

## Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri\*



DOI: 10.31006/gipad.417536

Sabiha KILIÇ\*\*

Reha Metin ALKAN\*\*\*

### Öz

Küresel pazarda, müşterileri elde tutmak kazanmaktan daha zor hale gelmiştir. Bu nedenle günümüz işletmeleri, artan tüketici beklentilerine daha hızlı cevap verebilmek amacıyla ürünlerin pazara sunum sürelerini kısaltma, esnekliği arttırma ve kitlesel kişiselleştirilmiş üretim yapabilmenin yollarını aramaktadırlar. Artan rekabet ortamında verimliliği arttırmak kilit faktör haline gelmiştir. Tüm bu ifade edilenler, nesnelerin interneti olarak tanımlanan Endüstri 4.0 sayesinde daha kolay gerçekleştirilme imkânı bulabilecektir. Çalışmanın amacı, yeni sanayi devrimi Endüstri 4.0'ın Dünya ve Türkiye yansımalarının incelenmesidir. Çalışmada, Türkiye'nin 2023 vizyonu çerçevesinde Endüstri 4,0 ve benzeri sanayileşme hamlelerini uygulamasında önem arz eden Ar-Ge, inovasyon ve katma değeri yüksek teknoloji-yoğun ürün üretimi ve ihracatına daha da ağırlık verilmesi konuları kapsamında, Dünya ve Türkiye'deki Ar-Ge harcamaları, yüksek teknolojili katma değeri yüksek endüstriyel robot üretimi ve ihracatı, Ar-Ge personeli istihdamı konuları incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, 2022'de %6 olarak hedeflenen yüksek teknolojili ürün ihracatında Türkiye'nin mevcut durumu analiz edilerek, gelişmiş ve yükselen ekonomiler arasındaki yerinin değerlendirilmesi ve önerilerin geliştirilmesi de amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Ar-Ge Yatırımları, Endüstriyel Robot, Robot Yoğunluğu, Teknoloji-Yoğun Ürün.

**Jel Kodları:** O14, O25, O33.

## Fourth Industrial Revolution Industry 4.0: World and Turkey Reviews

### Abstract

In the global market, keeping customers has become harder than winning them. Therefore, today's enterprises look for ways to shorten times of supplying products, to increase flexibility and to make massive personalized productions in order to be able to respond faster to increasing consumer expectations. Increasing production has become a key factor in the increasing competition environment. All of these will be easier to realize thanks to Industry 4.0, which is defined as the internet of objects. Against this background, this study aims to study the influence of new industrial revolution, Industry 4.0, in the world and Turkey. In the study, within the frame of Turkey's 2023 vision, R&D expenditures in the World and Turkey, production and exportation of high value-added, technology-intensive industrial robots and employment of R&D personnel are studied in the scope of increasing emphasis on R&D, innovation and high value-added, tech-intensive production and exportation that are significant in the application of industry 4.0 and similar industrialization alternatives. In addition, this study also aims to analyze Turkey's current situation, within the context of its aim of 6% export of high-tech products in 2022, among developed and developing economies, and to offer suggestions.

**Keywords:** Industry 4.0, R&D Investments, Industrial Robot, Robot Density, Technology-Intensive Product.

**Jel Codes:** O14, O25, O33.

\* Bu makale IVSS- 2. Uluslararası Mesleki Bilimler Sempozyumu'nda sunulan ve Sempozyum Bildiri Kitabı'nda özet bildiri olarak yayımlanan çalışmanın gözden geçirilmiş ve genişletilmiş halidir.

\*\*Doç. Dr., Hitit Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, sabihakilic@hitit.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0906-4567

\*\*\* Prof. Dr., Hitit Üniversitesi&İstanbul Teknik Üniversitesi, alkanr@hitit.edu.tr  
ORCID ID: 0000-0002-1981-9783

## 1. Giriş

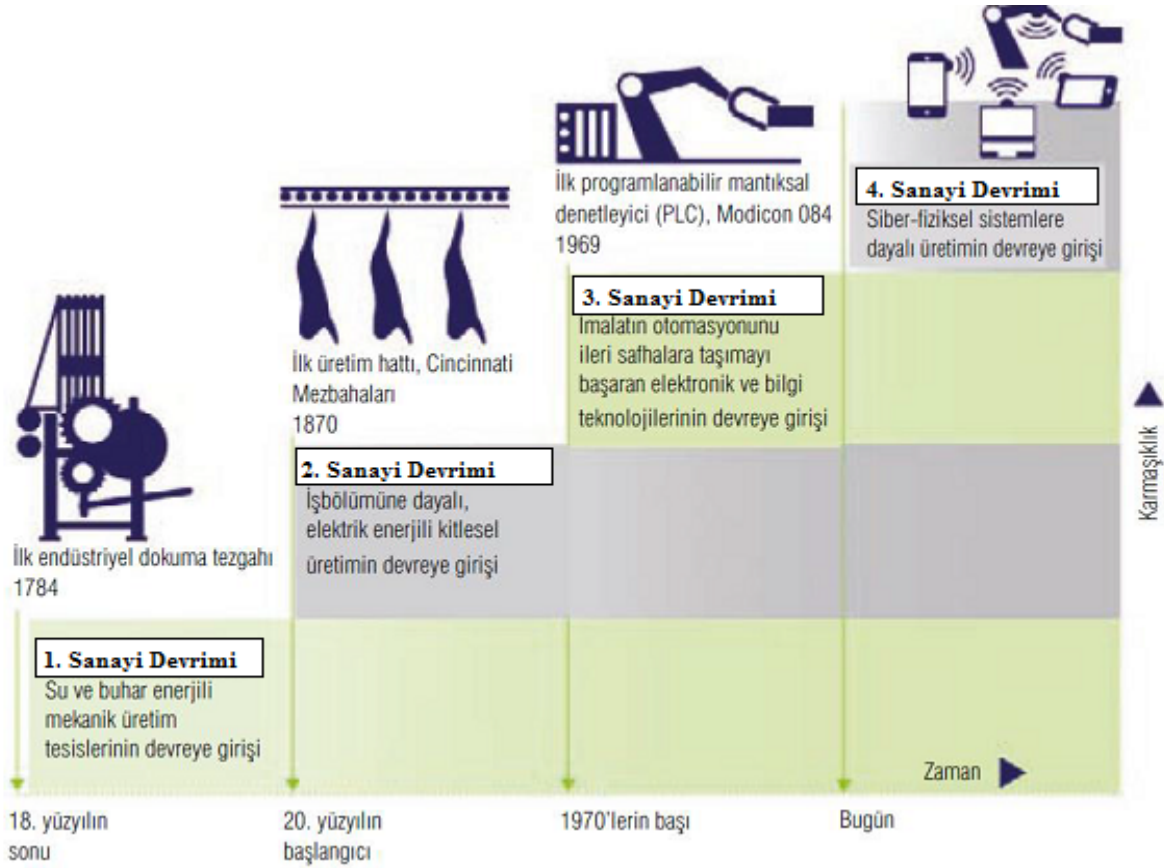
Küresel rekabet ve beraberinde sosyal, kültürel, teknolojik, ekonomik, beşerî ve dijital dünyada yaşanan gelişmeler, ülkelerin iş birliğine dayanan ilişkiler geliştirmelerini zorunlu hale getirmiştir. İlk olarak Almanya'nın gündeme getirdiği, Endüstri 4.0, bilişim teknolojisinin geleneksel endüstriyel süreçlere uygulanmasını, böylece mevcut endüstriyel süreçleri tamamen değiştirmeyi amaçlamaktadır. Teknoloji-Yoğun yeni nesil fabrikalarda, işletmeler ihtiyaç duyacakları teknolojiyi, kurum içi Ar-Ge çalışmalarıyla geliştirebilecekleri gibi, kurum dışından da transfer edebileceklerdir (EKOIQ, 2014:1-2). Ancak yeni nesil akıllı fabrikalara geçiş sürecinde tamamlanması gereken önemli aşamalar bulunmaktadır. Bilişim teknolojisi alt yapısının kurulması, emniyet ve güvenlik, eğitim, profesyonel bilginin sürekliliği, yasal mevzuatın uyarlanması, karmaşık sistemlere uygun olarak örgütün yeniden organize edilmesi, iş bölümü ve görevlerin yeniden tanımlanması, donanım mimarisinin yeniden yapılandırılması Endüstri 4.0 sürecinde tamamlanması gereken aşamalardan sadece birkaçıdır. Bu nedenle ülke, devlet, üniversite, sanayi, şirket ve birey bazında dördüncü sanayi devrimine hazırlık çalışmalarının bir an önce başlatılması ve gerekli alt yapı yatırımlarının hayata geçirilmesi önem taşımaktadır.

Günümüz pazarında, müşterileri elde tutmak kazanmaktan daha zor hale gelmiştir. Üreticiler, artan tüketici beklentilerine daha hızlı cevap verebilmek için, pazara çıkış sürelerini kısaltma, esnekliği artırma ve kitlesel kişiselleştirilmiş üretim yapabilmenin yollarını aramaktadırlar. Artan rekabet ortamında kilit faktör verimliliği yükseltmektir. Tüm bu ifade edilenler, nesnelere interneti olarak tanımlanan Endüstri 4.0 sayesinde daha kolay gerçekleştirilme imkânı bulabilmektedir (<http://www.siemens.com.tr/endustri40>). İlk olarak Almanya'da gündeme gelen ve tüm dünyaya yayılan Endüstri 4.0, Almanya, ABD ve Japonya gibi geçen 60 yılın en güçlü endüstri devlerinin rekabet üstünlüklerinin yavaş yavaş Çin, Hindistan ve Brezilya gibi yükselen ekonomilere geçmeye başlaması neticesinde gündeme gelmiştir. Almanya'da oluşturulan Endüstri 4.0 Çalışma Grubu, Endüstri 4.0 Strateji Belgesi hazırlayarak Almanya kapsamında atılması gereken adımları belirlemiştir (EKOIQ, 2014:2-3). Ancak, Almanya'dan yükselen Endüstri 4.0, sadece gelişmiş ekonomiler için değil yükselen ve gelişmekte olan ekonomiler için de yeni fırsatlar ve imkanlar sunmaktadır. Bu nedenle gelişmekte olan ülkeler de yeni sanayi devriminde ekonomik rekabet güçlerini koruyabilmek amacıyla sahip oldukları teknolojik yeteneklerini, beşerî sermayelerini, endüstriyel ürün ve altyapılarını Endüstri 4.0 yaklaşımı temelinde bilişim teknolojileriyle bütünleştirmenin yol haritasını bir an önce çizmeye başlamalıdır. Çalışma kapsamında Yeni Sanayi Devrimi, Dünya ve Türkiye robotik teknoloji verileri ayrıntılı olarak incelenmiş, öneri ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## 2. Yeni Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0

“Sanayi Devrimi”, 18. Yüzyılın sonlarından 19. Yüzyılın ortalarına kadar uzanan, küçük atölyelerin zamanla giderek daha büyük ölçekli üretim yapan endüstriyel atölyelere dönüşmesidir. Devrimi harekete geçiren, küçük atölyelerde çalışan küçük zanaatkarlardan daha hızlı ve daha verimli üretim yapabilen makinelerin keşfine imkân veren teknolojik değişimdir (Frederick, 2016:9). Teknolojik gelişim ve değişim süreciyle birlikte birbirini takip eden sanayi devriminin geçmişten günümüze geçirdiği evreler aşağıdaki şekilde özetlenmektedir:

şekil 1: Sanayi Devriminin Tarihsel Süreci



**Kaynak:** Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013:13.

Birinci sanayi devrimi, insan emeğinin yerine, su ve buhar gücüyle çalışan mekanik tezgahların kullanılmasıyla başlamıştır. Bu dönemde, maden ve metal kullanımı artarken, ulaştırma alanında gelişmeler yaşanmıştır (Çeliktaş vd., <http://docplayer.biz.tr/3639386-Endustriyel-devrimin-son-surumunde-muhendisligin-yol-haritasi.html>:26). İkinci sanayi devrimi, elektrik enerjisinin kullanıldığı montaj hattında kitlesel üretimin yapıldığı ve iş bölümünün gelişme gösterdiği, 20. yy'ın başlarına denk gelen dönemi kapsamaktadır (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013:14). İkinci sanayi devriminde sanayi üretiminde tamamen buhar gücünün kullanımına geçilmiş ve demiryolları inşa edilmiştir. Bu gelişmeler çelik üretimi artışını hem desteklemiş hem de gerekli hale getirmiştir. Endüstriyel faaliyetlerde enerji kaynaklarına olan talep ihtiyacı, geleneksel buhar gücünden, petrol ve elektriğe dayalı enerji kaynaklarına doğru değişim göstermiştir. İkinci sanayi devrimi çağında aynı zamanda “Elektrikli Haberleşme” de gelişim göstermiştir. Bu haberleşme biçimi aslında telgrafla haberleşme biçiminin içinde yer almakla birlikte, 20. Yüzyılın telekomünikasyon teknolojilerinin içinde de gelişmesini sürdürmüştür. İkinci sanayi devriminde montaj hattı sayesinde üretimde yüksek verimlilik sağlanmıştı (Alfred ve Chandler, 1994).

Üçüncü sanayi devrimi, elektronik ve bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte 1970'li yılların başından itibaren gelişme göstermiştir. Bu dönem bilgi ekonomisi olarak da ifade edilebilir. Telekomünikasyon teknolojileri, üçüncü sanayi devrimiyle birlikte daha da güçlü hale gelmiştir. 20. Yüzyılın en önemli olayı olan Üçüncü Sanayi Devrimi, bu konuda 2011 yılında kitap yazan Jeremy Rifkin tarafından daha da popüler hale getirilmiştir. Dünyadaki sanayi gelişiminin üçüncü evresi olarak görülen “Üçüncü Sanayi Devrimi”nin tipik özellikleri

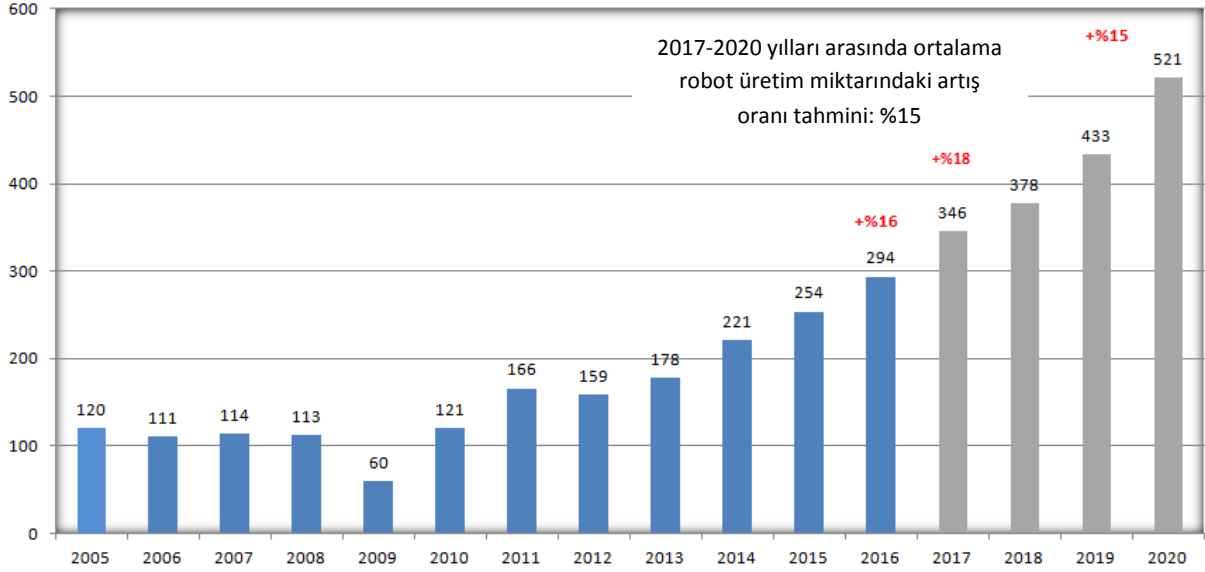
tanımlanmadan çok önce, Batı toplumunda 20 yüzyılın ortalarında başlayıp 1970'lerin başlangıcına isabet eden dönemde bilgi teknolojisi, iletişim ve enerjiye dayalı bir devrim gerçekleşmiştir. Bu değişim ve gelişme dönemi günümüzün “dijital Çağ”ına zemin hazırlamıştır (Rifkin, 2013). Üçüncü sanayi devriminde, üretimde mekanik ve elektronik teknolojiye dayalı makinelerin yerini, dijital teknolojiye dayalı makineler almaya başlamıştır. Dijital teknoloji sayesinde, bilgisayar ve internetin hızla gelişme göstermesi, günümüze kadar uzanan üçüncü sanayi devriminde, bilgi işlem ve haberleşme teknikleri ve dolayısıyla mikro-elektronik tekniklerinin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bu dönemde, atom enerjisi, bilgisayar, fiber-optik ve çip gibi mikro-elektronik teknolojisine dayalı gelişmeler yaşanmış ve yaşanmaktadır (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013:13-14).

Bugün ise, 2011 yılında Hannover Fuarı'nda gündeme gelen, Alman Hükümeti'nin 2012 yılında oluşturduğu Çalışma Grubu tarafından hazırlanan ve 2013 yılında sunulan nihai rapor ile açıklanan Endüstri 4.0 olarak ifade edilen dördüncü sanayi devrimine geçiş sürecini yaşamaktayız. Nihai rapora göre, dördüncü sanayi devriminin başarıya ulaşabilmesi için gerekli olan 8 aşamanın tamamlanması gerekmektedir. Bu aşamalar; (1) Referans donanım mimarisinin belirlenmesi ve standardizasyon, (2) Karmaşık sistemlerin yönetilebilmesi, (3) Kapsamlı ve yüksek hızlı bir haberleşme altyapısının endüstriye sağlanması, (4) Emniyet ve güvenlik, (5) Çalışma organizasyonu ve tasarım, (6) Eğitim ve profesyonel gelişimin sürekliliği, (7) Mevcut mevzuatın uyarlanması, (8) Kaynakların verimli kullanılması (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013:49-50) şeklinde sıralanabilir. Dördüncü sanayi devrimi, yeni nesil, birbiriyle iletişim kurabilen teknolojilerin yer aldığı, akıllı fabrikalar aracılığıyla, daha esnek, daha düşük maliyetli, daha hızlı ve verimli üretim yapılabilmesini amaçlamaktadır. Nesnelerin interneti olarak tanımlanan Endüstri 4.0 ile birlikte, gerçek zamanlı bilgi alışverişi sayesinde kitlesel kişiselleştirmeye imkân tanıyan tasarım, üretim ve dağıtım sistemlerinden sadece fabrikalar değil, tüm toplum, tüm bireyler, iş örgütlenmeleri, sanayi-devlet ilişkileri ve devletler arası ilişkiler de etkilenecektir. Bu anlamda Endüstri 4.0'ın Dünya ve Türkiye'deki gelişim sürecine ilişkin karşılaştırmalı veri analizleri aşağıdaki bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

### **3. Dünyada ve Türkiye'de Robotik Teknoloji Sektör Verilerinin Karşılaştırılması**

Dördüncü sanayi devrimi, otomasyonu giderek hızlandırmaktadır. Uluslararası Robotik Federasyonu (International Federation of Robotics-IFR)'nin verilerine göre 2017-2020 yılları arasında yıllık ortalama %14 oranında artışla 2020 yılı sonunda dünya çapındaki fabrikaların pek çoğunda hizmet veren endüstriyel robotların sayısının yaklaşık olarak 3 milyona ulaşabileceği tahmin edilmektedir (<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2017>). Aşağıdaki şekilde 2005-2020 dönemine ilişkin dünyada yıllık endüstriyel robot üretim miktarına ilişkin gerçekleşmiş ve tahmini rakamlar yer almaktadır:

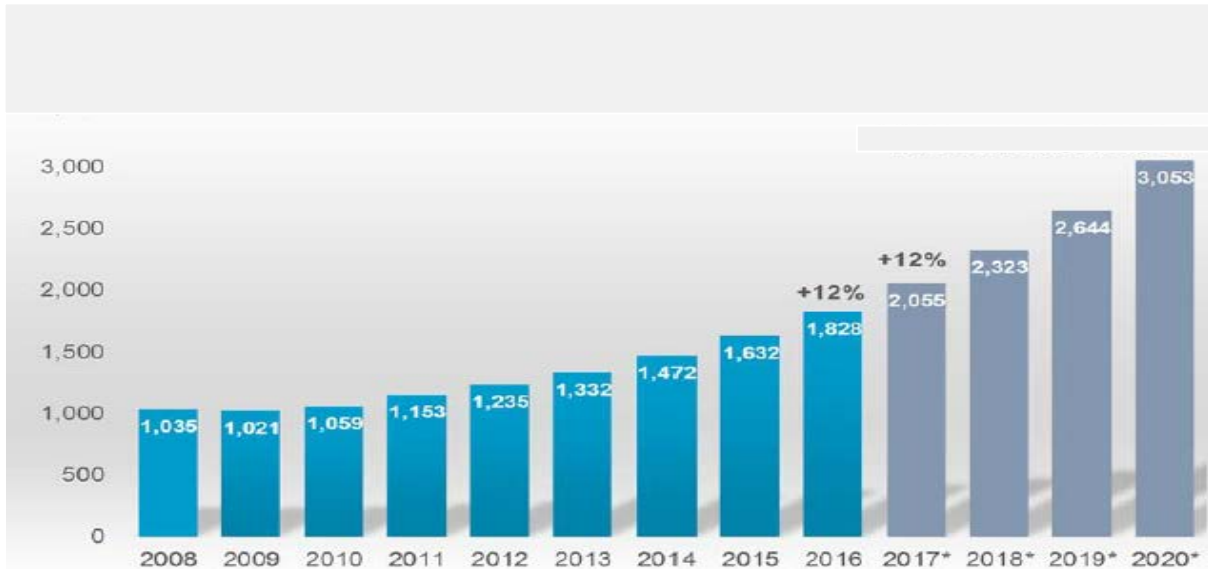
**Şekil 2:** Dünyada Yıllık Endüstriyel Robot  retim Miktarı (Bin Adet) (2005-2016) (2017\* - 2020\*)



**Kaynak:** <https://ifr.org/free-downloads/> 2016;2017 verilerinden düzenlenmiştir.

Şekil 2 incelendiğinde, dünyada birikimli yıllık robot üretim miktarının 2005 yılına göre 10 yılda yaklaşık %112 oranında artış gösterdiği söylenbilir. 2016 yılında bir önceki yıla göre %16 oranında artarak 294.312 birime ulaşan yıllık robot üretim miktarının 2017-2020 yılları arasında ortalama %15 oranında artarak 520.900'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Aşağıdaki şekilde dünya genelindeki işletmelerde mevcut ve tahmini hizmet veren endüstriyel robot miktarı verileri yer almaktadır:

**Şekil 3:** Dünya Genelinde İşletmelerde Mevcut ve Tahmini Endüstriyel Robot Miktarı (Bin)

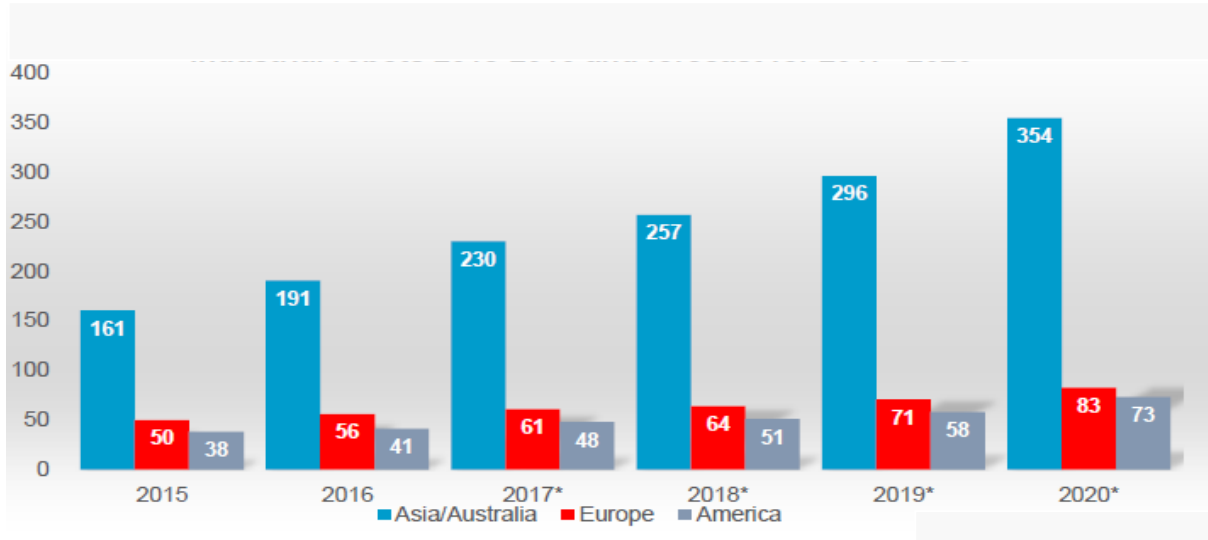


**Kaynak:** (Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:15.

\* Tahmin

Şekil 3 incelendiğinde, dünya genelinde faaliyet gösteren işletmelerde 2008 yılında kurulu olan yaklaşık 1 milyon endüstriyel robot miktarının, geçen 8 yıl içerisinde %76,6 oranında artarak 1.8 milyona ulaştığı görülmektedir. Önümüzdeki 4 yıl içerisinde ise dünya çapındaki fabrikalarda yaklaşık 3 milyon endüstriyel robotun kurulmuş olacağı tahmin edilmektedir. Aşağıdaki şekilde Amerika, Asya/Avustralya ve Avrupa’da 2015-2020 yılları arasındaki mevcut ve tahmini endüstriyel robot üretim miktarları yer almaktadır:

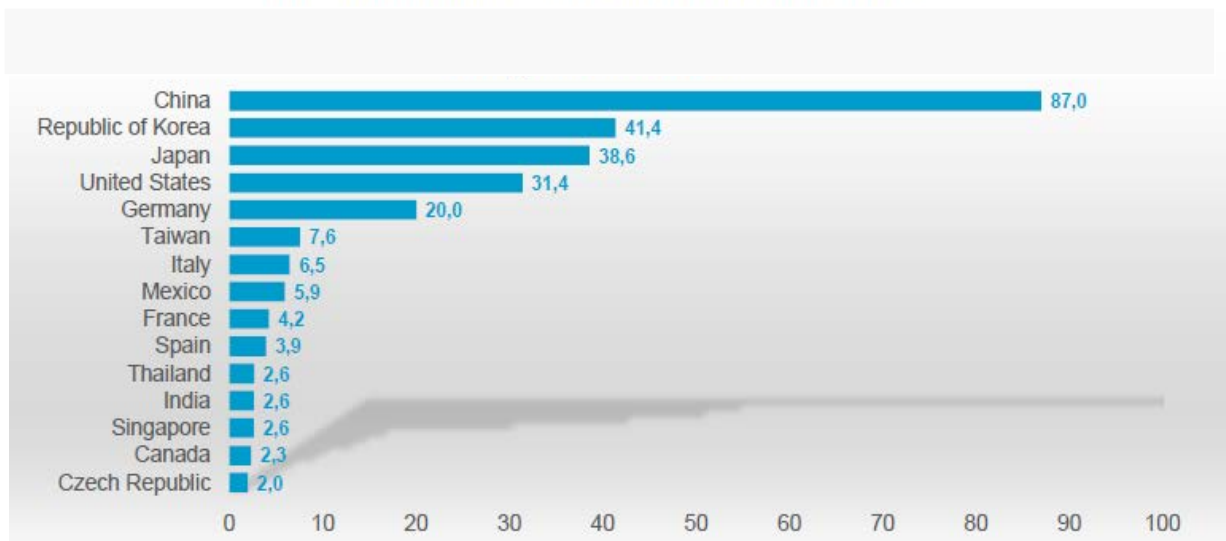
**Şekil 4:** Asya/Avustralya, Avrupa, Amerika Endüstriyel Robot Üretim Miktarı(Bin)



**Kaynak:** Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:8

Şekil 4’ün verilerine göre 2017-2020 yılları arasında yıllık robot üretim artışının Asya/Avustralya’da %17 Amerika’da %12 ve Avrupa’da %7 oranlarında gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Yıllık endüstriyel robot üretimindeki büyümenin sürükleyici gücü Asya’dır. Aşağıdaki şekilde Dünya genelinde endüstriyel robot pazarında en fazla endüstriyel robot üretimi yapan ilk 15 ülke yer almaktadır:

**Şekil 5:** Endüstriyel Robot Üretiminde Yıllık En Yüksek Üretime Sahip 15 Ülke (2016)



**Kaynak:** Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:9

Şekil 5 incelendiğinde, 2016 yılında dünya genelinde endüstriyel robot satışlarının %74'ünün beş büyük pazarda gerçekleştiği görülmektedir. Bu pazarlar; Çin, Güney Kore, Japonya, Amerika ve Almanya'dır. Endüstriyel Robot pazarında Asya ülkelerinin ağırlık kazandığı görülmektedir. Özellikle Çin'in 2020 yılı itibarıyla global robot pazarında %40 oranında paya sahip olacağı öngörülmektedir. 2020 yılında Asya kıtasındaki fabrikalarda 1,9 milyon endüstriyel robotun hizmet vereceği tahmin edilmektedir. Çin, 2016 yılında toplam endüstriyel robot pazarındaki %30 Pazar payıyla lider ülke konumuna gelmiştir. Çin, 2016 yılında 87.000 adet endüstriyel robot üretimiyle, Avrupa ve Amerika'nın toplam endüstriyel robot üretim hacmine (97.000 adet) yaklaşmıştır. Çinli robot üreticileri 2016 yılında yurtiçi endüstriyel robot pazar paylarını %31'e yükseltmişlerdir.

Güney Kore endüstriyel robot pazarında dünyanın ikinci büyük pazarıdır. Güney Kore'de elektrik ve elektronik endüstrisinin robot üretimine dair büyük yatırımları sayesinde yıllık satışlar önemli ölçüde artış göstermiştir. Güney Kore'de 2016 yılında, 2015 yılına göre %8 oranında artışla, 41.400 adet robot satışı gerçekleşmiştir. Güney Kore, dünyadaki en yüksek robot yoğunluğuna sahip ülkedir. 2016 yılında imalat sanayinde 10.000 çalışan başına yaklaşık 630 adet robot bulunmaktadır. Kore, LCD ve hafıza kartı üretiminde bir dünya lideridir.

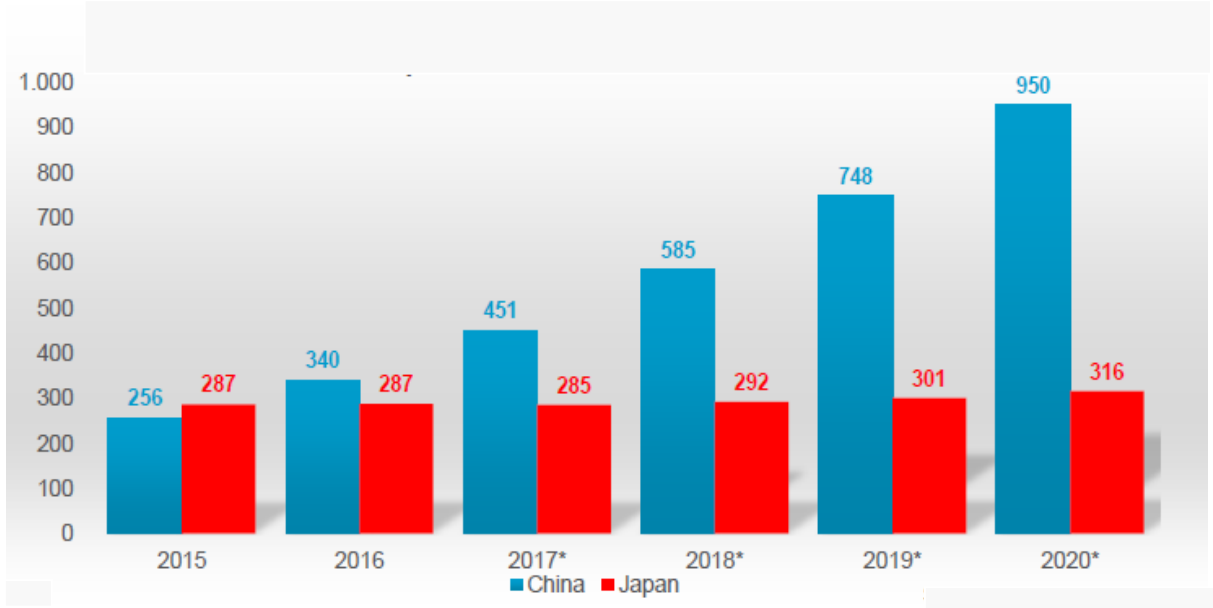
Japonya'da robot satışları 2016 yılında bir önceki yıla göre %10 artarak 38.600 adete ulaşmıştır. Bu rakam, 2006 yılından bu yana görülen en yüksek seviyedir. Japonya, robot üreten ülkeler arasında en hakim konuma sahiptir. 2010 yılından bu yana, endüstriyel robotlara yönelik artan talebi karşılamak için Japon robot üreticilerinin üretim kapasitesi artmıştır. Japon robot üreticileri, 2010 yılında 73.900 adet robot üretirken, 2016 yılında bu rakam iki kat artarak 152.600 adete çıkmıştır. Bu rakam, Japon robot üreticilerinin 2016 yılında global robot üretiminin %52'sini karşılamış oldukları anlamına gelmektedir.

Amerika'da robot tesislerinin artmasıyla birlikte endüstriyel robot üretimi bir önceki yıla göre %14 oranında artarak 31.400 adete yükselmiştir. 2010 yılından bu yana devam eden bu büyümenin itici gücü, denizaşırı pazarlardaki Amerikan endüstrisinin rekabet gücünü arttırmak için üretimde otomasyon eğiliminin artmış olmasıdır. Amerika'da yurtiçinde üretim sektörüne yapılan yatırımları sürdürebilmek için yurtdışına yatırım yapmış üreticilerin yeniden yurtiçine dönüşleri sağlandı. Bu gelişmeyle birlikte, Amerika'da robot yoğunluğu, özellikle otomotiv endüstrisinde önemli düzeyde artış göstermiştir. Amerika, 10.000 çalışan başına kurulu olan 1.261 robot ile 2016 yılında Kore'den sonra ikinci sırada yer almıştır. Amerika'daki robotların çoğu, Japonya, Kore ve Avrupa'dan ithal edilmektedir.

Almanya, dünya robot pazarında beşinci büyük pazardır. Avrupa'da üretilen ve endüstride kullanılan robotların %36'sı ve Avrupa'da toplam satılan robotların %41'i Almanya'da üretilmektedir. Almanya'da 2016 yılında satılan robot sayısı 2015 yılına göre %5 artarak 20.039 adete yükselmiştir(<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/ifr-forecast-1.7-million-new-robots-to-transform-the-worlds-factories-by-20>).

Aşağıdaki şekilde 2015-2020 yılları arasında Çin ve Japonya pazarında hizmet veren endüstriyel robotlara ilişkin mevcut ve tahmini veriler yer almaktadır:

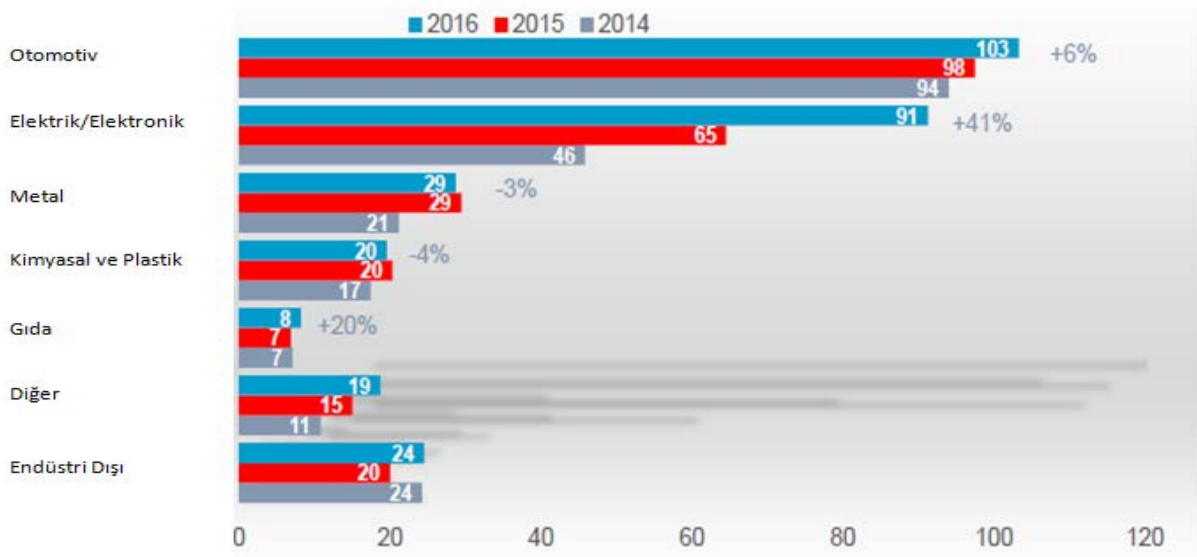
**şekil 6:** Çin ve Japonya Pazarındaki Mevcut ve Tahmini Endüstriyel Robot Sayısı



**Kaynak:** Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:16.

şekil 6 incelendiğinde, 2020 yılı itibariyle Çin pazarında endüstriyel robot sayısının 950.000'e ulaşacağını tahmin edildiği söylenebilir. Çin özellikle 2007 yılında endüstriyel robot üretimine ilişkin belirlediği politikaları uygulamasıyla birlikte dünya çapında endüstriyel robot pazarına hakim bir ülke haline gelmiştir. Çin'de 2017 yılında bir önceki yıla göre endüstriyel robot sayısında %33 oranında artış gerçekleşmiştir. Bu artışın her geçen yıl yükselerek devam edeceği beklenmektedir. Aşağıdaki şekilde dünya genelinde ana endüstrilerde kurulmuş olan endüstriyel robot verileri yer almaktadır.

**şekil 7:** Dünya Genelinde Ana Endüstrilerde Endüstriyel Robotların Yıllık Arz Miktarı



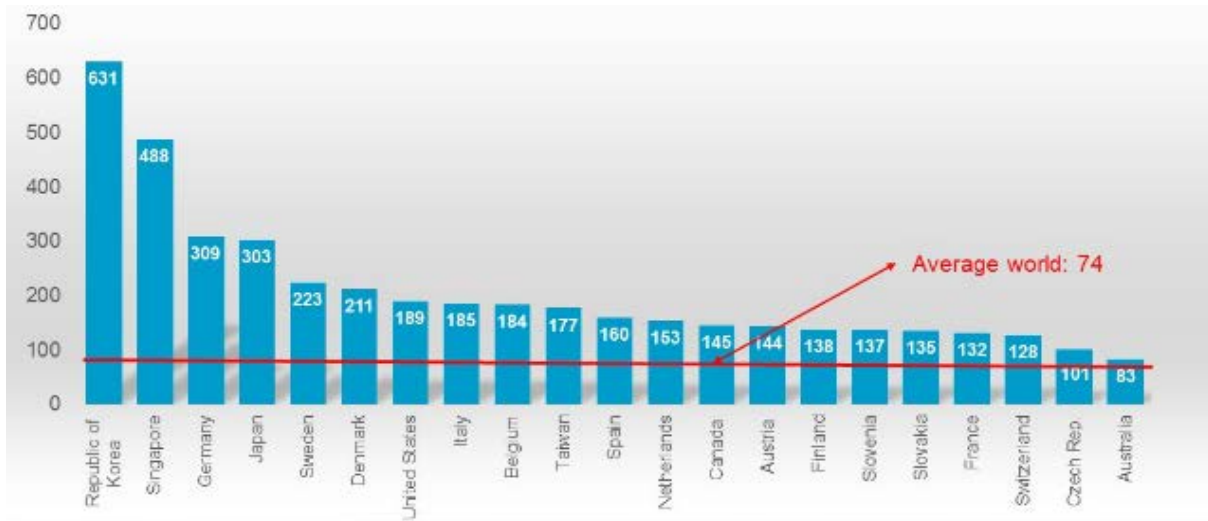
**Kaynak:** Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:7.



Üretimde otomasyon dünya çapında giderek artmaktadır. Endüstriyel robotların sektörlere göre yıllık üretim miktarları değerlendirildiğinde; 2015 yılında olduğu gibi 2016 yılında da yıllık arz miktarında en yüksek büyüme %41 oranıyla elektrik/elektronik sektöründe olmuştur. Otomotiv sektöründeki robot üretimi 2015 yılında olduğu gibi 2016 yılında da artış göstermiştir. Otomotiv sektöründeki %6 oranındaki yıllık üretim artışı 2010-2014 yılları arasında yaşanan dikkate değer artışın bir sonucudur. Otomotiv endüstrisi 2016 yılında toplam arz içindeki %35'lik payıyla hala endüstriyel robotların en büyük müşterisidir. Elektrik/Elektronik endüstrisi özellikle 2010-2015 yıllarında yakaladığı artış oranlarıyla 2016 yılında toplam arz içinde %31'lik payı yakalamıştır. Elektrik/Elektronik endüstrisindeki endüstriyel robotların en büyük müşterisi Asya pazarında yer alan Çin, Japonya ve Kore'dir (Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:7).

Üretimde otomasyon rekabetinde, Avrupa Birliği şu anda yarışın ön sıralarında yer almaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinin %65'inde, 10.000 çalışan başına endüstriyel robot yoğunluğu ortalamasının üzerindedir. 2017 yılı verilerine göre 10.000 çalışan başına Avrupa'da endüstriyel robot yoğunluğu 99, Amerika'da 84 ve Asya'da 63 adettir. 2015 yılı Dünya Robot İstatistikleri verilerine göre robotik sistemlerin uluslararası pazar değeri yaklaşık olarak 32 milyar dolar düzeyindedir. Şekil 5'te yer alan Robotik Yoğunluk Dağılımı, uluslararası pazarlardaki mevcut otomasyon derecesini belirlemek amacıyla kullanılan önemli bir performans göstergesidir. Örneğin, imalat sektöründe ortalama küresel robot nüfus yoğunluğu 10.000 çalışan başına 74 adet robottur.

**Şekil 8:** İmalat Sektöründe Robot Yoğunluğu Uluslararası Ortalama Robot Yoğunluğunun Üzerinde Olan Ülkeler



**Kaynak:** <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>

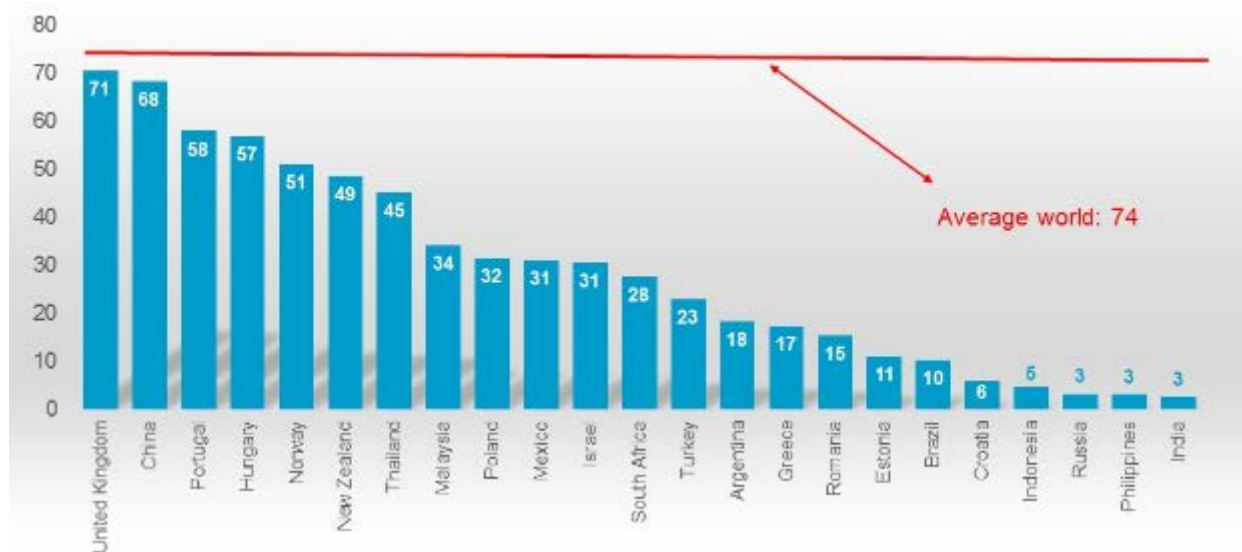
Şekil 8 incelendiğinde, Avrupa Birliği ülkelerinin robot yoğunluklarının dünya ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilir. Avrupa'daki en güçlü büyüme rakamları Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde görülmektedir. Robot yoğunluğu, imalat sanayindeki otomasyon derecesini ifade etmektedir. Son yıllarda Asya kıtasındaki yüksek hacimli robot tesislerinin kurulmuş olmasının bir sonucu olarak bölge imalat sanayinde robot yoğunluğunda en yüksek büyüme oranına ulaşmıştır. 2010-2016 yılları arasında Asya'da robot yoğunluğunun ortalama yıllık büyüme oranı %9, Amerika'nın %7 ve Avrupa'nın %5 düzeyinde gerçekleşmiştir. Dünyanın imalat sanayinde otomasyon düzeyi en yüksek 10 ülkesi Kore, Singapur, Almanya,

Japonya, İsveç, Danimarka, ABD, İtalya, Belçika ve Tayvan olarak sıralanabilir. Kore, dünya çapında 2010 yılından beri imalat sanayinde en yüksek robot yoğunluğuna sahip ülke olma konumunu devam ettirmektedir. Kore'nin robot yoğunluğu (10.000 çalışan başına 631 adet) küresel robot yoğunluğu (10.000 çalışan başına 74 adet)'nin (631/74) 8,5 katıdır. Bu yüksek büyüme oranı, özellikle otomotiv ve elektrik/elektronik endüstrisinde yüksek hacimli robot kurulumlarının bir sonucudur. Singapur global robot yoğunluğu sıralamasında 2016 yılında 10.000 çalışan başına 488 robot sayısı ile Kore'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Robotların yaklaşık %90'ı Singapur'daki elektronik endüstrisinde kuruludur. Avrupa'nın en yüksek otomasyonuna sahip ülkesi Almanya'dır. Almanya 10.000 çalışan başına 309 robotla dünya robot yoğunluğu sıralamasında üçüncü sırada yer almaktadır. Almanya, Avrupa'da 2016 yılında üretilen ve endüstride kurulu bulunan endüstriyel robot pazarında %36, toplam endüstriyel robot satışında %41 oranında paya sahiptir. Almanya'da yıllık robot üretimi, 2018-2020 yılları arasında genel ve otomotiv endüstrisindeki artan robot talebiyle birlikte, ortalama olarak yılda en az %5 oranında büyümeye devam edecektir.

Japonya, 10.000 çalışan başına 303 adet robot sayısı ile, dünya robot yoğunluğu sıralamasında dördüncü sırada yer almaktadır. Japonya, dünyanın önde gelen endüstriyel robot üreticisidir. 2016 yılında Japon robot üreticilerinin kapasitesi 153.000 adete ulaşmıştır. Bu rakam şimdiye kadar kaydedilen en yüksek seviyedir. Günümüzde Japon üreticiler, global robot üretiminin %52'sini sağlamaktadır.

Amerika'da robot yoğunluğu 2016 yılında 10.000 çalışan başına 189 robota yükselmiştir. Böylece Amerika, global robot yoğunluğu sıralamasında yedinci sıraya yerleşmiştir. 2010 yılından buyana Amerika'da yerli üretim tesislerinin modernizasyonu sayesinde robot satışlarında artış kaydedilmiştir. Bu büyümenin temel nedeni, küresel pazarda Amerikan endüstrisini güçlü hale getirmek ve yurtdışına giden yerli üreticileri geri getirmeyi başarabilmek için üretimde otomasyon eğiliminin devam etmesiydi. Amerika'da otomotiv endüstrisi 2016 yılında toplam satışların %52'si ile endüstriyel robotların ana müşterisi olma yolunda ilerlemektedir. Amerika'da robot satışlarının 2017-2020 yılları arasında yıllık ortalama %15 oranında artacağı tahmin edilmektedir (<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>). Aşağıdaki şekilde imalat sanayinde robot yoğunluğu, uluslararası ortalama robot yoğunluğunun altında olan ülkelere ait veriler yer almaktadır.

**Şekil 9:** İmalat Sektöründe Robot Yoğunluğu Uluslararası Ortalama Robot Yoğunluğunun Altında Olan Ülkeler



**Kaynak:** <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>

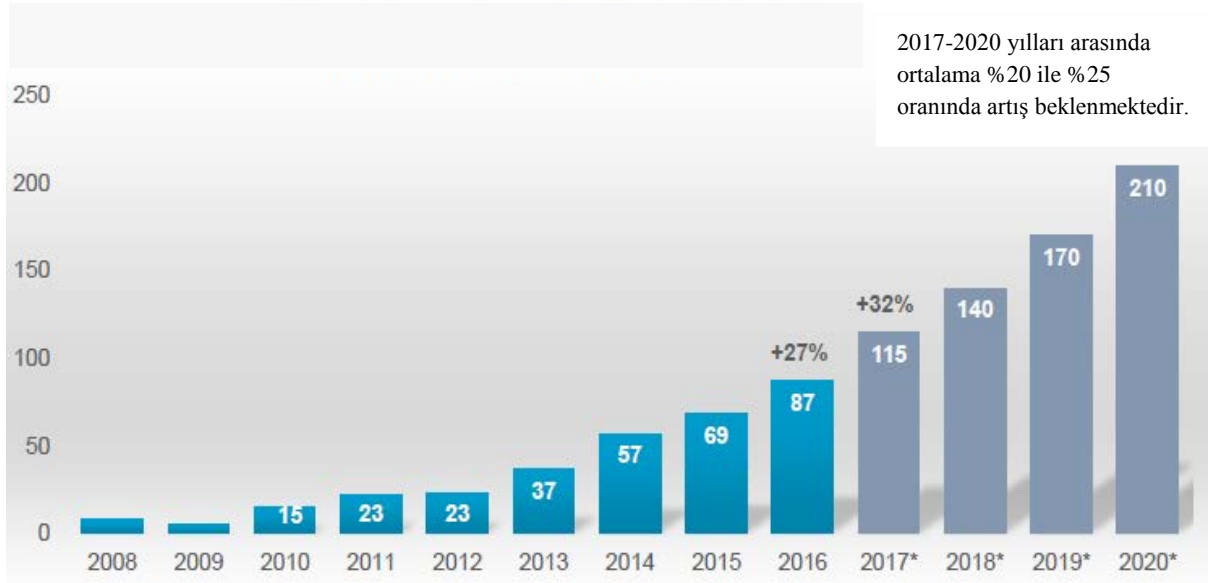
Şekil 9 incelendiğinde imalat sektöründe robot yoğunluğu uluslararası ortalama robot yoğunluğunun altında kalan ülkeler arasında 10.000 çalışan başına 23 robot ile ülkemizin de yer aldığı görülmektedir. Robot yoğunluğu en düşük ülkeler arasında Hindistan (3), Filipinler (3), Rusya (3), Endonezya (5) ve Hırvatistan (6) yer almaktadır. Robot yoğunluğu giderek artan ülkeler arasında ise İngiltere (71) ve Çin (68) yer almaktadır.

İngiltere, 10.000 çalışan başına 71 adet robot sayısı ile global robot yoğunluğu ortalamasının altında kalan tek G7 ülkesidir. İngiltere, global robot yoğunluğu sıralamasında 22. sırada yer almaktadır. İngiltere’de imalat sanayinde genel olarak verimliliği arttırmak ve üretim tesislerini modernize etmek için yatırımlara ihtiyaç vardır. Düşük robot yoğunluğu oranı da bu gerçeğin bir göstergesidir. İngiltere’nin AB’den ayrılma kararına rağmen, kapasite artırımını ile yerel ve yabancı otomotiv şirketlerinin modernizasyonuna dair önerilen birçok yatırım planı bulunmaktadır. Ancak, şirketlerin gümrük vergilerine ilişkin belirsizlikler nedeniyle yatırımcıların ülkede kalıp kalmayacağı net değildir.

Çin, robot yoğunluğu gelişiminde dünyanın en dinamik ülkesidir. Özellikle 2013-2016 yılları arasında robot tesislerinin önemli ölçüde artması nedeniyle, yoğunluk oranı 2013 yılında 25 adetten 2016 yılında 68 adete yükselmiştir. Bugün Çin, dünya robot yoğunluğu sıralamasında 23. sıradadır. Çin hükümeti, 2020 yılına kadar dünyanın robot yoğunluğu dolayısıyla otomasyonu yüksek ilk 10 ülkesi arasına girmeyi planlamaktadır. 2020 yılına kadar Çin’de 10.000 kişi başına düşen robot sayısının 150 adete ulaşması hedeflenmektedir. Çin hükümetinin diğer bir amacı, 2020 yılına kadar yurtiçinde 100.000 adet endüstriyel robotun üretilmesi ve satışının gerçekleştirilmesidir. 2017 yılında Çin’de yerli robot üreticileri 27.000 adet, yabancı robot üreticileri 60.000 adet robot üretmişlerdir (<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>).

Çin, “Made in China 2025” başlıklı 10 yıllık ulusal planıyla, birkaç yıl içinde en iyi teknolojik endüstriyel ülkelerden biri olmayı hedeflemektedir. Bununla birlikte Pekin’in 2020 yılında 10.000 çalışan başına düşen robot yoğunluğunu 150’ye ulaştırabilmesi için, Çin’de 600.000 ila 650.000 arasında yeni endüstriyel robotun üretilmesi gerekecektir. Dünyada 2015 yılında global pazarda yaklaşık 254.000 endüstriyel robot satıldığı düşünüldüğünde bu durum daha iyi anlaşılabilir. Günümüzde Çin, halihazırda endüstriyel robot üretim liderliğini elinde tutan bir pazardır. 2015 yılında Çin’in endüstriyel robot üretimi yaklaşık 68.600 adet ile bir önceki yıla göre %20 artarak tüm Avrupa pazarının toplam üretim hacmi (50.100 adet)’ni aşmıştır. Toplam üretim 2016 yılında %27, 2017 yılında %32 oranında artış göstermiştir. 2017-2020 yılları arasında ise ortalama %20 ile %25 oranında artarak 2020 yılında yaklaşık 210.000 adede ulaşabileceği tahmin edilmektedir. Bu, Çin’in 2020 yılında global endüstriyel robot pazarında %40 Pazar payına sahip olması anlamına gelmektedir. Bu durum aşağıdaki şekilde özetlenmektedir (<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2016>; Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:10):

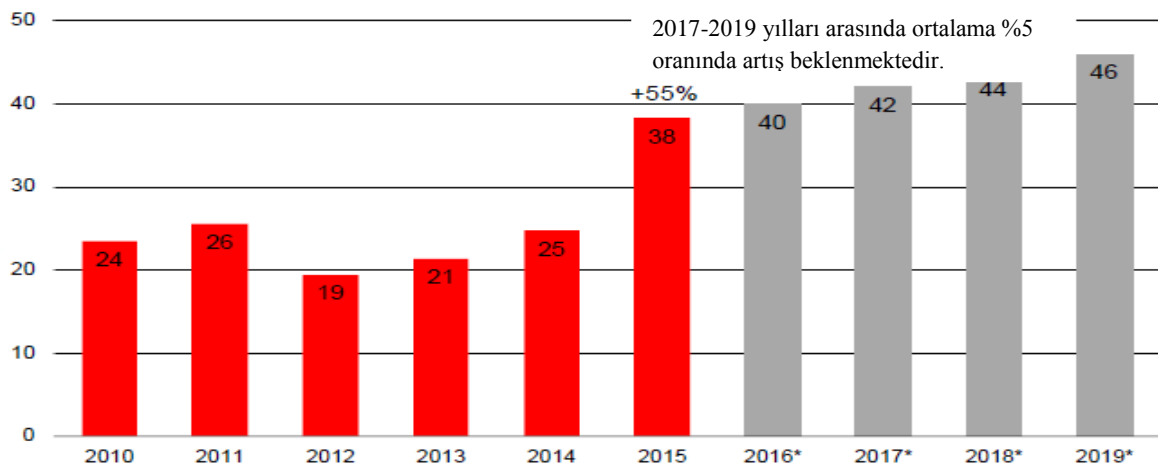
**Şekil 10:** Çin'nin Endüstriyel Robot Üretim Miktarı (Bin Adet/Yıllık)



**Kaynak:** Gemma, Verl ve Litzenberger, 2017:10.

Kore ve Japonya, dünyanın en büyük ikinci ve üçüncü endüstriyel robot pazarını oluşturmaktadırlar. 2015 yılında endüstriyel robot üretim miktarı Kore'de %55, Japonya'da %20 oranında artış göstermiştir. Singapur'la birlikte Kore ve Japonya, imalat sektöründe robot yoğun global otomasyon ekonomilerinin sıralamasını yönetmektedir. İstikrarlı bir ekonomik yapıda hem Kore hem de Japonya'nın 2016-2019 yılları arasında robot üretim miktarlarının yıllık ortalama %5 oranında büyüyebileceği öngörülmektedir (IFR, World Robotic Report, 2016:2). Bu durum aşağıdaki şekilde özetlenmektedir:

**Şekil 11:** Kore'nin Yıllık Endüstriyel Robot Üretim Miktarı (Bin Adet)



**Kaynak:** Gemma, Verl ve Litzenberger, 2016:10

Uluslararası Robotik Federasyonu (International Federation of Robotics – IFR) verilerine göre 2011 yılında endüstriyel robot pazarı dünya çapında 8.5 milyar dolarlık üretim hacmi elde etmiş olup, 2013-2016 yılları arasında 12.3 Milyar Euro değerinde yeni profesyonel robotun satılacağı öngörülmüştür. Federasyon, dünyadaki robot sistemleri üretiminin %70'ini Japonya, Çin, ABD, Kore ve Almanya'nın gerçekleştirdiğini ileri sürmektedir. 2013 yılı sonunda

dünyada endüstriyel robot sayısı 1.3 ila 1.6 milyona ulaşmış olup 2020 yılı sonunda 3 milyona ulaşacağı öngörülmektedir (<https://www.stm.com.tr/yayinlar/robotik-teknolojileri/robotik-teknolojileri.html>).

Tablo 1’de çok amaçlı endüstriyel robotların seçilmiş ülkeler itibariyle yıllık sevkiyatlarına ilişkin gerçek ve tahmini rakamlar yer almaktadır ([https://ifr.org/img/uploads/Executive\\_Summary\\_WR\\_Industrial\\_Robots\\_20171.pdf](https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_20171.pdf): 23).

**Tablo 1:** Çok Amaçlı Endüstriyel Robotların Gerçek ve Tahmini Sevkiyat Rakamları

Ülke	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2017/ 2016	2020/ 2018
<b>Amerika</b>	<b>38.134</b>	<b>41.295</b>	<b>48.000</b>	<b>50.900</b>	<b>58.200</b>	<b>73.300</b>	<b>%16</b>	<b>%15</b>
<b>Kuzey Amerika</b>	<b>36.444</b>	<b>39.671</b>	<b>46.000</b>	<b>48.500</b>	<b>55.000</b>	<b>69.000</b>	<b>%16</b>	<b>%14</b>
Amerika	27.504	31.404	36.000	38.000	45.000	55.000	%15	%15
Kanada	3.474	2.334	3.500	4.500	3.000	5.000	%50	%13
Meksika	5.466	5.933	6.500	6.000	7.000	9.000	%10	%11
Brezilya	1.407	1.207	1.500	1.800	2.500	3.500	%24	%33
Güney Amerika’nın Geri Kalanı	283	417	500	600	700	800	%20	%17
<b>Asya/Avustralya</b>	<b>160.558</b>	<b>190.542</b>	<b>230.300</b>	<b>256.550</b>	<b>296.000</b>	<b>354.400</b>	<b>%21</b>	<b>%15</b>
Çin	68.556	87.000	115.000	140.000	170.000	210.000	%32	%22
Hindistan	2.065	2.627	3.000	3.500	5.000	6.000	%14	%26
Japonya	35.023	38.586	42.000	44.000	45.000	48.000	%9	%5
Kore	38.285	41.373	43.500	42.000	44.000	50.000	%5	%5
Tayvan	7.200	7.569	9.000	9.500	12.000	14.000	%19	%16
Tayland	2.556	2.646	3.000	3.500	4.000	5.000	%13	%19
Diğer Asya/Avustralya	6.873	10.741	14.800	14.050	16.000	21.400	%38	%13
<b>Avrupa</b>	<b>50.073</b>	<b>56.043</b>	<b>61.200</b>	<b>63.950</b>	<b>70.750</b>	<b>82.600</b>	<b>%9</b>	<b>%11</b>
Orta ve Doğu Avrupa	6.136	7.758	9.900	11.750	13.900	17.500	%28	%21
Fransa	3.045	4.232	4.700	4.500	5.000	6.000	%11	%8
Almanya	19.945	20.039	21.000	21.500	23.500	25.000	%5	%6
İtalya	6.657	6.465	7.100	7.000	7.500	8.500	%10	%6
İspanya	3.766	3.919	4.300	4.600	5.100	6.500	%10	%15
İngiltere	1.645	1.787	1.900	2.000	2.300	2.500	%6	%10
Diğer Avrupa	8.879	11.843	12.300	12.600	13.450	16.600	%4	%11
<b>Afrika</b>	<b>348</b>	<b>879</b>	<b>800</b>	<b>850</b>	<b>950</b>	<b>1.200</b>	<b>-%9</b>	<b>%14</b>
Ülkelerce Belirtilmemiş	4.635	5.553	6.500	7.000	8.000	9.400	%17	%13
<b>Toplam</b>	<b>253.748</b>	<b>294.312</b>	<b>346.800</b>	<b>379.250</b>	<b>433.900</b>	<b>520.900</b>	<b>%18</b>	<b>%15</b>

**Kaynak:** [https://ifr.org/img/uploads/Executive\\_Summary\\_WR\\_Industrial\\_Robots\\_20171.pdf](https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_20171.pdf): 18.

Dünyada endüstriyel robot üretimi merkezi haline gelmiş olan Çin’de 2015-2017 yılları arasında geçen son üç yılda endüstriyel robot sevkiyat sayısı toplam 270.556 düzeyinde gerçekleşmiş olup 2007 yılında Çin hükümeti tarafından uygulamaya konulan endüstri yol haritasına göre 2025 yılında ülkede robotik piyasasının 1 milyon endüstriyel robot ve 70 milyar dolar hacme sahip olacağı tahmin edilmektedir (<https://www.stm.com.tr/yayinlar/robotik-teknolojileri/robotik-teknolojileri.html>). Aşağıdaki tabloda dünyada ar-ge’ye ayrılan beşerî ve finansal kaynaklara ilişkin veriler yer almaktadır:

**Tablo 2:** Dünyadaki Ülkelerin Ar-Ge'ye Ayırdıkları Beşerî ve Finansal Kaynaklar (Milyon\$)

Sıra No	ÜLKELER	Gayrisafi Yurtiçi Ar-Ge Harcaması/GSYH %	1.000 Çalışan Başına Araştırmacı	Ar-Ge Harcamaları (Milyon \$)
1	<b>AMERİKA</b>	<b>2,8</b>	<b>9,1</b>	<b>462.765,6</b>
2	<b>ÇİN</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>	<b>376.858,9</b>
3	EU28	2,0	8,0	346.318,9
4	<b>JAPONYA</b>	<b>3,3</b>	<b>10,0</b>	<b>154.689,3</b>
5	<b>ALMANYA</b>	<b>2,9</b>	<b>9,0</b>	<b>101.681,2</b>
6	<b>KORE</b>	<b>4,2</b>	<b>13,7</b>	<b>73.719,8</b>
7	FRANSA	2,2	9,8	54.500,1
8	HİNDİSTAN	0,6	0,6	46.258,3
9	İNGİLTERE	1,7	9,2	42.115,0
10	RUSYA	1,1	6,2	36.725,2
11	BREZİLYA	1,2	1,5	35.760,6
12	İTALYA	1,3	4,9	26.809,5
13	CANADA	1,7	8,8	25.888,1
14	AVUSTRALYA	2,1	9,0	21.551,9
15	İSPANYA	1,2	6,6	18.029,3
16	<b>TÜRKİYE</b>	<b>0,9</b>	<b>3,6</b>	<b>15.691,6</b>
17	HOLLANDA	2,0	8,8	15.383,1
18	İSVİÇRE	3,4	8,8	15.243,0
19	İSVEÇ	3,3	13,6	14.187,1
20	AVUSTURYA	3,1	9,9	11.531,6
21	BELÇİKA	2,5	12,0	11.280,1
22	İSRAİL	4,3	17,4	11.107,0
23	MEKSİKA	0,5	0,8	10.628,5
24	POLONYA	1,0	5,2	9.344,2
25	DANİMARKA	3,0	15,0	7.489,0
26	ÇEK CUMHURİYETİ	1,9	7,4	6.098,0
27	FİNLANDİYA	2,9	15,0	6.030,4
28	NORVEÇ	1,9	11,1	5.784,4
29	GÜNEY AFRİKA	0,7	1,6	4.709,4
30	PORTEKİZ	1,3	8,6	3.522,6
31	İRLANDA	1,5	10,8	3.284,3
32	MACARİSTAN	1,4	5,9	3.244,7
33	YUNANİSTAN	1,0	8,7	2.482,3
34	ENDONEZYA	0,1	0,2	2.016,8
35	YENİ ZELANDA	1,3	7,9	1.984,4
36	SLOVAKYA	1,2	6,4	1.795,3
37	ŞİLİ	0,4	1,0	1.447,2
38	SLOVENYA	2,2	8,4	1.287,0
39	LÜKSEMBURG	1,3	7,1	650,8
40	ESTONYA	1,5	6,7	511,0
41	İZLANDA	2,2	10,6	306,1
42	LETONYA	0,6	4,1	274,7

**Kaynak:** <http://www.oecd.org/innovation/inno/researchanddevelopmentstatisticsrds.htm>, Temmuz, 2017.

**Tablo 3:** Türkiye’deki Ar-Ge Faaliyetleri İstatistikleri (2010-2016)(Milyon TL)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Gayri Safi Yurtiçi Ar-Ge Harcaması/GSYH (%)</b>	<b>0,84</b>	<b>0,86</b>	<b>0,92</b>	<b>0,95</b>	<b>1,01</b>	<b>1,06</b>	<b>0,94</b>
<b>Toplam Ar-Ge Harcaması (Milyon TL)</b>	<b>9.268</b>	<b>11.154</b>	<b>13.062</b>	<b>14.807</b>	<b>17.598</b>	<b>20.615</b>	<b>24.641</b>
Ar-Ge Personel Harcaması (Milyon TL)	4.757	5.726	6.893	7.997	9.220	11.054	12.309
Diğer Cari Ar-Ge Harcamaları (Milyon TL)	3.195	3.688	4.413	4.874	6.141	7.211	9.569
Ar-Ge Yatırım Harcaması (TL)	1.316	1.740	1.757	1.936	2.237	2.350	2.763
<b>Ticari</b>	<b>3.943</b>	<b>4.817</b>	<b>5.891</b>	<b>7.032</b>	<b>8.760</b>	<b>10.309</b>	<b>13.359</b>
Ar-Ge Personel Harcaması (TL)	1.857	2.311	2.937	3.640	4.365	5.273	6.448
Diğer Cari Ar-Ge Harcamaları (TL)	1.559	1.780	2.234	2.547	3.362	4.077	5.822
Ar-Ge Yatırım Harcaması (TL)	526	727	720	844	1.032	959	1.089
<b>Kamu</b>	<b>1.061</b>	<b>1.264</b>	<b>1.437</b>	<b>1.543</b>	<b>1.705</b>	<b>2.131</b>	<b>2.338</b>
Ar-Ge Personel Harcaması (TL)	533	625	701	765	874	977	1.104
Diğer Cari Ar-Ge Harcamaları (TL)	286	383	511	490	520	600	798
Ar-Ge Yatırım Harcaması (TL)	242	256	224	289	311	554	436
<b>Yükseköğretim</b>	<b>4.264</b>	<b>5.073</b>	<b>5.734</b>	<b>6.232</b>	<b>7.133</b>	<b>8176</b>	<b>8.944</b>
Ar-Ge Personel Harcaması (TL)	2.367	2.791	3.254	3.592	3.981	4.805	4.757
Diğer Cari Ar-Ge Harcamaları (TL)	1.349	1.525	1.668	1.837	2.258	2.534	2.949
Ar-Ge Yatırım Harcaması (TL)	548	757	813	803	894	837	1,238
<b>Ar-Ge İnsangücü (Sayı)</b>	<b>147.417</b>	<b>164.287</b>	<b>184.301</b>	<b>196.321</b>	<b>213.686</b>	<b>224.284</b>	<b>242.213</b>
Ticari	45.922	55.023	61.378	69.018	73.737	77.551	83.873
Kamu	13.598	14.076	14.445	13.894	13.903	14.217	13.372
Yükseköğretim	87.897	95.188	108.478	113.409	126.046	132.516	144.968
<b>Ar-Ge İnsangücü (Tam Zamanlı Eşdeğer)</b>	<b>81.792</b>	<b>92.801</b>	<b>105.122</b>	<b>112.969</b>	<b>115.444</b>	<b>122.288</b>	<b>136.953</b>
Ticari	37.522	45.408	52.233	58.391	61.945	66.667	72.579
Kamu	11.357	11.749	12.088	12.004	12.230	12.328	11.799
Yükseköğretim	32.913	35.644	40.801	42.574	41.269	43.293	52.576

**Kaynak:** TÜİK, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1082](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1082), 2018.

Dünyanın lider endüstriyel robot üreticisi ülkelerinin Ar-Ge verileri ile Türkiye'nin Ar-Ge verileri karşılaştırıldığında son derece vahim rakamlarla karşılaşmaktayız. Türkiye'de 2016 yılında GSYH'si içinde Ar-Ge harcamalarının payı %0,94 iken, Amerika'nın %2,8, Çin'in %2,1, Japonya'nın %3,3, Kore'nin %4,2 ve Almanya'nın %2,9 oranında paya sahip oldukları görülmektedir. Endüstriyel Robot üretiminde lider ülkelerin Ar-Ge harcamalarıyla Türkiye'nin Ar-Ge harcamaları karşılaştırıldığında Amerika'nın Ar-Ge harcamasının Türkiye'nin 29 katı, Çin'in Ar-Ge harcamasının Türkiye'nin 24 katı, Japonya'nın Ar-Ge harcamasının Türkiye'nin 10 katı, Almanya'nın Ar-Ge harcamasının Türkiye'nin 6 katı ve Kore'nin Ar-Ge harcamasının Türkiye'nin 5 katı olduğu söylenebilir.

Tablo 3 incelendiğinde, ülkemizde 2016 yılında Ar-Ge personel harcamasının toplam 12.309 milyon TL olduğu görülmektedir. 2016 yılı Ar-Ge personel sayılarına ilişkin veriler incelendiğinde ise Özel ve Kamu sektörü ile Üniversitelerde çalışan Ar-Ge personelinin toplam sayısının 242.213 olduğu görülmektedir. Kamu sektöründe çalışan Ar-Ge personeli sayısı ise sadece 13.372'dir.

Ülkemiz Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge personeli istihdamı konusunda dünyadaki işletmelerle rekabet edebilmek için gerekli stratejik kararları olmak ve uygulamak zorundadır. Özellikle dördüncü sanayi devrimi denilen Endüstri 4.0 için endüstriyel robot üretimi yeni dünya düzenine uyum sağlayabilmenin temel şartıdır. Bu nedenle nitelikli Ar-Ge personeli yetiştirebilmek, GSYİH içerisinde Ar-Ge harcamalarının payını arttırabilmek, Üniversitelerin mevcut ve potansiyel kaynaklarını değerlendirebilmek önem taşımaktadır. Ülkemizdeki üniversitelerin bir kısmında halihazırda faaliyet gösteren robot laboratuvarları ile uygulama ve araştırma merkezleri bulunmaktadır. Bunlar arasında, Boğaziçi Üniversitesi, Bahçeşehir Üniversitesi, ODTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, Özyeğin Üniversitesi, Atılım Üniversitesi, Üsküdar Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi gibi üniversiteler yer almaktadır. Üniversitelerin bünyelerinde yer alan bu merkezlerin koordineli olarak çalışmaları, aynı ve benzer konular yerine endüstriyel robot üretimine yoğunlaşmaları, merkez bünyesindeki araştırmacıların TÜBİTAK projeleri kapsamında robot geliştirebilmeleri, ülkemizde yüksek katma değer sağlayan endüstriyel robot üretimi endüstrisinin gelişimine katkıda bulunabilecektir.

Ülkemiz açısından dördüncü sanayi devriminde endüstriyel robot kullanıcısı olmaktan ziyade endüstriyel robot üreticisi ülke olmamız diğer önemli bir konudur. Öyle ki 2017 yılı TÜİK tarafından yayımlanan istihdam istatistikleri incelendiğinde 15 yaş ve üstü nüfus sayısının 59 milyon 894 bin olduğu, bu nüfusun 31 milyon 643 bin'inin çalışabilir nitelikte olduğu, 28 milyon 189 bin'inin istihdam edilirken 3 milyon 454 bin kişinin işsiz olduğu söylenebilir. Bir önceki yıla göre işsiz nüfus sayısı %3,72 oranında artış göstermiştir (<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27699>) TÜİK tarafından yapılan Hanehalkı işgücü anket sonuçlarına göre 2017 yılında üniversite mezunu olan 7 milyon 350 bin kişinin 6 milyon 420 bin'i istihdam edilirken 930 bin kişinin işsiz olduğu belirlenmiştir. 2014-2017 yılları arasında mezun olan toplam 26 milyon 217 bin üniversite mezununun 23 milyon 162 bin'i istihdam edilirken 3 milyon 056 bin'i işsizdir ([http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1007#](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1007#)). ÖSYM tarafından 2016 yılında yapılan mezun olunan alan işgücü durumu araştırması verileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.



**Tablo 4:** Üniversite Bölümlerine Göre İşgücü Durumu Verileri (2014-2017)

Eğitim Durumu ve Mezun Olunan Alan	İşgücü (Bin Kişi)				İşsiz (Bin Kişi)				İşsizlik Oranı%			
	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
<b>Yükseköğül veya Fakülte</b>	<b>5.691</b>	<b>6.284</b>	<b>6.892</b>	<b>7.350</b>	<b>606</b>	<b>692</b>	<b>828</b>	<b>930</b>	<b>10,6</b>	<b>11,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,7</b>
<i>Öğretmen Eğitimi ve Eğitim Bilimleri</i>	786	880	995	1.019	58	69	86	99	7,4	7,8	8,6	9,7
<i>Sanat</i>	141	173	203	222	23	28	43	45	16,3	16,2	21,2	<b>20,4</b>
<i>Beşerî Bilimler</i>	164	188	209	248	11	17	22	33	6,7	9,0	10,5	13,2
<i>Diller</i>	111	121	138	153	9	13	19	25	8,1	10,7	13,8	16,4
<i>Sosyal Bilimler ve Davranış Bilimleri</i>	527	559	563	584	59	65	76	89	11,2	11,6	13,5	15,2
<i>Gazetecilik ve Enformasyon</i>	24	23	26	24	7	4	5	5	29,2	17,4	19,2	<b>19,1</b>
<i>İş ve Yönetim</i>	1.547	1.772	1.967	2.131	211	235	271	281	13,6	13,3	13,8	<b>13,2</b>
<i>Hukuk</i>	109	147	167	171	8	10	10	19	7,3	6,8	6,0	11,2
<i>Biyoloji, Çevre ve İlgili Birimler</i>	75	84	85	77	11	17	12	12	14,7	20,2	14,1	16,0
<i>Fiziki Bilimler</i>	154	157	166	175	22	20	20	27	14,3	12,7	12,0	15,7
<i>Matematik ve İstatistik</i>	86	93	92	91	8	9	13	13	9,3	9,7	14,1	<b>14,0</b>
<b><i>Bilgisim ve İletişim Teknolojileri</i></b>	<b>119</b>	<b>105</b>	<b>112</b>	<b>121</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>16,8</b>	<b>17,1</b>	<b>17,0</b>	<b>19,9</b>
<b><i>Mühendislik ve Mühendislik İşleri</i></b>	<b>662</b>	<b>708</b>	<b>775</b>	<b>817</b>	<b>58</b>	<b>62</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>	<b>9,4</b>	<b>9,0</b>
<i>İmalat ve İşletme</i>	129	146	147	157	17	18	27	22	13,2	12,3	18,4	<b>14,2</b>
<i>Mimarlık ve İnşaat</i>	230	235	261	280	25	24	33	38	10,9	10,2	12,6	13,5
<i>Tarım, Ormancılık ve Bahççılık</i>	129	144	142	140	15	22	18	17	11,6	15,3	12,7	<b>12,4</b>
<i>Veterinerlik</i>	45	49	55	53	3	4	4	6	6,7	8,2	7,3	10,7
<i>Sağlık</i>	350	379	426	490	11	19	27	47	3,1	5,0	6,3	9,6
<i>Sosyal Hizmetler</i>	26	42	50	70	5	10	12	18	19,2	23,8	24,0	<b>26,4</b>
<i>Kişisel Hizmetler</i>	139	143	168	176	18	22	28	25	12,9	15,4	16,7	<b>14,3</b>
<i>İş Sağlığı ve Ulaştırma Hizmetleri</i>	16	16	17	21	2	3	4	4	12,5	18,8	23,5	<b>18,0</b>
<i>Güvenlik Hizmetleri</i>	119	122	129	131	3	4	6	7	2,5	3,3	4,7	<b>5,0</b>

**Kaynak:** [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1007](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1007) verilerinden düzenlenmiştir.

Tablo 4’te yer alan araştırma sonuçlarına göre, genel işsizlik oranı 2016 yılında %12 iken, 2017 yılında 0,7 puan artarak %12,7 oranına yükselmiştir. Mezun olunan alana göre 2017 yılı itibariyle en yüksek işsizlik oranına sahip üç alan Sosyal Hizmetler (26,4), Sanat (20,4) ile Bilişim ve İletişim Teknolojileri (19,9) olarak sıralanabilir. 2017 yılı itibariyle en düşük işsizlik oranı ise Güvenlik Hizmetleri (5,0) alanına aittir. 2016 yılına göre işsizlik oranı düşen alanlar arasında Gazetecilik ve Enformasyon (19,1), İş ve Yönetim (13,2), Matematik ve İstatistik (14,0), Mühendislik ve Mühendislik İşleri (9,0), İmalat ve İşleme (14,2), Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık (12,4), Kişisel Hizmetler (14,3), İş Sağlığı ve Ulaştırma Hizmetleri (18,0) yer almaktadır. Mezun olunan alana göre 2017 yılında üniversite mezunlarının %29’unu İş ve Yönetim alanı mezunları oluştururken, Mühendislik ve İşleri alanı mezunları %10,7’sini, Bilişim ve İletişim Teknolojileri alanı mezunları %1,8’ini, İmalat ve İşleme alanı mezunları %2,2’sini, Matematik ve İstatistik alanı mezunları %1,3’ünü oluşturmaktadır.

İşsiz nüfus sayısı yıllar itibariyle artan bir ülkede özellikle de imalat sanayinde işçi yerine endüstriyel robotların kullanılması ekonomik hayatı olumsuz yönde etkileyebilecektir. Bu nedenle ülkemiz açısından Endüstri 4.0 devrimine yönelik stratejik yol haritasında endüstriyel robot kullanıcısı ülke olmaktan çok endüstriyel robot üreticisi ülke olma yönünde kararların alınması önem arz etmektedir. Türkiye, Çin Hükümetinin izlediği politikayı benimsemeli ve robotik nüfus yoğunluğu düşük ancak endüstriyel robot üretim düzeyi yüksek olan ülkeler arasında yerini almalıdır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Dördüncü sanayileşme devrimiyle birlikte 2015 yılından itibaren robotlar üretim sektöründe yeni bir alan yaratarak önemli roller üsteleneceklerdir. Özellikle üretim endüstriyel robotların kullanımıyla dönüşüme uğrayacaktır. İletişim üretimin her aşamasında yer alacak, siber-fiziksel sistemler olarak makine, depolama sistemleri ve üretim tesisleri bütünleşecektir. Akıllı fabrikalarda esneklik, maliyet etkinliği ve verimlilik geniş ölçüde artış gösterecektir. Fabrikalarda görevler değişecek, işçiler rutin görevlerinden kurtulmuş olacaklardır. Fabrikalarda sağduyu, yaratıcılık, problem çözebilme beceri ve yetenekleri gerektiren işler için personel ihtiyacı ortaya çıkacaktır. İnsan robot iş birliği üretim endüstrisinde yeni bir iş süreci olarak gelişme gösterecektir. Endüstriyel robotlar işçilere çeşitli görevlerde yardımcı olacak, üretimin kalitesi ve süreçlerinde gelişme görülecek, verimlilik artışları yaşanacaktır. Robotlar özellikle yaşlanan işgücünün fiziksel olarak zorlandığı görevlerde yardımcı rol üstlenecektir. 2015-2018 yılları arasında endüstriyel robot üretiminde Çin ve Güneydoğu Asya ülkelerinin en önemli itici güçlerden biri olacağı, Kuzey Amerika’dan endüstriyel robotlara yönelik talep artışlarının devam edeceği, Batı Avrupa ülkelerinde üretimler artarken, Doğu Avrupa ülkelerine yönelik üretimlerin ivme kazanarak artacağı tahmin edilmektedir (Baroncelli ve Gemma, 2015).

Ülkemizde ise, yaklaşık olarak 200 otomasyon şirketi bulunmaktadır. Şirketlerin bir kısmı ithalat yapmakta, diğer büyük bir kısmı da mühendislik hizmeti vermektedirler. Bu şirketler arasında dünyadaki otomasyon devlerinin tümü yer almakta ve çok az sayıda şirket temsilciler aracılığıyla faaliyetlerini sürdürmektedirler. Türkiye’de faaliyet gösteren otomasyon şirketleri incelendiğinde, 2/5’inin proses endüstrisinde, 3/5’inin de kesikli üretim sektöründe bulunduğu söylenebilir. Ancak, ciroları itibariyle elde etmiş olduğu kazançlar açısından proses endüstrisine hizmet eden şirketler daha büyük paylara sahiptirler. Kesikli üretim sektörüne hizmet eden şirketlerin büyük bölümü otomotiv sektöründe olup, ülkemizin lojistik konum avantajı, yetenekli mühendis ve gelişmiş yan sanayi avantajlarından yararlanarak sürekli büyüme göstermelerine rağmen, ihtiyaç duydukları endüstriyel ekipmanların büyük bölümünü

ithal etmektedirler. Bu durum ülkemizin otomasyon pazarında olumlu bir etki yaratmamaktadır. Kesikli üretim sektörüne hizmet eden beyaz eşya firmaları ise kendi bünyelerinde geliştirmiş oldukları otomasyon departmanlarıyla üretimlerini sağladıklarından otomasyon ve endüstriyel robotik üretim pazarı açısından ülkemize katkı sağlamamaktadırlar (<http://www.endustriotomasyon.com/tr/icerik/sayfa/dunyada-ve-turkiyede-robot-teknolojisi>).

Endüstri 4.0 olarak tanımlanan dördüncü sanayi devriminde Türkiye endüstriyel robot pazarında üretim odaklı bir anlayış benimseyerek, üniversite sanayi işbirliğine dayalı, benzer ve birbirinin aynı proje üretmenin dışında yüksek katma değer yaratan robot, yazılım ve donanım geliştirmeye yönelik çalışma ve projelerin üretilmesini teşvik edecek politikalar geliştirilmelidir. Üniversitelerimizin makine, elektronik ve mekatronik mühendisliği bölümlerine yönelik laboratuvar ve bilimsel destek oranları arttırılmalı, araştırmacıları teşvik edebilmek amacıyla yarışmalar düzenlenmeli, Ar-Ge harcamalarında özellikle Ar-Ge personeline yapılan harcamalar arttırılmalı, nitelikli katma değer yaratan projeler üretebilecek yetenek ve kabiliyete sahip araştırmacıların yetişmesine destek olunmalıdır.

### **Kaynakça**

- Alfred, D. ve Chandler, Jr. (1994). *Scale and Scope: The Dynamics Of Industrial Capitalism*, The Belknap Press of Harvard University Press, Harvard.
- Baroncelli, Arturo ve Gemma, Joe, (2015). “Industrial Robots are Conquering the World”, The IFI Press Conference, 30 September, Frankfurt.
- Çeliksaş, M.S.; Sonlu, G., Özgel ve S., Atalay, Y. “Endüstriyel Devrimin Son Sürümündü Mühendisliğin Yol Haritası”, *Mühendis ve Makina*, 56(662), <http://docplayer.biz.tr/3639386-Endustriyel-devrimin-son-surumunde-muhendisligin-yol-haritasi.html> (Erişim: 05/06/2017).
- EKOIQ, (2014). “Akıllı” Yeni Dünya Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Bilişimin Endüstriyle Buluştuğu Yer Türkiye “Akıllı” Üretime Hazır mı?, *EKOIQ Dergisi Özel Eki*, Aralık, ss.1-17.
- Frederick, Donna Ellen, (2016). “Libraries, Data and The Fourth Industrial Revolution (Data Deluge Column)”, *Library Hi Tech News*, 33(5), ss.9-12.
- Gemma, Joe; Verl, Alexander ve Litzenger, Gudrun (2017). *How Robots Protect The EU In Global Competition, World Robotics Industrial Robots, Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies*, IFR Press Conference, 29 September, Frankfurt.
- Kagermann, H.; Wahlster, W. ve Helbig, J. (2013). “Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0,” Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Ed:Ariane Hellinger ve Veronika Stumpf, acatech-National Academy of Science and Engineering, April, ss.13-78.
- Rifkin, Jeremy (2013). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, The Economy, and The World*, January 8, St Martin’s Press, New York, NY.
- <http://www.endustriotomasyon.com/tr/icerik/sayfa/dunyada-ve-turkiyede-robot-teknolojisi> (Erişim Tarihi: 07/042016).
- <http://www.osym2016.com/node/422> (Erişim Tarihi: 028/03/2018).
- <https://www.stm.com.tr/yayinlar/robotik-teknolojileri/robotik-teknolojileri.html> (Erişim Tarihi: 25/03/2087).

2016FEB\_Press\_Release\_IFR\_Robot\_density\_by\_region\_EN\_QS (Erişim Tarihi: 17/03/2018).

[www.ifr.org](http://www.ifr.org) (Erişim Tarihi: 25/03/2018).

<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2017> (Erişim Tarihi: 23/03/2018).

[https://ifr.org/img/uploads/Executive\\_Summary\\_WR\\_Industrial\\_Robots\\_20171.pdf](https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_20171.pdf) (Erişim Tarihi: 23/03/2018).

[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8MRFKcZ17B8J:https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/9.Robotik%2520Teknolojileri\\_2016-08-03-11-00-47.pdf+%&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8MRFKcZ17B8J:https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/9.Robotik%2520Teknolojileri_2016-08-03-11-00-47.pdf+%&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr) (Erişim Tarihi: 17/06/2017).

<http://www.siemens.com.tr/endustri40> (Erişim Tarihi: 14/05/2017).

[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1007#](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1007#) (Erişim Tarihi: 02/04/2018).

<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27699> (Erişim Tarihi: 02/04/2018).

<https://ifr.org/free-downloads/> (Erişim Tarihi: 24/03/2018).

<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/ifr-forecast-1.7-million-new-robots-to-transform-the-worlds-factories-by-20> (Erişim Tarihi: 27/03/2018).

<http://www.oecd.org/innovation/inno/researchanddevelopmentstatisticsrds.htm> (Erişim Tarihi: 22/03/2018).

[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1007](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1007) (30/03/2018).

[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1082](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1082) (29/03/2018).

## EXPANDED ABSTRACT

### Fourth Industrial Revolution Industry 4.0: World and Turkey Reviews

Global strong economies make great investments, especially to strengthen their production industries. In the globalizing world, developments in the social, cultural, economic, technological, human and digital fields have made the system of relations based on cooperation among countries compulsory. In the global market, keeping customers has become harder than winning them. Therefore, today's enterprises look for ways to shorten times of supplying products, to increase flexibility and to make massive personalized productions in order to be able to respond faster to increasing consumer expectations. Increasing production has become a key factor in the increasing competition environment. All of these will be easier to realize thanks to Industry 4.0, which is defined as the Internet of objects. Industry 4.0, which emerged in Germany and then spread all over the world, has come to the fore after the gradual change of competitive advantages from the strongest industrial powers of the last 60 years such as Germany, the US and Japan to the emerging economies such as China, India, Korea and Brazil.

Industry 4.0 aims to completely change the existing industrial processes through the application of information technology to traditional industrial processes. However, there are important milestones that need to be completed during the transition to the next-generation intelligent factories. There are several steps to be completed in Industry 4.0 process such as establishment of information technology infrastructure, safety and security, training, continuity of professional information, adaptation of legal legislation, reorganization of the organization in accordance with complex systems, redefinition of the division of labor and tasks, restructuring of the hardware architecture. As a consequence, it is important to begin preparations for the fourth industrial revolution on the basis of country, state, industry, university, company and individual as soon as possible and to make the necessary investments in infrastructure. In order to provide competition of our country in the industrial robot markets, it is required to develop policies that promote the production of projects, which aim development of software and hardware, and high value-added robots other than producing similar projects, based on university-industry collaboration; to increase the laboratory and scientific support rates for the mechanical, electronic and mechatronics engineering departments of our universities; to organize competitions in order to encourage researchers; to increase expenditures on R&D personnel; and to support the education of researchers with talent and ability to produce qualified value-added projects.

Against this background, this study aims to study the influence of new industrial revolution, Industry 4.0, in the world and Turkey. In the study, within the frame of Turkey's 2023 vision, R&D expenditures in the World and Turkey, production and exportation of high value-added, technology-intensive industrial robots and employment of R&D personnel are studied in the scope of increasing emphasis on R&D, innovation and value-added, high-tech-intensive production and exportation that are significant in the application of industry 4.0 and similar industrialization alternatives. In addition, this study also aims to analyze Turkey's current situation, within the context of its aim of 6% export of high-tech products in 2022, among developed and developing economies, and to offer suggestions.