

ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİNDE ÜRETİM MALİYETLERİNDE MEYDANA GELMESİ BEKLENEN ETKİLER ÜZERİNE BİR İNCELEME*

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TERZİ^a

Teorik İnceleme
(Theoretical Research)

*Muhasebe ve Vergi
Uygulamaları Dergisi*
Temmuz 2021; 14 (2): 837-872

ÖZ

Çin menşeli ürünlerin dünya piyasalarını domine etmeye başlaması ve düşük işgücü maliyetleri nedeniyle rekabet avantajını mutlak anlamda eline geçirmesi karşısında, toplumsal refahlarını üretime ve üretileni ihraç etmeye borçlu olan Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya gibi ülkeler, üretim süreçleri ile ilgili bir paradigma değişimine gitmek zorunda kalmışlardır. Bu paradigma değişiminin adı 2011 yılında Hannover’de Endüstri 4.0 olarak belirlenmiştir. Fiziksel emeği üretim sürecinden çıkarmayı, onun yerine akıllı makinelerle çalışan ve akıllı ürünler üreten akıllı fabrikaları koymayı amaçlayan bu konsept, unsurları ile birlikte üretim sektörünün ve akademinin gündemine hızlı bir giriş yapmıştır. Bu çalışma, Endüstri 4.0’ın üretim maliyetleri üzerinde ortaya çıkarması muhtemel etkilerini incelemektedir. Endüstri 4.0’da planlanan fabrikalarda yapılacak üretim ile üretim, kalite yönetimi ve taşımacılık maliyetlerinde önemli oransal azalmaların sağlanacağı beklenmektedir. Ayrıca insan faktörünün ve dolayısıyla zaaflarının üretim sürecinden çıkması ile birlikte verimlilik artışı sağlanacağı, firelerin ve hataların minimuma ineceği düşünülmektedir. Türkiye’deki alt yapının bu dönüşüme hız kazandıracak şekilde hazırlanması, yeni ortaya çıkacak çalışma alanlarına göre eğitimin reforme edilmesi ve mevcut iş gücünün eğitimler yoluyla Endüstri 4.0 uygulamalarına hazır hale getirilmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Sözcükler: Endüstri 4.0, Üretim Maliyetleri, Nesnelerin İnterneti, 4. Sanayi Devrimi, BonRoC-Zen.

JEL Kodları: M40, M41, O14.

APA Stili Kaynak Gösterimi:

Terzi, A. (2021). Endüstri 4.0 Sürecinde Üretim Maliyetlerinde Meydana Gelmesi Beklenen Etkiler Üzerine Bir İnceleme. *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*. 14 (2), 837-872.

* Makalenin gönderim tarihi: 03.01.2021; Kabul tarihi: 25.01.2021, iThenticate benzerlik oranı %7
^a Kayseri Üniversitesi, Develi Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, ahmetterzi@yandex.com
ORCID: [0000-0003-4193-3782](https://orcid.org/0000-0003-4193-3782).

A RESEARCH ON THE POSSIBLE EFFECTS ON PRODUCTION COSTS IN THE INDUSTRY 4.0 PROCESS

ABSTRACT

Chinese origin products dominate the international markets due to their cheap labor. In this way, China has gained a competitive advantage. Countries, such as the United States of America and Germany, which owe their social welfare to production and exports, need a new industrial revolution in order to be competitive. The name of the new revolution was announced in 2011 in Hannover as Industry 4.0. This new concept aims at fully handing the production process over robots. This transformation will be realized with smart factories equipped with smart machines and producing smart products. This concept, which means paradigm change in production, has attracted the attention of the production sector and academia. This study examines the possible effects of Industry 4.0 on production costs. With Industry 4.0, production and transportation costs as well as quality management costs are expected to decrease significantly. In addition, human errors are expected to decrease. With the reduction of wastage and errors, productivity will increase in production. Turkey's infrastructure needs to be prepared to give this conversion rate. Education should be reformed according to new fields of study and the existing workforce should be made ready for Industry 4.0 applications through trainings.

Keywords: Industry 4.0, Production Costs, Internet of Things, 4th Industrial Revolution, BonRoC-Zen.

JEL Codes: M40, M41, O14.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Humanity has aimed to obtain the products it needs throughout history. People who are hunters and gatherers and people who try to obtain products with agricultural activities have worked for the same purpose. During these periods, the most important production factor in meeting the needs was muscle power. In the 17th century, the labor-intensive production until then began to be replaced by machine production with the invention of steam machines. These inventions, which affected the mode of production, science and technology, also changed the social structure, the city-village balance and the economic structure. Thus, the first Industrial Revolution appeared in England at the end of the 18th century. In this period, steam machines left their places to electrical machines. Production lines and assembly line developed by Henry Ford in the United States of America (USA) in the 20th century popularized mass production. This situation was named as the 2nd Industrial Revolution. The pace of technological transformation was increasing. With the inclusion of the Internet, automation and electronic devices in the production processes, a new phase has entered in the industry. This stage was named as the 3rd industrial revolution. This new industrial revolution, expressed as Industry 4.0, is of German origin. China has gained a competitive advantage in the global market thanks to its cheap labor. In desire to turn the competition in its favor, Germany went to a new opening.

Germany's strong industrial structure needed a new paradigm shift in competition with China. As a result of this need, the new industrial vision was announced by Germany in 2011.

Industry 4.0 vision involves the prospective industrial enterprises building networks on a global basis. Thanks to these networks, all production elements will be able to communicate with each other. Smart factories are at the center of the vision. It is expected that the smart products produced in the factories where the mentioned smart machines are located will change the way of production. It is thought that the paradigm change expected to occur in the form of production will cause significant changes in product costs.

This study deals with the possible transformations in production costs during the industry 4.0 process. It is thought that the reduction in the number of workers in smart factories will be an important element of the transformation. It has been observed that the expected increase in indirect costs will be lower than the decrease in worker costs.

Literature on The Research

Yıldız (2018) explained the basic paradigms of industry 4.0 in his study. He also claimed that, after introducing smart factories, the future production will bring new types of advanced production and industrial processes in cooperation with human beings. He argued that this situation would lead to an increase in productivity that has never been experienced before. In this context, he claimed that all enterprises that want to increase their competitiveness have to make their factories compatible with industry 4.0.

Göksu, Koska, Erdem, and Yılmaz (2018) examined the industry 4.0 approaches of companies operating in the Kahramanmaraş metal kitchen industry in their study. They emphasized that businesses should give up traditional production methods in their new product development processes. According to them, a new advanced production style should be adopted by using the opportunities offered by Industry 4.0. In this way, consumer needs and demands will be met more quickly, and the time to market for the new product will be shortened and efficiency in production will be increased. In addition, it is one of the predictions of the study that new employment opportunities will arise with industry 4.0.

In the study conducted by Özdemir and Özgüner (2018), the effects of Industry 4.0 on the transportation sector were investigated. As a result of the study, it was stated that real-time supply chain and logistics management became possible thanks to the opportunities provided by Industry 4.0. It was also emphasized that the future plans of the enterprises would be more realistic. In the study, it was emphasized that the flexibility and agility of the transportation companies will increase thanks to the effect of Industry 4.0

that increases the digitalization. It has been claimed that this situation will increase the profitability and productivity of the companies. It has been stated that Industry 4.0 will create an impact of 1.9 trillion dollars in the supply and logistics sector in the next 10 years.

Doğu and Meçik (2018) studied the possible effects on employment in the industry 4.0 of Turkey in their study. According to the study, there is no qualified labor force needed for the 4th industrial revolution. the potential workforce is hopeless due to the uncertainties of the expected new period. For these reasons, it was emphasized that the workforce can resist the new situation. This resistance may cause the transformation to be more problematic. As a solution, the necessity of a paradigm change in education was expressed. For this change, it is necessary to provide a transition from rote education system to application and analysis-oriented education.

Hanulakova and Dano (2018) claimed that the best answer to market demands is the propensity for technological change in the spirit of Industry 4.0. According to them, there seems to be no other way of responding to market demands in the most flexible and fastest way. For this reason, Industry 4.0 applications represent a necessary and indispensable transformation to achieve competitive advantage.

Kılıç and Alkan (2018) studied the industry and the world's 4.0 reflection of Turkey. It was stated in the study that robot production will experience a great increase worldwide. Industrial production will also undergo a significant change in parallel. It has been stated that flexibility, cost effectiveness and efficiency will increase significantly in the smart factories to be established and a new production model based on human-machine cooperation will emerge.

Another study examining the global and local effects of Industry 4.0 was conducted by Özkan, Al, and Yavuz (2018). In this study, the effects of Industry 4.0 in terms of growth, employment and foreign trade are widely discussed. It was especially emphasized that the need for qualified workforce will increase. When evaluated in terms of cost, Industry 4.0 will be beneficial. All costs will be better controlled and reduced. Products that can be offered for sale with better quality and affordable prices will be produced at lower costs.

Hiçyorulmaz (2018) examined the effect of resource consumption accounting and industry 4.0 on manufacturing enterprises in her doctoral thesis. As an exemplary company in the study, Siemens A.G. has been selected. In the study conducted according to sample business data, it was determined that the idle costs were determined as 16.8% if the Resource Consumption Accounting was used alone, while this rate decreased to 10% in the case of Industry 4.0. The reduction in the idle capacity of the workforce was relatively low. On the other hand, the idle capacity in the

machine resource pools decreased from 17% to 2%. This situation has shown that the theoretical capacity will approach the actual capacity with the mechanization to be experienced as a result of Industry 4.0 applications. In this way, the idle capacity will be minimized.

In the study prepared by Grencikova, Kordos and Berkoviç (2020), the effects of Industry 4.0 applications on small and medium-sized enterprises and family businesses in Slovakia were analyzed through a questionnaire. In the study, it was claimed that smart production tools produced with new technologies will replace physical labor. On the other hand, they stated that it would bring the need for the human mind.

This study emphasizes the inadequacy of traditional and modern costing methods, considering the literature. Due to this insufficiency, a new costing method is needed. In this context, deficiencies of modern costing methods have been explained. It is seen that the method needed in the new industrial revolution cannot be achieved by adapting the existing ones. The main thesis emphasized in the study is supported by making references to important studies that have been done before and by considering basic costing information.

Method of The Research

The main thesis of the study is that there will be significant changes in production costs in a production environment compatible with Industry 4.0. The reason for these changes is the elements used in industry 4.0. These elements can be listed as follows; Internet of Things, Cyber-Physical Systems and Simulation, System Integrations, Big Data, Cloud Computing, Cyber Security, Autonomous Robots, 3D Printers and Augmented Reality. When all factors are taken into consideration, it will be seen that there will be a significant decrease in labor costs. On the other hand, an increase in indirect costs should be expected. However, minimizing the need for labor will not only affect labor costs. In addition, human errors will be minimized. In the Industry 4.0 production environment human-based wastage, error and waste will be minimized, thanks to the advanced technologies to be used in the production phase,.

It is known that businesses cannot manage their new product development processes correctly and almost 85% of the problems experienced in the production process are related to the decisions taken during this process. With Industry 4.0, making the right decisions at the first time is an expected development. The most accurate product will be able to be produced in the most appropriate way and at the lowest cost. Customer satisfaction will be provided at the highest level. A new paradigm is emerging in which production can be made even in dark factories. A new production environment is envisioned where improvements in the production process can be done by machines. In this study, a new concept is proposed for the

improvement studies that can be done by machines. This new situation is expressed by the author with the concept of **BonRoC-Zen** (*Based on Robotic Communication-Zen*). This concept refers to the situation based on the communication of the tools used in production with each other and where they can decide on improvement steps by themselves.

Developing a costing method suitable for all the changes described above should become the main subject of the academy. In the study, this issue is especially emphasized and the reasons for the need for a new costing method are explained.

Findings of The Research

This paper includes a strong literature review. Important studies on Industry 4.0 have been evaluated. It has come to a conclusion by making comparisons on the claim that constitutes the thesis of the study. As a result of the readings, it has been determined that production compatible with industry 4.0 has not yet become widespread. Especially businesses in Turkey is not ready for this new situation. In academic studies, modern cost management techniques are tried to be harmonized with industry 4.0. However, these techniques are far from producing the desired results in the new production environment. A new costing method that can work in harmony with all elements of Industry 4.0 should be emphasized. There has been a need for academicians interested in accounting science to do more studies on the new costing method.

Conclusion

Businesses must be willing and diligent in transition to Industry 4.0. Businesses that can adapt the paradigm change will gain competitive power in the market, while others will face the danger of extinction. Therefore, the private sector should be clearly and strongly encouraged and supported by governments so that the needed transformation can be made as soon as possible. In vocational high schools and technical universities, the curricula in the relevant departments should be addressed and transformed in accordance with the new process. The departments to be opened in universities should be decided by considering the new paradigm. Students should be directed to these departments during their preference periods. The lack of qualified workforce that would be needed in Industry 4.0 should be eliminated quickly. Educational seminars on Industry 4.0 should be organized for business owners and managers. Turkey must adapt both public and private sector in the context of the need for this change and transformation. In the process of transition to Industry 4.0, "**strong public, competitive private sector vision**" should be declared and this process should be supported with all institutions.

1. GİRİŞ

İnsanlık, tarih boyunca ihtiyaç duyduğu ürünleri elde etmeyi amaçlamıştır. Avcı ve toplayıcı olan insanın yanı sıra tarımsal faaliyetler ile ürün elde etmeye çalışan insan da aynı amaç için çalışmıştır. Temel ihtiyaçlarını gidermek için yoğun çaba sarf edilen dönemlerde insan gücü en başat üretim faktörü olarak öne çıkmıştır. 17. yüzyıla gelindiğinde ise, o zamana kadar el yordamı ile yapılan üretim, buharlı makinelerin icadı ile birlikte yerini makineli üretime bırakmaya başlamıştır. Üretim biçimini, bilimi ve teknolojiyi etkileyen bu icatlar, devamında toplum yapısını, kent – köy dengesini ve ekonomik yapıyı da değiştirmiştir. Böylelikle 18. yüzyılın sonunda ilk Sanayi Devrimi İngiltere’de ortaya çıkmıştır. Sanayinin hızla yayılması ile yapılan icatlar üretim sürecine dâhil edilmeye başlamıştır. Özellikle buharlı makinelerin yerlerini elektrikli makinelere bırakması ve 20. yüzyılda Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) Henry Ford tarafından geliştirilen üretim bantları ve montaj hattı, kitle üretimini yaygınlaştırmış ve bu durum 2. Sanayi Devrimi olarak isimlendirilmiştir. Teknolojik dönüşümün ilerleme hızı giderek artmış, internet, otomasyon ve elektronik cihazların üretim süreçlerine dâhil edilmesi ile sanayide yeni bir evreye girilmiştir. Bu evrenin adı ise 3. Sanayi Devrimi’dir. Bu devrimin lokomotifini, kendini dünya vatandaşı olarak kabul eden, çok dilli ve kültürlü, apolitik, eğitilmiş ve yüksek iletişim becerileri ile öne çıkan girişimci sınıf olmuştur. Endüstri 4.0 olarak ifade edilen bu yeni sanayi devrimi ise Alman menşelidir. Çin’in ucuz iş gücü sayesinde elde ettiği rekabet avantajını yeniden lehine çevirmek isteyen Almanya yeni bir açılıma gitmiştir. Dünya piyasalarında var olabilme nedenini güçlü sanayi yapısı olarak gören Almanya, Çin ile rekabet edebilmek adına 2011 yılında bir paradigma değişimine gitmeye karar vererek, yeni sanayi vizyonunu açıklamıştır (Bağcı, 2018, s. 126). Bu paradigma değişiminin itici gücü ise Siber Fiziksel Sistemler (SFS)¹’dir. Siber Fiziksel Sistemler fabrika süreçleri ile daha fazla bütünleşik hale getirilecektir. SFS’ler sanal ile fiziksel dünya arasında iletişim kurulmasını sağlayan ve nesnelerin iletişim kurarak birbirleri ile etkileşime girebildikleri sistemleri ifade etmektedir. Bu sayede, büyük verileri toplayıp işleyebilme, bu verilerden hareketle yeni kararlar alabilme ve doğrudan üretim sürecinin içerisinde olmasa da insanların taleplerine uygun esnek ürünler üretebilme kabiliyetine sahip akıllı fabrikalar ve onların ürettikleri akıllı ürünlere sahip olunabilecektir. Literatür dikkate alındığında Endüstri 4.0 kavramının, siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti, robotik uygulamalar, büyük veri, bulut teknolojileri üretimi ve arttırılmış gerçeklik gibi bir dizi endüstriyel gelişimi

¹ Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems), hesaplama, ağ kurma ve fiziksel süreçlerin bütünleştirilmesi (entegrasyonu) olarak tanımlanabilir. SFS, bir mekanik ya da teknolojik düzenin bilgisayar tabanlı algoritmalar yardımıyla hatta onlar tarafından kontrol edildiği veya izlendiği bir sistemi ifade eder.

kapsayan şemsiye bir terim olarak kullanıldığı görülecektir (Pereira & Romero, 2017, s. 1207).

Endüstri 4.0 vizyonu; gelecekte sanayi işletmelerinin, eylemlere neden olan bilginin paylaşılması yoluyla birbirlerini kontrol eden ve iletişimde olan siber fiziksel sistemler olarak makinelerin, fabrikaların ve depolama tesislerinin iletişimde olabilmelerini sağlayabilmek adına küresel bazda ağlar inşa etmeleri olarak ifade edilmektedir. Bu siber fiziksel sistemlerin akıllı fabrikalar, akıllı makineler, akıllı depolama tesisleri ve akıllı tedarik zincirleri şeklinde olacağı öngörülmüştür. (Gilchrist, 2016, s. 195). Bahsedilen vizyonun odağında da akıllı fabrikalar yer almaktadır. Bahsi geçen akıllı makinelerin yer aldığı fabrikalarda üretilen akıllı ürünlerin, üretim biçimini değiştirmesi kaçınılmaz olacaktır. Üretim şeklinde ortaya çıkması beklenen paradigma değişiminin ürün maliyetlerinde de önemli değişimlere neden olacağı söylenebilir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yıldız (2018) çalışmasında, endüstri 4.0'ın temel paradigmasını açıklamış ve akıllı fabrikaları tanıttıktan sonra gelecekte üretimin makine insan işbirliği içerisinde yeni tip ileri üretim ve endüstriyel süreçleri beraberinde getireceğini ve bugüne kadar hiç yaşanmamış düzeyde bir verimlilik artışına neden olacağını ileri sürmüştür. Bu bağlamda rekabet gücünü arttırmak isteyen tüm işletmelerin fabrikalarını endüstri 4.0 ile uyumlu hale getirmek zorunda olduklarını iddia etmiştir.

Göksu, Koska, Erdem ve Yılmaz (2018), Kahramanmaraş metal mutfak sanayiinde faaliyet gösteren firmaların endüstri 4.0 yaklaşımlarını inceledikleri çalışmalarında yeni ürün geliştirme süreçlerinde geleneksel üretim yöntemlerinden vaz geçmelerinin gerekliliğini vurgulamışlardır. Endüstri 4.0'ın sunduğu olanaklar kullanılarak yeni bir ileri üretim biçimine geçilmelidir. Bu sayede hem tüketici ihtiyaç ve talepleri daha hızlı bir şekilde karşılanmış olacak hem yeni ürünün pazara giriş süresi kısılacak hem de üretimde verimlilik artırılmış olacaktır. Ayrıca endüstri 4.0 ile birlikte yeni istihdam olanaklarının doğacağı da çalışmanın öngörülerinden biridir.

Özdemir ve Özgüner (2018) tarafından yapılan çalışmada Endüstri 4.0'ın taşımacılık sektörü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda Endüstri 4.0'ın sağladığı imkanlar sayesinde gerçek zamanlı tedarik zinciri ve lojistik yönetiminin mümkün hale geldiği ve işletmelerin geleceğe yönelik planlarının daha gerçekçi olabildiği vurgulanmıştır. Çalışmada, Endüstri 4.0'ın dijitalleşmeyi arttıran etkisi sayesinde taşımacılık firmalarının da esneklik ve çevikliklerinin artacağı ve bu durumun firmalarda karlılığı ve verimliliği de artıracığı iddia edilmiştir. Endüstri

4.0'ın gelecek 10 yılda tedarik ve lojistik sektöründe 1.9 trilyon Dolarlık bir etki meydana getirmesi beklendiği vurgulanmıştır.

Doğru ve Meçik (2018) Endüstri 4.0'ın Türkiye'de istihdam üzerindeki muhtemel etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 4. Sanayi Devrimi için ihtiyaç duyulan nitelikli iş gücünün olmadığı, potansiyel iş gücünün ise sanayi devrimi sonrasında ortaya çıkacak yeni dönemin belirsizliği nedeniyle karamsarlığa sürüklendiği ve bu sebeplerden dolayı üretim süreçlerindeki değişime karşı muhafazakar bir tutum sergilenecek direnç alanları oluşabileceği vurgulanmıştır. Çözüm olarak ise özellikle eğitimde bir paradigma değişiminin gerekliliği ifade edilmiştir. Bu değişim için de ezberci eğitim sisteminden, uygulama ve analiz odaklı eğitime geçişin sağlanması gerekmektedir.

Hanulakova ve Dano (2018) piyasa taleplerine verilebilecek en iyi cevabın Endüstri 4.0'ın ruhundaki teknolojik değişime olan yatkınlık olduğunu ifade etmektedirler. Onlara göre piyasa taleplerine en esnek ve hızlı bir şekilde cevap verebilmenin başka bir yolu görünmemektedir. Bu nedenle Endüstri 4.0 uygulamaları rekabet üstünlüğünün elde edilebilmesi için gerekli ve vazgeçilmez bir dönüşümü temsil etmektedir.

Kılıç ve Alkan (2018) tarafından yapılan ve Endüstri 4.0'ın Türkiye'de ve dünyadaki yansımalarını incelemeyi amaçlayan çalışmada, robot üretimlerinin dünya genelinde büyük bir artış yaşayacağı ve endüstriyel üretimin de buna paralel olarak önemli bir değişime uğrayacağı ifade edilmiştir. Kurulacak olan akıllı fabrikalarda esnekliğin, maliyet etkinliğinin ve verimliliğin önemli ölçüde artış göstereceği ve insan-makine işbirliğine dayalı yeni bir üretim modelinin ortaya çıkacağı belirtilmiştir.

Endüstri 4.0'ın küresel ve yerel bazda etkilerini inceleyen diğer bir çalışma Özkan, Al ve Yavuz (2018) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Endüstri 4.0'ın etkileri büyüme, istihdam ve dış ticaret açısından geniş bir şekilde ele alınmış ve tartışılmıştır. Niteliksiz işgücüne olan ihtiyacın azalmasına karşın nitelikli işgücüne olan ihtiyacın artacağı özellikle vurgulanmaktadır. Maliyet açısından değerlendirildiğinde de Endüstri 4.0'ın faydalı olacağı, tüm maliyetlerin daha iyi kontrol edilebileceği ve azaltılacağı, daha düşük maliyetle daha kaliteli ve uygun fiyatlarla satışa sunulabilen ürünler üretilabileceği ifade edilmiştir.

Hiçyorulmaz (2019), üretim işletmeleri üzerinde Kaynak Tüketim Muhasebesi ve Endüstri 4.0'ın etkilerini çalıştığı doktora çalışmasında öncelikle Siemens A.G.'ye ait 2006-2017 yılları arasındaki finansal tabloları analize tabi tutmuş ve şirketin Endüstri 4.0 uygulamalarına geçtiği tarih olan 2011 yılını dikkate alarak bu yıllara ait tabloları 2006-2011 ve 2012-2017 şeklinde iki döneme ayırmıştır. Bu sayede yapılan analizler neticesinde şirketin endüstri 4.0 uygulamaları sonucunda elde ettiği kazanımları açıklamaya çalışmıştır. Ayrıca makine üretimi yapan bir işletmenin 2017-

2018 verilerinden hareketle kaynak tüketim muhasebesinin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Örnek işletmede yapılan çalışmada Kaynak Tüketim Muhasebesi'nin kullanılması ile atıl maliyetler %16,8 olarak tespit edilirken, Endüstri 4.0 ile birlikte kullanılması durumunda bu oranın %10'a düştüğü belirlenmiştir. İş gücü atıl kapasitesindeki azalışlar oransal olarak oldukça düşük kalmıştır. Buna karşın makine kaynak havuzlarındaki atıl kapasite %17'den %2'ye gerilemiştir. Bu durum, Endüstri 4.0 uygulamaları sonucunda yaşanacak makineleşme ile birlikte gerçekleşen (fiili) kapasitenin teorik kapasiteye yaklaşacağını ve bu sayede atıl kapasitenin minimum seviyeye ineceğini göstermektedir.

Salır (2019) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinde, Endüstri 4.0'ın uygulandığı bir otomotiv firmasında, Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve Zaman Etkenli Faaliyet Tabanlı Maliyetleme yöntemlerinin uygulaması yapılmıştır. Çalışmadaki örnek işletme, toplu taşıma araçları üreten işletmeler için metal parça tedariki sağlayan ve 150.000'den fazla ürün çeşitliliği bulunan bir işletmedir. Çalışmada, Endüstri 4.0 uygulamaları ile birlikte (özellikle işletme kaynak planlaması ile entegre edildiğinde) maliyet tahminlerinde iyileşmelerin meydana geldiği, daha doğru ve hatasız maliyet hesaplamaları gerçekleştirilebildiği ve Zaman Etkenli Faaliyet Tabanlı Maliyetleme yöntemi ile birlikte uygulandığında daha doğru maliyet bilgilerine ulaşıldığı sonucuna varılmıştır.

Grencikova, Kordos ve Berkoviç (2020) tarafından hazırlanan ve Endüstri 4.0 uygulamalarının Slovakya'daki küçük ve orta ölçekli işletmeler ve aile işletmeleri üzerindeki etkilerinin anket yolu ile analiz edildiği çalışmada, yeni teknoloji ürünü akıllı üretim araçlarının fiziksel emeğin yerine geçeceğini, buna karşın insan aklına olan ihtiyacın, yani nitelikli iş gücünün, artacağını ifade etmişlerdir.

Bu çalışma, literatür dikkate alınarak geleneksel ve modern maliyetleme yöntemlerinin yetersizliğine dikkat çekerek Endüstri 4.0 unsurları ile adapte edilmiş yeni bir maliyetleme yöntemine olan gerekliliğe vurgu yapmaktadır. Modern maliyetleme yöntemlerin yetersizlikleri, nedenleri ile açıklanmaya çalışılmış, yeni sanayi devriminde ihtiyaç duyulan yöntemin mevcutların adaptasyonu ile elde edilemeyeceği vurgulanmıştır. Çalışmada vurgulanan temel sav, daha önce yapılmış olan önemli çalışmalara atıflar yaparak ve temel maliyetleme bilgileri göz önünde bulundurularak desteklenmiştir.

3. SANAYİ DEVRİMLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0

Sanayi devriminden itibaren insanlık, makineleşme ve daha az maliyetle daha çok ve kolay üretebilme yarışına girmiştir. Bu çalışmanın da konusu olan Endüstri 4.0'a gelinceye değin üç temel aşama olarak kabul edilen endüstriyel devrimler yaşanmıştır. Bunlardan ilki, 1780'lerde başlayan, su

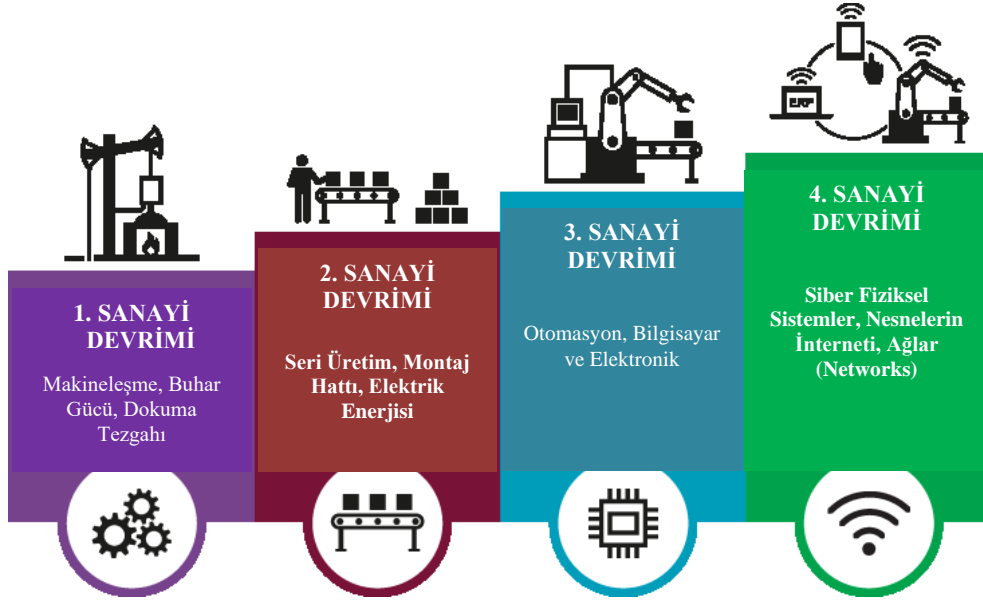
ve buhar gücünün kullanımını temel alan, özellikle demir yolu ve tarım sektörünün büyük bir ivme kazanmasını sağlayan 1. Sanayi Devrimi'dir (Tay, Aziati, Chuan & Ahmad, 2018, s. 1379). 19. yüzyılın sonlarına doğru elektriğin üretimde kullanılmaya başlanması yeni bir sanayi devriminin habercisi olmuştur. Özellikle Henry Ford'un meşhur montaj hattı, üretimde bir paradigma değişimini tetiklemiştir (Koç & Teker, 2019, s. 305). Kurduğu montaj hattı sayesinde Ford, Model T olarak isimlendirilen otomobilin maliyetini dramatik bir biçimde düşürmüştür. Öyle ki, Model T'nin fiyatı 1908'de 850 dolardan, 1913'te 600 dolara, 1916'da ise 360 dolara kadar düşmüştür. Ford, 1909'da %10 olan pazar payını, 1921'de %60'a çıkarmış ve dönemde rakipsiz hale gelmiştir. Bu görkemli başarının arkasında hiç kuşkusuz yeni paradigmanın rolü vardır (Freeman & Soete, 2003, s. 166). Fordizm olarak isimlendirilen seri üretim biçimi (kitle üretimi), üretimde verimi arttırmıştır ve bu durum özellikle çeliğin seri üretimini hızlandırmıştır. 2. Sanayi Devrimi özellikle demiryollarının daha yaygın şekilde kullanımını sağlamıştır (Tay vd., 2018, s. 1379). Elektriğin kullanımının yaygınlaşması, demiryollarının uluslararası bir ulaşım ağı oluşturması, iletişim teknolojilerinin gelişmesi ve bilimsel bilgiye her geçen gün daha fazla önem atfedilmesi 3. Sanayi Devrimi'ni ortaya çıkarmıştır. 1970'li yıllardan başlayarak bilgi teknolojilerinin yaygınlaşması, elektronik araçların yoğun bir biçimde kullanılmaya başlanması ile sanayi üretiminde otomasyon kullanımı artmıştır (Ötleş, 2016, s. 91). Bilgisayarların üretimde kullanılması ile birlikte "bilgisayarlı entegre üretim" modeli de imalatta yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Bu sayede tasarım verimliliği artırılmış, ürün bileşenlerinin sayısı azaltılmış ve maliyetlerde önemli ölçüde tasarrufa gidilmiştir (Güneş vd., 1999, s. 87 – 88). Endüstri 4.0'ı diğer endüstri devrimlerinden farklı ve önemli kılan temel özellik ise siber fiziksel sistemler temelinde üretime ilişkin değer zincirinin tümünün ölçülü ve hızlı bir şekilde uzaktan kontrol edilebilir olmasıdır.

Endüstri 4.0, büyük işletmeler için önemli yenilikler getirirken, KOBİ'ler için de büyük bir vizyon sunmaktadır. Yüksek rekabet gücü, artan verimlilik, gelir artışı, artan istihdam fırsatı, kalifiye eleman şansı ve nesnelerin interneti kaynaklarının yönetimi, üretim süreçlerinin optimizasyonu, yeni teknolojilerin geliştirilmesi, müşteri hizmetlerinde iyileşme gibi yenilikler ve iyileşmeler Kobiler için Endüstri 4.0'ın temel vaatlerinden bazılarıdır (Gilchrist, 2016, s. 205-206).

Semih Vardar (2016, s. 10) Endüstri 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinde ayıran temel niteliği şöyle açıklamaktadır:

"Endüstri 4.0'ı diğer üç sanayi devriminden ayıran birincil husus, bu devrimin olumsuz ve değişmez olmadığını vurgulayan "proje" kimliğidir. Projenin üç ana unsurunu (süreklilik, bütçe ve hedef göstergelerine ulaşma amacı) içinde barındıran yapısıyla klasik sanayi ve inovasyon stratejilerinden ayrılmaktadır. Stratejilerde yer

alan vizyon, misyon ve eylem planları ihtiva etmemesi de esasen bu farklılığı açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0'ı klasik strateji ve devlet politikalarından ayıran bir diğer özelliği ise; değişmez ilkeler öne sürmeyen, öngörülemesizliği ve dönüşlülüğü baştan kabul eden modüler kimliği ile uyarlanabilir senaryolar üretmesidir.”



Kaynak: Erik Hare, Industry4.0, <https://erikhare.com/2018/09/12/industry-4-0/>, Erişim: 01.02.2020

Şekil 1: Endüstri Devrimleri

4. Sanayi Devrimi ya da Nesnelerin İnterneti olarak da ifade edilen Endüstri 4.0, ilk olarak Almanya’da ortaya çıkmıştır (Davies, 2015). Almaya’da 2014 yılı verilerine göre Gayri Safi Yurtiçi Hasılının yaklaşık %26’lık kısmı imalat sanayinde ortaya çıkmaktadır. Almanya açısından imalat sanayinde rekabetçi olabilmek hayati derecede öneme sahiptir. Bu durumu dikkate alan Alman hükümeti, Ocak 2011’de endüstriyel ve bilimsel kuruluşlar tarafından koordine edilen “stratejik girişim” Endüstri 4,0’ı başlatmıştır. Kasım 2011’de Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planının bir parçası olarak kabul edilen Endüstri 4.0 kapsamında, endüstriyel değişimi teşvik etmeyi amaçlayan teknik, ekonomik ve sosyo-politik parametrelere dayalı genel bir çerçeve hazırlanmış ve Alman pazarının dünyadaki rekabet gücünün artırılması hedeflenmiştir (Bartodziej, 2017, s. 1). Almanya’da yapılan araştırmaların, akademik çalışmaların ve endüstri çevrelerinin çok farklı boyutlarda odak noktasında Endüstri 4.0 fikri ve onun sunduğu vizyon yer almıştır. Almanya’da yapılan çalışma ve tartışmaların ana fikri şunlardır (Rojko, 2017, s. 80);

- İnternet ve Nesnelerin İnternetinin (IoT)² kullanımı ve kullanıma uygunluğu,
- İşletmelerde iş süreçlerinin ve teknik süreçlerin bütünleştirilmesi (entegrasyonu),
- Gerçek dünyanın sanallaştırılması ve dijital haritalama,
- Endüstriyel üretimde “akıllı” araçlarla “akıllı” ürünler üreten “akıllı” fabrikalar.

Endüstri 4.0 ile birlikte ileri bilgi teknolojisi ve sosyal medya ağlarının, değer zincirinin başından sonuna kadar işletmelere, makine ve diğer üretim araçlarına gerçek zamanlı bilgi paylaşımı için yeni imkânlar sunacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, daha önce mümkün olmayan bir öz farkındalık düzeyini geliştirmek için akıllı ağların kullanılacağı da ifade edilmektedir. Bu durum, ürünleri imal eden makinelerin “verimlilik ve ürün kalitesini en üst seviyeye çıkarmak için iş planlamaları (görev düzenlemeleri) önermesine ve operasyonel parametreleri ayarlamasına” olanak tanıyacaktır (Lee, Kao & Yang, 2014, s. 5).

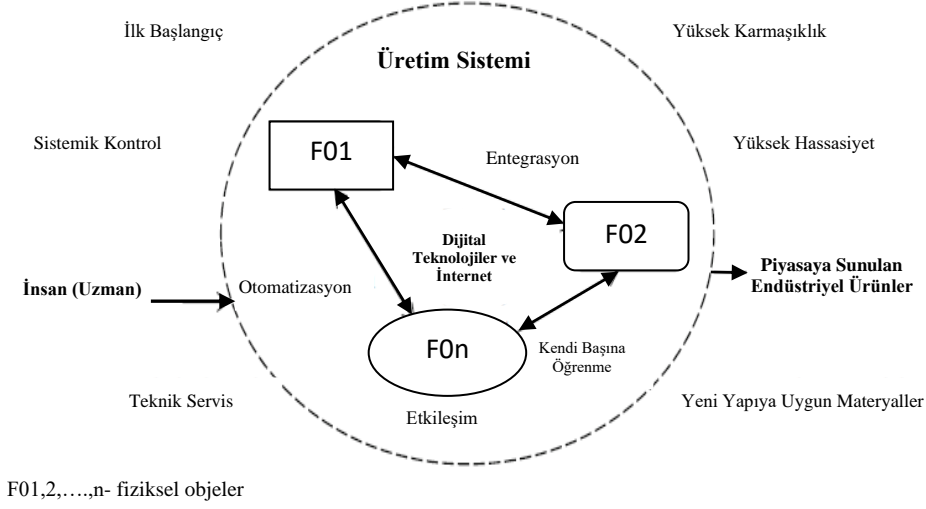
Endüstri 4.0 için herkesin üzerinde ittifak ettiği bir tanımdan bahsetmek oldukça zordur. Literatürde farklı tanımlar olmakla birlikte, açıklayıcı olabilecek bazı tanımları şöyledir;

Duricin ve Herceg (2018, s. 38) Endüstri 4.0’ı; üretim değer zincirinin organizasyonundaki ve yönetimindeki yeni gelişim evresi olarak tanımlamıştır.

Baur ve Wee (2015), Endüstri 4.0 için, “veri hacimlerindeki şaşırtıcı artış, hesaplama ve bağlanma gücü, özellikle yeni düşük güçte geniş alan ağları; analitik ve iş zekası yeteneklerinin ortaya çıkması; dokunmatik ara yüzler ve artırılmış gerçeklik sistemleri gibi yeni insan-makine etkileşim biçimleri; gelişmiş robotik ve 3 boyutlu baskı gibi dijital yönergelerin fiziksel dünyaya aktarılmasındaki gelişmeler” tanımını kullanmıştır.

Sukhodolov (2019, s. 7) tüm tanımlar üzerine Endüstri 4.0’ın işleyişini açıklamaya çalıştığı şöyle bir şekil oluşturmuştur;

² Nesnelerin İnterneti, akıllı nesnelere, makineler arası iletişim, radyo frekans teknolojileri ve fiziksel nesnelerin durumunu izlemek, anlamlı verileri yakalamak ve iletişim kurmak için odak bir bilgi merkezi içeren teknolojiler arasındaki etkileşim olarak tanımlanabilir.



Kaynak: Sukhodolov, Y.A. (2019). The Notion, Essence, and Peculiarities of Industry 4.0 As a Sphere of Industry, Warsaw, Poland: Springer, s. 7.

Şekil 2: Yeni Endüstri Modeli Olarak Endüstri 4.0

Şekil 2’de görüldüğü üzere, Endüstri 4.0’da insan (human) üretim sürecinin içerisinde değil, sürecin dışında kalmaktadır. Üretim sistemi içerisinde yer alan F01, F02 ve F0n gibi fiziksel nesnelere arasındaki karşılıklı olması beklenen ve gereken iletişim gösterilmektedir. Fiziksel nesnelere endüstride kullanılacak üretim donanımlarıdır. Bunun sağlanması dijital teknolojiler ve nesnelere interneti yardımıyla olacaktır. Bu haberleşme sayesinde yüksek karmaşıklığa sahip ürünlerin imal edilmesi dahi yüksek bir hassasiyetle sonuçlandırılacaktır.

Endüstri 4.0’da vizyon olarak ortaya konulan akıllı fabrikalarda üretilecek akıllı ürünler, üretim sürecinin hangi safhasında olduklarının bilincinde olarak, hangi üretim hattının takip edilmesi ya da bir sonraki adımda hangi üretim hattına gidilmesi gerektiği ile ilgili talimatlar verebileceklerdir.

4. ENDÜSTRİ 4.0’I ORTAYA ÇIKARAN NEDENLER

Günümüz pazar koşullarında şirketler, yeni müşteri taleplerini karşılayabilmek ve kendi ticari hedefleri ile uyumlu sonuçlar elde edebilmek için maliyetleri düşürürken, daha kısa sürede daha karmaşık ürünler tasarlamalı ve üretmelidir. Bunu başarmanın yolu da yayınlanan, kabul gören ve geçerli olan bilgiler ile ilgili tüm kaynakları içeren yeni ürün geliştirme sürecini kontrol etmelerine bağlıdır (Alves, Haouzi, Thomas & Boucinha, 2018). İşletmelerin çoğunun yeni ürün geliştirme süreçlerini doğru yönetemedikleri ve üretim sürecinde yaşanan sorunların neredeyse

%85'inin bu süreç sırasında alınan kararlarla ilişkili olduğu bilinmektedir (Schomberger, 1982).

Çin ürünlerinin tüm piyasalara nüfuz ettiği ve Hindistan gibi ülkelerin yarışa dahil olmaya çalıştığı bir dönemde, özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya gibi refahlarını sanayi üretimine ve üretilenlerin ihraç edilmesine dayandıran ülkeler için var olan piyasaları yükselen yeni üretici ülkelere terk etme riski ortaya çıkmıştır. Bu riski minimize etmek, Çin'in ucuz işgücü ile baş edebilecek yeni bir üretim anlayışı ile mümkün olabilecektir. Tam da bu amaçlarla 2011 yılında Hannover Fuarında yeni bir konsept tanıtılmıştır (Kagerman, Lukas & Wahlster, 2011, s. 2; akt. Sima vd., 2020, s. 2; Kang at al., 2016). Bu yeni konsept; nesnelerin internetini ve internetin yoğun kullanımını, işletmelerdeki iş süreçlerinin ve teknik süreçlerin entegrasyonunu, gerçek dünyanın dijital haritalanmasını ve sanallaştırılmasını ve akıllı üretim araçları ile akıllı ürünler üreten akıllı fabrikaları içermektedir (Rojko, 2017, s. 80). Bu yeni konsept bilinen üretim süreçlerini yeniden tasarlamakta ve yeni bir sanayi devriminden bahsetmektedir. Bu nedenle yeni konseptte Endüstri 4.0 yani 4. Sanayi Devrimi adı verilmiştir. ve o günden sonra başta Almanya olmak üzere dünyanın farklı ülkelerinde akademik çalışmaların konusu olmuştur.

Günümüzde üreticilerin sorunları dikkate alındığında, çok boyutlu ve temele dair sorunlar ile karşılaşılacaktır. İşletmeler üzerindeki yoğun maliyet ve sermaye baskısı, ürün yaşam döneminin sürekli kısılması, rekabet kaynaklarının çeşitliliği ve yıkıcılığında meydana gelen artış, müşteri tatmininin öneminin daha iyi anlaşılması ve taleplerdeki farklılıklar, pazara ulaşmak için gereken hızın katlanması ve bu hızı ihtiyaç duyulan esneklik düzeyine ulaşarak yapabilme zorunluluğu Endüstri 4.0'a olan ihtiyacı ve entegrasyon gereğini arttıran etkenlerden bazılarıdır.

5. ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL FİKRİ NEDİR?

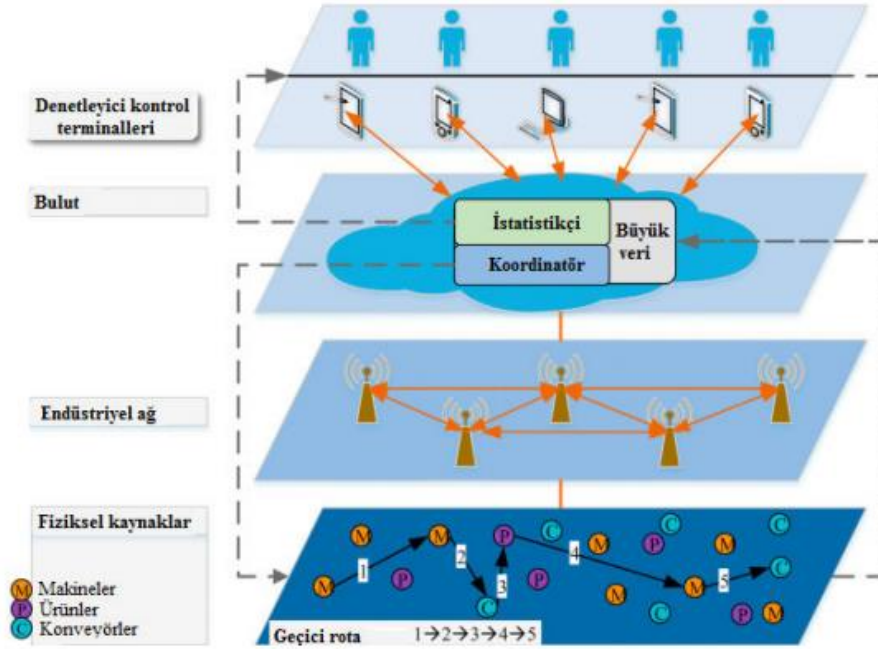
Endüstri 4.0 Alman hükümeti tarafından hazırlanan Yüksek Teknoloji 2020 Stratejisi'ne (High – Tech Strategy 2020) dayanmaktadır. Strateji; dijitalleşmenin, ürünlerin, değer zincirlerinin ve iş modellerinin birbirleri ile olan bağlantılarının artırılmasını ve bu sayede dijital üretimde ileri seviyeye geçebilmeyi amaçlamaktadır (GMIS, 2019). Endüstri 4.0, üretim aşamasında kullanılacak ileri teknolojiler sayesinde insana dayalı hatayı ve israfı minimuma indirecek, sanal ile gerçeklik arasında ilişki kurabilecek, akıllı makineler ile donatılmış akıllı fabrikalarda üretilen, daha karmaşık, fonksiyonel ve akıllı ürünler ile insan hayatının kolaylaştırılmayı hedeflemektedir. Bu amaca ulaşabilmesi için üretim sürecinin dönüştürülmesi gerekmektedir. Üretim sürecinin dönüşümünde ise “akıllı ürün geliştirme” kritik role sahiptir. Bu akıllı ürünler büyük miktarlardaki veriyi toplayıp kendi kendine işleme ve endüstriyel çevre ile etkileşime

girebilme yeteneğine sahipken, aynı zamanda tüm yaşam dönemi (Lifecycle) boyunca, hiçbir insan müdahalesi olmaksızın bilgi toplayıp etkileşime girebilirler (Nunes, Alves & Pereira, 2017, s. 1216).

Endüstri 4.0 kavramının tüm dünyada bu denli benimsenmesinde, kavramın sunduğu vizyon önemli bir neden kabul edilebilir. Endüstriyel üretimden beklenen faydaları Rojko (2017) çalışmasında şöyle sıralamıştır;

- Yeni ürünü çok kısa bir sürede pazarla buluşturabilme,
- Müşteri taleplerine ileri düzeyde cevap verebilme,
- Toplam üretim maliyetlerinde önemli bir artışa neden olmadan, sipariş üzerine seri üretim yapabilecek esnekliğe imkân tanıma,
- Daha esnek ve rahat çalışma ortamı sunma,
- Doğal kaynakların ve enerjinin daha verimli bir şekilde kullanımı.

Sonuç olarak Endüstri 4.0'ın temel fikri, farklı akıllı fabrikaların bir değer zinciri boyunca üretim sistemlerinin siber fiziksel sistemler şeklinde bütünleştirilmesi ve bu sayede gerekli bilginin ihtiyaç duyulan zamanda elde edilerek en doğru kararların alınabilmesidir.



Kaynak: Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D. & Zhang, C. (2016). "Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination", *Computer Networks*, vol. 101, pp. 158-168; Aktaran: Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 22 (2). 546 – 556.

Şekil 3: Endüstri 4.0 Akıllı Fabrika Çevresi

Akıllı fabrika, Şekil 3’te gösterildiği gibi çift kapalı çevrimli bir sistem olarak görülebilir. Bir döngü fiziksel kaynaklardan ve buluttan oluşurken, diğer döngüler denetleyici kontrol terminallerinden ve buluttan oluşmaktadır.

6. ENDÜSTRİ 4.0’IN ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ VE MALİYETLEMESİNE ETKİLERİ

Bu bölümde Endüstri 4.0 öncesi ürün geliştirme süreci ile maliyetleme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

6.1. Endüstri 4.0 Öncesi Ürün Geliştirme Süreci ve Maliyetleme

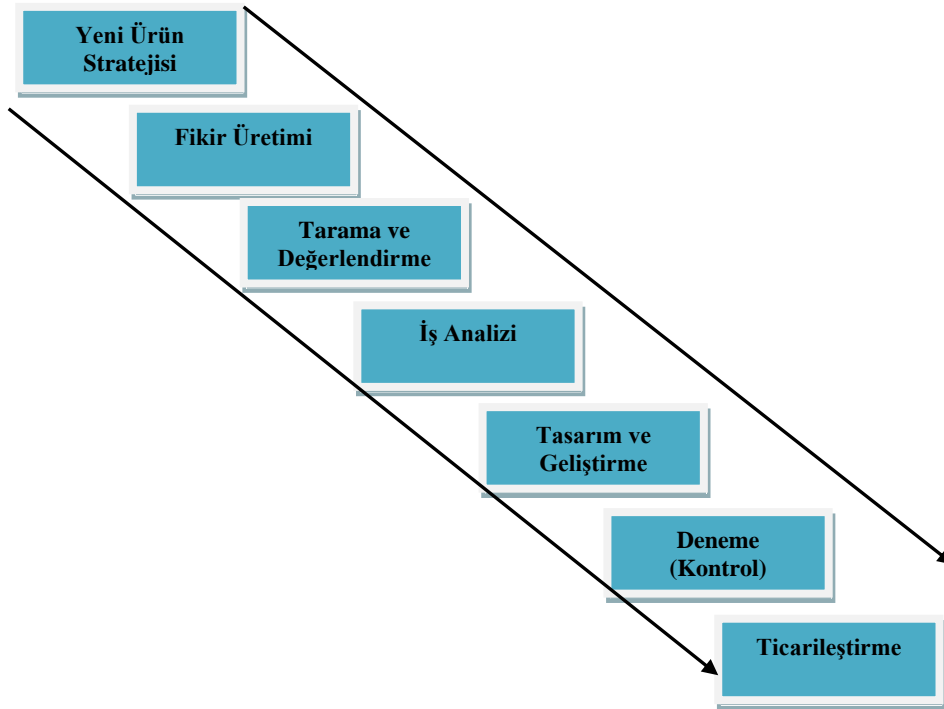
Endüstri 4.0’ın ürün geliştirme sürecinde ve maliyetleme üzerinde yaratacağı etkilerin daha açık bir şekilde anlaşılması adına, bölümde bu konular tartışılmıştır.

6.1.1. Ürün Geliştirme Süreci

Rekabetin yoğun yaşandığı piyasalar açısından yeni ürünlerin geliştirilmesi, sürdürülebilir başarının anahtarı olarak kabul edilmektedir (Tekkol & Ötleş, 2018, s. 40). 1981 yılında ABD’de faaliyet gösteren şirketler dikkate alınarak yapılmış olan bir çalışmada, işletmelerin karlarının yaklaşık olarak %33’ünü yeni geliştirdikleri ürünlerden elde ettikleri tespit edilmiştir (Arslan, 2018, s. 16). Bu rakamlar yıllar geçtikçe artış göstermiştir. Üretimde “yeni”den kastedilen şeyin ne olduğu üzerinde dikkatle durulması gerekmektedir. Pazarlama açısından bakıldığında bir ürünün yeni olarak isimlendirilebilmesi için ya piyasada hiç olmayan orijinal bir ürünün ortaya çıkarılması, ya farkı pazarlarda bilinen ancak hiç girilmeyen bir pazara o ürünle girilmiş olması ya da piyasada var olan bir ürünün işletmenin ürün karmasına ilk defa girmesi gerekmektedir (Altuğ, 2017, s. 21). Hangi açıdan bakılırsa bakılsın, geleneksel üretim ortamında yeni bir ürünün piyasaya sunulabilmesi için öncelikle bir ürün konseptinin ya da fikrinin ortaya çıkması gerekmektedir. İlk fikir ya da konseptten hareketle değerlendirme, geliştirme, test ve pazara sunum gerçekleşmelidir. Bahsi geçen bu aktiviteler dizisi aynı zamanda bir bilgi toplama ve fikrin değerlendirilmesi aşaması olarak da görülmelidir. Yeni ürün geliştikçe yönetim açısından belirsizlikler azalma, ürün hakkındaki bilgi ve öngörüler ise artma eğilimi göstermektedir. Bu bakımdan üretim süreci riski azaltan bir etkiye de sahiptir. Ortaya çıkan sonuçlara bakılarak, yönetim sorunlu alanlara müdahale etme şansını yakalayacak, başarısız ürünlerin üretimini durdurabilecek, hatalı süreçleri üretim sürecinden çıkarabilecek ve yeni üretim planlamasını daha az hata ile yapabilecektir (Bhuiyan, 2011, s. 748).

Başarılı bir ürün geliştirme faaliyeti için bir ekip ya da çapraz fonksiyonel takımlar oluşturulması gerekli görülmektedir (Schilling & Hill, 1998, s. 74). Ekibin başarısı projenin başarısı anlamına gelecektir. Dolayısıyla ekibin

başarılı olabilmesi için, uygun bir organizasyona, nitelikli personele, üst yönetimin desteğine, teknolojik alt yapıya, pazar bilgisine, üretim süreçlerinden gelecek geri bildirim, disiplinli bir çalışma pratiğine... sahip olmak gerekmektedir. Bahsi geçen gerekliliklerin neredeyse tamamı insanı merkeze almaktadır. Üretim aşamasında meydana gelebilecek her türlü, hata, fire, yanlış bilgi, zamansız veri, teknolojinin hatalı kullanımı, organizasyonda yaşanacak aksaklıklar, personelden gelen eksik geri bildirim, disiplinsizlik nedeniyle ortaya çıkacak zaman kayıpları gibi olumsuzluklar geleneksel üretim ortamının en ciddi handikaplarını oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 öncesi ürün geliştirme süreci şöyle şematize edilebilir (Booz, Allen & Hamilton, http://samples.jbpub.com/9780763782610/82610_CH02_PASS02.pdf);



Kaynak: Booz, Alen ve Hamilton. Booz, Alen and Hamilton's New Product Process. http://samples.jbpub.com/9780763782610/82610_CH02_PASS02.pdf, Erişim: 03.11.2020.

Şekil 4. Yeni Ürün Geliştirme Evreleri

Şekil 4'te yer alan yeni ürün stratejisi evresi, yeni ürün geliştirme sürecinin şirketin hedefleri ile bütünleştirme evresidir. Bu evrede fikir ya da konsept üretimi için kriterler belirlenmiş olur. Fikir üretim evresinde ise şirketin hedefleri ile uyumlu yeni fikirlerin ortaya çıkması amaçlanır. Tarama ve değerlendirme evresinde ise ortaya çıkan fikirler tek tek değerlendirmeye alınmaktadır. Detaylandırılmayı ya da daha ayrıntılı bir analizi hak eden fikirler seçilir. İş Analizi evresine geçmeye layık olan fikirler için bir takım

finansal analizler yapılır. Yapılan nicel analizler neticesinde yönetim tarafından uygun bulunan fikirler *tasarım ve geliştirme* evresine geçirilirler. Bu aşamada fikirler somutlaştırılarak ürün haline getirilir. İmal edilen ürünler kontrol edilerek ticari ürün haline getirilmektedirler.

Şekil 3 ve Şekil 4 birlikte incelendiklerinde üretim süreçleri arasındaki farklar daha net anlaşılacaktır. Endüstri 4.0 üretim biçimi, kendisinden öncekiler gibi insan odaklı bir sürece sahip değildir. Akıllı üretim araçları ile donanmış akıllı fabrikalar, büyük veriye sahip ve onları işleyebilen bulut sistemleri ve nesnelerin iletişimi sayesinde henüz fikir aşamasında bile öneriler doğrudan pazardan alınabilecek ve kararlar en optimum şekilde verilebilecektir. Denetleyici kontrol terminalleri sayesinde ortaya çıkabilecek sorunlar hızlı bir şekilde tespit edilebilecektir.

6.1.2. Maliyetleme Yöntemleri

Kitle üretiminin tespit edilen standartlar temelinde yapılmasının uygun görüldüğü, üretimde esnekliğin olmadığı üretim biçimi olan Fordizm³ neredeyse 20. yüzyılın üçüncü çeyreğine kadar imalat sektörüne hâkim olmuştur (Selçuk, 2011). 1980'lere kadar hâkim olan üretim rejimi ile uyumlu olacak şekilde tasarlanan geleneksel maliyetleme yöntemi, maliyet + kar = fiyat anlayışına sahiptir. Ancak 80'lerden sonra imalat sektöründe kabul gören esnek üretim biçimi ile birlikte Post-Fordizm⁴ yaygınlaşmaya başlamıştır (Ersoy, 2012, s. 91). Bu yeni esnek üretim biçimi (modern üretim) ile birlikte geleneksel maliyetleme yöntemleri imalat sektöründe faaliyet gösteren firmalar açısından yetersiz kalmıştır. Fordist dönemde yaşananın aksine, bu dönemde satış fiyatları piyasa tarafından belirlenmeye, müşteri talepleri çeşitlenmeye, kalite beklentileri farklılaşmaya ve rekabetin boyutu artmaya başlamıştır. Ürün maliyetlerinin pazara yönelik yönetimi, müşteri tatminin sağlanması ve pazar payının artırılabilmesi açısından büyük öneme sahip hale gelmiştir (Terzi, 2017, s. 222). 20. yüzyılın ortalarından itibaren pazarlarda yaşanan yoğun rekabet, dikkatleri üretim faaliyetlerinin üzerine yoğunlaştırmıştır. Yeni teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak üretim süreçlerinde meydana gelen yenilikler yeni ürün geliştirme tekniklerinde ve maliyet hesaplamalarında farklı tekniklere olan ihtiyacı ve buna bağlı arayışları da hızlandırmıştır.

Yalın Üretim, Modüler Üretim, Esnek Üretim, Tam Zamanında Üretim gibi üretim sistemleri, rekabet üstünlüğünün elde edilebilmesi adına geliştirilmiş modern sistemlerdir. Bu sistemlerin tamamının amacı, esnek üretimin, maksimum müşteri memnuniyetinin, verimlilik artışının ve maliyet

³ Fordizm, montaj hatları yardımı ile standartlaştırılmış, düşük maliyetli mallar üreten ve çalışanlarına üretilenleri satın alacak düzeyde makul ücretler sağlamayı amaçlayan bir üretim sistemidir.

⁴ Fordizm Sonrası, Esnek Üretim ve Birikim Rejimi olarak da anılan Post-Fordizm; "Tüketim taleplerini karşılayabilmek için üretimin esnek bir modelde yerine getirildiği, iş gücü ve makineleşmede esnek uzmanlaşmanın sağlandığı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretimde yaygın olarak kullanıldığı bir üretim ve birikim rejimidir." (Saklı, 2013, s. 114).

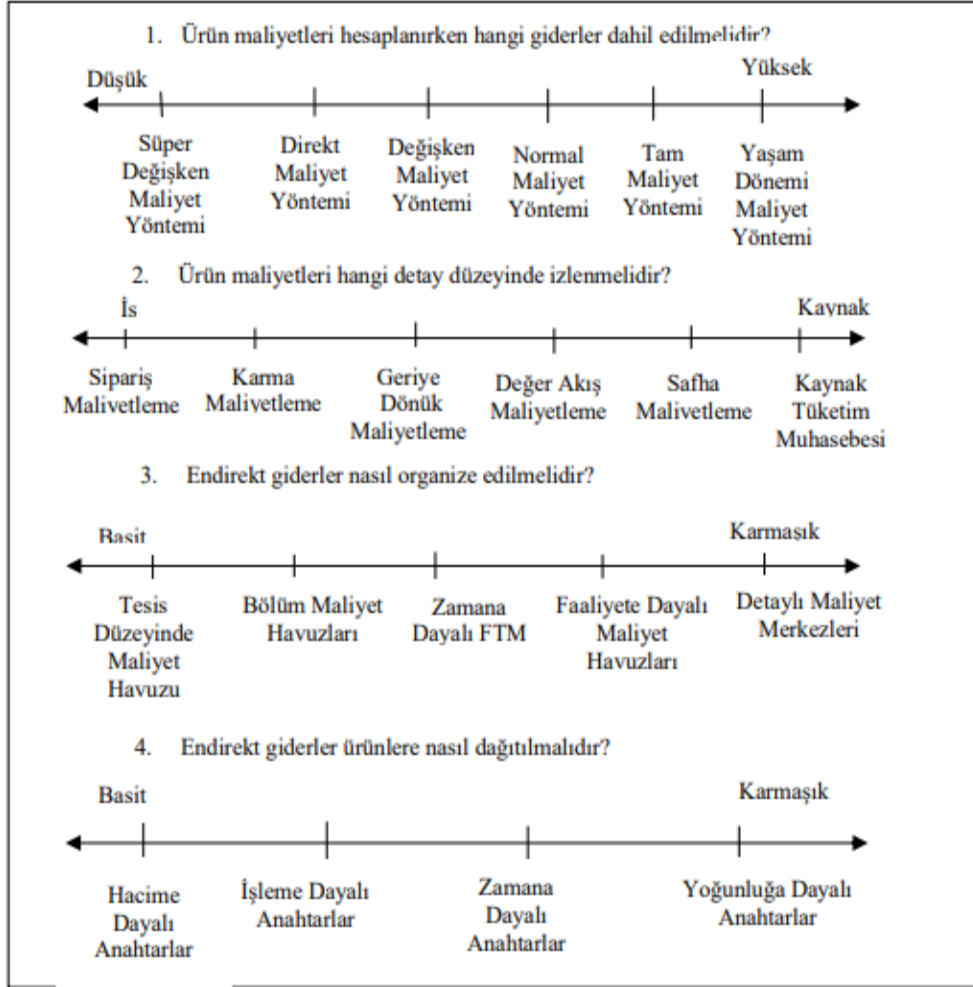
azaltımının sağlanabilmesidir (Küçükönder & Uçar, 2015, s. 118 – 119). Belirtilen sistemlerde emek gücünün yerini almaya başlayan otomasyonlar, maliyet ve yönetim muhasebesi sistemlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Özellikle otomasyona bağlı üretimin yaygınlaşması, maliyetlerin oluşumunda direkt işçilik maliyetlerinin önemini azaltmış, genel üretim maliyetlerinin önemini artırmıştır. Buna bağlı olarak, maliyet anahtarı olarak yoğun biçimde kullanılan direkt işçilik saatlerinin, ürün maliyetleri ile olan korelasyonu zayıflamıştır. Zayıflayan bu ilişki nedeniyle işçilik saatleri başat rolünü makine saatlerine bırakmıştır. Geleneksel maliyet muhasebesinde direkt ilk madde ve malzeme maliyeti, direkt işçilik maliyeti ve genel üretim maliyeti üretilen ürüne yüklenmektedir. Ürünlerle doğrudan ilişkisi kurulabilen direkt maliyetler ürünlere kolayca yüklenebilirken, endirekt maliyetler ise belirlenen bir dağıtım anahtarı yardımı ile ürünlere yüklenebilmektedir. Genel üretim maliyetleri kapsamında değerlendirilen endirekt maliyetlerin bir kısmı sabit bir kısmı ise değişken özellikler göstermektedir. Hatta bazı maliyetler yarı değişken ve yarı sabit özellikler ihtiva etmektedir. Tüm bu farklı özelliklere rağmen, geleneksel maliyetleme yaklaşımında, genel üretim maliyetleri yalnızca belirlenen bir tek maliyet anahtarı yardımı ile ve hacim tabanlı olarak ürünlere dağıtılmaktadır. Bahsi geçen maliyetler, teknolojinin sürekli gelişmesi ve üretim süreçleri ile bütünleşmesi nedeniyle önemli bir artış gösterirken, direkt işçilik maliyetlerinin, yani emeğin, maliyetler içerisindeki payı oldukça azalmıştır. Şekil 3'te bu değişim gösterilmeye çalışılmıştır. Modern üretim biçiminde dağıtım anahtarlarının yalnızca hacim tabanlı seçilmesi, ihtiyacı karşılamamıştır. Bunun nedeni, modern üretim sistemlerinde üretim hacmi ile ilişkili olmayan faaliyet maliyetlerinin önemli bir orana sahip olmasıdır. Maliyetleme yöntemlerinde yaşanan ilerlemeler, üretim süreçlerinde yaşanan değişimlerle paralellik arz etmektedir. Ancak ne geleneksel ne de modern maliyetleme yöntemlerinin hiçbiri Endüstri 4.0'ın ruhuna uygun yapıya sahip değildir. Bunun nedeni ise, Endüstri 4.0'ın ürün maliyet yapılarında meydana getireceği değişikliklerdir. Mevcut yöntemlerin sınırları, yeni dönem için onları kullanıma elverişli olmaktan çıkarmaktadır.

6.1.3 Maliyetleme Yöntemlerinin Yetersizlikleri (Sınırları)

Genel üretim maliyetlerinde yaşanan değişimler özellikle birden fazla mamulün üretildiği işletmelerde birim maliyet hesaplamalarında doğru olmayan sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Geleneksel maliyetleme yöntemlerinde kullanılan teknikler günümüzdeki üretim sistemleri ve süreçleri ile uyumlu olmadığından, birim mamul maliyetlerinin hesaplanmasından fiyatlandırmaya kadar geniş bir yelpazede arzu edilen doğru bilgiyi elde etmeyi zorlaştırmaktadır. Ayrıca pazarlama satış ve dağıtım giderlerinin dönem gideri olarak kabul edilmesi de geleneksel maliyet yönteminin açmazlarından biri olarak kabul edilmelidir (Saygılı, 2007). Yöntemin önemli sınırlarından biri de pazar faktörlerinin maliyet

planlamasında yer almamasıdır. Üretim süreci boyunca verimsizlikler ve kayıplar ortadan kaldırılarak maliyetler düşürülmeye çalışılır. Maliyetlerin büyük bir kısmı (%80- %90 oranında) planlama ve tasarım aşamasında ortaya çıkmaktadır (Can, 2004, s. 34; Ansari, Bell & Sewnson, 2006, pp. 18 – 26; Davila & Wouters, 2004, pp. 13 – 26). Buna karşın geleneksel yöntem, verimsizlikleri ve kayıpları süreç içerisinde iyileştirmeye çalışarak, maliyetlerin yükselmesine zemin hazırlamaktadır.

Genel üretim maliyetlerinin ürünlere yüklenmesinde tek bir dağıtım anahtarı kullanılıyor olmasının doğru bir maliyet hesaplanmasına ve denetimine izin vermediği görülmüştür. Tek bir dağıtım anahtarının kullanılıyor olması, emek yoğun çalışan işletmeler için uygun bir yöntem olarak öne çıkabilmektedir. Ancak, yalnızca bir mamul üreten ya da emek yoğun çalışan işletmeler için uygulanabilir olan yöntem, esnek üretim sisteminde, birden fazla ürün üretilen fabrikalarda yanıltıcı sonuçlar vermektedir. Sonuç olarak, teknolojinin gelişmesi ile birlikte oluşan yeni ve teknoloji yoğun üretim ortamlarında geleneksel maliyet yöntemi hatalı sonuçlar vermektedir. Bunun temel nedeni de üretim miktarı ile ilişkili olarak kullanılan dağıtım anahtarları ile ürün maliyetleri arasındaki korelasyonun zayıflamasıdır (Karcıoğlu, 2000, ss. 145 – 152). Kullanılan kaynakları etkileyen tek faktörün üretim hacmi olduğunu kabul eden, tek bir maliyet havuzunu yeterli gören ve hacim tabanlı tek bir maliyet dağıtım anahtarı belirleyen geleneksel yöntem, yeni üretim ortamları için elverişli bir çözüm sunamamıştır. Bu soruna bir çözüm olarak geliştirilen Faaliyet Tabanlı Maliyetleme, kaynakların faaliyetler, faaliyetlerin ise mamuller tarafın tüketildiği felsefesine dayandırılmıştır. Amaç en doğru maliyet bilgisine ulaşmaktır. Yöntem maliyet merkezlerine yoğunlaşmakta, faaliyet çeşitliliğine odaklanarak faaliyetleri ön plana çıkarmaya çalışmaktadır (Seldüz, 2013, s. 67). Geleneksel maliyetleme yöntemine bir alternatif olarak ortaya çıkan Faaliyet Tabanlı Maliyetleme yönteminden oldukça karmaşık bir yapıda olması nedeniyle arzu edilen verim alınamamıştır. Birçok işletme zamanla yöntemi uygulamaktan vazgeçmek zorunda kalmıştır (Köse & Ağdeniz, 2017, s. 141). Tablo 1’de geleneksel ve modern maliyetleme yöntemleri verilmiştir (Özçelik, 2019, s. 614);

Tablo 1: Maliyetleme Yöntemleri

Kaynak: Özçelik, F. (2019). Maliyet Yöntemlerinin Değerlendirilmesi ve Seçimi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12 (4), 607 – 622.

Tablo 1’de yer alan yöntemlerin tamamı ya geleneksel ya da modern dönem üretim süreçlerine göre hazırlanmış yöntemlerdir. Endüstri 4.0, unsurları ile birlikte dikkate alındığında, tabloda yer alan yöntemlerin hiçbiri yeni dönem için bir alternatif sunmamaktadır. Çünkü Endüstri 4.0’da hedeflenen fabrikalarda boş zaman, fire, hata, atıl kapasite, uzun bekleme süreleri, düşük verimlilik gibi sorunlar yaşanmayacaktır. Karanlık fabrikalarda ile kusursuz bir üretim amaçlanmaktadır. İnsana özgü hatalar ve zaafardan arındırılmış ve birbirleri ile iletişim halinde olan akıllı makinalarla dolu akıllı fabrikalarda bilinen her şeyin farklı bir boyut kazanacağı düşünülmelidir. Modern üretim sistemlerinde insanlar tarafından yapılan Kaizen çalışmalarını kendi yapan (*BonRoC-Zen*⁵), direkt işçilik

⁵ BonRoC-Zen (Based on Robotic Communication-Zen) Endüstri 4.0’da sürekli iyileştirme çalışmalarında yaşanacak paradigma değişiminin adıdır. BonRoC-Zen kavramı yazar tarafından ilk

maliyetlerinin sifıra indiği, müşteriden gelen tüm verileri bulut sistemlerinde toplayan, büyük veriden kendi ihtiyacı olan bilgiyi alarak maksimum müşteri tatmini hedefine göre esnek üretim yapabilen, tüm üretim ağları ile haberleşebilen fabrikalarda ortaya çıkan ürünlerin maliyetlerinin hesaplanabilmesi için akademik camianın yeni bir arayışa girmesi bir zorunluluk olacaktır. Bu yeni dönemi *Tekno-Modern Üretim*⁶ şeklinde isimlendirmek hatalı olmayacaktır.

7. ENDÜSTRİ 4.0'DA ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ

Geleneksel üretim sürecinde ihtiyaç duyulan ekipmanlar hazırlandıktan ve gerekli denetimler yapıldıktan sonra üretim için gerek duyulan hammadde tedarik edilmekte ve sonrasında üretim süreci başlatılmaktadır. Ancak Endüstri 4.0 unsurları ile birlikte düşünüldüğünde bu üretim biçiminin değişiklik göstereceği açıktır. Büyük veri sayesinde işlenen bilgiler üzerinden müşterinin ihtiyaç duyduğu ürün tespit edilebilecek, 3D yazıcılar aracılığı ile en optimum ürün ortaya çıkarılacaktır. Akıllı üretim araçları ile donatılmış akıllı fabrikalar sayesinde, üretimde kullanılması gereken malzeme miktarı hesaplanıp bir maliyet tahmininde bulunulabilecek, fire ve hata en asgari seviyeye çekilebilecek ve bu sayede üretim maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlanabilecektir. Üretim sürecinde yoğun bir şekilde kullanılacak olan teknoloji (robotlar), insani hataları ortadan kaldıracak, insani ihtiyaçlara (yeme, içme, dinlene gibi) gerek duymayacak ve bu sayede daha verimli üretim gerçekleştirken daha düşük maliyet hedefi yakalanabilecektir (Tutar, 2019, s. 333).

Endüstri 4.0; temelde geleneksel üretimin dönüşümüne, akıllı fabrikalara ve akıllı makinelere vurgu yapsa da, dijital ile fiziksel dünya arasındaki entegrasyonu sağlayarak akıllı ürünlerin imal edilmesine olanak tanıyan süreçlere ve ürünlere doğrudan etki eden bir dizi teknolojik gelişmeyi de içerisinde barındıran bir kavramdır (Schmidt, Möhring, Härting, Reichstein, Neumaier, 2015). Teknoloji ve yeniliklerde yaşanan değişim ve ilerlemeler, piyasadaki beklenti ve talepleri de aynı hızda farklılaştırmaktadır. Bir takım yeni teknolojilerin etkileşimi sonucunda ortaya çıkacak daha fonksiyonel ve çok daha karmaşık ürünler, müşteri talebi olarak üreticilerin dikkatine sunulabilmektedir. Endüstri 4.0'ın üretim sürecinde kazandıracığı yenilikler şöyle sıralanabilir (Öztürk & Koç, 2017);

kez bu makale çalışmasında ortaya atılmıştır. BonRoC, Rorbotik temelli iletişimi ifade ederken "Zen" ise iyileştirme çabalarını sembolize etmektedir. Yani bu kavram, üretimde kullanılan araçların birbirleri ile iletişimini temel alan ve iyileştirme adımlarına kendilerinin karar verebildiği durumu ifade etmektedir.

⁶ Modern üretimin sahip olduğu felsefe ve sistemleri, onlara ait kavramları, perspektifi ve vizyonu reddetmemekle birlikte, gelişen teknoloji ile uyumlu bir şekilde tüm bunları geliştiren, yeni dönemin ruhu ile uyumlu hale getirerek modern üretimin hedeflediği kusursuz üretimi gerçekleştirmeyi amaçlayan üretim biçimi. (Tanım yazara aittir).

1. İmalatta daha fazla otomasyon kullanımı, müşteri tercihlerini daha fazla önemseyen ve bu taleplere bağlı seri üretim, üretimde en yüksek kalite, daha az kaynak tüketimine rağmen daha hızlı inovasyon,
2. Daha esnek üretim süreçleri ve farklı sistem ve uygulamalara daha yüksek entegrasyon,
3. Kişiselleştirilmiş ürünlerin daha az maliyetle müşterilere ulaştırılması,
4. Daha yüksek veri iletim hızı, 3 boyutlu yazıcılar sayesinde müşteriye en yakın yerde üretim ve bu sayede taşımacılık maliyetlerinin en asgari düzeye çekilmesi,
5. Enerji kaynaklarının yüksek verimlilikle tüketimi.

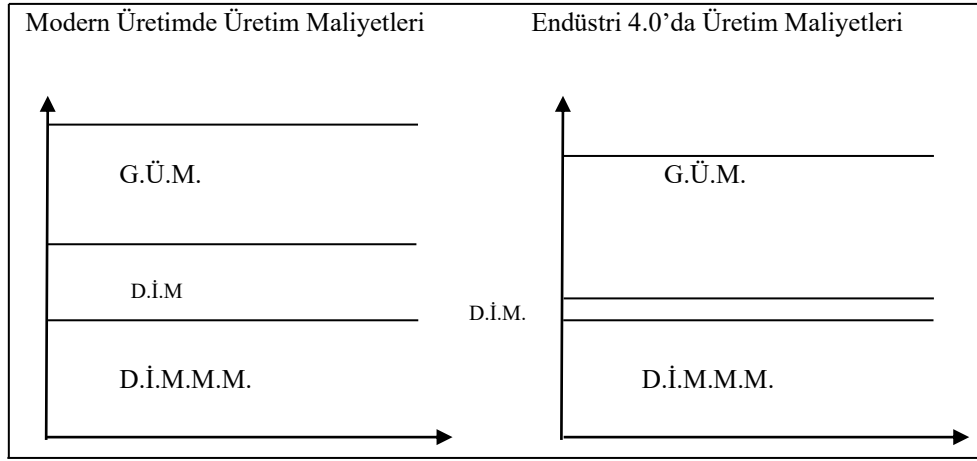
Yeni dönemde dijitalleşen dünya ile entegre üretim süreçlerinin öne çıkması beklenmelidir. Yapılan araştırmalarda Türkiye'deki tüketicilerin %65'inin dijitalleştiği tespit edilmiştir (Öztürk & Koç, 2017). Endüstri 4.0 ile dijital tüketicilerin istekleri Big Data (Büyük Veri) sayesinde toplanan veriler işlenerek akıllı fabrikalara iletilecek ve akıllı üretim araçları ile arzu edilen akıllı ürünler tüketiciler ile buluşturulacaktır. Bulut üretim adı verilen bu teknoloji sayesinde, farklı fabrikaların üretim kaynakları bütünleştirilebilecektir. Bu sayede gerçekleştirilecek büyük veri paylaşımı ile müşteri talepleri mümkün olan en yüksek düzeyde karşılanmaya çalışılacaktır (Kıran, 2018, s. 28). Planlama ve tasarım aşamasında ortaya çıkan maliyetlerin büyük oranda düşmesi ve ilk seferde en doğru sonuca ulaşarak yeniden bir maliyete katlanılmayacak olması ürün geliştirme maliyetlerinde önemli azalmaları beraberinde getirecektir. Ayrıca Google Glass gibi akıllı görüş teknolojileri ile nesnelerin iletişiminin kullanılması ile yeni ürün gelişimi için geri bildirimler sağlanması planlanmaktadır. Endüstri 4.0 tüm unsurları ile birlikte yeni ürün planlama ve tasarımı aşamasında hataları en aza indirme ve maksimum müşteri memnuniyeti sağlayarak en kaliteli ürünü müşteriye sunmayı amaçlamaktadır.

8. ENDÜSTRİ 4.0'DA ÜRÜN GELİŞTİRME MALİYETLERİ

Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışından hiç kuşkusuz, bugüne kadar tüketilen ve yeni rekabet dönemi için çözümsüz kalan geleneksel üretim biçimlerinin, dönemin ruhuna ve teknik bilgisine uygun yeni imkanlar sunmaktaki başarısızlığı yatmaktadır. Maliyetlerin düşürülmesi için ortaya atılan Tam Zamanında Üretim gibi yöntemler, "daha az maliyetli ülkelerde fason üretimi salık vererek maliyet düzeylerini aşağıya çekmek" fikri dışında, bir paradigma değişimi yaratabilecek çözüm önerileri geliştirememiştir. Bauernhansl, Krüger, Reinhart ve Schuh (2016), yaptıkları önemli çalışmalarında Endüstri 4.0'da planlanan akıllı fabrikalarda üretim ve

lojistik maliyetleri %10 ila %30, kalite yönetim maliyetleri ise %10 ila %20 arasında azalacaklarını iddia etmişlerdir.

Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya atılan Karanlık (Lights Out)⁷ Fabrikalar fikri, yeni sanayi devrimi ile maliyetlerin ne düzeyde azalacağı ile ilgili beklentiyi de göz önüne sermektedir. Dönüştürme maliyetlerinden genel üretim maliyetlerinde ortaya çıkması beklenen artış, işçilik maliyetlerinde ortaya çıkması beklenen azalıştan fazla olmayacaktır. Dolayısıyla maliyetlerde meydana gelmesi muhtemel olan azalışlar önemli boyutlarda olacaktır. Üretim maliyetlerinde yaşanması beklenen değişim şekil yardımı ile şöyle gösterilebilir.



Kaynak: Şekil yazara aittir.

Şekil 5: Ürün Maliyetlerinde Yaşanması Beklenen Dönüşüm

Endüstri 4.0 ile birlikte üretim sürecinde işçilik maliyetlerinin çok düşük bir düzeye ineceği, hatta karanlık fabrikalar ile neredeyse sıfırlanacağı düşünüldüğünde, genel üretim maliyetlerinde yaşanması muhtemel artışların aynı boyutta olmayacağı, dolayısıyla toplam maliyetlerde önemli bir azalmanın sağlanacağı söylenebilir. Genel üretim maliyetlerinde ortaya çıkması muhtemel nispi artışların nedeni olarak yoğun teknoloji kullanımı gösterilmektedir. Bu durum, Tablo 2 dikkate alındığında, Endüstri 4.0 ile birlikte beklenen azalmanın yalnızca üretim maliyetlerinde yaşanmayacağını, özellikle lojistik maliyetlerinde yaşanması beklenen azalmanın neredeyse %50 olduğunu göstermektedir. Tüm bunlara rağmen Endüstri 4.0'dan beklenen dönüşüm yalnızca maliyet tasarrufu ya da verimlilik artışı değildir. Toplumla sürekli katkı sunabilecek yeni değerler

⁷ Karanlık Fabrikalar; Üretim sürecinde hiçbir insan unsuruna ihtiyaç duyulmayan, dolayısıyla ışısız bir ortamda tamamen makineler ile üretimin yapılabildiği, gerçek manada karanlıkta üretim yapılabilen fabrikaları ifade etmektedir.

üretmesi de, soyut bir talep bile olsa, beklentiler arasında sayılabilir (Kang at al., 2016, s. 124).

Endüstri 4.0'ın unsurları ile uyumlu çalışacak yeni bir maliyetleme yöntemi akademik camianın başlıca sorunlarından biri olacaktır. Maliyetlerin ortaya çıkış sebebinin ne olduğu sorusuna verilen cevaplar farklılık göstermektedir. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme, maliyetlere sebep olan şeyin faaliyetler olduğu kabulünden hareket ederek odağına faaliyetleri yerleştirmektedir (Clarke, 1995). Kaynak Tüketim muhasebesi ise kaynak odaklı miktar temelli bir yaklaşıma sahiptir. Kaynaklar üzerine odaklanarak, kaynaklar ile kaynakların tüketimi arasında nedensel bir ilişki kurulmaya çalışılmaktadır (Öğünç & Tekşen, 2018, s. 393). Değer Akış maliyetleme, değer akışlarına yoğunlaşırken (Karcıoğlu & Nuray, 2010), Kısıtlar Teorisi darboğazlar üzerine odaklanmaktadır (Erol, 2008, s. 103). Endüstri 4.0'da ortaya çıkması beklenen Tekno-Modern Üretim şekli ile uyumlu yeni bir maliyetleme yöntemi geliştirilebilmesi için maliyetlerin neden ortaya çıktığı sorusuna verilecek cevap, bu yeni dönemin ruhuna uygun olmalıdır.

Sanayi Devriminde akıllı, bilgi toplayan ve topladığı bilgileri işleyerek kendisi karar alabilen makinelerden oluşan akıllı fabrikalarda maliyetlerin sürekli düşme eğiliminde olacağını iddia etmek aşırı bir yorum olmayacaktır. Bu iddia **BonRoC-Zen** kavramı ile açıklanmaya çalışılacaktır. Üretim süreçlerinin sürekli iyileştirilmesini ifade eden Kaizen'de temel unsur insandır. Özellikle üretimde yer alan personelin geri bildirimleri ile sistem ve süreçlerde daha iyiye ulaşılmaya çalışılmaktadır. Üst yönetim, personelden gelen önerilerin (öneri sistemi)⁸ tamamını dikkate almakta ve uygulanabilir olanları seçerek mükemmele ulaşmaya çalışmaktadır. Bunun yanı sıra Kaizen'deki 5S⁹ Yönetim Felsefesi de bu amaca yardım etmektedir. Daha tertipli, düzenli, temiz, standart kazandırılmış ve disiplinli bir iş yeri sayesinde hatalar ve fireler azaltılmaya, zaman israfının önüne geçilmeye ve bu sayede daha iyi bir üretim sürecine ulaşılmaya çalışılmaktadır. Tüm bu yöntemlerin temel amacı maliyetlerin azaltılmasıdır. Endüstri 4.0'da ise üretimde insan faktörü minimum düzeyde olacaktır. İnsan faktörünün üretim sürecinde çok daha az yoğunlukta olacağı gerçeğinden yola çıkıldığında, Kaizen uygulamasının temel ilkelerinde dönüşüm kaçınılmaz olmalıdır. Geri bildirim verecek üretici ya da yardımcı işçilerin olmadığı, 5S'in uygulamasının gereksiz olduğu ve karanlıkta bile sürekli üreten akıllı fabrikaların varlığı düşünüldüğünde Endüstri 4.0 unsurları ile bütünleşmiş bir Kaizen akla gelmelidir. **BonRoC-Zen** tam da bu amaca hizmet edecek sistemin adıdır. Endüstri 4.0'ın unsurları dikkate

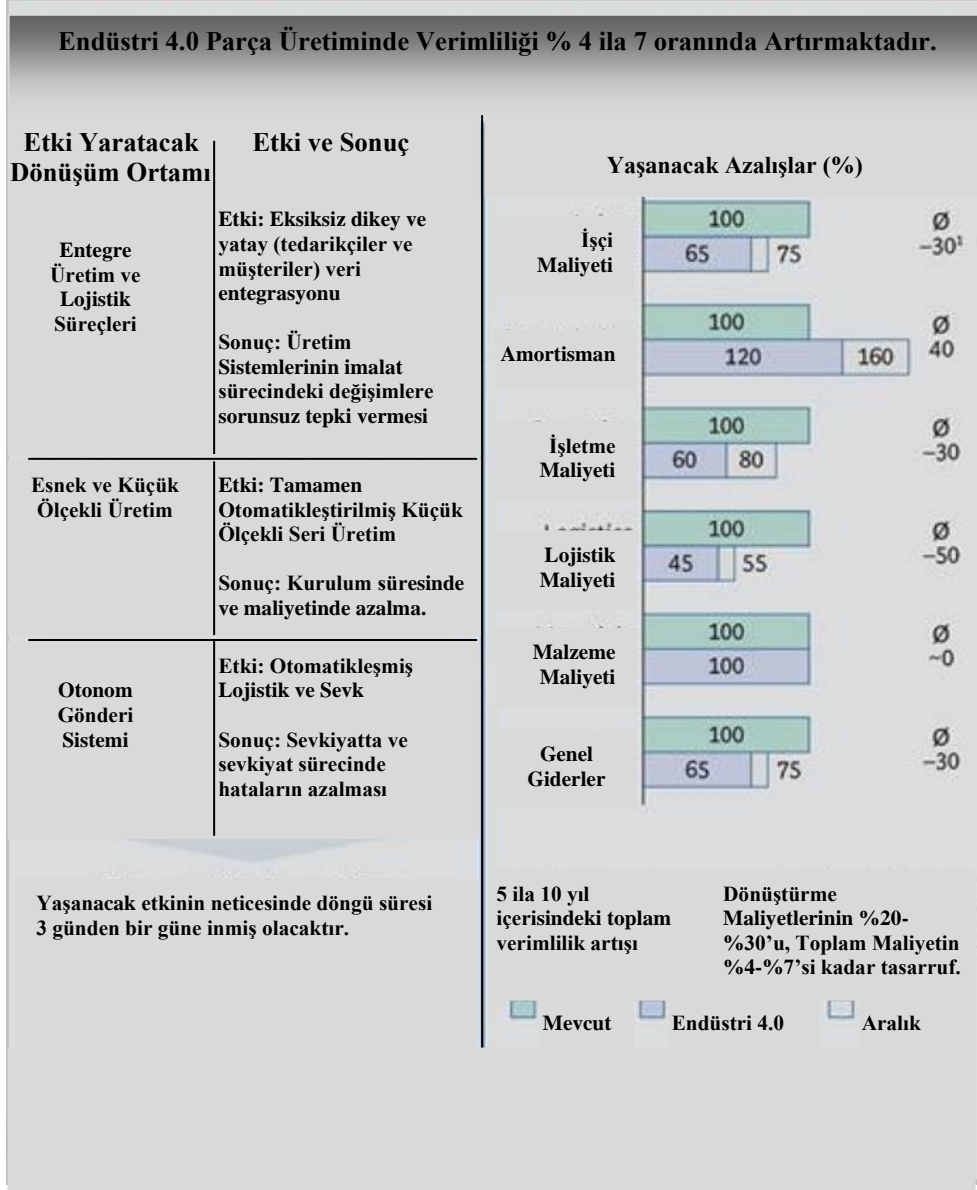
⁸ Kaizen'de maliyetlerin azaltılması ile ilgili, çalışanlara ait fikirlerin üst yönetime daha kolay iletilmesine imkânı veren sistemin adıdır.

⁹ Bir işletmedeki çalışma ortamının kişi veya grup faaliyetleri ile mükemmelleştirilmesi çabası olarak ifade edilir. 5S Kaizen uygulama adımları sırası ile (Seiri) Sınıflandırma, (Seiton) Düzenleme, (Seiso) Temizlik, (Seiketsu) Standartlaştırma ve (Shitsuke) Disiplin şeklindedir.

alınarak geliştirilen bu kavram; üretim sistemlerinin, insan unsuru ve onların geri bildirimleri olmaksızın, üretim süreçlerini sürekli iyileştirici kararlar alabilmelerini ifade etmektedir. Büyük veriyi toplayıp işleyebilen, bu verilerin analizi ile karar alabilen, nesnelerin iletişimi ile alınan kararları aktarabilen ve fiziksel sistemler yardımı ile bu bilgiyi uygulayabilen fabrikalarda sürekli iyileştirmeyi de yine bu unsurların yapması beklenmelidir. Endüstri 4.0'da Kaizen yerine önerdiğimiz bu kavram, akıllı makineler ile donatılmış, akıllı fabrikalardaki tüm süreçlerin, insan faktörü olmadan, Endüstri 4.0'ın unsurları¹⁰ tarafından sürekli iyileştirilmesini ifade etmektedir. Burada elbette üretim sürecindeki insan unsurunu asgari seviyeye çeken tüm teknolojiler ile bütünleşmiş bir süreçten bahsedilmektedir. Yani bu kavramdan kastedilen şey, birbirleri ve tüm üretim ve lojistik ağı ile iletişim içerisinde olabilen, büyük veri toplama ve topladığı verileri işleyerek yeni kararlar alabilme yeteneklerine sahip olan akıllı makineler ile donatılmış akıllı fabrikalarda, siber fiziksel sistemlerin üretim sürecinin sürekli iyileştirmelerine (mükemmeli arayış) kendilerinin karar vereceği ve bu sayede sürekli daha iyiyi arayarak, en az hata ve en düşük maliyetle üretimin yapılabileceği bir sürece ulaşmaktır. Dolayısıyla **BonRoC-Zen**, Endüstri 4.0'da sürekli iyileştirme çalışmalarında yaşanacak paradigma değişiminin adıdır. Bu sayede daha etkin bir iyileştirme saplanabileceği gibi, maliyetlerde ve müşteri tatmininde de önemli kazanımlar elde edilmiş olacaktır.

Tablo 2, Endüstri 4.0'da parça üretim maliyetlerinde yaşanacak olan maliyet tasarrufunu göstermektedir.

¹⁰ Endüstri 4.0 için temel 9 unsurdan bahsedilmektedir. Bu unsurlar şöyle sıralanabilir; Nesnelerin İnterneti (İnternet of Things), Siber Fiziksel Sistemler ve Simülasyon, Sistem Entegrasyonları, Büyük Veri (Big Data), Bulut Bilişim, Siber Güvenlik, Otonom Robotlar, 3D Yazıcılar ve Arttırılmış Gerçeklik.

Tablo 2: Endüstri 4.0 ile Parça Üretim Maliyetlerinde Sağlanan Tasarruf

Kaynak: Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. and Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group, s. 11.

Tablo'da verilen maliyet tasarrufu tahminleri incelendiğinde, işçilik, işletme maliyetleri ve beş ila on yıl boyunca genel üretim maliyetleri için tasarruf oranı %30 olarak görülmektedir. Ayrıca, bütünleşik üretim ve lojistik süreçler daha düşük maliyetli olmakla kalmayacak, aynı zamanda döngü sürelerini yüzde 30'a kadar azaltacaktır. Endüstri 4.0 ile birlikte artan otomasyon nedeniyle amortisman giderlerinde önemli bir artış

beklenmektedir. Endüstri 4.0, üreticilerin lojistik maliyetlerinde neredeyse %50'lik bir maliyet tasarrufu vadetmektedir. İlk madde maliyetlerini dışındaki dönüştürme maliyetlerinde (direkt işçilik ve genel üretim maliyetleri) %20 ila %30 arasında bir azalma meydana gelmesi beklenmektedir. İşçilik maliyetlerindeki artışın nedeni olarak, azalan işçi sayıları gösterilmektedir.

İleri üretim düzeyinde (Endüstri 4.0) üretimdeki siber-fiziksel birleşimdeki teknolojik atılımların, müşteriler için algılanan değeri arttırması, tedarikçiler için üretim maliyetlerini düşürmesi beklenmektedir. Özellikle Endüstri 4.0'ın doğduğu ülke olan Almanya'da, sektörel farklılıklar olmakla birlikte, kilit rol üstlenen sanayi sektörlerinde dijitalleşme sayesinde 2025 yılına kadar sağlanması beklenen katma değer %1,5 ila %2,2 arasındadır. Yalnızca makine mühendisliği alanında ek katma değer 32 milyar Euro'yu bulacağı tahmin edilmektedir. Dijitalleşmenin Alman ekonomisine beklenen katkısı ise, yıllık 20 ila 30 milyar Euro olarak hesaplanmıştır (Schroeder, 2016, ss. 3-4).

Bauernhansl, Krüger, Reinhart ve Schuh (2016) yaptıkları çalışmada, endüstri 4.0 uygulamaları ile üretim yapan bir fabrikada ortaya çıkan üretim maliyetlerinde %30'a varan azalma yaşanabileceğini, kalite maliyetlerinde beklenen azalmanın %20 seviyesinde olabileceğini ve taşıma maliyetlerinde de %30'u bulan maliyet azalışlarının görülebileceğini iddia etmektedirler.

Siemens A.G.'nin 2006-2011 ve 2012-2017 yılları arasındaki finansal tabloları analizler yoluyla karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Sonuçların iki döneme ayrılmasının nedeni ise Siemens A.G.'nin Endüstri 4.0 uygulamalarına 2011'den itibaren geçmesidir. Bu karşılaştırma sayesinde maliyetlerde meydana gelen dönüşüm daha net bir biçimde ifade edilmiştir. Hiçyorulmaz (2019, ss. 39-76) tarafından yapılan doktora çalışması bu anlamda oldukça kıymetli bilgiler vermektedir. Analiz sonuçlarına göre; 2011 yılı sonrası şirket verilerine göre menkul-gayrimenkul şirket araç gereçleri grubunda %49,69'luk, diğer maddi olmayan duran varlıklar grubunda ise %47,02'lik bir artış tespit edilmiştir. Buna karşın, sigorta emeklilik grubunda ise %81,15'lik bir artış meydana gelmiştir. Sigorta emeklilik grubu uzun vadeli yabancı kaynaklar grubu başlığı altında yer almaktadır. İki sonuç birlikte okunduğunda, işletmenin uzun vadede çalışanlarını emekli etmeyi planladığı, duran varlık grubuna ise yatırım yaptığı görülmektedir. Bu durum, emek yoğun üretimden teknoloji yoğun üretime geçişin planlandığını ve bunun nedeninin de Endüstri 4.0 uygulamalarına geçiş çabaları olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde stok devir hızında %11,02'lik bir düşüş görülmüştür. Bu durum üretim hızı ile pazarlama çalışmalarının birlikte yürümesinin bir sonucu olarak yorumlanmıştır. Endüstri 4.0 uygulamalarından beklenen verimlilik artışı bu sonuçlarda görülebilir.

9. SONUÇ

18. yüzyılda İngiltere’de buhar ile çalışan makinelerin icat edilmesi ile birlikte emek yoğun üretim yerini makine üretimine bırakmaya başlamış, daha hızlı ve daha az maliyetle üretilen ürünler piyasaya hâkim olmuş ve el emeği ile üretim yapan ülkelerin ekonomileri pazar haline gelirken, sanayi devrimini gerçekleştiren ülkelerde büyük bir sermaye birikimi yaşanmıştır. 19. yüzyılın sonlarına doğru elektriğin üretimde kullanılmaya başlanması ile Teknolojik Devrim olarak da ifade edilen 2. Sanayi Devrimi yaşanmıştır. Bu dönemde özellikle Henry Ford’un meşhur montaj hattı, üretimde bir paradigma değişimini tetiklemiştir. 20. yüzyılda dijital teknolojilerin gelişmesi ve üretim sürecine dâhil edilmesi ile birlikte yeni bir döneme girilmiştir. 3. Sanayi Devrimi olarak isimlendirilen bu dönem, özellikle bilgisayarların ve iletişim araçlarının üretimde kullanılması ile önceki devrimlerden farklılaşmıştır. Üretimde fiziksel güce duyulan ihtiyaç biraz daha azalmıştır. Üretimde yaşanan tüm bu gelişmeler, ürün maliyet yapılarında da önemli değişiklikler yaratmıştır. İşçilik maliyetlerinin çok yüksek olup, endirekt maliyetlerin oldukça düşük olduğu dönemler geride kalmış, teknoloji yoğun farikalar endirekt maliyetlerde önemli artışa neden olurken, direkt işçilik maliyetlerinde dramatik azalmalara neden olmuştur. Maliyetlerde yaşanan bu dönüşüm muhasebeyi de etkilemiş, yeni üretim sistem ve süreçleri ile uyumlu maliyetleme yaklaşımları geliştirilmiştir. Örneğin, emek yoğun dönemde geleneksel standart maliyetleme yaklaşımı sorunların çözümünde yeterli olurken, modern üretim döneminde ihtiyacı karşılamaktan uzak kalmıştır. Doğru maliyet bilgisinin elde edilemediği bir durumda yönetimin isabetli kararlar alabilmesinin zorluğu açıktır. Hedef Maliyetleme, Değer Akış Maliyetleme, Faaliyet Tabanlı Maliyetleme, Zaman Etkenli Faaliyet Tabanlı Maliyetleme, Ürün Yaşam Seyri Maliyetleme, Kaynak Tüketim Muhasebesi gibi yöntemler bahsi geçen zorluğun aşılması için geliştirilen yaklaşımlardan bazılarıdır.

Çin’in ucuz işgücü sayesinde rekabet avantajını elde etmesi ve piyasalara nüfuz etmesi sonrasında Almanya’da, üretimde bir paradigma değişimini öneren, iş gücüne duyulan ihtiyacı minimuma indirmeyi hedefleyen bir yaklaşım ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0’ olarak isimlendirilen bu yeni paradigmada üretimin tamamen insansızlaştırılması hedeflenmektedir. Akıllı üretim araçları ile donatılmış akıllı fabrikalarda üretilecek olan akıllı ürünler sayesinde insana özgü tüm hatalar ortadan kaldırılarak maksimum verimle üretim yapılması amaçlanmaktadır. Bu sayede, kaybedilen rekabet avantajının yeniden elde edilmesi amaçlanmıştır. Endüstri 4.0’ın tüm unsurları ile üretime dahil olması maliyetlerde de büyük değişikliklere neden olacaktır. Üretim maliyetlerinde beklenen azalmanın %30 seviyelerinde olacağı öngörülmektedir. Son derece esnek yapılabilecek üretim ile birlikte işletmeler ürün çeşidini arttırabilirken, pazara giriş sürelerinde çarpıcı bir kısalma yaşanacaktır. Özellikle ürün geliştirme

aşamasında büyük veriden elde edilen bilgilerin analizleri sayesinde müşterinin talep ettiği ürünler üretilebilecektir. Üretim sürecinde yaşanması muhtemel aksaklıklar akıllı fabrikalarda minimum seviyede olacağı için zaman tasarrufu da en üst seviyede sağlanacaktır. Karanlık fabrikalarda bile yapılabilecek kusursuza yakın üretimler sayesinde endirekt üretim maliyetlerinde de beklenenin altında bir maliyet artışı yaşanacaktır. Birbirleri ile iletişim halinde üretim yapan makineler sayesinde bekleme süreleri neredeyse kalmayacaktır.

İşletmeler Endüstri 4.0'a geçiş konusunda istekli ve gayretli olmak zorundadır. Yaşanan paradigma değişimine adapte olabilen işletmeler piyasada rekabet gücünü elde edecekler, diğerleri ise yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalabileceklerdir. Bu nedenle, ihtiyaç duyulan dönüşümün biran evvel yapılabilmesi için hükümetler tarafından özel sektör açık bir biçimde teşvik edilmeli ve desteklenmelidir. Meslek liseleri ve teknik üniversitelerde ilgili bölümlerdeki müfredatlar yeni sürece uygun şekilde ele alınmalı ve dönüştürülmelidir. Üniversitelerde açılacak bölümlere bu yeni paradigma dikkate alınarak karar verilmeli ve öğrenciler tercih dönemlerinde bu bölümlere yönlendirilmelidir. Endüstri 4.0'da ihtiyaç duyulacak olan nitelikli işgücü açığı hızla kapatılmalıdır. İşletme sahip ve yöneticileri için Endüstri 4.0'ın ne olduğu ve ne olmadığı ile ilgili ticaret odaları tarafından seminerler düzenlenmelidir. Türkiye bu değişim ve dönüşüme, gerek kamu gerekse özel sektör bağlamında, adapte olmalıdır. Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde “güçlü kamu, rekabetçi özel sektör vizyonu” ilan edilmeli ve tüm kurumlar ile bu süreç desteklenmelidir.

KAYNAKÇA

Altuğ, N. (2017). İşletmelerde yeni ürün geliştirme çalışmaları ve başarı faktörleri. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 03 (02), 20 – 28. Erişim adresi: <http://www.ibaness.org/>

Alves, J. B., El-Haouzi, B., Thomas, P. and Boucinha, V. (2018). Toward a sustainable new product development approach based on industry4.0 assets. Theodor Borangiu, DamienTrentesaux, Andre Thomas and Sergio Cavaileri (Eds.). *Service Orientation in Holonicand Multi-Agent Manufacturing* (içinde) (s. 156 – 167). Retrieved from: <https://hal.archives-ouvertes.fr/>

Ansari, S. L., Bell, J. E. and Sewnson, D. (2006). A template for implementing target costing. *Cost Management*, 20 (5), 20 – 27. Retrieved from: <http://www.masfweb.com/>

Arslan, C. (2018). *İşletmelerde yeni mamul geliştirme süreci ve hızlı tüketim ürünleri sektöründe bir uygulama* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

- Bauernhansl, T., Krüger, J., Reinhart, G. and Schuh, G. (2016). Wgp-Standpunkt industrie 4.0, *Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik Wgp*. Retrieved from: <https://www.ipa.fraunhofer.de/>
- Bağcı, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni üretim tarzını anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (24), 122 – 146. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>
- Baur, C. and Wee, D. (2015). Manufacturing's next act. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com/>
- Bartodziej, J. C. (2017). *The concept industry 4.0 an empirical analysis of technologies and applications in production logistics*. Wiesbaden: Springer Gabler, Germany.
- Bhuiyan, N. (2011). A Framework for successful new product development. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4 (4), 746 – 770. doi: 10.3926/jiem.334
- Booz, Alen and Hamilton. (1982). Booz, alen and hamilton's new product process. Retrieved from: <http://samples.jbpub.com/>
- Can, A. V. (2004). *Hedef maliyetleme – kuram ve uygulama*. Sakarya: Sakarya Kitabevi.
- Clarke, P. J. (1995). The old and the new in management accounting. *Management Accounting*, 73 (6).
- Davies, R. (2015). *Industry 4.0 Digital isation for Productivity and Growth. Briefing for The European Parliament*. European Parliamentary Research Service. Retrieved from: <https://www.europarl.europa.eu/>
- Davila, A. and Wouters, M. (2004). Designing cost – competitive technology products through cost management. *Accounting Horizons*. 18 (1), 13 – 26. doi: 10.2308/acch.2014.18.1.13
- Doğru, B. N. ve Meçik, O. (2018). Türkiye’de endüstri 4.0’ın işgücü piyasasına etkileri: firma beklentileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 1581 – 1606.
- Duricin, D. and Hercek, I. V. (2018). Industry 4.0 and paradigm change in economics and business management. Jun Ni, Vidosav D. Majstorovic ve Dragan Djurdjanovic (Eds.). *Proceedings of 3rd International Conference on The Industry 4.0 Model For Advanced Manufacturing* (içinde) (s. 37 – 56), Cham, Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-89563-5_3
- Erol, M. (2009). Kısıtlar teorisi (yaklaşımı) ve teorisinin stratejik maliyet yönetiminde kullanımı. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 39, 101 – 109. Erişim adresi: <http://journal.mufad.org.tr/>

Ersoy, D. (2012). *post-fordizm ve yerel yönetimler: türk yerel yönetim sisteminde yaşanan değişim* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Freeman, C. and Soete, L. (2003). *Yenilik iktisadı* (2. bs.) (Çev. E. Türkcan). Ankara: TÜBİTAK Yayınları.

Gilchrist, A. (2016). *Industry4.0: The industrial internet of things*. Thailand: Bangken.

GMIS (Global Manufacturing & Industrialisation Summit). (2019). Germany 4.0: the future of manufacturing. *GMIS Reports*, Retrieved from: <https://www.gmisummit.com/>

Göksu, N., Koska, A., Erdem, M. B. ve Yılmaz, A. (2018). Yeni ürün geliştirme noktasında endüstri 4.0 rolü: kahramanmaraş metal mutfak sanayiinde bir araştırma, *PressAcademia Procedia*, 4th Global Business Research Congress, İstanbul. doi: 10.17261/Pressacademia.2018.927

Grencikova, A., Kordos, M. ve Berkoviç, V. (2020). The impact of industry 4.0 on jobs creation within the small and medium-sized enterprises and family businesses in slovakia. *Administrative Sciences*, 10 (71). doi: 10.3390/admsci10030071

Güneş, M., Firuzan, A. R. ve Firuzan, E. (1999). *Tam zamanında üretim ortamında stok kontrolü ve toplam kalite yönetimi*, İzmir: Fakülteler Kitabevi Barış Yayınları.

Hanulakova, E. and Dano, F. (2018). Circular economy as a new managerial approach. *AD ALTA-Journal of Interdisciplinary Research*. 8: 95–98. Retrieved from: <http://www.magnanimitas.cz/>

Hare, E., Industry 4.0, Retrieved from: <https://erikhare.com/>

Hiçyorulmaz, E. (2019). Kaynak tüketim muhasebesi ve endüstri 4.0'ın işletmeler üzerindeki etkisi (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Çorum.

Kagermann, H., Lukas, W.-D., Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. industriellen revolution. *VDI Nachr*, 13, 2.

Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B.H., and Noh, S. D. (2016), Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, And Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3 (1), 111–128. Retrieved from: <https://link.springer.com/>

Karcıoğlu, R. (2000). *Stratejik maliyet yönetimi – maliyet ve yönetim muhasebesinde yeni yaklaşımlar*. Erzurum: Aktif Yayın Evi.

Karcıoğlu, R. ve Nuray, M. (2010). Yeni bir maliyetleme sistemi olarak değer akış maliyetleme. *Muhasebe ve Finans Dergisi*, 47, 69 – 80. Erişim adresi: <https://www.journal.mufad.org/>

Kılıç, S. ve Alkan, R. M. (2018). Dördüncü sanayi devrimi endüstri 4.0: dünya ve türkiye değerlendirmeleri. *Girişimcilik, İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2 (3), 29 – 49. doi: 10.31006/gipad.417536

Kıran, G. (2018). *Bulut üretim için endüstri 4.0'da bir kolektif farkındalık sistemi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Koç, T. Ç and Teker, S. (2019). Industrial revolutions and its effects on quality of life. *PressAcademia Procedia*, 9, 304 – 311. Doi: 10.17261/Pressacademia.2019.1109

Köse, T. ve Ağdeniz, Ş. (2017). Zaman esaslı faaliyete dayalı maliyetleme ve kaynak tüketim muhasebesi maliyet yöntemlerinin karşılaştırılması. *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*, 10 (2). doi: 10.29067/muvu.328724

Küçükönder, M. ve Uçar, M. (2015). Üretim etkinliğinde simülasyon. *Kahramanmaraş Sütçü İmama Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5 (1), 117 – 126. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>

Lee, J. Kao, H. A. and Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16: s. 3–8. doi: 10.1016/j.procir.2014.02.001

Nunes, M. L., Alves, A. C. and Pereira, A. C. (2017). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 13, 1215–1222. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.035

Öğünç, H. ve Tekşen, Ö. (2018). Kaynak tüketim muhasebesi yaklaşımının tuğla üretim işletmelerinde uygulanması ve karşılaştırmalı analizi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20 (2), 389 – 417. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>

Ötleş, S. (2016). Endüstri 4.0: gıda sektörü perspektifi. *Dünya Gıda Dergisi*, 90 – 96. Erişim adresi: <https://egeplm.ege.edu.tr/>

Özçelik, F. (2019). Maliyet yöntemlerinin değerlendirilmesi ve seçimi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12 (4), 607 – 622. doi: 10.25287/ohuiibf.574537

Özdemir, A. ve Özgüner, M. (2018). Endüstri 4.0 ve lojistik sektörüne etkileri: lojistik 4.0. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 6 (4), 39 – 47. doi: 10.32479/iicd.147

Özkan, M. Al, A. ve Yavuz, S. (2018). Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü sanayi - endüstri devrimi'nin etkileri ve türkiye.

Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi, 6 (2), 126 – 156. doi: 10.14782/marusbd.418669

Öztürk, E. ve Koç, K. H. (2017). Endüstri 4.0 ve mobilya endüstrisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6 (3). 786 – 794. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>

Pereira, A. C. and Romero, F. (2017). A Review of the meanings and the implications of the industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, s. 1206 – 1214. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.032

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview, *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11 (5), 77 – 90. doi: 10.3991/ijim.v11i5.7072

Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P. Waldner, M., Justus, J., Engel, P. and Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries*. The Boston Consulting Group. Retrieved from: <https://image-src.bcg.com/>

Saklı, A. R. (2013). Fordizm'den esnek üretim rejimine dönüşümün kamu yönetimi üzerindeki etkileri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 12 (44), 107 – 131. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>

Salır, Ş. M. (2019). *Maliyetleme yaklaşımlarının tarihsel gelişimi ve endüstri 4.0 çerçevesinde zaman etkenli faaliyet tabanlı maliyetleme uygulaması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Saygılı, A. T. (2007). Yönetimsel kararlar açısından geleneksel ve faaliyet tabanlı maliyetleme yaklaşımları. *e – akademi*. 60, Retrieved from: <http://www.e-akademi.org/>

Schilling, M. A. and Hill, C. W. L. (1998). Managing the new product development process: strategic imperatives. *Academy of Management Executive*, 12 (3), 67 – 81. doi: 10.5465/ame.1998.1109051

Selçuk, G. (2011). Fordist birikim rejimi ve kitle kültürü. *Journal of Yasar University*, 20 (6), 4130 – 4152. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>

Seldüz, H. (2013). *Sağlık işletmelerinde faaliyet haritaları temelinde faaliyete dayalı maliyetleme yöntemi*. Bursa: Ekin Basım yayın Dağıtım.

Sima, V., Gheorghe, I. G., Subic, J. and Nancu, D. (2020). Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: a systematic review. *Sustainability*, 12, 2. doi: 10.3390/su12104035

Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R. C., Reichstein, C., Neumaier, P. and Jozinović, P. (2015). *International Conference on Business Information Systems*. 16–27.

Schomberger, R. J. (1982). *Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity*. Macmillian, New York, USA: A Division of Simon & Schuster Inc.

Schroeder, W. (2016). Germany's industry 4.0 strategy rhine capitalism in the age of digitalisation. Retrieved from: <https://www.fes-london.org/>

Sukhodolov, Y. A. (2019). The notion, essence, and peculiarities of industry 4.0 as a sphere of industry. Elena G. Popkova, Yulia. V. Ragulinave, Aleksei V. Bogoviz (Eds.). *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (içinde) (s. 3 – 10), Warsaw Poland: Springer. Retrieved from: <https://link.springer.com/>

Tay, S. I., Azati, A. H. N., Chuan, L. T. and Ahmad, A. N. A. (2018). An overview of industry 4.0: definition, components, and government initiatives. *Jour of AdvResearch in Dynamical & Control Systems*, 10 (14), 1379- 1387. Retrieved from: <https://www.jardcs.org/>

Tekkol, N. ve Ötleş, S. (2018). Plm'de (ürün yaşam döngüsü yönetimi) ürün geliştirme uygulamaları. *İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi Dergisi*, 148, 40 – 45. Erişim adresi: <http://www.iaosb.org.tr/>

Terzi, A. (2017). Hedef maliyetleme, değer mühendisliği ve kaizen maliyetleme üçlüsünün çay işletmelerinde birlikte uygulanabilirliği. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7 (2), 221 – 248. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>

Tutar, S. (2019). Endüstri 4.0'ın muhasebe mesleğine olası etkileri. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 3 (2), 323 – 344. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>

Vardar, S. (2016). IV. Endüstri devrimi paradigması. *Anahtar Dergisi*, s. 10 – 15, İstanbul. Erişim adresi: <https://www.sanayi.gov.tr/>

Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D. and Zhang, C. (2016). Towards smart factory sor industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination, *Computer Networks*, vol. 101, 158-168. doi: 10.1016/j.comnet.2015.12.017

Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 546 – 556. doi: 10.16984/saufenbilder.321957