



ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA TEORİK BİR ANALİZ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

THEORETICAL ANALYSIS OF INDUSTRY 4.0: THE CASE OF TURKEY

Hicran KASA¹ - Gözde ARSLAN²

Öz

Su ve buhar enerjisinin mekanik üretim tesislerinde kullanılması ile başlayan endüstri devriminin ilk aşaması, dünyada köklü bir değişim yaratmakla birlikte diğer yeniliklerin de kapısını aralamıştır. 19. yüzyılın başlarında elektrik enerjisi ile kitlesel üretimin gerçekleşmesi sonucunda endüstri devriminin ikinci basamağı ortaya çıkmıştır. Üçüncü basamak ise 1970'lerden sonra bilgi teknolojilerinin hayatımıza girmesi ile var olmuştur. 21. YY'a gelindiğinde siber ve fiziksel sistemlerin bir arada kullanılması ile endüstri devriminin dördüncü basamağı yani "Endüstri 4.0" aşamasına geçilmiştir. Endüstriyel gelişimler beraberinde bazı avantaj ve dezavantajları da birlikte getirmiştir. Bu çalışmada, Endüstri 4.0'ın aşamaları, konu ile ilgili literatür, etkileri ve bu süreçten etkilenen unsurlara yer verilmiştir. Ayrıca Türkiye ekonomisine yönelik endüstri 4.0 kapsamında değerlendirilebilecek teknolojik ürün türleri, dış ticarete etkileri ve yaratılan ekonomik değer diğer ülkeler ile kıyasına da yer verilmiştir. Son olarak, Ar-Ge faaliyetleri ve Eğitimin Teknolojik değişim ve dönüşüm üzerindeki etkileri vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, İnovasyon, İhracat, Türkiye

JEL Sınıflandırması: E0, O3, O4

Abstract

The first phase of the industrial revolution started with the use of water and steam energy in mechanical production facilities and enabled other innovations with a radical change in the world. The second stage of the industrial revolution has emerged as a result of the mass production of electric energy at the beginning of the 19th century. The third stage, after the 1970s, has come into existence with the introduction of information technology. The use of cyber and physical systems together has been led to the fourth step of the industrial revolution, namely "Industry 4.0" in the 21st century. The industrial development process has brought along some advantages and disadvantages. In this study, the stages of Industry 4.0, related literature, its effects, and the factors affected by this process are discussed. In addition, the types of products that can be considered within the scope of technological industry 4.0 for Turkey's economy, the effects of the economic value of foreign trade, and the creation of comparison with other countries have also been presented. Finally, the effects of R & D activities and education on technological change and transformation are emphasized.

Keywords: 4.0 Industry, Innovation, Export, Turkey

JEL Classification: E0, O3, O4

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, hkasa@thk.edu.tr, Orcid:0000-0001-7266-0313

² Doktora Öğrencisi, Hacı Bayram Veli Üniversitesi, gozdeiskin@hotmail.com, Orcid:0000-0001-9763-8585

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi yönünde yapılan birçok araştırmadan yola çıkılarak hazırlanan bu çalışmanın temelleri, içsel büyüme modelleri sonucunda üretim faktörlerinden biri olarak iktisat literatürüne dâhil edilen “bilgi” faktörü ve “küreselleşmenin” artan önemine dayanmaktadır.

Finansal liberalleşme ve küreselleşme, ekonomilerin dışa açık politikalar geliştirmesini gerekli kılarken, bilginin homojenleşmesi ile birlikte fiziksel sermaye kavramına ek olarak beşeri sermayenin de önemi giderek artmaya başlamıştır. Bireyin bilgi, beceri, yetenek gibi yönlerini artırmak adına yaptığı eğitim harcamaları ve sonucunda elde edilen birikimler olarak tanımlanabilecek beşeri sermayenin yanı sıra inovasyon, teknolojik gelişmeler ve Ar-Ge faaliyetlerine verilen önem de içsel büyüme modeli ile artmıştır. Bu bağlamda değişen ve dönüşen dünya ekonomisinde, ülkelerin kalkınmaları ve büyüme oranlarını artırabilmelerinde söz konusu değişkenler en dikkat çeken faktörler olarak nitelendirilmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin küreselleşme sonucunda elde edebileceği kazançlar, aktif devlet politikalarıyla, bir taraftan teknolojinin gelişimi için eğitim ve Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi ve bu alanda özel sektörü teşvik eden vergi ve teşvik politikalarının yeniden ele alınmasına bağlıdır (Çiftçi ve Aykaç, 2011, 176). Asya Kaplanları olarak nitelendirilen Tayvan, Singapur, Hong Kong, Güney Kore, Tayland ve Malezya’dan oluşan Doğu Asya ülkeleri; hızlı sanayileşme, teknolojik değişimler, eğitim sistemine yapılan yatırımlar ve uygulanan eğitim modeli (STEM³) gibi yeniliklerin iktisadi politikalara uyumuna olanak sağlayan aktif devlet politikaları uygulamış ve böylelikle sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlamayı başarmışlardır. Eğitim sisteminde uygulanan yeniliklerle birlikte “beşeri sermaye” kavramının ortaya çıkışı ile teknolojik yeniliklerin geliştirilmesi süreci eş değer ilerlemektedir. Yani beşeri sermayedeki verimlilik artışı ile teknolojik yeniliklerin elde edilmesi sonucunda ülkelerin büyüme hızları artmıştır.

2011 yılında Almanya’da düzenlenen Hannover Fuarında ilk kez gündeme gelen “Endüstri 4.0” kavramı, 21. yy’in büyüme trendi olan akıllı teknoloji ve tekniklerin üretimin her aşamasında kullanıldığı ve böylece merkezileşmiş üretim yapısının terk edilerek, esnek üretime geçişin sağlandığı bir üretim tekniğidir. İçerisinde bulut teknolojisi, nesnelerin interneti, yapay gerçeklik, büyük veri, dijital ekonomi gibi kavramların yer aldığı yeni bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Alman hükümeti tarafından desteklenen Endüstri 4.0’ın doğuş nedeni, Çin’in üretim ağını genişleterek küresel piyasaları ele geçirmesi ve Avrupa ülkelerinin ticaret ağlarının bu durumdan olumsuz etkilenmesidir. Küreselleşme ile birlikte finansal erişimin hızlı, güvenilir ve kolay hale gelmesi sermayenin işgücü maliyeti düşük olan ülkelere kaymasına olanak sağlamıştır (Emara and Kasa, 2020). Böylelikle Doğu Asya ülkeleri yeterli sermaye birikimleri, ileri teknoloji üretim olanakları, ucuz işgücü, istikrarlı finansal sistemleri (Ayyagari and Beck, 2015) ve yakın geçmişte ivme kazanan gelir seviyeleri ile dikkat çekmektedirler. Bu durum Almanya açısından yeni teknolojilerin geliştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmış ve Endüstri 4.0 süreci başlatılmıştır.

Endüstri yüksek mekanize ve otomatize edilmiş maddi ürünler üreten bir ekonominin parçasıdır. Sanayileşmenin başlangıcından beri, teknolojik sıçramalar paradigma

³ STEM eğitimi; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi bilim dallarının bir araya gelerek okul öncesi eğitimden üniversiteye kadar, içinde bulunduğumuz çağın ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte insan gücü yetiştirmeye odaklı tasarlanmış bir eğitim kuramıdır. STEM eğitimi ile sorgulayan, araştıran, alternatif fikirler ortaya koyabilen, problem çözebilen kısacası inovatif düşünen bireyler yetiştirmek amaçlanmaktadır. STEM Science, Technology, Engineering, Mathematics bilim dallarının ilk harflerinin birleşimi ile oluşan bir kavramdır.

değişimlerine yol açmış ve günümüzde bu değişimler “sanayi devrimi” olarak adlandırılmıştır. Sanayi devrimleri ya da Endüstri 4.0’a geçiş aşamaları şu şekilde sıralanabilir.

-Endüstri 1.0: (1784): Üretimin, su ve buhar gücüyle çalışan mekanik üretim ekipmanlarına dayandığı dönemdir.

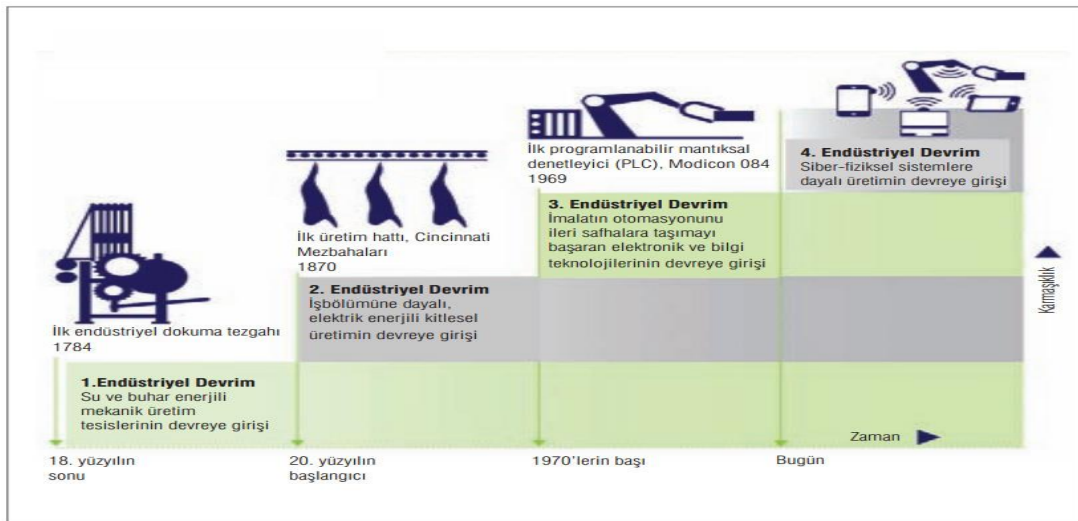
-Endüstri 2.0: (1870): İşbölümü ve elektrik enerjisinin kullanımıyla sağlanan seri üretime dayanmaktadır.

-Endüstri 3.0 (1969): Üretimi daha fazla otomatikleştirmek için elektronik ve IT’nin kullanımına dayanmaktadır. Yaklaşık 2010 yılına kadar devam eden süreci kapsamaktadır.

-Endüstri 4.0 (bugün): Akıllı fabrikalar yaratan, siber-fiziksel sistemlerin kullanımına dayanmaktadır.

Aşağıda yer alan Şekil 1’de endüstri devriminin her bir aşaması gösterilmekte buna istinaden avantajları ve dezavantajları hakkında da bilgi verilmektedir.

Şekil 1. Endüstri Devrimleri



Kaynak: Kesayak, B. (2018). “Endüstri Devrimi Tarihine Kısa Bir Yolculuk”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> (E.T:24.03.2019)

İmalat 4.0 olarak bilinen endüstri 4.0’ın sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- İşletmelerde MES (Manufacturing Execution System – Üretim Yürütme Sistemleri) ve ERP (Kurumsal Kaynak Planlama) gibi yazılımların kullanılması, üretim sürecinin hızlanmasını ve verimlilik artışı sağlarken, yöneticiler de proaktif olarak uygun maliyetli ve kaliteli ürünlerin teslimatını sağlayabilmektedirler.

- Yönetim Bilgi Sistemleri alt grubunda bulunan Müşteri İlişkileri Yönetimi - CRM, Promosyon yönetimi, Satış yönetimi (Ticari Set), İhracat yönetimi ve Tamir servis merkezi yönetimi gibi mikro servisleri barındırmak mümkündür.

- Endüstri 4.0 mimarisini kurmak, etkinleştirmek ve değiştirmek kolaydır.

- Endüstri 4.0’daki şeffaf ve gözlemlenebilir iletişim yolları, kaynak yönetimini kolaylaştırmaktadır.

- Yeni protokoller ve süreçler eklemek kolaydır.
- Üretim bölümünde yer alan bileşenler arasında iletişim kurmak mümkündür.
- Endüstri 4.0 ile birlikte; şirketler üzerinde modern teknolojilere uyum konusunda baskılar meydana gelmiş ve işgücü piyasasında eğitimde ve becerilerde değişikliğe ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Aynı zamanda ülkelerin ekonomik büyüme hedeflerine ulaşabilmek için sanayi devriminden bu yana üretimde insanlığa hizmet eden kömür ve diğer fosil yakıtların kullanımını yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gerekli hale gelmiştir.

Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- Değişen endüstriyel üretim sistemleri ile ihtiyaç duyulan nitelikli insan gücünün yetişmesi için eğitime verilen önem artırılmalıdır. Aksi takdirde, nitelikli insan gücüne duyulan ihtiyaç artarken, niteliksiz insan gücüne duyulan ihtiyaç azalacak ve işsizlik sorunu giderek artacaktır.
- Nesnelerin (IoT güvenliği) güvenliği önemli bir sorun haline gelmekte ve ortaya çıkan büyük verilerin çözümlenerek karmaşık ve zor bir hal almaktadır.
- Kurumların IT departmanlarında çalışan çok sayıda işçiye duyulan ihtiyaç azalacaktır.
- Endüstri 4.0'a geçiş zaman alacağından ve maliyetli bir süreç olduğundan kurumlarda isteksizlik olabilmektedir.

Bütün olumsuz yanlarının yanı sıra Endüstri 4.0 kaçınılmaz bir süreçtir. Gelişen ve değişen teknolojileri geriden takip etmek veya uyum sağlamama konusunda direnmek ekonomiler için yeni tuzakların oluşması anlamına gelmektedir. Bu nedenle değişen ihtiyaçlar önceden tespit edilebilmeli ve gerekli yapısal reformlar özellikle orta gelir tuzağında yer alan ülkelere hayata geçirilmelidir. Bu kapsam Endüstri 4.0 denildiğinde akla gelen 9 teknolojik gelişme şu şekilde sıralanabilmektedir.

- 1) Özgür Robotlar (Daha özerk, esnek ve işbirlikçi)
- 2) Simülasyon
- 3) Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu
- 4) Nesnelerin Endüstriyel İnterneti
- 5) Siber fiziksel sistemler
- 6) Bulut bilişim teknolojisi
- 7) Katkı (Eklemeli üretim) üretimi
- 8) Artırılmış Gerçeklik
- 9) Büyük veri analizi

Söz konusu teknolojilerin hem çeşitli endüstrilerde kullanımı hem de sosyal hayata entegre edilerek var olan sosyal sorunlara yönelik çözüm arayışları “Akıllı toplum” olarak da bilinen “Toplum 5.0” kavramını doğurmaktadır. Başka bir ifadeyle, toplum 5.0 yani süper akıllı toplumun varlığı Endüstri 4.0'ın sağladığı dijitalleşme ile mümkün olmaktadır.

Ar-Ge harcamaları OECD ortalamasının oldukça altında olan Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecinde bahsi geçen teknolojileri geliştirmek ve sürdürülebilir büyümeyi sağlamak adına Ar-Ge harcamalarına ağırlık vermesi oldukça önem taşımaktadır. Ayrıca OECD verileri incelendiğinde Türkiye'nin yüksek teknoloji ürün ithalatı, yüksek teknoloji ürün ihracatından fazladır. Bu durum karşımıza net ihracat açığı olarak çıkmaktadır. Türkiye'nin dış ticaretine konu olan mal ve hizmetlerin büyük çoğunluğu yüksek teknoloji ürünleri içermekle birlikte ithal edilen bu mallar ara mal olarak kullanılarak katma değer yaratılmaktadır. Bu nedenle Türkiye'nin Endüstri 4.0 süreci incelendiğinde yalnızca ihracat rakamlarına bakmak yanıltıcı olacak keza ithal edilen ara mallar ile katma değeri yüksek

üretileen ürünler ihracata konu olmaktadır. Bu anlamda Türkiye'nin ilgili süreci daha verimli geçirebilmek için ithal edilen ara malları üretebilecek teknolojileri geliştirmesi gerekmektedir. Söz konusu teknolojilerin geliştirilmesi süreci ise ar-ge yatırımları ile beşeri sermayenin desteklenerek nitelikli işgücünün yaratılması yolundan geçmektedir. Türkiye'nin bu süreçte hangi aşamada olduğu ise ilerleyen bölümlerde detaylarıyla anlatılmıştır.

Tablo 1. Literatür İncelemesi

YAYIN YILI	YAZAR	ÇALIŞILAN ÜLKE	SONUÇLAR
2018	Sıla GENÇ	Türkiye	Türkiye'deki Endüstri 4.0 sürecinin eğitim ortaklıkları açısından incelendiği çalışmada Uzak Doğu Asya ülkeleri ve Almanya gibi ülkelerle eğitim ortaklıkları sağlanarak Endüstri 4.0 sürecinin hızlanması yolunda adımlar atılması gerektiği vurgulanmıştır.
2018	Aytaç Yıldız	Genel bir değerlendirme	Endüstri 4.0 hakkında genel bir bakış açısı geliştirmeye yönelik hazırlanan çalışmada, kavramsal yapı ve temel paradigmlar açıklanmıştır. Siber fiziksel sistemler kullanılarak kurgulanan akıllı fabrikalar da veri analiz yöntemleri kullanarak ihtiyaçları fark edebilen, sensörlerle bulunduğu ortamı algılayabilen ve hızlı iletişim ağları kurabilen robotlarla; daha ucuz, kaliteli, etkin, hızlı ve daha verimli üretim yapılabileceği ortaya konulmuştur.
2018	Ling Li	Çin, Almanya	Almanya'daki "Industry 4.0" ile Çin'deki "Made-in-China 2025" hedeflerinin karşılaştırıldığı çalışmada, her iki üretim hedefinde de "Üretimde Nesnelerin İnterneti" kullanımı hem müşterilere hem de tedarikçilere akıllı üretim aracılığı ile sağlandığı ve sonuçta rekabetçi ve yenilikçi üretim ortamının oluşturulduğu vurgulanmıştır.
2018	Georg Reischauer	Avusturya	Endüstri 4.0 kapsamında teknolojik yeniliklerin üretim üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada teknolojik yeniliklerin üretimdeki artışı tetiklediği sonucuna ulaşılmıştır.
2018	Lucas Santos Dalenogare, Guilherme Brittes Benitez, Néstor Fabián Ayala, Alejandro Germán Frank	Brezilya	Yapılan regresyon analizleri sonucunda Brezilya gibi gelişmekte olan ülkelerde Endüstri 4.0 kapsamında kullanılan teknolojilerin endüstrilere entegrasyonu konusunda bazı sorunlar yaşandığı tespit edilmiştir. Gelişmekte olan ekonomilerde kullanılan teknolojiler umut verici olsa dahi bazı teknolojiler etkin şekilde kullanılmamaktadır.
2018	Ming-Lang Tseng, Raymond R. Tan, Anthony S.F. Chiub, Chen-Fu Chienc, Tsai Chi Kuod	Tayvan	Sektörler arası çoklu tedarik zincirlerinin döngüsel ekonomi modelinde kullanılan teknolojiler vasıtasıyla zaman içerisinde geliştirildiği açıklanmıştır.

2018	Erdal AYDIN	Türkiye	Türkiye’de teknolojik ilerlemenin istihdam yapısı ile ilişkisini 1981- 2015 yılları arasında ARDL yöntemi ile analiz eden çalışmada, yükseköğretimin berberinde getirdiği teknolojik ilerlemelerin istihdam düzeyini arttırdığı yönünde bir ilişki bulunmuştur.
2018	Anel’ A. KIREEVA, Aleksandr A. TSOI	Kazakistan	Dünya sanayilerinin modernizasyonunu içeren Endüstri 4.0’a geçişle karakterize edilen süreçte dijital teknolojinin kullanımıyla yaratılan yeni endüstrileri yetiştirmenin önemi vurgulanırken, Kazakistan’da bilgi teknolojisi kümelenmeleri oluşturmak için bilimsel ve pratik öneriler geliştirmek ve etkili örgütsel ve ekonomik mekanizmalar geliştirmenin de önemi vurgulanmıştır.
2018	Majid Ziaei Nafchi, Hana Mohelská	İran, Japonya	4. Endüstri devrimi ile birlikte Japonya ve İran’da işgücü piyasalarının analizinin yapıldığı çalışmada; Japonya Endüstri 4.0 sürecine İran’dan daha önce girmesi sebebiyle işgücü piyasasındaki değişimlerden etkilenmemiştir.
2017	Ela Bulut, Taner Akçacı	Türkiye	Bu çalışmada Endüstri 4.0’ın önemi ve Türkiye’de sürdürülebilir iktisadi büyümeye etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda kavramsal çerçeve genel olarak ele alınmış bilişim teknolojilerinin kullanımı, Ar-Ge harcamaları ve tescilli patent sayıları gibi teknolojik göstergeler ile Türkiye ekonomisinin göreceli konumu ele alınmıştır.
2017	Esra KABAKLARLI, Burak Sencer ATASOY	Türkiye ve 24 OECD ülkesi/Panel Veri Analizi	Endüstri 4.0 uygulamalarının verimliliğe olan etkisinin araştırıldığı çalışmada dijital ekonomi göstergelerini iyileştirerek yükseköğretimdeki okullaşma oranı ve kişi başına düşen sağlık harcamalarını arttırmak ülkelerin verimliliklerini arttırmada yardımcı olmaktadır. Ancak Ar-Ge harcamaları kalkınma göstergelerinin bozuk olduğu durumda verimliliğe etki etmemektedir.
2017	Ahmet Fazıl ÖZSOYLU	Türkiye	Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerinin açıklandığı çalışmada, daha az kaynakla daha çok verimin alındığı, daha hızlı ve esnek üretimin gerçekleştiği üretim süreçleri değerlendirilmiştir.
2017	Seniye Ümit Fırat, Oktay Zihni Fırat	Türkiye	Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye adlı çalışmalarında, endüstri 4.0 sürecini, meslekler ve istihdam üzerine etkilerini, verimlilik ve çevresel sorunlar gibi birçok alanda etkileri üzerinde durulmuştur. Ayrıca bu sürecin dışında kalmanın da mümkün olamayacağına değinilmiştir.
2017	Rabeh MORRAR, Husam ARMAN, Saeed Mousa	Kanada	Bu çalışmada, teknolojik yenilik ile sosyal yenilik arasındaki etkileşimin sürdürülebilirliği üzerinde durularak mevcut toplumsal ve sosyoekonomik problemlerin nasıl çözülebileceğini göstererek Dördüncü Endüstri Devrimi'nin sosyal yönlerini açıklamaktadır.
2016	Sinan Alçın		Son yıllarda, Endüstri 4.0 kavramı ve bu kavramın imalat ve hizmet sektörlerine muhtemel etkilerinin vurgulandığı çalışmada, gelişmiş serbest piyasa ekonomileri ve uluslararası değer zincirlerinin oluşturan çokuluslu şirketlerin gündeminde yer alan öncelikli konulardan olduğu üzerinde de durulmuştur. Bu bağlamda Endüstri 4.0’ın tam entegrasyonu düşük işçilik maliyeti ile katma değeri yüksek imalat rekabeti sağlayacaktır. Ayrıca, Endüstri 4.0’ı anlamının ve bunun yerel endüstrilere entegrasyonun, gelişmekte olan ülkelerin uluslararası iş bölümlerinde yer almalarına olanak tanıyacağı sonucuna varılmıştır.

2016	T. Stock, G. Seliger		Bu çalışmada, küreselleşme ile tüketimde sürekli artan talebin karşılanmasında zorluklar yaşandığı ve bu zorlukla başa çıkmak için, endüstriyel değer yaratmanın sürdürülebilirliğe yönelik olması gerektiği vurgulanmıştır. Dolayısıyla Endüstri 4.0' ın sürdürülebilir üretim için sağladığı farklı fırsatlara genel bir bakış sunulmuş ayrıca Endüstri 4.0'ın makro ve mikro perspektifleri görselleştirilecek analiz edilmiştir.
2016	Erdinç Yazıcı, Hıdır Düzkaaya	Türkiye	Türkiye'nin Dördüncü Dalga Endüstri Devrimi'ne hazır olup olmadığı konusunu "eğitim" kapsamında ele alan çalışmada çağın gerekliliği olan bilgi toplumu yapılandırmasına uyum sağlanırsa artan verimlilikle birlikte büyüme, istihdam ve yatırım oranlarındaki artışla birlikte hedeflere ulaşılabileceği belirtilmiştir.
2015	Ege Bölgesi Sanayi Odası Çalışma Raporu	Türkiye	Dijital üretim sürecinde işgücüne duyulan niceliksel ihtiyaç yerini niteliksel iş gücü kavramına bırakmıştır. Araştırmaya göre mevcut düzende herkes eşit düzeyde eğitim alma imkânına sahip olmadığı için nitelikli işçi sayısı sınırlıdır. Bu nedenle işsizlik hızla yükselecektir.
2015	Michael Rüßmann, Markus Lorenz, Philipp Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel ve Michael Harnisch	Almanya	Endüstri 4.0, makineler arasında veri toplama ve analiz etmeyi mümkün kılarak, daha düşük maliyetlerle daha yüksek kalitede mallar üretmek için daha hızlı, daha esnek ve daha verimli üretim süreçlerini mümkün kılmıştır. Bu üretim verimliliğini, endüstriyel büyümeyi destekleyecek ve nihai olarak şirketlerin ve bölgelerin rekabet gücünü değiştirerek işgücünün profilini değiştireceği açıklanmıştır.
2014	Heiner Lasi Peter Fettke Hans Georg Kemper Thomas Feld Michael Hoffmann	Almanya	Dördüncü sanayi devriminin, fabrikalardaki ileri dijitalleşme ile geleceğe yönelik "akıllı" nesnelere (makineler ve ürünler) ve internet teknolojilerinin birleşimi yoluyla endüstriyel üretimde temel paradigma değişikliklerine yol açtığı üzerinde durulmuştur. Endüstri 4.0 kavramının bir gelecek projesi olarak tanımlandığı çalışmada iki açıdan değerlendirilmiştir. İlki operasyonel çevre koşulları ve sosyal, ekonomik ve politik faktörler nedeniyle değişime duyulan ihtiyacın artması. Diğeri ise endüstriyel üretimde teknoloji kullanımının zamanla zaruri hale gelmesi. Sonuç olarak bu kadar karmaşık, dinamik ve entegre bilgi sistemlerinin planlanması, analizi, modellenmesi, tasarımı, uygulanması ve bakımı ile, sanayi işletmelerinin rekabet gücü güvence altına alabilir ve daha da geliştirebilir.
2013	Henning Kagermann, Wolfgang Wahlster, Johannes Helbig	Almanya	Almanya'da Siber Fiziksel Sistemler ve Akıllı Fabrikaların kullanımı ile birlikte kaynak verimliliği ve etkinliği, demografik değişimler ve iş-yaşam dengesi sağlanmıştır. Endüstriyel üretimde dördüncü endüstri devrimini tamamlamak için Almanya'da ikili bir strateji politikası izlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

Siber ve fiziksel sistemlere dayalı üretimin devreye girdiği Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni teknolojik devrim, varoluşu gereği matematiksel verilere dayandırılmaz ve ölçülemez hatta küçük birimlere indirgeyerek ayrıştırılmaz. Bu nedenlerle teknolojiyi konu alan çalışmalarda; Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ürün ihracatı, tescilli patent sayıları, doğrudan yabancı yatırımlar gibi sayısal göstergeler kullanılarak iktisadi ölçüm veya tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda endüstri 4.0'ın anlaşılabilmesi etkileri ve ölçülebilirliğinin mümkün kılındığı güncel çalışmalar Tablo 1'de sunulmuştur.

Yapılan literatür taraması ile pek çok ülkede dördüncü sanayi devrimi süreci incelenmiş; Çin, Almanya, Avusturya, Brezilya, Tayvan, İran, Japonya, Kazakistan, Kanada ve OECD ülkelerini içeren geniş bir yelpazede değerlendirmeler yapılmıştır. Endüstri 4.0'ın güncel bir kavram olması nedeniyle iktisadi etkilerine yönelik geniş bir kaynak taraması yapmak mümkün olmamakla birlikte, yapılan çalışmaların geneli dördüncü sanayi devrimi ile meydana gelen verimlilik artışını konu edinmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar makro iktisadi açıdan ayrıca değerlendirildiğinde üretim, istihdam ve ekonomik büyüme gibi değişkenler üzerinde durulduğu görülmektedir. Genç (2018), Yazıcı ve Düzkaya (2016)'nın Türkiye özelinde yaptıkları çalışmalarında, Endüstri 4.0 ile eğitim arasındaki ilişki incelenmiştir. Eğitim sisteminin bilim ve teknoloji temelli yapılandırılması endüstri devrimi sürecinin hızlanmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda emeğin niteliksel değişimi birçok ülkenin rekabet gücünü artıracak böylelikle katma değeri yüksek mal ve hizmet üretimi ve verimlilik artışı sağlanabilecektir. Deneysel uygulamalara yer veren okul öncesi eğitimden itibaren inovatif fikirler geliştirmeyi hedefleyen bireyler yetiştirmeyi başaran ülkeler; bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik temelli eğitim sistemini uygulayarak belirli bir gelişmişlik seviyesine ulaşmışlardır.

Dördüncü endüstri devrimi ile üretim seviyesi arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalar üzerine odaklanacak olursak; Çin, Almanya, Brezilya, Tayvan, Türkiye üzerinde yapılan karşılaştırmalı analizler dikkat çekmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında, teknolojik yeniliklerin üretim üzerindeki etkileri Kabaklarlı ve Atasoy (2017), Rüßmann vd. (2015) ve Reischauer (2018) tarafından incelenmiştir. Bu bağlamda teknolojik yeniliklerin üretimdeki verimliliği artırarak üretim hacminin belirli bir düzeye gelmesine olanak tanıdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Türkiye, İran ve Japonya gibi ülkelerde yapılan analizler sonucunda, Endüstri 4.0 sürecinde niteliksiz işgücüne duyulan ihtiyacın azaldığı ve istihdam seviyesi düşerek işsizlik oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Ancak nitelikli iş gücüne olan talebin artması ile birlikte Japonya, Tayland, Güney Kore gibi ülkeler yüksek Ar-Ge harcamaları ve inovasyona yönelik geliştirilmiş eğitim reformları ile işgücünü nitelikli hale getirmeyi başarmışlardır. Böylelikle katma değeri yüksek, yüksek teknoloji ürün ihracatını artırmayı başarmışlardır.

3. TÜRKİYE ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİNİN NERESİNDE

Çalışmanın bu bölümünde, “Endüstri devriminin dördüncü halkasını oluşturan aynı zamanda akıllı üretim olarak da adlandırılan Endüstri 4.0 sürecinin etkileri ve bu süreçten etkilenen unsurlara yer verilmiştir. Ayrıca Türkiye ekonomisine yönelik endüstri 4.0 kapsamında değerlendirilebilecek teknolojik ürün türleri, dış ticarete etkileri ve yaratılan ekonomik değer diğer ülkeler ile kıyasına da yer verilmiştir. Bu kapsamda Ar-Ge faaliyetleri ve eğitimin teknolojik değişim ve dönüşüm üzerindeki etkileri vurgulanmıştır. Söz konusu incelemeler yapılırken diğer ülkeler ile yapılan kıyaslamalardan faydalanılmıştır. Bu karşılaştırmalar yapılırken Türkiye ile aynı ekonomik işbirliği içerisinde yer alan ve benzer ekonomik büyüklüklere sahip ülkeler ve gelişmiş ülkeler tercih edilmiştir. Böylelikle Türkiye'nin endüstri 4.0 sürecini yakınsamada hangi aşamada olduğuna dair çıkarımlarda bulunulabilecektir.

Ar-Ge harcamaları OECD ortalamasının oldukça altında olan Türkiye'nin, Endüstri 4.0'a entegrasyonun sağlanabilmesi ve sürdürülebilir büyüme hedeflerine ulaşılabilmesinde Ar-Ge harcamalarının önemi oldukça büyüktür. Türkiye'de ekonomik büyümenin en önemli itici gücünün sermaye birikimindeki artış olduğu bilinmektedir (Alakbarov vd., 2018, s.57). Ancak Solow ve içsel büyüme modellerinde de vurgulandığı gibi büyüme; sermaye, işçi başına hasıla ve emek gibi üretim faktörlerindeki artış yada azalışa bağlı olarak değişmektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gerek en önemli unsur, uzun dönemde

sermayenin azalan verimi nedeniyle sürdürülebilir bir büyümenin sağlanamayacak olmasıdır. Dolayısıyla uzun dönemde büyümenin sağlanabilmesi dışsal kabul edilen inovasyon yaratma ve sermaye yoğun, teknoloji odaklı üretime geçişi gerektirmektedir. Bu bağlamda özellikle imalat sanayinde teknolojik yatırımların desteklenmesi, enerji verimliliğinin sağlanabilmesi ve üretimde katma değer artışının yaratılabilmesi Ar-Ge faaliyetlerindeki artışla mümkün kılınabilecektir. Türkiye'nin 2023 yılında 500 milyar dolarlık ihracat hedefi, büyümenin en önemli yapı taşının dış ticaret olarak görüldüğünün bir göstergesidir. Ancak yapılan çalışmalarda ülkelerin ticaret hacimleri ve ekonomik büyümeleri arasındaki ilişkinin, ticaretlerine konu olan mal ve hizmet türlerine göre değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, yüksek teknoloji ürün ticareti Standart Uluslararası Ticaret Sınıflamasına (SITC - Rev. 4) göre bu ürünlerin ihracatı ve ithalatı olarak tanımlanmaktadır. OECD tanımına dayanan bu liste, Ar-Ge yoğun teknik ürünleri içermektedir. Buna göre; Havacılık ve Uzay (Aerospace), bir bilgisayara veya bir ağa bağlanabilen çok işlevli ofis makineleri, elektronik telekomünikasyon olarak adlandırılan cihazlar ve ilaç sanayi ürünleri yüksek teknoloji ürün ticaretine konu olan mallardır. Bu bağlamda söz konusu alanlarda, Türkiye ve diğer gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin en güncel verileri Tablo 2'de gösterildiği şekildedir.

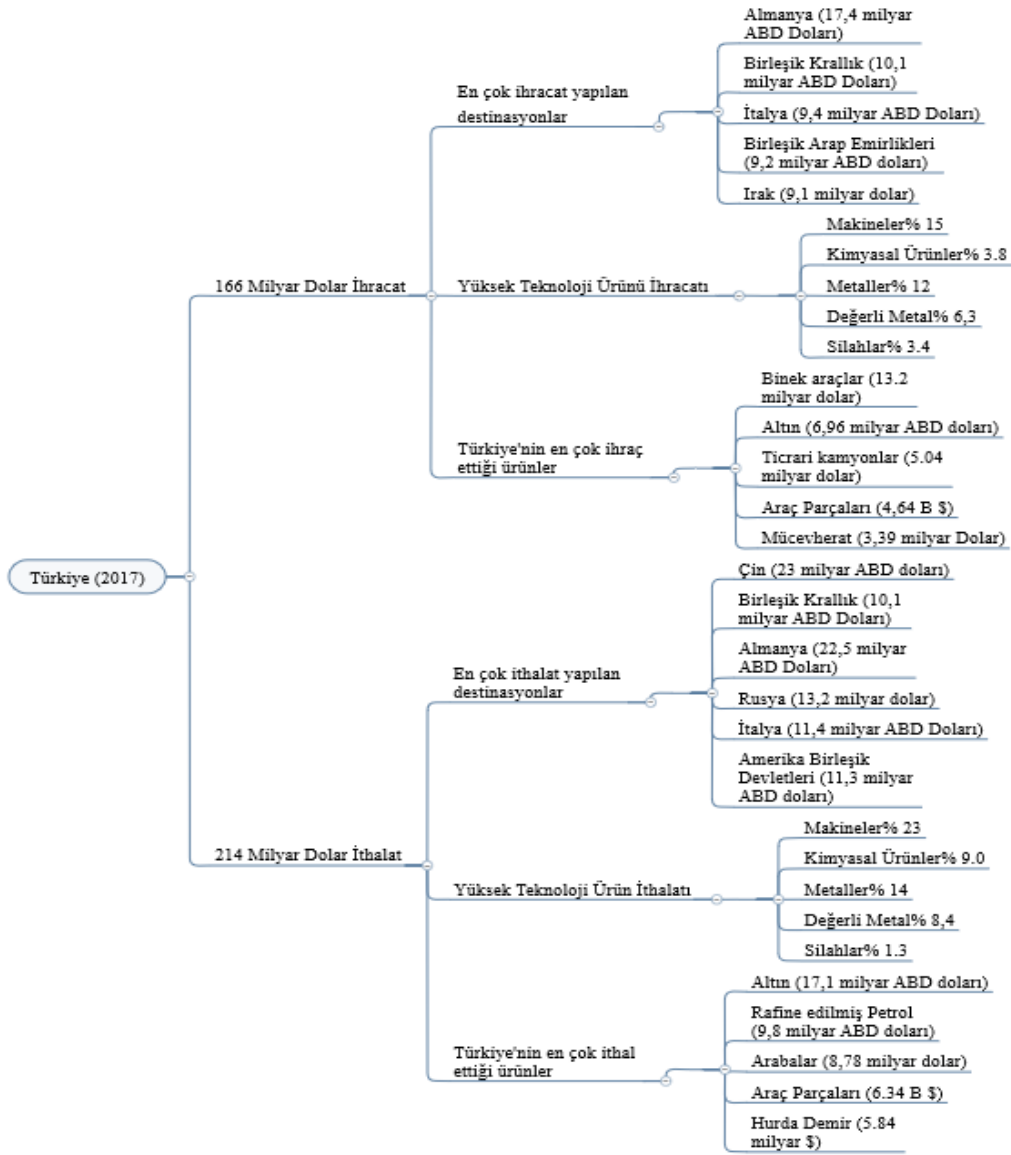
Tablo 2. Yüksek teknoloji grubu ürünlerin ticaret istatistikleri (Milyon Euro - 2007'den itibaren SITC Rev. 4)

Yıllar	AB'den yapılan ithalat	AB dışından yapılan ithalat	Tüm Dünya Ülkelerinden yapılan ithalat	Tüm Dünya Ülkelerinden Yapılan Yüksek Teknoloji İthalatı			
				Havacılık ve Uzay	Bilgisayar ve Ofis Malzemeleri	Elektronik-Telekomünikasyon	İlaç sanayi ürünleri
2009	3,888	5,976	9,864	862	1,552	2,949	1,188
2010	4,352	7,643	11,995	2,383	1,935	3,149	1,353
2011	5,495	9,429	14,924	2,648	1,915	3,955	1,510
2012	5,333	9,378	14,712	2,249	2,172	4,068	1,420
2013	5,143	9,450	14,593	1,773	2,342	4,836	1,415
2014	5,470	10,610	16,080	2,374	2,435	5,350	1,567
2015	6,793	12,743	19,536	3,793	2,347	6,656	1,931
2016	7,048	15,032	22,080	4,255	2,045	8,913	1,893
2017	5,881	14,123	20,004	2,807	2,086	8,759	1,805
2018	5,075	10,119	15,195	2,766	1,662	4,781	1,762

Yıllar	AB'den yapılan ihracat	AB dışından yapılan ihracat	Tüm Dünya Ülkelerinden yapılan ihracat	Tüm Dünya Ülkelerinden Yapılan Yüksek Teknoloji İhracatı			
				Havacılık ve Uzay	Bilgisayar ve Ofis Malzemeleri	Elektronik-Telekomünikasyon	İlaç sanayi ürünleri
2009	420	703	1,123	159	57	261	88
2010	299	613	911	28	83	249	134
2011	427	1,157	1,584	159	77	339	115
2012	433	1,376	1,808	290	88	407	176
2013	507	1,484	1,991	355	103	513	157
2014	602	1,513	2,115	278	108	527	220
2015	706	1,787	2,493	375	130	527	326
2016	687	1,738	2,426	390	104	539	243
2017	560	1,789	2,349	860	99	507	110
2018	662	1,222	1,884	319	92	471	113

Kaynak: <https://ec.europa.eu/eurostat> Son Revizyon Tarihi: 21.05.2019

Mobilite, bulut bilişim, Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zeka (AI) ve büyük veri analitiği günümüzde dijital ekonomideki en önemli teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu teknolojik ürünler kullanılarak üretilen Ar-Ge yoğun yüksek teknoloji ürünlerin, ihracatı ve ithalatına ilişkin Eurostat veri tabanından derlenen veriler Tablo 2’de gösterilmektedir. Tablo da Türkiye’nin net ihracatının sırasıyla -8.742, -11.084, -13.340, -12.904, -12.602, -13.965, -17.043, -19.654, -17.655, -13.31 milyon Euro’dur. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere yüksek teknoloji ürün ithalatı ihracatından daha yüksektir. Ar-Ge yoğun yüksek teknoloji ürünlerin ithalat verileri incelendiğinde, yıllar boyunca en yüksek ithalat kaleminin “Elektronik-Telekomünikasyon” ürünlerine ait olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde yüksek teknoloji ürün ihracatına bakıldığında ise en yüksek ihracat kaleminin “Elektronik-Telekomünikasyon” ürünlerine ait olduğu görülmektedir. İkinci en yüksek ithalat kalemi havacılık alanındaki ürünler sonrasında bilgisayar ve ofis malzemeleri, ilaç sanayi ürünleri gelmektedir. Türkiye’nin yüksek teknoloji ürün ihracatı ve ithalatının büyük bölümü Avrupa birliği ülkeleri haricinden gerçekleştirilmiştir. Ancak genel olarak Türkiye’nin ihracat ve ithalat hacmi incelendiğinde 2017 yılı toplam ithalatının \$214B (Milyar dolar) ile dünyanın 20. en büyük ithalatçısı olduğu görülmektedir. Ayrıca geçtiğimiz beş yıl süresince ithalat %1.1 oranında artarak \$205B’dan \$214B’na çıkmıştır. İthalata en çok konu olan kalemler ise altın ve ham petroldür. Benzer şekilde 2017 yılı ihracat oranları incelendiğinde ise Türkiye’nin toplam \$166B (Milyar dolar) ihracat hacmi ile dünyanın en büyük 27. ihracatçısı olduğu görülmektedir. İhracat hacminin geçtiğimiz beş yılda %9 artarak 161 milyar dolardan 166 milyar dolara çıkmıştır. Dış ticaret açığı ise 2017 yılı itibarıyla \$48.6B olarak gerçekleşmiştir. Şekil 1 de söz konusu bilgiler detaylarıyla sunulmaktadır (OECD, 2019).



Kaynak: Dünya Bankası (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

Şekil 2. Türkiye'nin İhracat Kalemleri ve Gelirlerine İlişkin Bilgiler (2017)

Buna göre Türkiye'nin dış ticaretine konu olan mal ve hizmetlerin büyük bir çoğunluğunun yüksek teknoloji olduğu, yüksek teknoloji kullanılarak üretildiği veya ara mal olarak kullanımlarıyla katma değer yaratıldığı anlaşılmaktadır. Türkiye'nin ithalatına konu olan ürünlerin %55,7 si bu kapsama girerken, ihracatının yaklaşık % 40,5'i bu kapsamda değerlendirilebilecek ürünlerdir.

Türkiye'nin dış ticaretine konu olan mal ve hizmetlerin büyük çoğunluğu yüksek teknoloji ürünleri içermekle birlikte ithal edilen bu mallar ara mal olarak kullanılarak katma değer yaratılmaktadır. Örneğin; Ar-Ge yoğun yüksek teknoloji ürünlerin ithalat verileri incelendiğinde, yıllar boyunca en yüksek ithalat kaleminin "Elektronik-Telekomünikasyon" ürünlerine ait olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde yüksek teknoloji ürün ihracatı değerlendirildiğinde ise en yüksek ihracat kaleminin "Elektronik-Telekomünikasyon" ürünlerine ait olduğu görülmektedir. Örnekten yola çıkarak elde Türkiye'nin Endüstri 4.0 süreci incelendiğinde yalnızca ihracat rakamlarına bakmak yanıltıcı olabilmektedir. İthal

edilen ara mallarla katma değeri yaratılan ürünler ihracata konu olmaktadır. Bu anlamda Türkiye'nin ilgili süreci daha verimli geçirebilmek için ithal edilen ara malları üretebilecek teknolojileri geliştirmesi gerekmektedir. Bu sayede net ihracat açığı kapatılarak sürdürülebilir büyüme sağlanabilir. Söz konusu teknolojilerin geliştirilmesi süreci ise Ar-Ge yatırımları ile beşeri sermayenin desteklenmesi yolundan geçmektedir. Ar-Ge harcamalarının büyümeye, uzun dönemde etki eden bir harcama kalemi olması nedeniyle etkileri kısa dönemde gözlemlenmemektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin Ar-Ge çalışmalarına yönelik yatırımları son zamanlarda artmış olmakla birlikte meyvelerini zaman içerisinde toplamaya başlayacaktır. Günümüzde devam eden bu sürecin özellikle savunma ve güvenlik sanayi ile otomotiv sektöründe etkileri gözlemlenmektedir. Yerli üretime yönelik söz konusu çabalar, dünyanın bugün "icatçı" uluslarından biri olarak bilinen Güney Kore'nin gelişim ve dönüşüm süreci ile benzerlik göstermektedir. Bu ülkenin endüstriyel kalkınma yolunda yüksek tarifeler, ithalat yasakları, yüksek lüks tüketim vergileri, haftalık 53-54 saatlik mesai, disipline edilmiş eğitim sistemleri gibi birçok faktör ile yerli üretimini desteklediği görülmektedir. Son 45 yılda yaşanan gelişmeler neticesinde ihracatına konu olan mal ve hizmetler oldukça sınırlı olan G.Kore bugün ürettiği çok sayıda teknolojik ürün ile yüksek gelirli ülkeler seviyesindedir (Chang ve Akçaoğlu, 2012). Günümüzde Güney Kore'nin toplam ihracatı 596 milyar dolar iken toplam ithalatı 471 milyar dolardır. Toplam ihracatının %60'ı yüksek teknoloji ürünlerden oluşurken bu kapsamda yer alan ürünlerin entegre devreler, büro makineleri, elektrikli parçalar, telefonlar, bilgisayarlar vb. gibi makineler olduğu gözlemlenmektedir. Bu kapsamda ihraç edilen bu ürünlerin toplam ihracatın içindeki değeri 251 milyar dolardır.

Dünyanın en büyük ihracat ekonomisine sahip Çin de ise, toplam ihracat 2017 yılında 2,41 milyar ABD doları ve toplam ithalat ise 1,54 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Çin 873 milyar ABD doları değerinde bir ticaret dengesi elde etti. Net ihracata bakıldığında ise 873 milyar dolarlık pozitif bir ticaret dengesi ile karşılaşmaktadır. En çok ihracat yapılan ürünler yayın- radyo veya televizyon (Broadcasting Equipment) araç gereçleri (231B \$), Bilgisayarlar (146B \$), Ofis Makinesi Parçaları (90.8B \$), Entegre Devreler (80.1B \$) ve Telefonlar (62B \$) gibi teknolojik ürünler olduğu gözlemlenmektedir. Başlıca ithalatları ise Entegre Devrelerdir (207 milyar \$), Ham Petrol (144 milyar dolar), Demir Cevheri (59 milyar dolar), Arabalar (46,8 milyar dolar) ve Altın (40,3 milyar dolar)'dır.

Tayland, dünyanın en büyük 23. ihracat ekonomisidir. 2017 yılı verilerine bakıldığında, Tayland'ın toplam ihracatı 215 milyar dolar, toplam ithalatı ise 160 milyar dolardır. 2017'de Tayland'ın GSYİH'sı 455 milyar dolar, kişi başına düşen GSYİH ise 17,9 bin dolardır. En büyük ihracatı Office Makina parçaları (19,8 milyar dolar) en büyük ithalatı ise Altın (10.6 milyar dolar), Araç Parçalarıdır (5.5 milyar dolar).

Türkiye ile benzer ekonomik büyüme oranlarına sahip Meksika, dünyadaki en büyük 9. ihracat ekonomisidir. 2017'de Meksika, 418 milyar dolar ihracat ve 356 milyar dolar ithalat yaparak 62.6 milyar dolarlık bir pozitif ticaret dengesi sağlanmıştır. En büyük ihracat ve ithalat kalemi ise araba ve araba yedek parçalarıdır.

Türkiye ve Meksika gibi orta gelir tuzağında yer alan bir başka ülke olan Brezilya 219 milyar dolar ihracat ve 140 milyar dolar ithalat yaparak, 78.3 milyar dolarlık bir ticaret dengesi elde etmiştir. Brezilya'nın en büyük ihracatı soya fasulyesi (25.9 milyar ABD Doları) iken en yüksek ithalatı ise rafine petroldür (11,4 milyar ABD Doları).

Endüstri 4.0 denildiğinde ilk akla gelen ülkelerden Almanya ise dünyadaki en büyük 2. ihracat ekonomisidir. Almanya 1,33 Milyar Dolar ihraç ve 1.08 Milyar Dolar ithalat yaparak 251 milyar dolarlık olumlu bir ticaret bakiyesine sahiptir. Almanya'nın en çok ihracatı Arabalar (158B \$), Araç Parçaları (64.1B \$), Paketlenmiş İlaçlar (50.6B \$),

Uçaklar, Helikopterler ve / veya Uzay Araçları (27.2 milyar \$) iken en çok ithalatı ise Arabalar (60B \$), Araç Parçaları (42.1B \$) ve Ham Petroldür (30.1B \$).

Söz konusu örneklerden yola çıkarak Endüstri 4.0'a yönelik teknolojileri üretmek ve ihraç etmek konusunda ülkelerin başarılarını veya başarısızlıklarını etkileyen bazı faktörlerin olduğu göze çarpmaktadır. Bu noktada ilk akla gelen faktörler ise ülkelerin Ar-Ge faaliyetlerini desteklemeye yönelik yatırımları ve eğitime yönelik politikalarıdır. Bunların yanı sıra yeniliği teşvik eden ekonomiler de eleştirel düşünce, yaratıcılık, davranışsal ve sosyal becerilerin geliştirilmesine yönelik stratejiler desteklenmektedir. Bu kapsamda Türkiye ve Meksika gibi gelişmekte olan birçok ülkede Ar-Ge harcamalarının GSYH içerisindeki payı oldukça düşükken; Güney Kore, Japonya ve Finlandiya gibi beşeri sermayenin nitelikli hale gelmesi yolunda oldukça sağlam adımlar atan ülkelerde Ar-Ge harcamalarına önemli bir bütçe ayrıldığı bilinmektedir. Böylelikle kısa vadede değil ancak uzun vadede teknoloji ürünlerine yönelik ihracat kalemlerini artırmayı başarmışlardır. Eğitimde yeteneklerin ve yeniliğin vurgulandığı yaratıcı düşünce odaklı STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitim sistemi uygulayan ülkelerde beşeri sermaye birikimi artmakta ve katma değeri yüksek inovatif ürünler elde edilmektedir. Ancak söz konusu çıktılar uzun vadede ekonomik değere dönüşmekte ve ülke ekonomisine etki etmektedir. Bu bağlamda 1980'li yıllara gelinceye kadar Türkiye ile yaklaşık aynı büyüme seviyesine sahip iken Ar-Ge faaliyetlerine verdiği önem ve eğitim sistemi ile birçok ülkeye günümüzde rol model olmayı başarmıştır.

Endüstri 4.0'a yönelik eleştirilerden biri teknolojik ilerlemeler ile emek faktörüne olan ihtiyacın azalacağı yönündedir. Ancak görüşlerin aksine inovatif düşünen, yaratıcı, eleştirel bakış açısına sahip, katma değer yaratan bireylere yönelik talep gün geçtikçe artmakta vasıfsız insan gücüne olan talep ise azalmaktadır. Artan nitelik ülkelerin yüksek katma değerli ürün üretimini dolayısıyla teknoloji ürünleri ihracatını pozitif yönde etkilemektedir. Teknoloji yoğun üretim yapan ve ihraç edebilen ülkelerde birim başına yapılan üretim miktarı, teknolojinin gerisinde kalan ülkelerin ihraç ürününe nazaran azalacak, ancak getirisi bu ülkelerin ihraç ürününe nazaran artacaktır.

Tablo 3. Toplam Patent Başvuruları

Ülkeler	Toplam Patent	Ülkeler	Toplam Patent
Macaristan	3649	Finlandiya	22227
Meksika	3381	Türkiye	623
Malezya	2407	Endonezya	246
Almanya	408791	Tayland	702
Japonya	1061170	Rusya	4807
Güney Kore	152835	Yunanistan	946

US Patent and Trademark Office, (01/01/1963 - 12/31/2015)

Ülkelerin Endüstri 4.0 sürecine uyumlu olup olmadıklarının incelenmesi hususunda yapılan analizlerde “inovasyon” olarak tanımlanan yenilik kavramı patent başvuruları aracılığı ile gözlemlenebilecektir. Tablo 3 de gelişmişlik düzeyleri farklı olan ülkelerin toplam patent başvuru rakamları yer almaktadır. Türkiye tabloda yer alan ülkeler arasında en düşük patent sayısına sahip olan ülkedir. Bu ülkeler arasından benzer ekonomik özelliklere sahip Meksika, Ar-Ge harcamalarına Türkiye'den daha az bir pay ayırmasına rağmen Türkiye'den daha fazla patent sayısına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarını etkin bir şekilde kullanmadığı şeklide yorumlanabilir.

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu lojistik avantajı ve görece düşük maliyetli iş gücü ile küresel ekonomide önemli bir rekabetçi ülke konumundadır (Özkan ve Yavuz 2018). Türkiye'nin ortalama üretim maliyetleri endüstri 4.0 sürecini başarıyla uygulayan ülkelere kıyasla günümüzde yüksek iken gelecekte bu avantajını kaybetme tehdidi ile karşı karşıyadır.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Endüstri 4.0 sürecinin, avantajları ve dezavantajlarının, ekonomiye olan etkilerinin, bu süreci etkileyen unsurların ve konu ile ilgili literatürün detaylarıyla yer aldığı bu çalışmada, elde edilen çıktılar Türkiye ekonomisi ölçeğinde değerlendirilmiştir. Her ne kadar konunun Türkiye ekonomisine etkisi üzerinde durulsa da dijital ekonomik değişim ve dönüşümle birlikte, Endüstri 4.0 ürünlerine ilişkin etkilerin rahatlıkla gözlemlenebildiği günümüzde, teknolojinin sadece insanlığın hayatını kolaylaştıran, imalat sanayide verimliliği artıran bir unsur olmaktan çıktığı anlaşılmaktadır. Bir başka ifadeyle, teknoloji artık üretim faktörlerinin içerisinde yer almasının yanı sıra; ticaret savaşlarına ve hatta teknolojik savaşların doğmasına neden olan, yapay zeka ile tüketiciyi aynı zamanda bir veri kaynağı olarak değerlendiren, kapitalist sistemin bugün ve gelecekteki olmazsa olmazları arasında yer almaktadır. Ayrıca elde ettiği verilerden yola çıkılarak; tüketicilerin zevk ve tercihlerine etki eden algoritmalar, kişisel bilgileri depolamayı başaran yazılımlar vasıtasıyla önce bireylerin sosyal, ruhsal, politik ve siyasi eğilimleri gibi birçok faktör şekillendirilmekte daha sonra toplumsal, ekonomik ve siyasi sonuçlar elde edilir hale gelmektedir. Bu bağlamda teknolojiye yaratılan mukayeseli üstünlük ülkelere sadece ekonomik anlamda değil farklı birçok alanda da rekabet gücü kazandırmaktadır.

İmalat sanayi üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ve gelecekte bu etkinin katlanarak devam edeceği öngörülen Endüstri 4.0'a yönelik gelişmeler, gelecekte makine-insan işbirliğine ve ürün gerçekleştirimine dönük yeni tip ileri üretim ve endüstriyel süreçlerin ortaya çıkacağı şeklindedir. Dolayısıyla bu durum söz konusu teknolojilere sahip ülkelerin daha önce olmadıklarından daha yüksek düzeyde operasyonel verimlilik elde etmelerini sağlayacak ve verimliliklerinin hızlandırılmasına olanak sağlayacaktır. Diğer bir deyişle, "dijital dönüşüm" ve Endüstri 4.0 ile beraber ulaşılabilecek yeni seviyede insanların, nesnelerin ve sistemlerin birbiriyle bağlantısı yaygın ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmiş olacaktır. Bu nedenle gelecekte rekabet gücünü arttırmak isteyen işletmeler üretim organizasyonlarına Endüstri 4.0 devrimi uygulamaları ve bunun sonucu olarak da fabrikalarında akıllı robotlar, siber-fiziksel sistemler, bulut tabanlı imalat gibi teknolojilere başvurmaları gerekecektir. Söz konusu teknolojilerin üretiminde ise Ar-Ge sürecinde ana girdi olarak değerlendirilen bilgi gelmekte ve beraberinde ise teknoloji üretimi ve inovasyonu getirmektedir. Böylelikle rekabet üstünlüğü elde eden ülkelerin, büyümeye etki eden diğer faktörler sabitken, ihracat gelirleri artmakta dolayısıyla kişi başına düşen milli gelirleri de artmaktadır.

Elde edilen bilgiler ışığında Türkiye için yapılabilecek değerlendirme ise imalat sektörünün artan hacminin GSYH üzerinde yeterince artışa neden olmadığıdır. Bu bağlamda gelişmekte olan ülkelerin büyük çoğunluğunda görülen ihracat sarmalına dikkat çekilmektedir. Bu ülkelerin ihracatına konu olan mal ve hizmetlere bakıldığında emek yoğun, hammadde kaynaklı ürünler yer almaktadır. Türkiye'nin ihraç ettiği ürünler arasında hurda demir, altın ve gümüş mücevherler, araba ve araba yedek parçaları yer alırken yaklaşık 166 milyar dolar civarında GSYH'ya katkı sağlanmaktadır. Ancak bu durum Güney Kore, Çin, ABD, Japonya, Almanya gibi ülkelerle kıyaslandığında ihracata konu olan mal ve hizmetlerin değiştiği göze çarpmakta ve mal ve hizmetlerin genellikle teknoloji yoğun; ofis ekipmanları, bilgisayarlar, telefonlar, entegre devreler, arabalar, helikopterler ve / veya uzay araçları gibi ürünlerden meydana geldiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla ihracata konu düşük teknoloji yoğun

ürün miktarı ne kadar fazla olsa da getirisi teknoloji yoğun ürünlere oranla daha azdır. Sonuç olarak, 500 milyar dolarlık ihracat hacmine erişmek için; mobilite, bulut bilişim, nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka (AI) ve büyük veri analizi gibi günümüz teknolojileri kullanılarak üretilen teknoloji yoğun, katma değeri yüksek mal ve hizmetlere ihtiyaç vardır. Bu nedenle en başta GSYH'den eğitime ayrılan payın artırılması, etkin kullanılması ve ilkokuldan başlayarak çalışma hayatlarında dahi beşeri sermayeye katkısı olan eğitim sürecinin devam etmesi gerekmektedir. İzlenen bu süreç sonucunda nitelikli hale gelen işgücü, katma değeri yüksek ürünler üretmede yenilikçi fikirleri ortaya atarak büyüme rakamlarının yüksek ve istikrarlı olduğu bir Türkiye'nin yaratılmasında temel yapı taşı olacaktır.

İhracat yapabilmek için ithalata olan bağımlılığı, katma değerli ürünlerin toplam üretim hacmindeki payı, işgücünün yeterli niteliğe sahip olmayışı gibi nedenlere Türkiye'nin tamimiyle Endüstri 4.0 sürecinin gerisinde olduğu söylenilemez ancak bu sürece tamamiyle entegre olduğu da savunulamaz. TÜSİAD iş birliği ile hazırlanan TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu (REF) "İmalat Sanayi Sektörleri Rekabet Göstergeleri Raporu"nda (Atiyas ve Bakış 2014) imalat sanayine yönelik Endüstri 4.0'ın getirileri çerçevesinde altı plot sektöre yönelik uygulamalar yer almaktadır. Buna göre, sürecin başarı ile devam ettirilebilmesi durumunda küresel rekabet zincirinden daha çok pay alınabileceği, imalat sanayi sektörlerinde verimlilik artışının sağlanacağı kanaatine varılmıştır. Ancak Endüstri 4.0 süreci olarak adlandırılan dokuz teknolojik kaynağa uyum süreci sektörler bazında değişiklik gösterecektir. Pilot uygulamanın yapıldığı sektörler olan; kimya, otomotiv, makina, beyaz eşya, tekstil, gıda ve içecek sektörlerinin değişim sürecinde ihtiyaç duyulan vasıflı insan gücünün yetişmesi, Ar-Ge harcamalarına ayrılacak bütçenin ülkenin ekonomik büyüklüğü ile ilişkili olması, katlanılan maliyetlerin sektörler arasında farklılık göstermesi, yapısal reformların ve küresel rekabetin korunmasında bazı sektörler (savunma, ilaç sanayi, havacılık) öncelik verilmesinin gerekliliği gibi nedenlerle Türkiye bu süreci geriden takip etmekte olup uzun vadede umut teşkil eden bir seyir çizmektedir.

KAYNAKÇA

- Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve endüstri 4.0: endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. SAV Katkı, 4, 34-44.
- Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30.
- Atiyas, İ., & Bakış, O. (2014). İmalat Sanayi Sektörleri Rekabet Göstergeleri Raporu. *Tüsiad Yayınları*.
- Aydın, E. (2018). "Türkiye'de Teknolojik İlerleme İle İstihdam Yapısındaki Değişme Projeksiyonu: Endüstri 4.0 Bağlamında Ampirik Analiz", *Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt. 16, Sayı. 31, ss.461-47.
- Ayyagari, M., & Beck, T. (2015). Financial inclusion in Asia: An overview. Asian Development Bank Economics Working Paper Series, (449).
- Bulut, E., & Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.
- Chang, H. J., ve Akçaoğlu, E. (2012). Sanayileşmenin Gizli Tarihi. *Epos Yayınları*.
- Çiftçi, C., & Aykaç, G. (2011). İçsel büyüme modelleri ve küreselleşme sürecinde gelişmekte olan ülkelerin konumları. *Sosyoekonomi*, sayı. 1.

- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394.
- Emara, N., & Kasa, H. (2020). The non-linear relationship between financial access and domestic savings: the case of emerging markets. *Applied Economics*, 1-19.
- Ersoy A. R. (2018). “Endüstri 4.0 Yolculuğu Tepeden Başlamalı”, *Deloitte*, Cilt. 8.
- Genç, S. (2018). Turkey’s Proceed on Industry 4.0. *Sosyoekonomi Journal*, (26 (36)), ss. 235-243.
- Gündüz, M., Alakbarov, N., & Erkan, B. (2018). Türkiye’de ekonomik büyümenin belirleyicisi olarak toplam faktör verimliliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 253-270.
- H. İşler, “4. Sanayi Devriminin (Endüstri 4.0) Dinamikleri ve Olası Sonuçları”, <http://apelasyon.com>, , <http://bit.ly/1OBO023>, Sayı 52, (Son Erişim: Aralık 2018).
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS) (pp. 3928-3937). IEEE.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion.
- Kesayak, B. (2019). Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk. <https://www.endustri40.com>, <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, (Son Erişim: Ağustos 2020).
- Kireeva, A. A., & Tsoi, A. A. (2018). Mechanisms for Forming IT-clusters as “Growth Poles” in Regions of Kazakhstan on the Way to “Industry 4.0”. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 11(2), 212-224.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6(4), 239-242.
- Li, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of “Made-in-China 2025” and “Industry 4.0”. *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 66-74.
- Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12-20.
- Özkan, M., Al, A., & Yavuz, S. (2018). Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü sanayi-endüstri devrimi’nin etkileri ve Türkiye. *Siyasal Bilimler Dergisi*, 1(1 (Online first)), 1-30.
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 41-64.
- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 26-33.
- Tseng, M. L., Tan, R. R., Chiu, A. S., Chien, C. F., & Kuo, T. C. (2018). Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrial symbiosis?. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 146-147.

- Yazıcı, E., & Düzkaaya, H. (2016). Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga Ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır mı? *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama* [Journal of Education and Humanities: Theory and Practice], 7(13), 49-88.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 546-556.
- Ziaei Nafchi, M., & Mohelská, H. (2018). Effects of Industry 4.0 on the labor markets of Iran and Japan. *Economies*, 6(3), 39.