simülasyon Çözümleri: Modelleme ve simülasyon teknolojilerinin geliştirilmesi.
- Etkileşim:
 - Hedef 5. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Platformu: Birlikte çalışılabilirliği sağlanmış ve güvenliği artırılmış endüstriyel nesnelerin interneti dijital platformunun oluşturulması ve endüstriyel uç nokta ekipmanları için yazılım ve donanımların geliştirilmesi.
 - Hedef 6. M2X Yazılım ve Donanımları: Üretim aşamasında ve ürün yaşam döngüsü süresince kalite ve verimliliği artıracak güvenilir ve yenilikçi M2X (Makine-Makine, Makine-İnsan, Makine-Altyapı) yazılım ve/veya donanımları ile ortaya çıkan veriler için uygun veri saklama teknolojilerinin geliştirilmesi.
 - Hedef 7. Yenilikçi Sensörler: Sanayiye yönelik fiziksel, kimyasal, biyolojik, optik, mikro-nano sensörler; akıllı eyleyiciler (aktüatörler);

endüstriyel, kablosuz, dijital sensör ağları; yapay görme, görüntü işleme, yenilikçi sensör uygulamaları; uç koşullara dayanıklı sensörlerin geliştirilmesi.

- Geleceğin Fabrikaları:

- Hedef 8. Robot, Otomasyon, Ekipman, Yazılım ve Yönetim Sistemleri: Uluslararası pazarlarda teknoloji ve maliyet açılarından rekabet edebilir, KOBİ'ler tarafından da ulaşılabilir akıllı üretim robot, ekipman ve yazılım/yönetim sistemlerinin geliştirilmesi.
- Hedef 9. Eklemeli İmalat Malzemeler, Ekipmanlar, Yazılımlar: Eklemeli imalatta kullanılan ham malzemelerin, üretim ekipmanlarının ve gerekli yazılım ve otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi.
- Hedef 10. Akıllı Fabrika Sistemleri: Akıllı fabrika sistemleri ve bileşenleri ile ara katman yazılım teknolojilerinin geliştirilmesi.

TÜBİTAK'ın 10 hedefinden sonra T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 6 bileşenden oluşan bir yol haritası hazırlanmıştır. Bu 6 bileşen ve her bileşen kapsamındaki eylem alanları Tablo 4'te gösterildiği gibidir.

Tablo 4 Dijital Dönüşüm Yol Haritası Bileşen ve Eylem Alanları

Bileşenler	Eylem Alanları
1. İnsan Eğitim altyapısının geliştirilmesi ve nitelikli işgücünün yetiştirilmesi	<u>Nitelikli işgücü</u> <ul style="list-style-type: none">- Dijital teknoloji kullanıcılarının yetiştirilmesi- Dijital teknoloji geliştiricilerinin yetiştirilmesi- Dijital yetkinliklere sahip işgücünün sanayi ile buluşturulması <u>Farkındalık</u> <ul style="list-style-type: none">- Dijital dönüşüm farkındalığının artırılması ve yaygınlaştırılması- Dijital dönüşüm paydaşları arasında iş birliğinin geliştirilmesi
2. Teknoloji Teknoloji ve Yenilik kapasitesinin geliştirilmesi	<ul style="list-style-type: none">- Dijital teknolojilere yönelik Ar-Ge altyapılarının geliştirilmesi- Dijital teknolojilerin uygulamalarının geliştirilmesi
3. Altyapı Veri iletişim altyapısının güçlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none">- Veri iletişim hızının artırılması- Veri iletişim standartlarının geliştirilmesi- Endüstriyel siber güvenlik ve veri güvenliğinin sağlanması- Veri merkezlerine olan endüstriyel talebin artırılması
4. Tedarikçiler Ulusal teknoloji tedarikçilerinin desteklenmesi	<ul style="list-style-type: none">- Dijital dönüşüm paydaşları arasında iş birliğinin geliştirilmesi- Yerli dijital teknoloji firmalarının envanterinin çıkarılması- Teknoloji edinim ve geliştirme imkanlarının güçlendirilmesi- Ulusal tedarikçilerin ürün ve hizmetlerinin müşteriye erişiminin desteklenmesi- Uzun vadeli finansmana erişimin sağlanması
5. Kullanıcılar Kullanıcıların dijital dönüşümünün desteklenmesi	<ul style="list-style-type: none">- Dijital dönüşüm yatırımlarının desteklenmesi
6. Yönetişim Kurumsal yönetişimin güçlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none">- Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu'nun kurumsallaştırılması

Kaynak: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018: 121.

Bu 6 bileşen kapsamında yapılacaklar ve tüm bu adımlar sonucunda elde edilecekler Tablo 5'te gösterildiği gibidir.

Tablo 5 Altı Bileşen Kapsamında Yapılacaklar ve Sonuçları

BİLEŞENLER	YAPILACAKLAR	SONUÇ
1. İnsan	<ul style="list-style-type: none"> - Dijital teknoloji kullanıcıları yetiştirilecek ve bunlar sanayi ile buluşturulacak - Dijital teknoloji geliştiricileri çoğaltılacak - Eğitimcilere dijital yetkinlikler kazandırılacak - Dijital teknoloji alanlarında doktora öğrenimi desteklenecek - Dijital dönüşümün farkındalığı artırılacak, dijital teknolojilerin kullanımı yaygınlaştırılacak - Dijital dönüşüm paydaşları arasında işbirliği geliştirilecek 	<ul style="list-style-type: none"> - Dijital teknoloji eğitimi veren 100 tematik teknik kolej - Dijital teknoloji eğitimi almış 100 bin meslek lisesi mezunu - Dijital teknoloji alanlarında 5 bin doktoralı mezun - Dijitalleşme konusunda eğitim veren 50 sürekli eğitim merkezi - Farkındalık programına katılmış 10 bin sanayi işletmesi - İmalat sanayinde dijital yetkinlik kazandırılmış 300 bin nitelikli işgücü
2. Teknoloji	<ul style="list-style-type: none"> - Odak teknolojilere yönelik yol haritaları hazırlanacak - Uygulamalı Ar-Ge stratejisi hazırlanacak - Dijital girişimcilik destek programı başlatılacak - Uygulamalı araştırma merkezleri kurulacak - Dijital Teknolojiler Programı başlatılacak 	<ul style="list-style-type: none"> - 50 araştırma merkezi - 60 bin Ar-Ge personeli - Ar-Ge merkezlerinde uygulanan 2.500 dijital yenilik projesi - Dijital teknoloji alanlarında tescil edilen 250 patent
3. Altyapı	<ul style="list-style-type: none"> - Yüksek hızda internet erişimi sağlanacak - Uluslararası çalışmalara entegrasyon sağlanacak - Endüstriyel siber güvenlik sağlanacak - Ulusal endüstriyel bulut platformu kurulacak 	<ul style="list-style-type: none"> - Sanayi bölgesinde yer alan işletmelere gigabit/sn düzeyinde erişim hızı - Teknoloji Geliştirme Bölgesi'nde gigabit/sn düzeyinde erişim hızı - Bulut teknolojisi kullanan sanayi işletmeleri arasında ulusal endüstriyel platformunu kullananlar %50'nin üzerinde artacak - Siber güvenlik önlemleri alınacak - 5G mobil haberleşme teknolojileri yurtiçinden gelecek

Tablo 5'in Devamı: Altı Bileşen Kapsamında Yapılacaklar ve Sonuçları

4. Tedarikçiler	<ul style="list-style-type: none">- Yerli dijital teknoloji firmalarının envanteri çıkarılacak- Teknoloji edinim ve geliştirme imkanları güçlendirilecek- Yerli tedarikçilerin ürün ve hizmetlerinin müşteriye erişimi desteklenecek- Uzun vadeli finansman daha erişilebilir hale getirilecek	<ul style="list-style-type: none">- 1.000 adet orta ve büyük dijital teknoloji tedarikçisi- Teknoloji firmalarının 1 milyar Dolar sermaye yatırımı almaları sağlanacak- 10 tane dijital teknoloji mükemmeliyet merkezi- Fuarlarda teknoloji firmalarıyla sanayicilerin buluşması
5. Kullanıcılar	<ul style="list-style-type: none">- Dijital dönüşüm merkezleri açılacak- KOBİ'ler için danışmanlar yetiştirilecek- Dijital dönüşüm destek programı ile işletmelerin dijitalleşme yolculukları kolaylaştırılacak- Dijital dönüşüm pilot uygulaması Gaziantep'te başlatılacak	<ul style="list-style-type: none">- 10 dijital dönüşüm merkezi- 7.000 imalat sanayi işletmesi bu merkezlerden faydalanacak- 2.500 imalat sanayi işletmesi yüksek dijital olgunluğa erişecek- İmalat sanayinde 500 dijital dönüşüm danışmanı yetiştirilecek- 81 ilde dijital dönüşüm bilgi merkezi oluşturulacak
6. Yönetişim	<ul style="list-style-type: none">- Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu kurumsallaştırılacak- Platform içinde daimi komiteler kurulacak. Bu komiteler:<ul style="list-style-type: none">- Dijital müfredat ve takviye komitesi- Veri iletişim standartları komitesi- Odak dijital teknolojiler komitesi	<ul style="list-style-type: none">- Bakanlık, Sivil Toplum Kuruluşları, kamu kurum ve kuruluşları ile imalat sanayinin dijital dönüşümüne katkı sağlanacaktır.

Kaynak: T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018: 131, 135, 144, 151, 155, 158.

Ülkemizin dijital dönüşümü için hazırlanan çalışmalar doğrultusunda konunun yakından takip edildiği söylenebilir. Teknoloji devi ülkelerle aynı platformlarda yer alabilmemiz için aynı ciddiyetle yola devam etmek gerekmektedir. Bakanlık tarafından hazırlanan yol haritasında dönüşümün, kısa, orta ve uzun vade

olmak üzere üç aşamada tamamlanacağı belirtilmiştir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018:118).

2.3.6.3.Türkiye’de Endüstri 4.0 Teşvikleri

Dijital dönüşümün ülke geneline yayılabilmesi için özellikle KOBİ’lerin desteklenmesi gerekmektedir. Bu destek devlet tarafından çeşitli vasıtalarla gerçekleştirilmektedir. Konuyla ilgili verilen teşvikler, dijital dönüşüme olan ilgiyi artırmaktadır. Bunun yanı sıra akademi ve sanayi işbirliği de büyük önem taşımaktadır. 2001 yılında kabul edilen 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu bu amaç çerçevesinde şekillenmiştir (26.06.2001 tarihli ve 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu).

2008 yılında kabul edilen 5746 sayılı kanun ise ülke ekonomisinin uluslararası düzeyde rekabet gücünün artması için yeniliklerin önünü açacak teşvikleri içermektedir (28.02.2008 tarihli 5746 sayılı Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun). ‘İndirim, istisna, destek ve teşvik unsurları’ başlığı altında belirtildiği üzere (Madde 3); (i) Ar-Ge ve tasarım indirimi; (ii) Gelir vergisi stopajı teşviki; (iii) Sigorta primi desteği; (iv) Damga vergisi istisnası; (v) Teknogirişim sermayesi desteği ile kanunda belirtilen şartları sağlayan işletmelere çeşitli kolaylıklar sağlanmaktadır.

Ülkemiz için bu dönüşüm büyük bir öneme sahiptir. Bu tarz teşvikler konunun özendirilmesine ve yenilikçi fikirlerin, uygulamaların ve projelerin ortaya çıkmasına büyük katkı sağlamaktadır. Özellikle Endüstri 4.0 adı anılmaya başladığından itibaren ülkemizde bu tarz teşvik ve istisna uygulamalarının önemi artmıştır. 5764 sayılı Kanunu dayanak alarak hazırlanan, ‘Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama ve Denetim Yönetmeliği’nde, 5746 sayılı Kanun’un uygulamasına ve denetimine ilişkin usul ve esaslar düzenlenmiş, konuyla ilgili tanımlamalara ve kanun kapsamında yer alan faaliyetlere ilişkin hususlara yer verilmiş ve indirim, istisna, destek ve teşvik unsurları belirtilmiştir. Bu yönetmelik 5746 sayılı Kanuna göre daha kapsamlıdır. Yönetmeliğin Üçüncü Bölümü’nde ‘İndirim, İstisna, Destek ve Teşvik Unsurları’ başlığı altında belirtilen uygulamalar şu şekildedir; (i) Ar-Ge ve tasarım indirimi uygulama esasları (Madde 8); (ii) Ar-Ge ve tasarım indiriminin uygulamasında izlenecek yöntem (Madde 9); (iii) Gelir vergisi stopajı teşvik uygulaması (Madde

10); (iv) Sigorta primi desteği uygulaması (Madde 11); (iv) Damga vergisi istisnası uygulaması (Madde 12). Bunun dışında Dördüncü Bölümde; (i) Temel bilimler desteği (Madde 15); (ii) Tasarım tescil desteği (Madde 16); Altıncı Bölümde ‘Rekabet Öncesi İşbirliği Projelerine ilişkin Hususlar’ başlığı altında belirtilen (i) Rekabet öncesi işbirliği projelerinin izlenmesi ve destek ödemesi (Madde 26) yönetmelik kapsamında belirtilen uygulamalardandır.

Yönetmeliğin Yedinci Bölümünde ise Teknogirişimlere ilişkin hususlar yer almaktadır. Yönetmeliğin tanım kısmında Teknogirişim sermayesi şu şekilde tanımlanmıştır: ‘Belirtilen şartları taşıyan kişilerin, teknoloji ve yenilik odaklı iş fikirlerini, desteği veren merkezi yönetim kapsamındaki kamu idareleri tarafından desteklenmesi uygun bulunan bir iş planı çerçevesinde, katma değer ve nitelikli istihdam yaratma potansiyeli yüksek teşebbüslere dönüştürebilmelerini teşvik etmek için yapılan sermaye desteği’.

Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Maliye Bakanlığı’nın, 2016 tarihli yönetmelikte yaptığı değişikliklere ilişkin yönetmelik (Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama ve Denetim Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik) 14.02.2017 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Aynı zamanda 2016 tarihli yönetmeliğe 9/A maddesi eklenmiştir. Bu Maddenin 1. Bendinde uygulanacak olan Ar-Ge indirimi şu şekilde ifade edilmiştir: ‘Gelir ve kurumlar vergisi mükelleflerinin, işletmeleri bünyesinde gerçekteştirdikleri münhasıran yeni teknoloji ve bilgi arayışına yönelik araştırma ve geliştirme harcamaları tutarının %100’ü, bu kapsamdaki projelerin Bakanlık (Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) tarafından Ar-Ge ve yenilik projesi olarak değerlendirilmesi şartıyla belirtilen Kanunlar uyarınca kazancın tespitinde indirim konusu yapılır.’

Yeniliğe ayak uydurulması, modern yöntemlerin sanayiye girmesi, üretimde rekabet gücünün artırılması, inovatif mal ve hizmet üretiminin ve nitelikli işgücü istihdamının artması uygulanan teşvik ve istisna uygulamalarının temelidir. Kanun ve yönetmelikler derinlemesine incelendiğinde, şartlara uyanlara sağlanan avantajlar şöyledir:

- Teknogirişim sermayesi desteği,
- Gelir vergisi stopajı teşviki,

- Kurumlar vergisi avantajı ve
- Sigorta primi desteği uygulaması.

KOSGEB bünyesinde de işletmelere çeşitli destekler sağlanmaktadır. Bu destekler ile KOBİ'lerin rekabet güçlerinin geliştirilmesi ve küresel pazarlarda söz sahibi hale getirilmeleri hedeflenmektedir. Hedeflere ulaşabilmek için sağlanan destekler şunlardır:

- Girişimcilik Destekleri,
- Ar-Ge, Teknolojik Üretim ve Yerleştirme Destekleri,
- İşletme Geliştirme, Büyüme ve Uluslararasılaşma Destekleri,
- KOBİ Finansman Destekleri ve
- Laboratuvar Hizmetleri.

Bu destek ve hizmetler arasında yer alan Ar-Ge, Teknolojik Üretim ve Yerleştirme Destekleri, Endüstri 4.0'ın algılanması ve hayata geçirilmesi için büyük önem teşkil etmektedir. Yenilikçi fikirleri olan ancak bunlara bütçe ayıramayan girişimci bu tarz destekler ile işini geliştirebilmekte ve yeni ürünler üretebilmektedir. Ar-Ge, Teknolojik Üretim ve Yerleştirme Destekleri kapsamında uygulanan Ar-Ge ve İnovasyon Destek Programı tam olarak bu amaç için uygulanmaktadır. Program dahilinde Ar-Ge ve inovasyon projelerine 750.000 TL'ye kadar destek sağlanabilmektedir. Bir başka program ise Endüstriyel Uygulama Programı'dır. Bu program kapsamında da yeni bir ürünün ya da hizmetin üretilmesi ve kalitesinin artırılması, modern üretim sistemlerinin kullanılması, ürün veya süreçlerin pazara uygun biçimde ticarileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu program kapsamında 818.000 TL'ye kadar destek sağlanabilmektedir. Bu programların dışında KOBİ TEKNOYATIRIM – KOBİ Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı ve Stratejik Ürün Destek Programı da vardır ve bu programlarda da girişimcilere büyük destekler sağlanmaktadır.

TÜBİTAK benzer amaçlarla destekler sunan bir başka kurumdur. TÜBİTAK bünyesinde sağlanan destek programları şu şekildedir:

- Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı: 2010 yılından itibaren TÜBİTAK tarafından desteklenen bu program ile firma düzeyinde katma

değer yaratan işletmelerin Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi amaçlanmaktadır

- KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı: Programın temel stratejisi, KOBİ'lerin verimliliklerinin, katma değer içindeki paylarının ve uluslararası rekabet güçlerinin artırılmasıdır.
- Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destek Programı: Bilgi İletişim Teknolojileri, Enerji, Gıda, Makine İmalat, Otomotiv ve Sağlık gibi öncelikli alanlarda program kapsamında sağlanacak desteklerle, teknolojik yeterlilik ve bilgi birikiminin artırılması, mevcut yeteneklerin farklı alanlarda değerlendirilmesi, özgün teknolojilerin geliştirilmesi ve teknolojik gelişimde ivme kazanılması hedeflenmektedir.
- Patent Destek Programı: Bu program kapsamında ülkemiz kaynaklı ulusal ve uluslararası patent başvuru sayısının artırılması, gerçek ve tüzel kişilerin patent başvurusu yapmaya teşvik edilmesi ve bu yolla ülkemizdeki patent sayısının artırılması hedeflenmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AKILLI ÜRETİM'İN İŞLETME PERFORMANSINA ETKİSİ: VESTEL BUZDOLABI FABRİKASI'NDA BİR UYGULAMA

3.1. İŞLETME PERFORMANSI

İşletme, kişilerin istek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla mal ve hizmet üreten ticari örgüt olarak tanımlanabilir. Mal ve hizmetler üretilirken çeşitli üretim faktörlerinden (emek, sermaye, doğal kaynak, teknoloji, vb.) yararlanır. Üretim faktörlerinin ne kadar etkin ve verimli kullanıldığı işletmenin başarısına etki eder. İşletme başarısı veya etkinliği, işletmenin belli bir süre içerisinde hedeflerine ulaşma derecesini tanımlamaktadır. Performans ölçümü de bu başarının değerlendirilmesini sağlamakta ve stratejik kararların alınmasında yöneticilere yön göstermektedir. Modern yönetim anlayışında işletme performansı yoğun olarak işletme amaçlarıyla bağdaştırılmakta ve bir işin belli bir periyot sonucundaki çıktısı olarak tanımlanmaktadır (Karaman, 2009: 413).

Performans değerlendirilmesi yapılırken ekonomik hedeflerin yanı sıra, stratejik veya operasyonel hedefler gibi ekonomik olarak değerlendirilemeyecek hedeflerin de dikkate alınması gerekmektedir. Literatürde bu ayrım finansal göstergeler ve finansal olmayan göstergeler başlıkları altında yapılmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde performans göstergeleri, finansal göstergeleri de kapsayan geniş bir kavramdır ve her işletme kendi performans kriterlerini belirleyebilir. İşletme performansı göstergeleri, işletmenin mevcut durumunun ortaya konulmasına ve hedefler doğrultusunda atılması gereken adımların belirlenmesine hizmet eder. Aynı zamanda bu performans göstergeleri ile işletmelerin belli periyotlardaki durumları karşılaştırılabilir. Bu karşılaştırma işletme kaynaklarının nasıl kullanılacağı veya hangi alanlara yönlendirileceği konusunda ileriye dönük alınacak kararlarda yol göstericidir (Arıkök vd., 2018:286).

Performans ölçümü yapılırken ölçüm sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bu ölçüm yöntemlerinden bazıları şunlardır (Yüreğir ve Nakıboğlu, 2007:550):

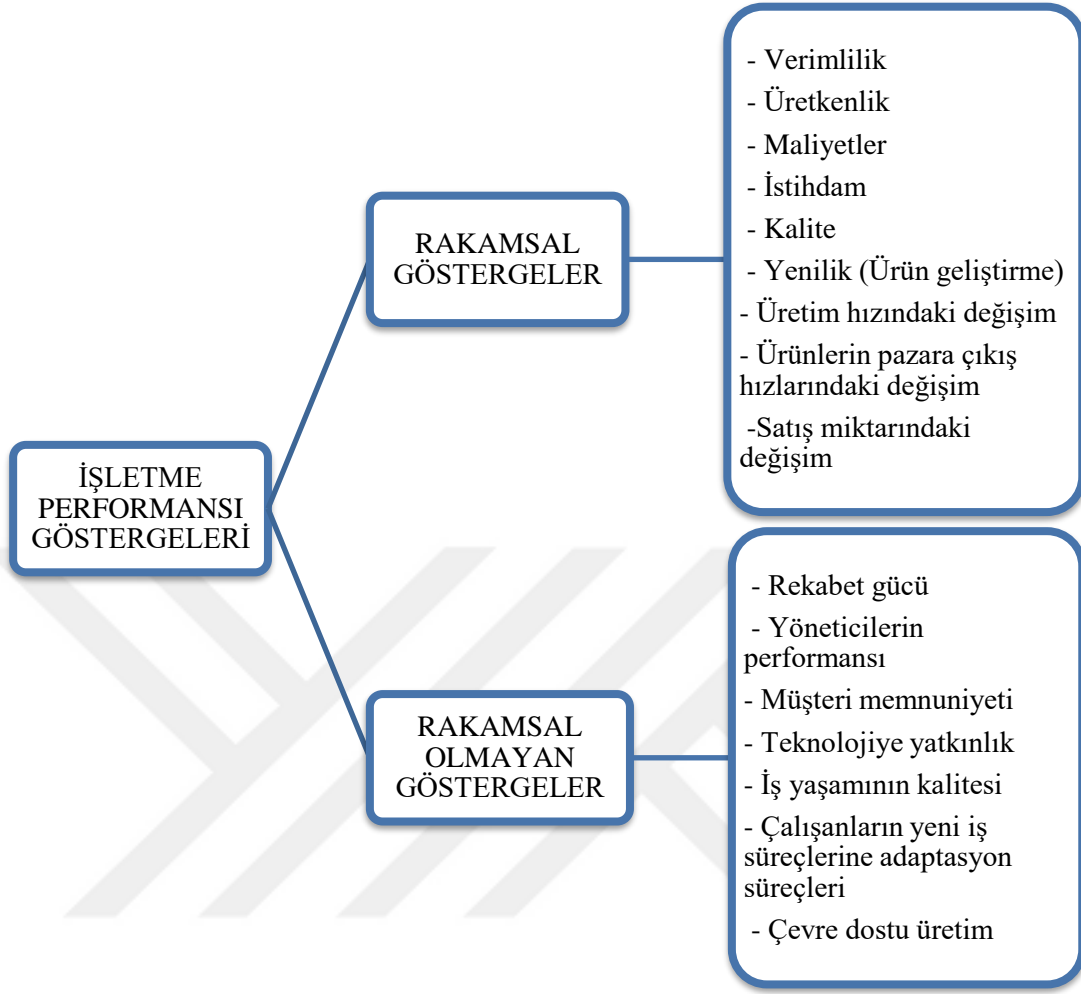
- Yatırımın Geri Dönüş Oranı,
- Sink ve Tuttle Modeli,

- Marka Değerleme,
- Müşteri Değer Analizi,
- Paydaş Değer Analizi,
- Faaliyet Tabanlı Maliyetleme,
- Ekonomik Katma Değer,
- Performans Piramidi,
- Performans Prizması,
- Kurumsal Karne,
- Mükemmellik Modeli,
- Performans Ölçüm Anketi,
- Dünya Çapında Üretim İçin Performans Ölçümü,
- Dinamik Performans Yönetim Sistemi,
- Bütünleştirilmiş Performans Yönetim Sistemi ve
- Medori ve Steples Yapısı.

İşletme etkinliğini değerlendirirken bazı performans göstergelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu göstergeler işletmenin mevcut durumunu yansıtan verileri içermektedir. Özellikle yöneticiler için bu veriler büyük önem taşımaktadır. Çünkü bu veriler yöneticilerin başarısını da yansıtmaktadır.

Yakın bir geçmişe kadar performans göstergeleri dendiği zaman akla ilk olarak kar ve maliyetler gelmekteydi (Karaman, 2009: 414). Ancak günümüzde işletme için son derece önemli olan farklı kavramlar da bu göstergelere dahil edilmiştir. Bunların başında, verimlilik, kaynakların etkin kullanımı, teknolojiye yakınlık, çevreye duyarlılık gelmektedir. Daha önce de belirtildiği üzere bu kavramlar işletmelerin hedefleri doğrultusunda şekillendiğinden, işletmeden işletmeye değişim gösterebilir.

Şekil 9 İşletme Performansı Göstergeleri



Verimlilik birçok işletme için performans değerlendirmesinde önem sırası bakımından başta gelmektedir. Üretimde girdi ile çıktı arasındaki bağlantıyı ortaya koyan verimlilik, çıktının girdiye oranıdır (Çoban, 2007:22). Bu tanımdan yola çıkarak girdi maliyetlerinin doğrudan verimliliği etkilediği söylenebilir. Ticari bir örgüt olan işletmelerin amaçlarından bir tanesi de daha az girdi ile belirli bir çıktı elde etmektir. Bu noktada girdi maliyetlerini azaltacak yöntemler her daim girişimcinin ilgi odağı olmuştur. Girdi maliyetleri, bir ürünün üretiminde kullanılan her türlü kaynağı kapsamaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde verimlilik kullanılan kaynakların ne kadarının ürüne çevrildiğini de ifade etmektedir (Erdumlu, 1993'den aktaran Koçyiğit, 2016: 19).

Üretimde teknoloji kullanımının artması, insan gücüne olan ihtiyacı azaltmaktadır. Emek ile teknoloji kıyaslandığında teknoloji daha ucuz bir üretim faktörüdür. Bu nedenle teknoloji kullanabilen işletmelerin emek gücüne olan

ihtiyaçları azalmaktadır. Modern teknolojileri kullanarak üretimi gerçekleştirmek girdi maliyetlerini de azaltmaktadır. Aynı zamanda teknoloji kullanımı üretimde hata miktarını azaltmakta ve hem üretimin hem de üretilen ürünlerin kalitesi artmaktadır.

Performans ölçümü, yoğun rekabet ortamında işletmenin kendini diğer işletmeler ile kıyaslamasına imkan sağlamaktadır. Aynı zamanda işletmenin iş süreçlerinin, nesnel verilerle etkinliğinin değerlendirilmesine ve bunun sonucunda stratejik kararların alınmasına hizmet etmektedir.

İşletme performansını ortaya koyan göstergelerin belirlenmesi, belirli periyotlarda meydana gelen değişimlerin izlenmesi ve nedenlerinin araştırılması günümüzde büyük bir öneme sahiptir. Küreselleşme, ekonomik, teknolojik ve sosyal açıdan sürekli değişen bir dünya yaratmıştır. İşte bu değişimlere ayak uydurmak özellikle işletmeler için büyük önem taşımaktadır. İşletmeler var olabilmek için performanslarını ölçmek ve onları ileriye taşıyacak çalışmalar yapmak zorundadırlar (Zerenler, 2003'den aktaran Karaman, 2009:413). Aynı zamanda etkili bir performans analizi için sadece işletme içerisinden elde edilen verilerin değerlendirilmesi yetersiz kalabilir. Bunun için müşteriler ve toplum düzeyinde ele alınabilecek bazı kıstasların da değerlendirilmeye alınması gerekmektedir (Arıkök vd. 2018:286). Daha açık bir ifade ile performans ölçümü yapılırken işletmenin faaliyet kolu gereği mal veya hizmet üretiminden fayda sağlayan tüm paydaşların belirlenen kriterler doğrultusunda ölçüme dahil edilmesi gerekmektedir.

3.2.VESTEL BEYAZ EŞYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nde 'Gururla Yerli' sloganı ile üretimini gerçekleştiren Vestel, 155 ülkeye gerçekleştirdiği ihracat ile teknoloji ihracında Türkiye'nin simgesi konumundadır. Vestel Beyaz Eşya Sanayi ve Ticaret A.Ş. buzdolabı, split klima, çamaşır makinesi, pişirici cihazlar, bulaşık makinesi ve termosifon üretimi yapmakta ve satışını gerçekleştirmektedir.

1997 yılında kurulan Vestel Beyaz Eşya, ilk olarak 1999 yılında buzdolabı üretimine başlamıştır. Son teknolojilerle, kaliteli, dünya standartlarında, yenilikçi ve geniş bir vizyonla üretimini gerçekleştiren Vestel'in toplam gelirinin %70-75'i yurt dışı satışlarından elde edilmektedir. Bugün Vestel Beyaz Eşya, Türkiye'nin ilk 3, Avrupa'nın ise en büyük 5 beyaz eşya üreticisi arasında yer almaktadır. Özellikle

Avrupa'yı ana hedef pazar olarak gören Vestel yeni trendlere cevap vermeyi ve ürün portföyünü sürekli olarak geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda Vestel Beyaz Eşya içerisinde üretim konusuna göre ayrı Ar-Ge çalışmaları yürütülmektedir. 2018 yılında 526 kişi olan Şirketin Ar-Ge bölümü, 31 Mart 2019 itibarıyla 539 kişiye yükselmiştir.

Avrupa dışında Ortadoğu, Güney Amerika, Avustralya ve Kuzey Afrika'ya da ihracat yapılmaktadır. Bu durum hem Türkiye'nin ihracat haritasının genişlemesine hem de şirketin daha fazla müşteriye ulaşma hedefine katkı sağlamaktadır. Vestel Beyaz Eşya, Zorlu ailesinin kontrolü altında olan Vestel Şirketler Topluluğu'na dahildir. Şirket'in yurt içi ve yurt dışı satışları yine topluluğa dahil olan Vestel Ticaret A.Ş. aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

1.3 milyon metrekare alan üzerine kurulu olan Vestel City'de üretimini gerçekleştiren Vestel, 16.000 kişiyi istihdam etmektedir. '2019 İstihdam Seferberliği Programı' kapsamında yılın ilk dört ayında 1300 kişiyi daha istihdam ederek bu rakamı 17.300'e çıkarmayı hedeflemektedir. 31 Mart 2019 tarihi itibarıyla Vestel Beyaz Eşya Şirketi bünesinde istihdam edilen personel sayısı 7.746'dır.

Vestel, sosyal sorumluluk projelerine de büyük önem vermektedir. 2015 yılında başlatılan 'Eşit Şans Projesi' ile 140 işitme engelli Vestel'de çalışmaya başlamıştır. Bir diğer sosyal sorumluluk projesi olan 'Hayatın İçindeyim' ile Down sendromlu ve zihinsel engelli gençlere Vestel iş imkanı sağlamaktadır. 'Yeter ki Şans Ver' projesi ile de çocukların kişisel gelişimlerine büyük katkı sağlanmaktadır. Vestel Şirketler Grubu içerisinde toplam 435 engelli istihdam edilmektedir.

Şirket, Sermaye Piyasası Kurulu'na (SPK) kayıtlıdır. Şirket hisseleri 21 Nisan 2006 tarihinden beri Borsa İstanbul'da (BİST) işlem görmektedir. 31 Mart 2019 itibarıyla Şirket'in BİST'te işlem görebilir nitelikte toplam 59.800.000 adet hissesi bulunmaktadır. 31.03.2019 itibarıyla Şirketin ortaklık yapısı aşağıdaki gibidir:

Tablo 6 Vestel Beyaz Eşya A.Ş.’nin Ortaklık Yapısı ve Sermaye Dağılımı

Ortaklar	Nominal Pay Tutarı (TL)	Sermayedeki Payı (%)
Vestel Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	180.833.943	95,18
Diğer Ortaklar (Halka Açık)	9.166.057	4,82
Toplam	190.000.000	100,0

Türk sanayisinin gelişimine de katkı sağlayan şirket 2018 yılında 15,9 milyar TL ciro yapmıştır. Şirket, her alanda gösterdiği başarılı performans ile son beş yılda 450’yi aşkın ödüle layık görülmüştür. Bu ödüller, uluslararası Ar-Ge & tasarım alanından, müşteri memnuniyetine, insan kaynaklarında çevre ödüllerine kadar birçok alanda kazanılmıştır.

Hisse senetleri Borsa İstanbul’da işlem gören ortaklıklara ilişkin çeşitli yükümlülükler mevcuttur. Bunlardan bir tanesi de kamuyu aydınlatma yükümlülüğüdür. Özel durumlarını kamuya duyurma yükümlülüğüne sahip olan bu şirketler aynı zamanda, finansal tablolarını, bağımsız denetim raporlarını ve yıllık raporlarını da kamu ile paylaşmak zorundadırlar. Kamu ile paylaşılan finansal tablolar ‘Sermaye Piyasasında Finansal Raporlamaya İlişkin Esaslar Tebliği’ hükümlerine uygun olarak hazırlanmak zorundadır. Aynı zamanda tebliğin 5. maddesine istinaden Kamu Gözetimi Muhasebe ve Denetim Standartları tarafından yürürlüğe konmuş olan Türkiye Muhasebe Standartları (TMS) / Türkiye Finansal Raporlama Standartları (TFRS) ile bunlara ilişkin ek ve yorumlar finansal tablolar hazırlanırken esas alınmaktadır.

Çalışmanın bu kısmında toplanan veriler Vestel Beyaz Eşya’nın kendi internet sayfasında² yer alan ‘Yatırımcı İlişkileri’ başlığı altında paylaşılan finansal bilgilerden elde edilmiştir.

² <http://vesbe.vestelyatirimciiliskileri.com/finansal-bilgiler/ozet-finansal-bilgiler.aspx>, (02.05.2019).

Tablo 7 SPK Finansal Tabloları

SPK FİNANSAL TABLOLARI (MİLYON TL)	2018	2017	2016	2015	2014
Net Satışlar	5.694	3.858	3.037	2.524	2.337
İhracat / Brüt Satışlar	%78	%73	%75	%77	%75
Faaliyet Karı	593	485	387	265	150
Faiz, Amortisman ve Vergi Öncesi Kar (FAVÖK)	759	596	478	350	234
Net Dönem Karı	623	295	325	164	131

Aktifler	4.685	3.030	2.288	1.721	1.549
Özsermaye	1.812	1.012	920	714	663
Net Nakit – (Net Finansal Borç)	(533)	(458)	(236)	28	45

Karlılık Oranları					
Faaliyet Kar Marjı	%10,4	%12,6	%12,7	%10,5	%6,4
FAVÖK Marjı	%13,3	%15,5	%15,7	%13,9	%10,0
Net Kar Marjı	%10,9	%7,7	%10,7	%6,5	%5,6

Vestel Beyaz Eşya Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin 1 Ocak - 31 Mart 2019 dönemine ait olan şirket faaliyetlerine ilişkin önemli gelişmeler şu şekildedir:

- Toplam 402.980 metrekare kapalı alanda üretim yapılmaktadır,

- 2019 yılının ilk üç ayında kapasite kullanım oranı %67 olarak gerçekleşmiştir,
- 2018 yılının ilk üç ayına göre 2019 yılının ilk üç aylık üretimi %4,5 oranında artmıştır,
- 2019 yılının ilk üç ayında brüt satışlar 1.386.561 bin TL olarak gerçekleşmiştir,
- İlk üç ay içerisinde gerçekleşen satışların %66'sı Avrupa ülkelerine, %13'ü yurt içine ve %21'i diğer ülkelere yapılmıştır,
- Net satışlar geçen yılın aynı dönemine göre TL bazında %32 büyürken, adet satışlar da %4,4 oranında artış göstermiştir,
- Yılın ilk üç ayında toplam 15,5 milyon Amerikan Doları tutarında yatırım harcaması yapılmıştır,
- Yatırım harcamaları içerisinde en büyük paylar %39 ile makine ve teçhizat yatırımları, %38 ile kalıp yatırımları ve %15 ile Ar-Ge faaliyetlerine aittir ve
- Şirketin yeni çamaşır makinesi ve kurutma makinesi fabrikası yatırımı 2018'in ikinci çeyreğinde tamamlanarak tesiste seri üretime geçilmiştir.

2019 yılının ilk üç aylık karlılık ve finansal durumu ile 2018 yılının aynı dönemine ait olan veriler Tablo 8'de gösterildiği gibidir.

Tablo 8 Karlılık ve Finansal Duruma İlişkin Oranlar

(Bin USD)	31.03.2019	31.03.2018
Net Satışlar	258.238	276.175
İhracat/Satışlar	%87	%71
Faaliyet Karı	11.968	28.193
FAVÖK	23.213	37.548
FAVÖK Marjı	%9,0	%13,6
Net Dönem Karı	15.549	22.135
Ar-Ge Harcaması/Satışlar	%1,1	%1,3
Ortalama USD/TL Kuru	5,3637	3,8129

Toplam Aktifler	858.250	855.666
Özkaynaklar	336.651	274.918
Net Finansal Borç	130.777	114.870
Net Borç/Özkaynaklar	%39	%42
Dönem Sonu USD/TL Kuru	5,6284	3,9489

3.3.VESTEL BUZDOLABI FABRİKASI'NDA BİR UYGULAMA

3.3.1.Araştırmanın Amacı

Endüstri 4.0, Akıllı Üretim veya Akıllı Fabrikalar başlıkları altında literatürde çok sayıda kavramsal çalışma bulunmaktadır. Ancak hem konunun çok yeni olması hem de değişimi net bir şekilde ortaya koyacak göstergelerin belirlenmesinin zorluğu ampirik çalışmalar yapılmasını engellemiştir. Bu devrimin ülkemizde sağlıklı bir şekilde hayata geçirilmesi için öncelikle teknolojik alt yapısı güçlü olan şirketlerin girişimine ve daha sonra da akademi ve sanayi işbirliğine ihtiyaç vardır. Bu nedenle çalışmada teori ile uygulama birlikte değerlendirilmeye ve AÜ başlığı altında meydana gelen değişimler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3.3.2.Araştırmanın Yöntemi

AÜ ile ilgili olarak derinlemesine bilgi toplayabilmek amacıyla konunun uzmanlarıyla görüşülmüştür. Araştırmada AÜ başlığı altında geliştirilen yöntemler ve yenilikler örnek olay inceleme yöntemi ile incelenmiş ve nelerin başarılı olduğu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, bir görüşme formu hazırlanmış ve forma uygun olarak şu adımlar takip edilmiştir:

- (i) Endüstri 4.0 için genel bir çerçeve çizilmiş ve Vestel Buzdolabı Fabrikası hakkında bilgi toplanmıştır,
- (ii) AÜ için gerekli olan teknolojiler hakkında bilgi toplanmıştır,
- (iii) AÜ başlığı altında Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda kullanılmaya başlanan yeni sistemler incelenmiştir,

- (iv) Sistemin çıktıları başlığı altında yeni sistemin, tedarikçiler, üretim, personel, müşteriler ve pazarlama yöntemleri üzerinde yarattığı etkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır,
- (v) Akıllı Üretimin işletme performansı üzerine etkisi rakamsal verilerle ifade edilmeye çalışılmıştır.

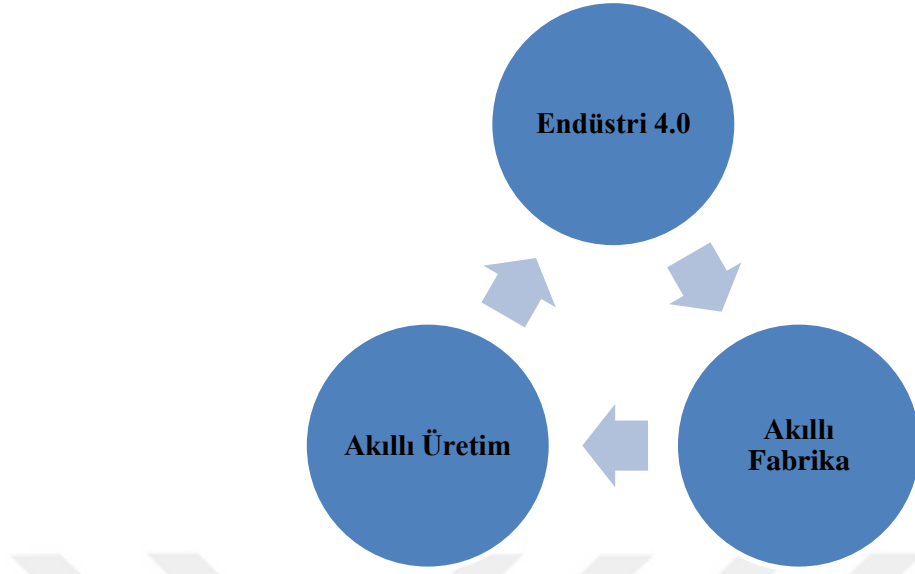
3.3.3.Araştırmanın Bulguları

3.3.3.1.Genel Veriler

Bu başlık altında Vestel Buzdolabı Fabrikası ile ilgili sorulara geçmeden önce, Endüstri 4.0 ile ilgili genel sorular sorulmuş ve Endüstri 4.0'ın tanımı, Endüstri 4.0 ile 3.0 arasındaki temel farklılıklar ve Endüstri 4.0'ın Akıllı Fabrika veya Akıllı Üretim ile ilişkisi hakkında şu bilgiler edinilmiştir:

- Endüstri 4.0, son gelişen teknoloji ile makinelerin birbiri ile haberleşmesi, veri alışverişinde bulunması ve insandan bağımsız olarak kendini koordine edebilmesi, optimizasyonunu sağlaması ve bu şekilde hızlı üretim yapılarak akıllı fabrikalar oluşturulmasını kapsayan bir teknoloji olarak tanımlanmıştır.
- Endüstri 3.0 ile 4.0 arasındaki temel farklılıklar şunlardır:
 - Endüstri 3.0'da makineler operatörler yardımı ile hareket kazanırken, Endüstri 4.0'da makineler herhangi bir insana bağlı olmadan tamamen sanal bir zeka ile hareket kazanabilmektedir,
 - Endüstri 4.0'da makinelerin boyutları küçülmüş, harcadıkları enerji azalmış ve arıza oranları düşmüştür.
- Endüstri 4.0 ile akıllı fabrika ve AÜ kavramları çoğu zaman birbirleri yerine kullanılmaktadır. Bunun temel nedeni, Endüstri 4.0'ın bir sonucu olarak Akıllı Fabrikaların ortaya çıkmasıdır. Kendi kendine üretim yapabilen, kendi hatalarını tespit edip onları onarabilen fabrikalar doğrudan Endüstri 4.0 konseptidir. Dolayısıyla bu kavramların birbiri yerine kullanılmasında bir yanlışlık yoktur.

Şekil 10 Endüstri 4.0, Akıllı Fabrika ve Akıllı Üretim Arasındaki İlişki



Vestel, ülkemizin önde gelen şirketleri arasında yer almaktadır. Üretim kapasitesi, istihdam oranı bir yana fabrikalarda kullanılan son teknolojiler ile de dikkat çekmektedir. Bu noktada Vestel'in Endüstri 4.0'a ne derecede yakın olduğunu öğrenmek amacıyla sorulan sorulardan şu bilgiler elde edilmiştir:

- Endüstri 4.0 kavramı 2011 yılında deklare edildiğinden itibaren, Vestel Şirketler Grubu en gelişmiş teknolojileri kullanma vizyonuyla Türkiye'de Endüstri 4.0'ı kendi üretim sistemlerine entegre eden şirketlerin başında gelmektedir,
- Türkiye'nin en çağdaş ve en teknolojik üretim tesislerinden birisine sahip olan Vestel, vizyonu gereği tüm yenilikleri yakından takip etmeye devam etmektedir,
- Kullanılan yüksek üretim teknolojileri ile ülkemizde Endüstri 4.0'a geçen şirketler arasında yer almaktadır,
- Gelişen teknolojiler ve artan rekabet şartları sistemlerin değiştirilmesi ve Endüstri 4.0'a geçilmesine öncülük etmektedir. Endüstri 4.0'ın en büyük avantajı, daha hızlı ve daha kaliteli üretim çıktısı sunmasıdır. Rakiplerinden daha az maliyetli ve daha kaliteli ürün üretildiğinde pazarda doğrudan bir adım öne geçme fırsatı doğmaktadır. Dolayısıyla Vestel, Endüstri 4.0'ı ulusal ve uluslararası rekabette bir adım öne geçmek için bir avantaj olarak görmektedir,

- Vestel Buzdolabı Fabrikası da bu vizyon ile sistemlerini yenilemektedir. Fabrikada ilk olarak robotik ve otomasyon sistemleri devreye alınmıştır. İş gücü ile yapılan işlemler artık robotlar tarafından yapılmaktadır. Üretim verileri dijital ortamda takip edilmeye başlanmıştır. Ayrıca ürün izleme sistemleri ile ürünü anlık olarak takip eden sistemler kurulmuştur,
- Vestel için artan müşteri talebine daha fazla ve daha kaliteli ürün portföyü ile karşılık verme zorunluluğu bu değişim sürecini başlatmıştır. Değişim sürecinin başlaması ve yönetilmesinde en büyük destek yönetimden gelmiştir. Vestel'in üst yönetim ve alt yönetim kadrosu bu değişimin mimarlarıdır. Yönetimin göstermiş olduğu kararlılık fabrikaların Endüstri 4.0'a adaptasyon süreçlerini hızlandırmıştır,
- Endüstri 4.0, akıllı fabrika veya AÜ tüm dünya için yeni kavramlardır. Bu nedenle bir fabrikanın bu başlıklar altında modernleşmesi bazı sorunlar doğurabilir. Vestel için bu açıdan bakıldığında karşılaşılan en büyük sorun personelin yeni sürece adaptasyonunda ortaya çıkmıştır. Personelin yeni teknolojilere uyum sağlaması belli bir süre almıştır. Ancak bu durum personelde yeni teknolojilerin kullanılmasına karşı herhangi bir direnç yaratmamıştır. Adaptasyon sürecinin ardından süreç aksamadan devam etmiştir. Bir başka karşılaşılan zorluk ise ürünlerin bu yeni sisteme entegrasyonunda ortaya çıkmıştır. Ancak kıyaslandığında sistemin getirdiği kolaylıkların yanında karşılaşılan kısa süreli zorluklar göz ardı edilebilir boyuttadır.
- Değişime karar verildiğinde öncelikle bir yol haritası oluşturulmuştur. Bu noktada neye, ne miktarda ve ne zaman ihtiyacımız var sorularının cevapları aranmıştır. Tüm akıllı sistemler bu yol haritasında verilen cevaplar doğrultusunda kurulmuştur,
- Süreç başlamadan önce fizibilite çalışmaları yapılmış ve süreç planlanmıştır. Fizibilite çalışmalarında özellikle yatırım maliyetleri üzerinde durulmuştur. Bu çalışmalar esnasında Vestel'in üzerinde durduğu temel kriter, kalitenin artırılması ve en yeni teknolojilerin aktif olarak hayata geçirilmesi olmuştur. Planlama sürecinde ise hangi teknolojik alt yapının (makine ve yazılım) fabrikalara nasıl entegre edileceği, ne zaman kurulumunun yapılacağı ve nasıl faaliyette olacağı, ürünlerin insana daha

az bağımlı halde üretilmesi için makine seçimleri ve ihtiyaç duyulan yazılımlar belirlenmiştir,

- AÜ için ciddi bir teknoloji altyapısına ihtiyaç vardır. Vestel, kurulan sistemin sorunsuz işlemesi için bilgisayar ve yazılımlarını güncellenmiştir. Yazılım ve entegrasyon süreci Vestel tarafından yürütülmüştür. Makineler için ise dışarıdan destek alınmıştır,
- Fabrikada şu an için kullanılan, AGV taşıma sistemleri, lazer ile yarı mamül kesme robotları, ürün taşıma ve montaj etme robot kolları, bilgisayar ile bütünleşik veri takip sistemleri kullanılan akıllı sistemlerdir,
- Fabrikada kullanılan akıllı cihazlar üretimin her alanında ve her anında etkin olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla işin çok büyük bir kısmını (%100'e yakın kısmı) bu sistemler yapmaktadır,
- Kullanılan akıllı sistemler, üretimin daha hızlı, daha kaliteli ve daha ekonomik olmasına katkı sağlamaktadır. Diğer bir açıdan bakıldığında, özellikle kalitedeki artışın müşteri memnuniyetini de artırdığı dikkat çekmektedir. Dolayısıyla daha fazla müşteri memnuniyeti için üretim sistemleri sürekli olarak geliştirilmektedir,
- Kullanılan son teknolojiler ile Vestel üretim sistemlerini güncellemiş ve AÜ için uygun ortamı yaratmıştır. Akıllı üretimin en belirgin faydası üretim alanında ortaya çıkmış ve yine sistem değişikliğinden en çok üretim etkilenmiştir. Üretimin arkasından sırasıyla, tasarım, depolama, nakliye ve satın alma birimlerini etkilemiştir.

Şekil 11 Akıllı Üretimin Etkilediği Alanlar



- Vestel Buzdolabı Fabrikası'nın üretim kısmı ile ilgili toplanan veriler şu şekildedir:
 - Fabrika iki farklı vardiya sistemi ile çalışmaktadır. İlki 4 saat mesai ile 2 vardiya ve ikincisi de mesaisiz çalışma düzeni ile 3 vardiyadır.
 - Her vardiyada ortalama 750 çalışan (iki fabrika da toplam) vardır.
 - Günün 24 saati üretim yapılabilmektedir.
 - Fabrikada toplam 5 adet montaj bandı bulunmaktadır.
 - En fazla farklı model ikinci bantta üretilmektedir.
 - Üretim bandına göre değişiklik göstermekle birlikte bir bant üzerinde 50'ye (ikinci bantta) yakın farklı tip model üretilebilmektedir.
 - Fabrikada AÜ ile bir buzdolabı 26 saniyede üretilmektedir. Eski sistemde en hızlı üretilen model 34 saniyede üretilmekteydi. Üretim sürecinin kısılmasındaki temel etkenler, proseslerin hızlanması, robotların üretime entegrasyonu ve bilgisayar sistemlerinin yaygınlaşması olarak sıralanabilir.
 - Model bazlı üretimde ürünün hacmi, boyutu ve kompleks yapısı üretim sürecine etki etmektedir. Fabrikada yaklaşık olarak 94 adet farklı model buzdolabı üretilmektedir. Bunların içerisinde en hızlı üretilen model (Table Top ya da Ofis Tipi Buzdolabı) saatte 138 adet üretilirken en yavaş üretilen model olan Puzzle ya da French Door modelinden saatte 20 adet üretilmektedir.
 - Bir buzdolabının üretilmesi için ihtiyaç duyulan malzemeler, ürünün soğutma komponentleri (Kompresör, Eşanjör, Hot Gas, Evap), plastik enjeksiyon malzemeleri (raf, sebzelik, kapı rafları, şişelik vb.), saç parçaları (yan paneller, üst paneller) ve plastik gövde olarak sıralanabilir. Ayrıca ürünün montajında kullanılan malzemeler (cıvata, vida vb.), ürünü paketlerken kullanılan ambalaj kartonları, ürünün üzerinde kullanılan etiketler ve logolar da bir buzdolabı üretiminde kullanılan malzeme gruplarındandır.
 - Fabrikada üretim miktarı eski sistemde günlük 9.000 – 10.000 seviyesindeyken şu anda yaklaşık 13.000 adet üretim yapılmaktadır.

3.3.3.2.Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Akıllı Üretim İçin Kullanılan Teknolojiler

Endüstri 4.0 yeni bir üretim konseptini tanımlamaktadır ve bu konsepti oluşturan çeşitli teknolojiler mevcuttur. Daha önce de belirtildiği üzere Endüstri 4.0 bir teknoloji kümesinden oluşmaktadır. Fabrikasını akıllandırmak isteyen bir girişimci bu teknolojilerden yararlanmak zorundadır. Bu başlık altında Vestel'in AÜ için kurduğu sistemde hangi teknolojilerden (Nİ, SFS, yapay zeka, bulut bilişim, büyük veri ve analitiği, artırılmış gerçeklik, simülasyon, sistem entegrasyonu, otonom robotlar ve siber güvenlik) faydalandığı konusunda bilgi toplanmıştır.

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda, Nİ, yapay zeka, büyük veri ve analitiği, artırılmış gerçeklik ve sistem entegrasyonu ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. En kısa sürede aktif olarak bu sistemler de kullanılmaya başlanacaktır. Bu teknolojiler dışında kalan SFS, bulut bilişim, simülasyon, robotlar ve siber güvenlik ise fabrikada aktif olarak kullanılmaktadır.

- SFS ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:
 - Fabrikada yaklaşık 2,5 yıldır kullanılmaktadır.
 - Buzdolabına kompresör takma, AGV ile malzeme taşıma, lazer robotu ile plastik kesim ve trimleme ve robotik boru sarmada bu teknolojiden yararlanılmaktadır.
 - SFS sayesinde özellikle yukarıda sayılan işlerde insan etkinliği azalmış, insana bağlı ergonomik sorunlar ortadan kalkmış, daha verimli üretim ve daha hatasız ürün kalitesi sağlanmıştır.
 - Bu teknoloji için 1 milyon Euro'nun üzerinde yatırım yapılmıştır.
 - Bulut bilişim ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:
 - Fabrikada yaklaşık 5 yıldır kullanılmaktadır.
 - Vestel veri depolama sistemlerinde bu teknolojiden yararlanılmaktadır.
 - Bu teknoloji daha fazla depolama alanı ve daha hızlı veriye erişim imkanı sağlamaktadır.
 - Bulut bilişim teknolojisi için 500.000 Euro'nun üzerinde yatırım yapılmıştır.
 - Simülasyon teknolojisi ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:
 - Fabrikada 2 yıldır aktif olarak kullanılmaktadır.

- Özellikle robotik kurulum ya da makine kurulumu yapmadan önce test aşamasında simülasyonlar yapılmaktadır.
- Simülasyondan, kurulumu yapılacak makinelerin entegrasyonu ve kurulum aşamalarında oluşması muhtemel hataların tespitinde faydalanılmaktadır. Aynı zamanda AÜ için gerekli bir kavram olan Dijital İkiz bu teknoloji ile yaratılmaktadır. Buzdolabı fabrikasında da bu teknolojiden yararlanılmaktadır. Fiziki ortamda üretilen ürünün bire bir aynısı dijital ortamda da çalıştırılmaktadır. Bu da sistemlerin üretimde kullanılmadan önce taşıdığı risklerin veya avantajların saptanmasında çok etkili olmaktadır.
- Bu teknoloji için 100.000 Euro'nun üzerinde yatırım yapılmıştır.
 - Otonom Robotlar ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:
 - Bu robotlar için %20'lik kısmını tek başlarına gerçekleştirmektedirler. Ancak, robotların varlığı tüm üretim sürecini doğrudan etkilemektedir.
 - Robotlar özellikle, hızlı ve kaliteli üretim için kullanılmaktadır. Aynı zamanda işçi sağlığını olumsuz etkileyen alanlarda kullanılmaları olumsuz ergonomik durumları ortadan kaldırmaktadır.
 - Fabrikada kullanılan robotlar dışarıdan temin edilmektedir. Bir Alman markası olan Kuka robotları kullanılmaktadır.
 - Totalde robotlar için 1 milyon Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır.
 - Siber güvenlik ile ilgili ulaşılan veriler şunlardır:
 - Siber güvenlik yaklaşık olarak 6 yıldır kullanılmaktadır.
 - Siber güvenlik, dışarıdan erişimi engellemek ve Vestel'e özel bilgilerin dışarı sızmasını önlemek amaçlı geliştirilen bir teknolojidir.
 - Sanalda saklanan bilgilerin ve dataların korunmasında önemi yüksek bir teknolojidir.
 - Bu teknolojiden yararlanabilmek için dışarıdan yazılım desteği alınmaktadır.

3.3.3.3.Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Kullanılan Akıllı Sistemler

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda Akıllı Üretim başlığı altında değerlendirebileceğimiz akıllı sistemler şunlardır:

- Kompresör robotları,
- AGV insansız taşıma sistemleri,
- Lazer kesim ünitesi,

- Robotik lazer trim projesi ve
- Robotik boru sarma.

Ürün içine kompresör yerleştirmede robot kullanımı özellikle personel sağlığı açısından ciddi bir iyileşme sağlamıştır. Çünkü yaklaşık olarak 5 kg ağırlığa sahip olan kompresörlerin sürekli olarak kaldırılıp, ürün içine yerleştirilmesi personel sağlığına zarar veren bir süreçtir. Bu nedenle daha önce personel tarafından takılan kompresörler şu an kompresör robotları tarafından ürünlere takılmaktadır. Bu sürece robotların entegre edilmesi personel tasarrufu da yaratmıştır. Bu sistem sayesinde 3 işçinin yaptığı işi 1 robot yapabilmektedir. Kompresör yerleştirilmesinde toplamda 6 adet aktif olarak çalışan robot bulunmaktadır. Bu da vardiya bazında 6 personel, 3 vardiyalık düzende ise 18 personel tasarrufu sağlamıştır. Sağlanan tasarrufu rakamsal olarak ifade etmek gerekirse yıllık 18.000 Euro'luk ($18 \times 10.000 \text{ €} = 18.000 \text{ €}$) bir tasarruf sağlanmıştır. Bu aşamada robot kullanımının üretim miktarına herhangi bir katkısı olmamıştır. Ancak ergonomik iyileşme söz konusudur.

şekil 12 Ürüne Kompresör Yerleştirilmesi



AGV sistemleri, yeni nesil taşıma sistemlerini tanımlamaktadır. Kurulan sistem ile ürünler insana ihtiyaç duyulmadan istenilen noktaya yönlendirilebilmektedir. Fabrikada daha önce personel tarafından milk run denilen araçlarla taşınan, buzdolabı kapısı, yan panel ve üst panel gibi yarı mamuller artık navigasyon yöntemi ile insansız araçlar ile taşınmaktadır. AGV taşıma sistemlerinin de personel sağlığına olumlu etkisi mevcuttur. Yani sistem ergonomik iyileşme

açısından fayda sağlamaktadır. AGV sistemleri aslında dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha çok RFID teknolojisi ile kurulan bu sistemler Vestel’de navigasyon yöntemi kullanılarak kurulmuştur. AGV sistemleri de iş gücü açısından tasarruf sağlamaktadır. Bu sistem ile personel tasarrufu toplamda 2 kişidir ve yıllık olarak bu tasarrufun karşılığı 20.000 Euro’ya tekabül etmektedir.

Şekil 13 AGV Sistemleri



Lazer kesim ünitesi, plastik gövdelerin lazer ışını ile kesilmesi amaçlı kullanılmaktadır. Daha önce manuel olarak gerçekleştirilen kesme işlemi bugün kurulan barkod sistemi ile el değmeden gerçekleştirilmektedir. Bu sistemde plastik gövdeler kesilmeleri gereken noktalardan yüksek lazer ışını yardımı ile kesilmektedir. Barkod sistemi ile yapılan kesimler sayesinde artık her bir plastik gövde için ayrı kalıp masalarına olan ihtiyaç ortadan kalkmış durumdadır. Barkod okuyucular doğrudan ürün tipini algılayarak, hangi tip kesim olacağına ürünü o robota yönlendirmektedir. Bu sistemin sağladığı en önemli fayda daha hassas ve kaliteli bir kesim sağlaması ve bu sayede kesim sırasında oluşabilecek hataları minimize etmesidir. Aynı zamanda lazer kesim ünitesi ile gerçekleştirilen kesimler daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Sistem, kalıp maliyeti ve bu kalıplar için yapılan yatırım maliyetlerinden tasarruf sağlamıştır. Artık kesimler eskiye nazaran çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistem ile sağlanan personel tasarrufu 4-5 kişidir.

Şekil 14 Lazer Kesim Ünitesi



Plastik gövdeler lazer ile kesildikten sonra, montajı yapılacak olan malzemelerin gövdeye eklenebilmesi için gerekli olan detayların trimlenmesi (açılması) lazer trim projesi adı altında oluşturulan sistem ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistem kurulmadan önce trimleme işi manuel bir şekilde gerçekleştirilmekteydi. Şu an ise bir robot yardımıyla trimlenecek kısımların kesilmesi şeklinde çalışan bir sistem kurulmuştur. Lazer trim projesi ile kalitesel iyileşme söz konusudur ve kesimler daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda bu sistem tüm dolap modellerinin üretiminde sonsuz esneklik sağlamaktadır. Lazer trim projesi ile vardiya başı 2 personel tasarrufu sağlanmıştır.

Şekil 15 Robotik Lazer Trim Projesi



Bir diğerk akıllı sistem ise robotik boru sarmadır. Bu sistem ürünlerin dondurucu plastiklerinin AL metal ile sarılması amacıyla kullanılmaktadır. Sistem, ürünü bir robot kolu yardımıyla kendi eksenini etrafında 360 derece döndürüp AL borularını ürün etrafına sarması şeklinde çalışmaktadır. Daha öncesinde fabrika bünyesinde böyle bir sistem mevcut değildi. Ürünlere plaka yapıştırılarak işlem tamamlanmaktaydı. Bu sistem ile ürünlerin soğutma verimi artmıştır. Aynı zamanda işlem hızlı bir şekilde tamamlanabilmektedir. Sistem stok miktarını da etkilemiştir. Bu sistem sayesinde stok miktarı minimumdur. Eski sistemde %60 olan stok miktarı şimdilerde %5 ile %10 arasında değişim göstermektedir.

Şekil 16 Robotik Boru Sarma



Boru sarma işleminin robot yardımı ile tamamlanması, ürün hacminde kazanç sağlamıştır. Bu teknoloji yan sanayiye bağımlılığı azaltmıştır. Aynı zamanda bu işin robot yardımı ile gerçekleştirilmesi yer tasarrufu da sağlamıştır. Aynı işlem makineler ile yapılıyorsa ekstra 322 metrekare alana daha ihtiyaç duyulacaktı.

3.3.3.4. Akıllı Üretimin Çıktıları

AÜ, yeni teknolojilerin bir araya gelmesiyle, daha hızlı, daha kaliteli ve daha ekonomik üretim yapılmasına imkan veren bir sistemi tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu sistemin getirilerini ortaya koymak için sadece üretim kısmında yaşanan gelişmelere odaklanmak yeterli değildir. Bu noktada bakış açısını biraz genişletmekte fayda vardır. Bu nedenle bu başlık altında çıktılar şu başlıklar altında değerlendirilmiştir:

- Tedarikçiler,
- Üretim,
- Personel,
- Müşteriler ve
- Pazarlama stratejileri.

AÜ için sistem entegrasyonu kavramı son derece önemlidir. Bu entegrasyon sadece işletmenin birimleri arasındaki entegrasyonunu ifade etmez. İşletme dış çevresi ile beraber değerlendirilir. AÜ’de bahsedilen sistem entegrasyonuna o çevre de dahildir. Bu noktada işletmenin özellikle tedarikçilerle olan entegrasyonu üretimin aksamaması için önemlidir. Vestel Buzdolabı Fabrikası son teknoloji ile üretim yapan bir fabrikadır. Bu fabrikada son derece fazla ürün kısa sürelerde üretilebilmektedir. Bu hız Vestel için sorun olmamakla birlikte, tedarikçilerinin bu hıza karşılık verememesi doğrudan üretimini etkiler. Yapılan görüşme sonucunda Vestel’in çalıştığı tedarikçilerin, Vestel ile aynı teknolojilere sahip olmadıkları, bu nedenle özellikle malzeme tedariki noktasında üretim hızının gerisinde kaldıkları ve Vestel’in üretim sistemine ayak uydurmakta zorlandıkları bilgilerine erişilmiştir. Ancak Vestel’in sahip olduğu sistemler özellikle tedarikçilerine ilham vermektedir. Bu noktada tedarikçiler, üretimlerini hızlandırmak ve daha kaliteli ürünler üretmek adına kendilerini bu doğrultuda geliştirecek adımlar atmaktadırlar.

AÜ sistemlerinin üretim sürecine sağladığı katkılar şu şekildedir:

- Üretim daha hızlı ve daha kaliteli bir şekilde gerçekleştirildiğinden, birim zamanda oluşan çıktı miktarında artış meydana gelmiştir. Bu sistem diğer bir ifade ile üretim süreç döngüsünün kısalmasına fayda sağlamaktadır. Üretim eski sistemde günlük yaklaşık 9.000 seviyesinde gerçekleştirilirken, Endüstri 4.0 uygulamalarının desteği ile ortalama günlük 13.000 seviyesine yükselmiştir. Şu an için hafta içi 24 saat üretim yapılabilmektedir. Cumartesi günü de 08.00 ile 24.00 arasında üretim yapılmaktadır. Normal şartlar altında herhangi bir makine arızası oluşmadıkça üretim sürekli olarak devam etmektedir. Yeni sistem makine arızası riskini de minimize etmektedir. Makinelerde meydana gelecek arıza yeni sistemde önceden uyarı (alarm gibi) vermektedir.

- Tek bir seferde (bir üretim bandı üzerinde) üretilen ürün sayısında da artış olmuştur. Ortalama olarak bir bandın üretim hızı gerek makine yatırımları gerekse teknolojik ilerleme ile 3.000'den 4.500 seviyesine yükselmiştir.
- Sistem hata miktarını azaltmaktadır. Kurulan sistemler hatalı montajı %40 oranında engellemektedir. Ayrıca kurulan bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri sayesinde hataların %100'ü yakalanmaktadır.
- Sistem esnek üretim yapılmasına imkan sağlamaktadır. Şu an için sadece bir bant üzerinde 50 farklı ürün üretilmektedir.
- AÜ sistemlerinin israfı önleyen bir yapısı vardır. Bu nedenle Yalın Üretim kavramı, Endüstri 4.0'ın bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Fabrikada gerçekleştirilen üretimde de bu kavram önemli bir yer tutmaktadır. Bu noktada hat dengeleme ve 5s üretim felsefesi fabrikanın ana üretim şemasında önemli bir yer tutmaktadır.
- Yalın Üretim kavramı kadar Vestel için Tam Zamanında Üretim felsefesi ile üretimi gerçekleştirmek de büyük öneme sahiptir. Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda üretim talep yani müşteri isteği doğrultusunda gerçekleşmektedir. JIT yani Tam Zamanında Üretim şirketin ana felsefesidir. Bu felsefenin stok tutma maliyetlerini ortadan kaldıran bir yapısı vardır. Ancak aynı zamanda üretici müşteriyi üretim süreci kadar bekletmeyi de göze almaktadır ve bu acil bir sipariş ise müşteri kaybına neden olabilir. AÜ ile hızlanan üretim, bu bekleme süresini minimuma indirdiği için bu risk ortadan kalkmaktadır. Vestel beklenmedik bir talep ile karşılaşırsa ürünlerin malzeme ihtiyaçları ellerinde mevcutsa üretime hemen başlayabilmektedir. Böyle bir durumda tek sorun olarak malzemelerin yan sanayiden gelmesi sürecindeki aksaklıklar söz konusu olabilir.
- AÜ müşteriyi üretime dahil etmektedir. Bu sayede müşterinin isteklerine bire bir cevap verilebilmektedir. Vestel'in üretim hattında müşteri kaynaklı bir son dakika değişikliği yaşandığında bu malzeme ile alakalı ise malzemenin temininden sonra üretim kaldığı yerden devam edebilir. Değişiklik tasarım ile ilgiliyse de bir sonraki üretimde değişikliğe uygun olarak üretim yapılabilir. Normalde bir son dakika değişikliğine

uyum sağlamak zordur. Ancak Vestel kurduğu esnek üretim hattı sayesinde bunu da kolaylıkla halledebilmektedir.

- Günümüzde üretimi çevreye saygılı bir şekilde yapabilmek büyük bir öneme sahiptir. Bu noktada Vestel de bu bilinç ile üretimini gerçekleştirmektedir. Atıkların ayrıştırılması ve kimyasal atıkların güvenli bir şekilde uzaklaştırılması için çevre yönetim sistemine (ISO Standartları) göre üretim yapılmaktadır.

AÜ ile değişen sistemlerden etkilenenler arasında personel de yer almaktadır. Özellikle geleneksel yöntemler ile üretimi gerçekleştirmeye alışmış personel yeni teknolojiler ile çalışmakta zorlanabilir. Bu açıdan AÜ sistemlerinin personel üzerindeki etkisinin de dikkate alınması gerekmektedir. Yapılan görüşmede konuyla alakalı şu bilgiler edinilmiştir:

- AÜ sistemlerine personelin çabuk adapte olabilmesi için çeşitli performans ölçümleri gerçekleştirilmelidir. Vestel bu bilinçle hareket etmiş ve belirli standartlar geliştirmiştir. Bunların başında makine kullanma becerisi ve makineyi tanıma yetisi gelmektedir. Bu standartlar, operatörlere uygulanmakta ve standartlar sürekli olarak güncellenmektedir. Aynı zamanda personele (özellikle operatörlere), makineleri tanıma ve yeni teknolojileri öğrenme konularında sürekli eğitimler verilmekte ve bu sayede personelin sisteme adaptasyon süreci hızlandırılmaktadır. Özellikle sisteme geçilirken personelin ilk zamanlarda karşılaştığı zorluklar bu sayede ortadan kaldırılmıştır. Bu noktada personele verilen eğitimin çok önemli olduğunu söyleyebiliriz.
- AÜ sistemleri yoğun teknoloji içerir ve insana olan ihtiyaç bu sistemde azalır. Bu durum personel üzerinde negatif bir etki yaratabilir. Ancak Vestel personeli üzerinde yeni sisteme geçerken böyle bir durum meydana gelmemiştir.
- AÜ için nitelikli iş gücüne ihtiyaç vardır. Vestel operatör bulmak için özellikle meslek lisesi öğrencilerine fabrikada geziler düzenlemekte ve bu öğrenciler mezun olduklarında onları istihdam etmektedir.
- AÜ sistemleri özellikle ergonomi açısından yani işçi sağlığı açısından çok faydalı olmuştur. Kompresör robotları sayesinde personelin artık ağır

kompresörleri taşımaya gerek kalmamıştır. Aynı şekilde AGV sistemleri de manuel olarak ürün taşıma işlemini ortadan kaldırmıştır.

AÜ ile müşteriler sistemin tam merkezine yerleştirilebilmektedir. Dolayısıyla bu sistem müşteri memnuniyetine de etki etmektedir. Yapılan görüşmeler sonucunda Vestel'in müşterileri üretime dahil edip edemediği, kişiselleştirilmiş ürünler üretip üretmediği, taleplere hızlı cevap verip veremediği ve AÜ ile hızlanan üretimin yeni pazarlara dolayısıyla yeni müşterilere ulaşılmasında yardımcı olup olmadığı konusunda şu bilgilere erişilmiştir:

- Vestel, müşterilerinin talepleri doğrultusunda üretimini gerçekleştirebilmektedir. Bunun en büyük sebebi, üretimin esnek bir yapıya kavuşturulmasıdır. Müşteriler ürünlerin şekillenmesinde yani tasarım, soğutma tipi, aksesuar seçimi, etiket seçimi vb. aşamalarında doğrudan sürece müdahale edebilmektedirler.
- Vestel'in kurmuş olduğu sistem kişiselleştirilmiş ürünler üretilmesine imkan sağlamaktadır. Ancak Vestel bünyesinde üretilen ürünler kişilere değil kitlelere göredir. Fabrikada üretilen her ürün tipi ve modeli birbirinden farklıdır. Ancak bu bir kişiye göre değil daha çok markaya endekslidir.
- AÜ ile müşteri taleplerine çok daha hızlı cevap verilebilmektedir. Kurulan esnek üretim hattı, taleplere hızlı cevap verebilme yeteneği, müşteri isteğine göre ürünlerin tasarımında değişiklik yapabilme ve en önemlisi gelişen teknolojiler ile daha kaliteli, daha az maliyetli ve hatasız üretim yapabilme müşteri ilişkileri yönetimini de kolaylaştırmaktadır. Tüm bu artılar şirketin yeni pazarlara açılmasına imkan sağlamaktadır.

Son teknolojiler ile üretim sistemlerini modernleştiren Vestel, bu durumu bir pazarlama aracı olarak da görmektedir. Endüstri 4.0, Vestel için gelişim, değişim ve ilerlemenin yeni adıdır. Bu nedenle şirket pazarlama stratejilerini en yeni teknolojileri üzerine kurmaktadır. Reklamlarda da en gelişmiş teknolojiler ile donatılmış tesisler ve yine bu teknolojiler ile üretildiği belirtilen ürünler kullanılmaktadır.

3.3.3.5.Akıllı Üretimin İşletme Performansına Etkisi

Performans ölçümü, belirli göstergelerden yararlanarak işletmenin durumunu ortaya koymakta ve aynı zamanda belirlenen hedeflere ulaşmadaki başarısını göstermektedir. Bu başlık altında öncelikle Vestel Buzdolabı Fabrikası'nın performansını ortaya koyacak göstergeler belirlenmiş, daha sonra da AÜ kavramının bu göstergelere etki edip etmediği araştırılmıştır. İncelenen performans göstergeleri şunlardır:

- Maliyetler,
- İstihdam oranı,
- Üretim hızı,
- Yatırımlar,
- Fiyatlar,
- Ürün geliştirme ve ürün pazara çıkış hızları,
- Ürün kalitesi,
- Verimlilik,
- Satış oranları ve
- Yatırımcıların şirkete ilgisi.

Bu başlıklar ile AÜ ile değişen yapının yarattığı etki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda maliyetler ile ilgili şu verilere ulaşılmıştır:

- Vestel için şu anda en büyük maliyet kalemleri enerji tüketimi ve kalifiye personeldir (makine operatörleri).
- AÜ ile üretim genelinde 20 işçilik bir tasarruf sağlanmıştır. Yıllık bazda bu değer 200.000 Euro'dur.
- Önemli bir kalem olan enerji giderlerinde, üretimde makine ve robot kullanımının artmasıyla yaklaşık %5 oranında bir artış meydana gelmiştir.
- Hammadde ve malzeme giderlerinde de değişim yaşanmıştır. Bu noktada en büyük değişim boru sarma robotlarında kullanılan AL bant ve AL boru miktarında yaşanmıştır. Totalde hammadde ve malzeme giderlerinde yaklaşık olarak %10 oranında bir artış meydana gelmiştir.

- Yeni alınan makinelerin periyodik bakımları, enerji tüketimi ve kurulumundan dolayı makine ve teçhizat giderlerinde %6-7 oranında artış meydana gelmiştir.

Yapılan görüşmeler sonucunda istihdam oranları ile ilgili şu verilere ulaşılmıştır:

- Yeni sistem ile mavi yakalı personel oranında dikkat çekecek bir değişim yaşanmamıştır. Kompresör takmada çalışan personel farklı alanlara kaydırılmıştır.
- Beyaz yakalı personel oranında bir değişiklik yoktur.
- AÜ ile birlikte 'Otomasyon ve Projeler Departmanı' kurulmuştur ve bu bölümde çalışacak makine, tasarım ve yazılım mühendisleri istihdam edilmiştir.

Yapılan görüşmeler sonucunda üretim hızında meydana gelen değişim ile ilgili şu verilere ulaşılmıştır:

- Üretim hızı yeni sistem ile yaklaşık %20 oranında artmıştır. Bu artışın nedenleri, boru sarma makinelerinin hızı, son teknoloji fiyestür yatırımları, üretim operasyonlarında yapılan iyileşmeler, üretim hattının son teknolojiye uygun olarak yenilenmesi ve ürünlerin kolay montaj olacak şekilde tasarlanmaları olarak sıralanabilir.
- Eski sistemde 34 saniyede üretilen bir ürün (en hızlı üretilen) şu an 26 saniyede üretilmektedir.
- Şu an için günde ortalama 13.000 tane buzdolabı üretilmektedir. Eski sisteme nazaran ortalama 4.000 adetlik bir artış sağlanmıştır. Aradaki artışın %25'lik kısmı doğrudan AÜ sistemleri sayesinde sağlanmıştır. Geri kalan kısma da dolaylı olarak etki etmektedir.

Yapılan görüşmeler sonucunda AÜ sistemlerinin kurulması için yapılan yatırımlar ile ilgili olarak şu verilere ulaşılmıştır:

- Yeni sistemin kurulması için fabrika bazında toplam 2 milyon Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır.

- Yapılan yatırımlar içerisinde en büyük kalem otonom robotlara aittir. Toplamda otonom robotlar için 1 milyon Euro'nun üzerinde, AGV taşıma sistemleri için 500.000 Euro'nun üzerinde ve lazer kesme ünitesi için de 500.000 Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır.
- Tüm bu yatırımlar dışında kompresör robotlarının yeni tip kompresörlere entegre edilmesi, AGV taşıma araçlarının hareket kabiliyetlerinin ve sayılarının artırılması ve lazer kesim makineleri için yeni modellerin sisteme entegre edilmesi için sürekli olarak yenileme yatırımları da yapılmaktadır.

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen sistemin fiyat politikasına etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- Kaliteli ve hızlı üretim ürünlerin fiyatlarına doğrudan etki etmektedir. Bu noktada farklı tasarımlar ve müşteri talepleri doğrultusunda fiyat politikası oluşmaktadır.

Yapılan görüşmeler sonucunda AÜ ile yenilenen sistemin ürün geliştirmeye ve ürünlerin pazara çıkış hızlarına etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- Ürün geliştirme yönünde kurulan sistemin, prototip oluşturma ve simülasyon gibi noktalarda çok faydası olmuştur.
- Modernleşen sistem ile üretim ve müşterinin beklentilerine cevap verebilme hızı arttığından, fabrikada üretilen buzdolaplarının pazara çıkış hızları artmıştır.

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen sistemin ürün kalitesine etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- Kullanılan teknoloji arttıkça ürünlerin hatalı olarak müşteriye gitme durumu azalmıştır. Yeni sistemler sayesinde arıza oranı %20 azalmıştır.
- Ürünlerin kalitesinin artması ile verilen garanti sürelerinde de artış meydana gelmiştir. Kullanıma bağlı olmakla beraber 10 yıllık garanti süresi yeni sistemle birlikte %20 artarak 12 yıl olmuştur.

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen sistemin verimliliğe etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- Vestel’de verimlilik, toplam maliyetler yani girdiler ile ortaya çıkan ürünler oranlanarak hesaplanmaktadır.
- Akıllı sistemlerin kurulmasından itibaren (2011) verimlilik %91 ile %95 arasında değişiklik göstermektedir.
- Verimliliğin ölçülmesinde dikkate alınan en önemli kalem üretim hızıdır. Sistem sayesinde tasarruf sağlanan giderler (işçilik maliyetleri vb.) önem sırasında ikinci sırada kalmaktadır.

Yapılan görüşmeler sonucunda modernleşen sistemin satışlara etkisi hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- Sistemin sağladığı daha hızlı üretim ve daha kaliteli ürünler doğrudan satışları etkilemektedir. Satışlar ortalama olarak %10-15 oranında artmıştır.
- Vestel markası altında üretilen buzdolapları her yıl daha çok müşteri tarafından kullanılmaktadır. Bu durum kalitenin artması ile doğru orantılıdır.

Yapılan görüşmeler sonucunda yenilikçi anlayışın yatırımcılar üzerinde yarattığı etki hakkında şu verilere ulaşılmıştır:

- Yatırımcılar için rekabet gücü yüksek şirketlere yatırımlarını aktarmak önemlidir. Günümüzde rekabetçi olabilmek için yeniliğe açık olmak, sürekli gelişmek, en yeni teknolojileri takip etmek ve onları kullanarak en özel ve kaliteli ürünleri üretmek büyük öneme sahiptir. Bu nedenle yatırımcıların Vestel’e olan ilgilerinin artmasında bu yenilikçi anlayışın katkısı vardır.

SONUÇ

Endüstri 4.0 ve bu başlık altında toplanan tüm yeni teknolojiler bugün hemen her sektörde kendine yer bulmaktadır. Tamamen yenilikçi bir anlayış ile karşımıza çıkan ve yeni bir sanayi devriminin başlangıcını ifade eden bu kavram tüm dünyada kendine hızlıca yer bulmuştur. Şu an için Endüstri 4.0, iş dünyasında ve akademide olduğu kadar, çoğu ülkenin makro bazda değerlendirdiği ve büyük bir ciddiyetle harekete geçtiği bir kavramdır.

Endüstri 4.0, birçok sektörü etkilemekle birlikte temelde imalat yani üretimi dönüştürücü bir etkiye sahiptir. Endüstri 4.0 teknolojileri ile donatılan fabrikalar bugün akıllı fabrika, bu teknolojiler ile gerçekleştirilen üretim ise AÜ olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde bu isimler altında gerçekleştirilen üretimin daha az maliyetli, daha kaliteli ve daha hızlı gerçekleştiği, aynı zamanda AÜ sistemlerine sahip şirketlerin rekabette bir adım önde olacaklarını ifade eden çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmada da literatür ile örtüşen verilere erişilmiştir.

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda şu an için Endüstri 4.0 teknolojilerinden olan, SFS, bulut bilişim, simülasyon, otonom robotlar ve siber güvenlik teknolojileri aktif olarak kullanılmaktadır. Bunlar dışında kalan, Nİ, yapay zeka, büyük veri ve analitiği, artırılmış gerçeklik ve sistem entegrasyonu ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Fabrikada en yakın zamanda bu teknolojiler de aktif olarak kullanılmaya başlanacaklardır.

Vestel Buzdolabı Fabrikası'nda gerçekleştirilen çalışmada AÜ sistemlerinin devreye alınması ile fabrikada meydana gelen değişim ile ilgili şu veriler toplanmıştır:

- (i) Akıllı sistemler hatalı montajı %40 oranında azaltmıştır.
- (ii) Ürünlerde meydana gelen arıza oranı %20 azalmıştır.
- (iii) Üretim miktarı yaklaşık 9.000'den, 13.000'e yükselmiştir.
- (iv) Yeni sistem ile bir buzdolabı 26 saniyede üretilmektedir.
- (v) Fabrikada 94 adet farklı tip ve modelde buzdolabı üretilmektedir. Bunlardan en hızlı şekilde üretilen modelden günlük 138 adet, en yavaş üretilen üründen de günlük 20 adet üretilmektedir.

- (vi) Bir bant üzerinde üretilen ürün sayısı günlük ortalama 3.000'den 4.500 seviyesine yükselmiştir.
- (vii) Sistemler esnek üretimi desteklediğinden bir bant üzerinde yaklaşık 50 farklı ürün üretilmektedir.
- (viii) Sistem doğal olarak Yalın Üretimi desteklemektedir.
- (ix) Tam Zamanında Üretim felsefesi bu sistem ile rahatça uygulanabilmektedir. Bu sayede stok miktarı azalmıştır.
- (x) Makine arızası meydana gelmediği sürece üretim 24 saat devam etmektedir.

Tüm bu gelişmeler ışığında sistemde meydana gelen değişimin işletme performansına etki ettiğini söyleyebiliriz. Bu noktada AÜ ile gelen değişimin meydana getirdiği etkiyi ortaya koymak amacıyla, maliyetler, istihdam, üretim hızı, yatırım miktarı, fiyat politikaları, ürün geliştirme ve ürünlerin pazara çıkış hızları, kalite, verimlilik, satışlar ve yatırımcıların şirkete olan ilgilerinin araştırıldığı toplamda 10 işletme performansı göstergesi tanımlanmıştır. Bu göstergeler altında şu veriler elde edilmiştir:

- (i) Üretim genelinde 20 kişilik bir tasarruf sağlanmıştır.
- (ii) Kullanılan makine ve robot oranında ki artış ile orantılı olarak enerji giderleri de yaklaşık %5 oranında artmıştır.
- (iii) Hammadde ve malzeme giderlerinde %10 artış meydana gelmiştir.
- (iv) Makine ve teçhizat giderlerinde %6-7 oranında artış meydana gelmiştir.
- (v) Üretim hızı %20 oranında artış göstermiştir.
- (vi) Sistemin kurulması için toplamda 2 milyon Euro'nun üzerinde bir yatırım yapılmıştır.
- (vii) Fiyat politikaları, müşterilerin talepleri ve tasarımlar doğrultusunda oluşturulmaktadır.
- (viii) Ürünlerin pazara çıkış hızları artmıştır.
- (ix) Ürünlerde meydana gelen hata oranı azalmıştır. Bunun bir sonucu olarak Vestel garanti süresini 12 yıla çıkarmıştır.
- (x) Akıllı sistemlerin kullanılmaya başlandığı günden itibaren verimlilik %91 ile %95 arasında değişiklik göstermektedir.
- (xi) Ürünlerin kalitesinde yaşanan iyileşme, Vestel'in müşteri portföyüne etki etmektedir. AÜ ile satışlar %10-15 artış göstermiştir.

- (xii) Yatırımcılar için bir şirketin yeni yöntemleri takip etmesi ve onları sistemlerine entegre edebilmeleri Vestel'e yatırım yapılmasında etkili olmaktadır.

Elde edilen tüm bu verilerin yanı sıra Endüstri 4.0 ile gerçekleştirilen üretimin aslında tam da işletme vizyonu ile alakalı olduğunu söyleyebiliriz. AÜ başlığı altında kurulan sistemler de rakamlarla ifade edilebilen iyileşmeler yanında, rakamlarla ifade edilemeyecek çıktılarında gözden kaçırılmaması gereklidir. Özellikle işçi sağlığını dikkate alan uygulamalar bu açıdan çok önemlidir.

AÜ kavramı ülkemizde de dikkat çekmeye başlamıştır. Üreticilerin ürün kalitesini ve üretim hızını artıran bu sisteme yaklaşımları pozitif yönlüdür. Ülkemizin Endüstri 4.0'ı yakından takip eden ülkeler ile aynı platformda yer alabilmesi için üreticilerin bu sisteme geçişleri, yatırımlar ve teşvikler vasıtasıyla desteklenmelidir. Bu noktada özellikle teknolojik altyapının yetersiz olduğu bölgelere yatırımlar yapılmalıdır. Altyapının yeterli düzeyde gelişmemiş olması sistemlerin entegrasyonu açısından sorun teşkil etmektedir. Aynı zamanda sistem değişikliğinde üreticiyi zorlayacak bir başka konu olan nitelikli iş gücünün temini ve çalışanların sisteme uyumu konusunda eğitim büyük bir öneme sahiptir. Özellikle meslek liseleri ve üniversitelerde konuyla ilgili eğitimler yoğunlaştırılmalıdır. Endüstri 4.0'ın ülke geneline yayılabilmesi için bu bir gerekliliktir.

KAYNAKÇA

- ACATECH, (2013). Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0, Final Report of the Industry 4.0 Working Group. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf, (10.01.2019).
- AGCO. *AGCO Innovations in Manufacturing with Glass*. <https://news.agcocorp.com/topics/agco-innovations-in-manufacturing-with-glass>, (25.01.2019).
- Aksoy, S. (2017). Değişen Teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair Bir Giriş. *SAV Katkı*. (4): 34-44.
- Aksu, İ. (2017). Bilişim Teknolojisinden Muhasebeye Açılan Pencere: Bulut Muhasebesi. *Birey ve Toplum Dergisi*. 7(13): 79-102.
- Alarcón, F., vd. (2016). 'Using the Internet of Things in A Production Planning Context'. 9th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management International IIE Conference, Portugal, 6-8 July 2015.
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek. *Journal of Life Economics*.3(2): 19-30.
- Akben, İ. ve Avşar, İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*. 3(1): 26-37.
- Akın, Ö. (2017). Hızla Artan Endüstriyel Robotların Üretim Süreçlerinde Yarattığı Değişimler ve Türkiye İşgücü Piyasasında Yaratacağı Olası Etkilerin Değerlendirilmesi. *İş ve Hayat Dergisi*. 3(6): 42-71.
- Aktan, E. Büyük Veri: Uygulama Alanları, Analitiği ve Güvenlik Boyutu. *Bilgi Yönetimi Dergisi*. 1(1): 1-22.
- Apilioğulları, L. (2016). *Yalın Dönüşüm Verimliliğin Şifresi*. İstanbul: Aura Kitapları.

- Arıkök M. vd. (2018). İşletme Performansının Belirleyicisi Olarak Yönetici Performansı: Perakende Sektöründe Bir Araştırma. *C.U. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 19(2): 284-297.
- Arslan, G. (2018). Çalışmanın Evrimi: Sanayi Toplumundan Sanayi Ötesi Topluma Geçiş. *Fırat Üniversitesi İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 2(1): 145-162.
- Aşık, S. (2013). *Türk Otomobil Tarihinde Bir İlk: Devrim Arabası*. İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- AWS. 'Uygulamaya Göre Bulut Çözümleri'. <https://aws.amazon.com/tr/solutions/>, (21.10.2019).
- AWS. 'Amazon S3 Özellikleri'. <https://aws.amazon.com/tr/s3/features/>, (21.01.2019).
- Ayvaz, Ç. (2008). *Türkiye'de İnternet Haberciliğinde Fotoğraf*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence:Teleoperators and Virtual Environments*. 6(4): 355-385.
- Baena, F. vd. (2017). Learning Factory: the Path to Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*. 9: 73-80.
- Bağcı, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni üretim Tarzını Anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*. 9(24): 122-146.
- Bakar, S. ve Yamaçlı, R. (2017). İşçi Evlerinin Tarihsel Gelişimi Bağlamında Eskişehir Tülomsaş İşçi Evleri Üzerinden Bir Değerlendirme. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 5(1): 34-49.
- Banger, G. (2016). *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Bardakçı, A. (2004). Kitleleşme Bireyselleştirme Uygulama Yöntemleri *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. (8): 1-17.

- Başer, N. (2011). *I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmenin Rolü*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Baumers, M. vd. (2011). Sustainability of Additive Manufacturing: Measuring the Energy Consumption of the Laser Sintering Process. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 225(12), 2228–2239.
- Bayramlı, G. ve Aktan, C. (2004). *Kamu Tercihi Perspektifinden Keynesyen İktisat ve Fonksiyonel Maliye*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bemko, I. (2011). Valvoline’s Orgins: The Role Of Dr. John Ellis, M.D. *Oil-Industry History*. 12(1): 161-168.
- Berger, R. (2014). *Industry 4.0 – The New Industrial Revolution, How Europe Will Succeed*. Think Act.
- Bilim ve Sanayi Bakanlığı (2018). *Dijital Türkiye Yol Haritası*. <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf>, (28.01.2019).
- Boşça, N. (29 Ocak 2017). ‘Endüstri 4.0: Bugüne Kadar Geçen Süreç’. <https://nazmibosca.com/2017/01/29/endustri-4-0-bugune-kadar-gecen-surec/> (14.12.2018)
- Brettel, M. vd. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*. 8(1): 37-44.
- Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. *Engineering*.3: 588-595.
- Choi, S. vd. (2015). Digital Manufacturing in Smart Manufacturing Systems: Contribution, Barriers, and Future Directions. In: Umeda S. et al. (Eds.) *Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth. APMS 2015. IFIP Advances in*

Information and Communication Technology. 460: 21-29.

Ciğer, A. ve Kınay, B. (2018). Bağımsız Denetim Firmalarının Bulut Bilişim Uygulamalarını Benimseme Düzeylerine Yönelik Nitel Bir Araştırma: Antalya İli Örneği. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*. 20(3): 629-649.

Cinkılıç, H. (2017). *A Decision Support System for Production Planning and Scheduling in a Smart Factory Environment*. İstanbul: Boğaziçi University Institute for Graduate Studies in Social Sciences.

Crnjac, M. vd. (2017). From Concept to the Introduction of Industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Mangement*. 8(1): 21-30.

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

Çelik, K., vd. (2018). 4. Endüstri Devrimine Kuramsal Bakış. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*. 5(9): 86-95.

Çeliksaş, M. vd. (2015). Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası. *Mühendis ve Makine*. 56(662):24-34.

Çoban, O. (2007). Türk Otomotiv Sanayiinde Endüstriyel Verimlilik ve Etkinlik. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 29: 17-36.

Çokokumuş, B. 2012. Dijital Ortamda Kültür ve Sanat. *International Journal of Trends in Arts, Sports & Science Education*. 1(3): 51-66.

Davutoğlu, N. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak. *The Journal of Academic Social Science*. 5(52): 544-567.

Demirel, F. (23 Eylül 2016). 'Apple, Büyük Veri ve Makine Öğrenme Üzerinde Çalışan Tuplejump' u Satın Aldı'. <https://webrazzi.com/2016/09/23/apple-buyuk-veri-makine-ogrenme-uzerinde-calisan-tuplejumpi-satin-aldi/>, (17.01.2019).

Dengiz, O . (2017). Endüstri 4.0: Üretimde Kavram ve Algı Devrimi. *Makina*

Tasarım ve İmalat Dergisi. 15 (1): 38-45.

Doğan, K. ve Arslantekin, S. (2016). Büyük Veri: önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum. *DTCF Dergisi*. 56(1): 15-36.

Dombrowski, U. vd. (2017). Interdependencies of Industry 4.0 & Lean Production Systems. *Procedia Manufacturing*. 11: 1061-1068.

Dursun, P. ve Erkan, H. (2014). *Bilgi Çağında Yenilikçi Ekonomik Gelişmenin Analizi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

EBSO, (2015). Sanayi 4.0 Raporu. http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf, (01.12.2018).

Endüstri 4.0 Platformu. Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk. <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, (08.03.2019).

Ercan, E. ve Küçükaksoy, İ. (2014). *İktisat Okullarında Yöntem Farklılıkları: Keynesyen Ekol ile Monetarist Ekol'ün 1929 Krizi Yönüyle Karşılaştırılması*. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Erdem, T. (2018). Uluslararası İlişkilerde Yeni Perspektif: Astropolitiğe Giriş. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 20(1): 431-446.

Erol, S. vd. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the Future of Production. *Procedia CIRP*. 54: 13-18.

Ersoy, A. (2016). Siemens'in Endüstri 4.0'a Bakışı ve Çalışmaları. *Elektrik Mühendisleri Odası Elektrik Mühendisliği Dergisi*. (459):48.

Erturan, İ , Ergin, E . (2019). Dijital Denetim ve Dijital İkiz Yöntemi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*. 20 (4): 810-830.

De Felice, F., vd. (2018a). Prospective Design of Smart Manufacturing: An Italian Pilot Case Study. *Manufacturing Letters*. 15: 81-85.

De Felice, F., vd. (2018b). A Bibliometric Multicriteria Model on Smart

Manufacturing from 2011 to 2018. *IFAC Papers Online Conference Paper Archive* (pp. 1643-1648).16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018. 11-13 June 2018.

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. ‘Digital Strategy 2025’. https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/EN/Publikation/digital-strategy-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=9, (20.02.2019).

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

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

Gabaçlı, N. (2018). *Türkiye Otomotiv Sektörü ve Küresel Rekabet Gücünün Analizi*. İstanbul: T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

GE Türkiye Blog, (30 Ekim 2017). *Fabrikalarda Sanal ve Artırılmış Gerçeklikler- 1*. <https://geturkiyeblog.com/fabrikalarda-sanal-artirilmis-gerceklikler-i/>, (25.01.2019).

Germany Trade & Invest, (2014). *Industrie 4.0 Smart Manufacturing For The Future*. <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/documents-folder/policies/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view>, (13.03.2019).

Ghafory, I. *Siber-Fiziksel Sistemler*. Endüstri 4.0 Platformu. <https://www.endustri40.com/siber-fiziksel-sistemler/>, (15.01.2019).

Gonzales, M. ve Djurica, J. (2015). Nesnelerin İnterneti Büyük Fırsat Sağlarken, Daha Çok Risk Ortaya Çıkarır. *ISACA Journal*. 2: 1-6. https://www.isaca.org/Journal/archives/2015/Volume-2/Documents/Internet-of-Things-Offers-Great-Opportunities-and-Much-Risk_joa_Tur_0315.pdf, (17.01.2019).

Google, (9 Ekim 2018). ‘*Overview of Internet of Things*’. Google Cloud.

<https://cloud.google.com/solutions/iot-overview>, (16.01.2019).

Google. 'Google Cloud IOT'. Google Cloud. <https://cloud.google.com/solutions/iot/>, (16.01.2019.)

Gök, K. (23 Mayıs 2018). 'Cobot Nedir?'. <https://blog.universal-robots.com/tr/cobot-nedir>, (22.01.2019).

Göker, A. (2004). Pazar Ekonomilerinde Bilim ve Teknoloji Politikaları ve Türkiye. Teknoloji (ss. 1-54). TMMOB Yayınları.

Görçün, Ö. (2017). *Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta Yayıncılık.

Granrath, L. (2017). 'Japan's Society 5.0: Going Beyond Industry 4.0'. Japan Industry News. <https://www.japanindustrynews.com/2017/08/japans-society-5-0-going-beyond-industry-4-0/>, (22.02.2019).

Günel, F. (2013). Avrupa Birliği Ülkeleri Arasında İnternet Kullanım Etkinliği: Simar ve Wilson Yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*. 14(1): 65-72.

Günay, D. (2002). Sanayi ve Sanayi Tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*. (31): 8-14.

Gürsakal, G. (2007). Osmanlı Bursa'sında İthalat ve Tüketim Kalıplarında Değişim(XIX. Yy. İkinci Yarısı). *Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 8(13): 375-388.

Hasan Kazak, 'Perakende (Süpermarket) Sektöründe Tedarik Ve Satın Alma Fonksiyonlarının Bilişim Teknolojileri Yardımıyla Gelişimi Ve Endüstri 4.0 Tabanlı Çözüm Modeli', **2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies**, Turkey, October 19-20-21, 2018, pp. 39-48.

He, W. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 10(4): 2232-2243.

Hoshino, S., vd. (2008). 'Development of a Flexible and Agile Multi-robot Manufacturing System'. 17th World Congress The International Federation

of Automatic Control, Seoul, Korea, 6-11 July 2008.

Hozdić, E. (2015). Smart Factory for Industry 4.0: A Review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*. 7(1): 28-35.

Hürriyet Gazetesi, (13.09.2018). Siber Saldırıların Sanayiciye Faturası, İki Yılda 50 Milyar Dolar. <http://www.hurriyet.com.tr/avrupa/almanyada-sanayi-sirketlerinin-siber-saldiri-zarari-50-milyar-dolar-40955199>, (06.02.2019).

IBM, (1950s). Chronological History of IBM. https://www.ibm.com/ibm/history/history/decade_1950.html, (25.12.2018).

IBM, (1960s). Chronological History of IBM. https://www.ibm.com/ibm/history/history/decade_1960.html, (25.12.2018).

IBM, (1970s). Chronological History of IBM. https://www.ibm.com/ibm/history/history/decade_1970.html, (25.12.2018).

IBM. Big Data Analytics. <https://www.ibm.com/analytics/hadoop/big-data-analytics>, (17.01.2019).

IFR, (2016). Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots. https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2016_1.pdf, (24.01.2019).

IFR, (2017). The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs. https://ifr.org/img/office/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment.pdf, (24.01.2019).

IFR, (2018). Industrial Robot Sales Increase Worldwide by 31 Percent. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/industrial-robot-sales-increase-worldwide-by-29-percent>, (24.01.2019).

IFR, (2019). India's Robot Sales Surged by 30 Percent. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/indias-robot-sales-surged-by-30-percent>, (24.01.2019).

Institute For Security & Development Policy,(2018). Made in China 2025. <http://isdpc.eu/content/uploads/2018/06/Made-in-China-Backgrounder.pdf>,

(22.02.2018).

İçten, T. ve Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 5(2): 111-136.

Kabaklarlı, E. (2016). *Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi- Dünya ve Türkiye İçin Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler*. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.

Kang, H. vd. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing – Green Technology*. 3(1):111-128.

Karaman, R. (2009). İşletmelerde Performans Ölçümünün Önemi ve Modern Bir Performans Ölçme Aracı Olarak Balanced Scorecard. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*. 8(16): 410-427.

Kavrakoğlu, F. (20.05.2014). Sanayi Devrimleri. <https://kavrakoglu.com/sanayi-devrimleri/>, (21.12.2018).

Kayacan, B., vd. (2016). Geçmişten Günümüze Montajı Kullanıcı Tarafından Yapılan Mobilyaların Sektördeki Yeri. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 15(30): 153-166.

Keidanren, (2016). Toward Realization of the New Economy and Society. http://www.keidanren.or.jp/en/policy/2016/029_outline.pdf, (22.02.2019).

KOSGEB. Destekler. <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekler/3/destekler>, (13.03.2019).

Koçak, D. ve Akçakaya, M. (2015). *Sanayi Toplumundan Bilgi Toplumuna Geçiş Sürecinde İnsan Kaynakları Yönetimi'nde Ortaya Çıkan Değişmeler ve Türk Kamu Yönetimi'nde İnsan Kaynakları Yönetimi Anlayışı*. Ankara: T.C. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Koçyiğit, D. (2016). Motivasyon ve Verimlilik Arasındaki İlişki: Bir Vakıf Üniversitesi Örneği. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*. 31: 15-25.

- Kodal, T. (2014). Birinci Dünya Savaşına Giden Yol. *100. Yılında Birinci Dünya Savaşı ve Mustafa Kemal Atatürk Paneli Kitabı*. (ss. 1290-1294), Düzenleyen Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi. 21 Ekim 2014.
- Kolberg, D. ve Zühlke, D. (2015). Lean Automation Enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC- PapersOnLine*. 48(3): 1870-1875.
- KPMG, (3 Mart 2017). ‘Neden ‘Büyük Veri’?’. <https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2017/03/neden-buyuk-veri.html>, (17.01.2019).
- Lasi, H. vd. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*. 4: 239-242.
- Lee, E. (2006). Cyber-Physical Systems – Are Computing Foundations Adequate?. *NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap*. October 16-17, 2006.
- Lee, J. vd. (2014). Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. *Procedia CIRP*. 16: 3-8.
- Lee, M. vd. (2017). Essential Implications of the Digital Transformation in Industry 4.0. *Journal of Scientific & Industrial Research*. 76: 465-467.
- Liao, Y. vd. (2018). The Impact of The Fourth Industrial Revolution: A Cross-Country/Region Comparison. *Production*. 28: 1-18. <http://www.scielo.br/pdf/prod/v28/0103-6513-prod-28-e20180061.pdf>, (25.02.2019).
- Liu, P. vd. (2014). The Impact of Manufacturing in the Aircraft Spare Parts Supply Chain Operation Reference (Scor) Model Based Analysis. *Production Planning and Control*. 25(13-14): 1169-1181.
- Liu, S. (2016). Innovation Design: Made in China 2025. *The Design Management Institute*. 27(1): 51-58.

- Malkin, A. (2018). Made in China 2025 as a Challenge in Global Trade Governance. *Centre for International Governance Innovation*. 183: 1-27.
- MIT, (May 16, 2014). MIT – Massachusetts Advanced Manufacturing Innovation Forum. <http://web.mit.edu/pie/amp/>, (20.02.2019).
- Microsoft Azure. ‘PaaS Nedir?’. <https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/what-is-paas/>, (22.01.2019).
- Mittal, S. vd. (2017). Smart Manufacturing: Characteristics, Technologies and Enabling Factors. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 00(0):1-20.
- Monostori, L. (2017). Cyber-physical production systemes: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*. 17(2014): 9-13.
- Mrugalska, B. and Wyrwicka, M. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*. 182: 466-473.
- NASA, (05.10.2011). ‘Sputnik 1’
https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_924.html,
(24.12.2018).
- National Institute of Standard and Technology (07.02.2014). Smart Manufacturing Operations Planning and Control. https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/2017/05/09/FY2014_SMO_PAC_ProgramPlan.pdf, (08.02.2019).
- NTV, (25.02.2016). ‘Nesnelerin İnterneti Hakkında Her Şey’.
<https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/nesnelerin-interneti-hakkinda-her-sey,oq8csqyFIkqcNmj3EokTRQ/7jsqWaet2kShJQabrhVtdQ>, (08.01.2019).
- Ohno, T. (2017). *Toyota Ruhu Toyota Üretim Sistemi*. (Çev. Canan Feyyat). İstanbul: Scala Yayıncılık.
- Oral, O. ve Çakır, M. (2017). Nesnelerin İnterneti Kavramı ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. Özel Sayı 1: 172-177.

- Orhan, S. ve Savuk, F. (2014). Emek-Teknoloji-İşsizlik İlişkisi. *Çalışma Dünyası Dergisi*. 2(2): 9-24.
- Özdoğan, B. (2018). *Bugün Girişimcilik*. İstanbul: Abaküs Yayıncılık.
- Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*. İstanbul: Pusula Yayıncılık.
- Özekicioğlu, H., vd. (2014). Çin’de Yapısal Değişim ve Çin Ekonomisinin Küresel Pazarda Rekabet Edebilirliği. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*. 7(1): 56-66.
- Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0 ile Çalışma Yaşamının Geleceği*. Ankara: Gece Kitaplığı.
- Özturan, S. ve Tanrıtanır, E. (2004). Otomasyon ve Otomasyon Sistemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 54(2): 28-42.
- Pakmak, B. (2012). *İngiltere ve Osmanlı Devleti’nde Sanayi Devrimi Form Algısı*. İstanbul: Işık Üniversitesi.
- Pamuk, N. ve Soysal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme. *Verimlilik Dergisi*. 1: 41-46.
- Radziwon, A. vd. (2014). The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*. 69: 1184-1190.
- Qin, J. vd. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*. 52(2016): 173-178.
- Özdemir, A. ve Özgüner, M. (2018). Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0. *işletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*. 6(4): 39-47.
- Özsoylu, A. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*. 21(1): 41-64.
- Rifkin, J. (2015). *Nesnelerin İnterneti ve İşbirliği Çağı*. (Çev. Levent Göktem). İstanbul: Optimist Yayıncılık.
- Sarı, H. (24.02.2016). İnsansız Fabrikalar 30 Yılda Türkiye’de. *Dünya Gazetesi*. <https://www.dunya.com/ekonomi/insansiz-fabrikalar-30-yilda-turkiyede->

haberi-308675, (07.01.2019).

Sarı, H. (02.02.2018). Bitcom: Almanya’da 5 Yıl İçinde Her 10 Kişiden Biri İşini Kaybedecek. *Hürriyet Gazetesi*. <http://www.hurriyet.com.tr/dunya/bitkom-almanyada-5-yil-icinde-her-10-kisiden-biri-isini-kaybedecek-40729656>, (06.02.2019).

Saydan, R. (2004). 1900’lerin İlk Yıllarında Ford – General Motors Rekabeti (Üretim ve Pazarlama Anlayışının Karşılaştırılması). *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 7(11): 153-159.

Schmidt, E. ve Cohen, J.(2015). *Yeni Dijital Çağ*. (Çev. Ümit Şensoy). İstanbul: Optimist Yayıncılık.

Schubert, C. vd. (2013). Innovations in 3D Printing: a 3D Overview from Optics to Organs. *British Journal of Ophthalmology*. 98: 159-161.

Shaljšani, B. (2018). *Reklamlarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Tüketici Davranışlarında Oynadığı Rol*. İstanbul: T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Siemens, (21.01.2016). ‘*Industrie 4.0: Seven Facts to Know about the Future of Manufacturing*’. <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factory-trends-industrie-4-0.html>, (07.01.2019).

Soysal, T. (2006). İnternet Alan ve Adları Sistemi ve Tahkim Kuruluşlarının UDRP Kurallarına göre Verdikleri Kararlara Eleştirel Bir Yaklaşım-1. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 1(21): 481-507.

Stock, T. ve Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*. 40: 536-541.

Şengönül, A. ve diğerleri (2018). Petrol Fiyatlarının İhracat Üzerine Etkisi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*. 25(2): 335-349.

Tayaksi, C , Ada, E , Kazançoğlu, Y . (2016). Bulut Üretim: İşlemler Yönetiminde Yeni Bir Bulut Bilişim Modeli. *Ege Akademik Bakış Dergisi*. 16 (5), 71-84.

- Taymaz, E. (1997). Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişme ve İstihdam. Teknoloji ve İstihdam(1998) (ss. 1-36). <http://www.inovasyon.org/pdf/et.mm.istihdam.pdf>
- Tayyar, A. ve Çetin, B. (2013). Liberal İktisadi Düşünce Devlet. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 14(1): 107-120.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2018). ‘Dijital Türkiye Yol Haritası’. <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf>, (20.02.2019).
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2016). ‘Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama ve Denetim Yönetmeliği’. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-7.htm>, (12.03.2019).
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve T.C. Maliye Bakanlığı, (2017). ‘Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama ve Denetim Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik’. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170214-7.htm>, (12.03.2019).
- Tjahjono vd. (2017). What Does Industry 4.0 Mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*. 13: 1175-1182.
- Toker, K. (2018). Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilirliğe Etkileri. *Istanbul Management Journal*. 29(84): 51-64.
- Top, S. ve Öner, A. (2008). İşletme Perspektifinden Sosyal Sorumluluk Teorisinin İncelenmesi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 4(7): 97-110.
- TÜBİTAK, (27.12.2016). Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Yol Haritası. http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27_aralik2016.pdf, (06.02.2019).

TÜBİTAK. Ulusal Destek Programları.

<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari>,
(13.03.2019).

TÜSİAD, (2018). Dijital Teknolojiler ve Ekonomik Büyüme Raporu.
<https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10130-dijital-teknolojiler-ve-ekonomik-buyume-raporu>, (15.02.2019).

Ulusoy, G. (2018). İmalat Sektöründe Endüstri 4.0 Dönüşüm Çabaları: Bazı Gözlemler. *İktisat ve Toplum*. 92: 121-123.

Uslu, B. vd. (2019). Endüstri 4.0 Uygulaması İçin Stratejilerin AAS ve TOPSIS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 7(1): 13-28.

Uslu, H. (2016). Dördüncü Sanayi Devrimi ve Luddizm. *Türkiyem Yerel Dergisi*. 1(1):8-9.

US Executive Office of the President, National Science and Technology Council Advanced Manufacturing National Program Office, (2013). National Network for Manufacturing Innovation: A Preliminary Design.
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/nstc_jan2013.pdf,
(20.02.2019).

US Executive Office of the President, The President's Council of Advisors on Science and Technology, (2014). Accelerating U.S. Advanced Manufacturing AMP 2.0 Steering Committee Report.
https://www.manufacturingusa.com/sites/prod/files/amp20_report_final.pdf,
(20.02.2019).

Ünlü, F. ve Atik H. (2018). Türkiye'deki İşletmelerin Endüstri 4.0'a Geçiş Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Ampirik Analiz. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*. 17(2):431-463.

Vaidya, S. vd. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse. *Procedia Manufacturing*. 20: 233-238.

Wang, Y., vd. (2008). Cyber-Physical Systems in Industrial Process Control. *ACM*

SIGBED Review. 5(1): 1–2. <https://doi.org/10.1145/1366283.1366295>.

Wetzel, J. (2017). Accelerating the Smart Manufacturing Transformation. *Clean Energy Smart Manufacturing Innovation Institute (CESMII) Overview*. https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation-gesamt/iiot-world-tour-turin/Jim%20Wetzel%20-%20CESMII.pdf?__blob=publicationFile&v=2, (09.02.2019).

Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*. 182: 763-769.

Wiktorsson, M. vd. (2018). Smart Factories: South Korean and Swedish Examples on Manufacturing Settings. *Procedia Manufacturing*. 25: 471-478.

Wu, D., vd. (2014). Cloud-Based Design and Manufacturing: Status and Promise. In D. Schaefer (Ed.), *Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM): A Service-Oriented Product Development Paradigm for the 21st Century*. (pp. 1-24). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-07398-9_1.

Wübbeke, J. vd. (2016). Made in China 2025, The Making of a High-Tech Superpower and Consequences for Industrial Countries. *Mercator Institute for China Studies*. 2: 1-76. https://www.merics.org/sites/default/files/2018-07/MPOC_No.2_MadeinChina2025_web.pdf, (24.02.2019).

Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 22(2): 546-556.

Yüreğir, O. ve Nakıboğlu G. (2007). Performans Ölçümü ve Ölçüm Sistemleri: Genel Bir Bakış. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 16(2): 545-562.

Zhang, Y. ve Kwok, T.H. (2018). Design and Interaction Interface Using Augmented Reality for Smart Manufacturing. *Procedia Manufacturing*. 26: 1278-1286.

Zhong, R., vd. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*. 3: 616-630.

'26.06.2001 tarihli ve 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'.

<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.4691.pdf>, (12.03.2019).

'28.02.2008 tarihli 5746 sayılı Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun'.

<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5746.pdf>, (12.03.2019).

'Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama ve Denetim Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik'.

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170214-7.htm>, 12.03.2019).

