



## ENDÜSTRİ 4.0 VE KARANLIK ÜRETİM: GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AKBEN  
Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep  
ibrahim.akben@hku.edu.tr

Öğr.Gör. İlker İbrahim AVŞAR  
Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep  
avsar@gantep.edu.tr

**ÖZ:** Endüstri 4.0 ya da dördüncü sanayi devrimi olarak bilinen bu süreç, son üretim teknolojilerinin, otomasyon sistemlerinin ve bu sistemi oluşturan teknolojilerinin bir birleriyle veri alışverişinde bulunduğu sistemi ifade etmektedir. Bu yeni sistem, Siber Güvenlik, Siber-Fiziksel Sistemler, Bulut Teknolojileri, Akıllı Fabrikalar, Nesnelerin İnterneti, İnternet Servisleri, Öğrenen Robotlar, Büyük Veri, Sanal Gerçeklik ve 3 Boyutlu Yazıcılar gibi yüksek teknoloji içerikli bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin rol aldığı üretim sistemi ise karanlık üretim olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 ve Karanlık Fabrikalar bağlamında, insanları işçi olmaktan çıkarıp, planlayıcı ve koordinatör pozisyonuna taşımak adına insanlarla ve etraflarındaki akıllı cihazlar ile bağlantı kurabilen makine öğrenmesi yeteneklerine sahip robotlarla karanlık üretim yaklaşımı ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, karanlık üretim, karanlık fabrikalar  
**Jel Kodları:** M11, M15, O14

## INDUSTRY 4.0 AND LIGHT OUT MANUFACTURING: AN OVERVIEW

**ABSTRACT:** Industry 4.0 or the fourth industrial revolution refers to the system in which the latest production technologies exchange data with one of the automation system and the technologies that make up this system. This new system; Cyber Security, Cyber-Physical Systems, Cloud Technologies, Smart Factories, Internet of Objects, Internet Services, Learning Robots, Big Data, Virtual Reality and 3D Printers. Light out factories represent the production mode in which all of these systems are used in production systems.

In this study, In the context of Industry 4.0 and Light out factories, the non-luminous production approach of robots that are able to communicate with humans and intelligent devices around them, which has the ability of soldering robot, machine learning ability, forming the infrastructure of human being to come out from being a worker and reaching a planner and coordinating position is discussed.

**Keywords:** Industry 4.0, lights-out manufacturing, dark factories  
**Jel Classification:** M11, M15, O14.

## 1. GİRİŞ

İmalat işletmelerinin, yerel ve küresel pazarlarda rekabet edebilme gücü özel sektöre dayalı ekonominin için önemlidir. Dünya’da ve Türkiye’de değişen şartlar ile “sanayileşme” temel amaç olmaktan çıkmıştır ve artık “rekabet gücünü” artırmak temel amaç haline gelmiştir (Çağlar, 2006, 307). Rekabet için işletmelerde fark oluşturacak en değerli şey ise bilgidir (Uzun ve Durna, 2008). Endüstri 4.0 Türkiye’nin sanayide rekabet edebilmesi için gereklidir (“Türkiye’nin Sanayi 4.0 Dönüşümü”, 2018). İmalat işletmeleri bir yandan Endüstri 4.0’a adapte olmaya çalışırken diğer taraftan da, endüstrinin çevreye olan etkilerinin en aza indirgenmesi için toplum 5.0 olarak adlandırılan ve ilk defa Japonya’da ortaya çıkan yeni endüstrileşme sürecine ‘de hazırlıklı olmaları gerekmektedir (“From Industry 4.0 to Society 5.0”, 2017).

Bu çalışmanın amacı, son zamanlarda gündemde olan Endüstri 4.0 süreci ve bu sürecin doğal sonucu olacak karanlık fabrikalar konusuna değinmek ve bu imalat tekniğinin avantajları ve dezavantajları konusuna dikkat çekmektir. Bu amaçlar doğrultusunda çalışma birinci bölümü giriş, ikinci bölümü endüstrileşme süreci ve endüstri 4.0, üçüncü bölümü Karanlık Üretim, dördüncü ve son bölümü ise sonuç kısmı olmak üzere toplam dört ana bölümden oluşmaktadır.

## 2. ENDÜSTRİLEŞME SÜRECİ VE ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri devrimlerinin başlangıç zamanına dair araştırmacılar arasında küçük farklar vardır. Bu farkları ortaya koymak adına bu bölümde endüstri devrimleri ana hatları ile incelenerek endüstri devrimlerinin başlangıçlarındaki belirleyici etkenlerin neler olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

Endüstri devrimi terimi endüstrideki ekonomik ve sosyal sistemin teknolojik değişimini ifade eder. Özellikle bu ifade, işin durumu, hayat şartlarının değişimi ve ekonomik zenginliğe odaklanmada kendine yer bulur. 18.yüzyılın ortalarında sanayi açısından ilk hareket İngiltere’den başlayarak ABD’de devam etmiştir, sonrasında Almanya gibi Avrupa ülkeleri de tarım toplumundan sanayi toplumuna geçiş sürecine dâhil olmuşlardır. Sanayi devriminin avantajları kullanılarak küçük işletmeler büyük fabrikalara dönüştürülmüş, böylece makinelerle donatılmış büyük fabrikalar ilk endüstri dalgasını oluşturmuştur (Dombrowsi ve Wagner, 2014).

İkinci endüstri devrimi süreci 19. yüzyılın sonunda Almanya’nın liderliğinde gerçekleşmiştir ve bu sürece ABD’nin de katılması, elektriğin kullanılması ile güç kazanarak kimya, petrol, plastik ve çelik sektörlerinde hayat bulmuştur. Bu dönemde üretimde çizgi hat üretim bandı gibi üretim modellerine geçiş yapılmıştır (Tunzelmann, 2003).

Üçüncü sanayi devrimi süreci 20.yüzyılın son çeyreğinde ABD ve Doğu Asya’nın önderliğinde bilgi, iletişim teknolojileri ve biyoteknoloji, nanoteknoloji, yarı iletken, alanlarındaki gelişmelerle ortaya çıkmıştır (Dombrowsi ve Wagner, 2014; Tunzelmann, 2003).

Tunzelmann’ın ilk üç sanayi devriminin belirleyici özelliklerine yönelik çalışması Tablo 1’de özetlenmiştir.

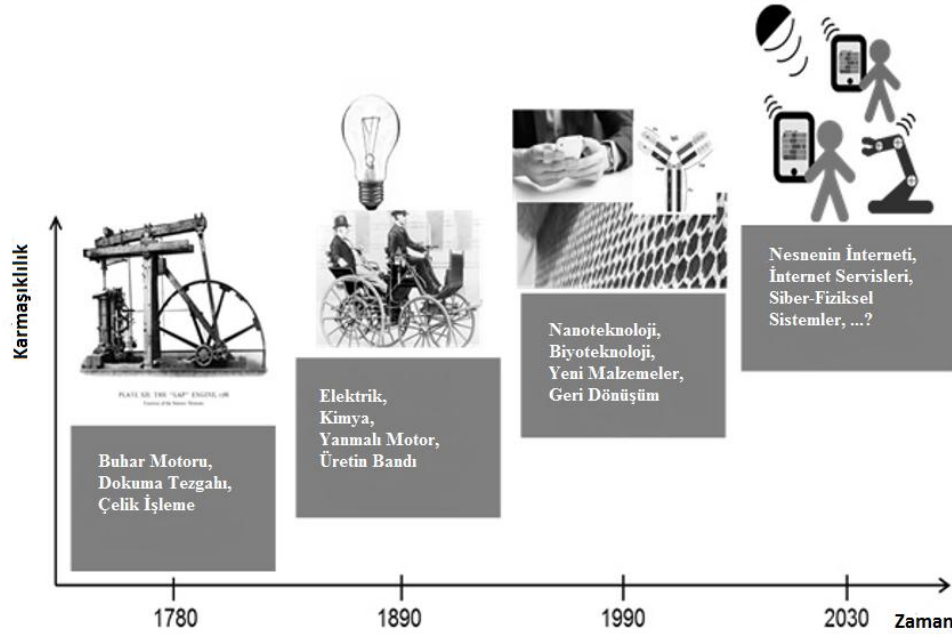
Tablo.1 İlk Üç Endüstri Çağının Kronolojisi (Tunzelmann, 2003).

	1.Endüstri Devrimi	2.Endüstri Devrimi	3.Endüstri Devrimi
<b>Yaklaşık tarih</b>	1750-1815	1870-1914	1973-
<b>Yer</b>	Birleşik Krallık	Almanya, ABD	ABD, Doğu Asya
<b>Teknoloji</b>	Makine	Kimya	Bilgi ve iletişim teknolojileri, Biyoteknoloji
<b>Motive</b>	Su, Buhar	Elektrik, petrol	Nükleer ve yenilenebilir enerji
<b>Malzeme</b>	Demir	Çelik, plastik	Silikon, akıllı malzeme
<b>Otomasyon</b>	Dönüşüm	Transfer	Kontrol
<b>Süreç tipi</b>	Emek	Sermaye	Bilgi
<b>Şirket büyüklüğü</b>	Küçük	Büyük	Küçük ve büyük
<b>Avantajları</b>	Uzmanlık	İç bütünleşme	Dış bütünleşme
<b>Organizasyon</b>	Girişimci	Çok ortaklı	Ağ
<b>Endüstri yapısı</b>	Rekabetçi	Oligopolistik	Karma
<b>Sermaye tipi</b>	Kişisel	İdari	Çok ortaklı
<b>Yönetim biçimi</b>	Market	Aşamalı sistem	Ağ

Federico Faggin 1967 yılında başladığı çalışmalar sonucunda 1970-1971 yıllarında mikro işlemci tasarımının yöntemini ve yonga tasarımını geliştirerek bu alanın gelişmesine öncülük etmiştir (Thomson, 2015, 135). Bu çalışmalardan ötürü Tunzelman gibi bazı araştırmacılar tarafından 1970'li yılların başı üçüncü sanayi devriminin başlangıcı olarak sayılmıştır. Bu başlangıç başta silikon temelli bilişim ürünlerinde çeşitliliğe yol açmış ve bilgisayar ağları gelişmiştir.

Dombrowsi ve Wagner'in sanayi devrimlerinin belirleyici özelliklerine yönelik çalışması Şekil 1'de verilmiştir:

Şekil.1 Endüstri Devrimlerinin Kronolojisi (Dombrowsi ve Wagner, 2014, 101).



## 2.1. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 ile sıkça birlikte anılan sayısal üretim, akıllı ve çevik üretim yapan akıllı fabrikaları ifade eder (Möller, 2016). Literatürde Endüstri 4.0 ile ilgili çeşitli tanımlar kullanılmış olmasına rağmen, başlangıçta birbirine bağlı üç faktör için kullanılmıştır (Zezulka, Marcon, Vesely ve Sajdl, 2016, 8):

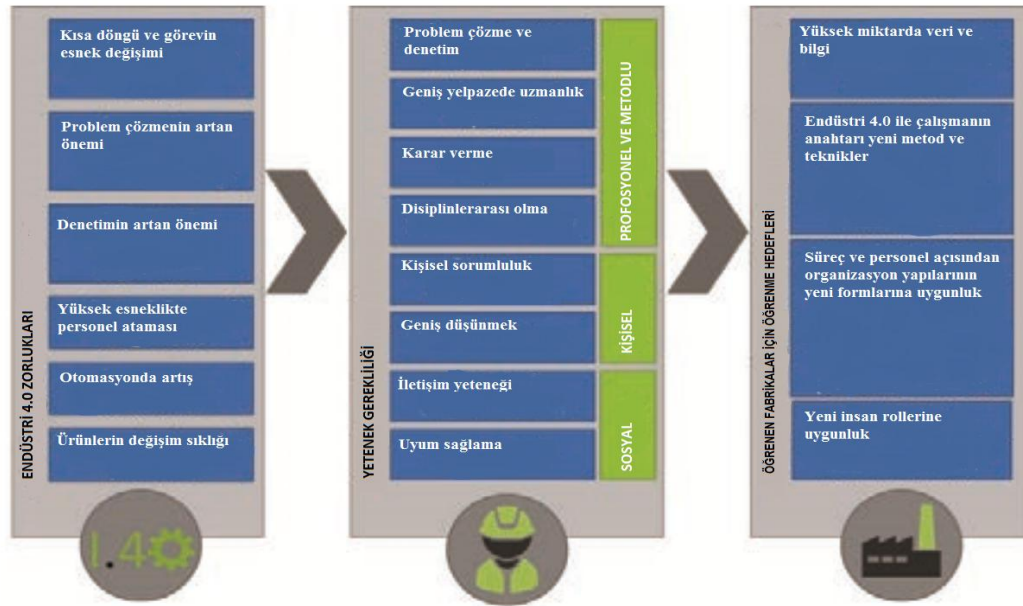
- Basit tekniklerin sayısallaştırılması ve uyumu, karmaşık teknikle ekonomik ilişki, ekonomik karmaşık ağlar,
- Ürünlerin ve hizmetlerin sayısallaştırılması,
- Yeni piyasa modelleri.

Dördüncü sanayi devrimine atfedilen Endüstri 4.0, akıllı sanal-fiziksel sistemler kullanarak akıllı fabrikalar inşa etmek vizyonunu taşır. Endüstri 4.0 otomatik kontrollü akıllı sistemler tarafından kontrol edilen, kendi kendinin konfigürasyonunu yapabilen, kendini izleyebilen, kendini iyileştirebilen üretim ekosistemlerini mümkün kılacaktır. Bunun sonucu olarak endüstri 4.0 eşi benzeri görülmemiş düzeyde operasyonel verimlilik elde edilmesine ve verimlilikteki büyümenin hızlanmasına izin verecektir (Thames ve Schaefer, 2016, 13).

Bu pozitif yönlerine rağmen Endüstri 4.0 süreci Şekil 2'de gösterildiği gibi bazı zorluklara sahiptir. Endüstri 4.0'ın kısa döngü ve görevin esnek değişimi, problem çözmenin ve denetimin artan önemi, yüksek esneklikte personel ataması, otomasyonda artış, ürünlerin değişim sıklığı gibi zorlukları çözebilmek için bazı yetenek gereksinimleri oluşacaktır. Profesyonel, kişisel, sosyal yetenek gereklilikleri ile donatılmış personelin, bu yetenek gerekliliklerine cevap verilmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde yüksek miktarda veri, yeni metot ve teknikler, yeni formda organizasyon yapıları, işletmeleri yeni insan rollerine uygun hale getirme gibi süreçlerin üstesinden gelinebilir (Prinza vd. ,

2016, 114).

**Şekil.2-** Endüstri 4.0'ın zorlukları, yetenek gerekliliği ve öğrenen fabrikalar için öğrenme hedefleri (Prinza vd., 2016, 105).



## 2.2. Endüstri 4.0'ın Muhtemel Etkileri

Endüstri 4.0'ın bazı alanlarda muhtemel etkilerinin olması beklenmektedir. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür ("Endüstri 4.0 Nedir?", 2018):

- Makine kontrolünün artışı ile insan gücü daha geri planda kalacak,
- Mevcut iş gücü azalacak,
- İnsan faktörünün giderek azalması veya pozisyon değiştirmesinin etkileri sosyo-ekonomik hayatta hissedilir etkiler yaratacaktır,
- Üretimini yeni sürece göre yenileyen işletmeler diğerlerine göre avantajlı konuma geçip sektörde öne çıkma şansı elde edeceklerdir,
- Dünya ticaretinde söz sahibi bazı firmalar Endüstri 4.0'a adım atma noktasında kararlı bir tavır henüz göstermemektedirler,
- Yenilikçi son sanayi devrimine yeterince hızlı ve verimli bir şekilde geçebilmek için personelin becerisinin, bilgisinin artırılması zaman alabilir.

Endüstri 4.0 işletmelerde, personelin iş tanımlarının değişmesi, personele başta bilgi teknolojileri alanında olmak üzere kapsamlı eğitimler verme zorunluluğu, değişen üretim ortamı, değişim sürecindeki maliyetler gibi karmaşık bir yenileme süreci gelişeceğinden dolayı bazı zorlu süreçlerden geçmesi olasıdır ("Endüstri 4.0 Nedir?", 2018).

## 2.3. Endüstri 4.0 Bileşenleri

Endüstri 4.0 bir takım bileşenlere sahiptir. Bu bileşenler; siber güvenlik, siber-fiziksel sistemler, bulut teknolojileri, akıllı fabrikalar, nesnelerin interneti, internet servisleri, öğrenen robotlar, büyük veri, sanal gerçeklik ve 3 boyutlu yazıcı teknolojileridir (Hermann, Pentek ve Otto, 2015).

### 2.3.1. Siber Güvenlik

Pek çok kritik uygulamanın alt yapısında merkezi denetim ve veri toplama sistemleri kullanılmakta. Bu uygulamalar siber saldırılara her geçen gün artan bir oranda hedef olmakta (Miller

ve Dale, 2012). Bunun sonucu olarak işletmeler bilişim teknolojilerini verimli bir şekilde kullanabilmek, akıllı cihazların iletişimde kesintiye uğramamak, verilerinin yetkisiz kişilerin eline geçmesini engellemek gibi sebeplerden siber güvenlik uzmanları ile çalışma zorunluluğuyla karşı karşıya kalabilirler.

### 2.3.2. Siber-Fiziksel Sistemler

Siber-Fiziksel Sistemler (SFS), çevredeki fiziksel dünya ve onun devam eden süreçleri ile yoğun bir bağlantı içinde olan; aynı zamanda veri erişim ve veri işleme servislerinin internet üzerinde kullanımında olduğu ortak çalışan hesaplama varlıklarının sistemleridir (Monostori vd., 2016, 621). SFS uygulamasında veri doğrudan algılayıcılardan ölçülebilir veya kontrol ünitelerinden elde edilebilir (Bagheri, Yang, Kao ve Lee, 2017; Hellinger ve Seager, 2011).

### 2.3.3. Bulut Teknolojileri

Bulut Bilişim, imalat sanayi için önemli bir destekleyici olarak ortaya çıkmıştır (Xu, 2012, 75). Talep karşılığında işletmelere sunucu, depolama, ağ, yazılım gibi bilgi teknolojileri kaynağı sağlar (Zhang, Luo, Tao ve Liu, 2012, 174). Daha geniş bir ifadeyle Bulut Bilişim, bilgisayar ağı, sunucu, depolama uygulamaları ve hizmetleri gibi yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarının paylaşıldığı bir havuza isteğe bağlı ağ erişimini kullanışlı hale getirmek için geliştirilmiş bir modeldir (Mell ve Grance, 2011).

### 2.3.4. Akıllı Fabrikalar

Akıllı üretim, üretim ve tedarik zinciri aşamalarında ağ tabanlı bilgi teknoloji bileşenlerinin kullanılması ile oluşur (Davis, Edgar, Porter, Bernaden ve Sarli, 2012, 145). Akıllı Fabrika (AF) endüstri 4.0'ın anahtar özelliğidir (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013). Bir AF teknolojik olarak SFS'lere dayanır. AF ile onun SFS'i yeni kapsamlı sezgisel yetenekleri ve insan-makine etkileşimi gibi teknolojik yeteneklere sahiptir (Grunow, 2015). AF insan ve makinelerin görevlerini yürütmesinde, bağlamdan haberdar sistemlerin yardım ettiği fabrika olarak tanımlanmıştır. Burada bağlamdan haberdar sistem, bir nesnenin konumu ve durumu gibi bir bilgiyi dikkate alabilen sistem anlamında kullanılmıştır. Bu sistemler görevlerini fiziksel ve sanal dünyadan gelen bilgiler ile başarırlar (Lucke, Constantinescu ve Westkamper, 2008, 116). AF, çeşitlenmiş ürün yanında tam zamanında üretimi az fire ile olanaklı kılacak özellikte ve müşteri taleplerine anında yanıt verecek nitelikte olmalıdır (Alçın, 2016).

### 2.3.5. Nesnelerin İnterneti

Yeni İnternet protokolü IPv62'nin 2012 yılında devreye girmesi ile akıllı nesnelerin direk ağlarda iletişim halinde olabilmesi için yeterli adres sağlanmış oldu. Bununla birlikte ağ kaynakları, bilgi, nesneler ve insanlar etkileşime girerek Nesnelerin İnternetini ve Servislerini oluşturmaları mümkün olmuştur. İmalat sektöründe böylesine bir gelişme endüstrileşmenin dördüncü aşaması olarak adlandırılabilir. Nesnelerin İnterneti ve İnternet servisleri üretim sürecinde dördüncü endüstri devrimini başlatmıştır (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013). Nesnelerin İnterneti algılayıcı, taşınır cihaz gibi aygıtların ortak bir amaca hizmet etmek için benzersiz adresleme şemaları ile birbirleriyle etkileşime girmesine ve çevredeki akıllı bileşenlerle işbirliği yapmasına izin verir (Alçın, 2016).

### 2.3.6. İnternet Servisleri

İnternet servisleri (İS), servis sağlayıcıların servislerini internet aracılığı ile sunmalarına imkân tanır (Hermann, Pentek ve Otto, 2015; Atzori, Iera ve Morabito, 2010, 2789). Hizmet için bir altyapı, iş modeli ve servisin kendisi İS modelini oluşturur (Hermann, Pentek ve Otto, 2015). İS ile olası dijitalleştirme seviyesine bağlı olarak işletmelere dünya çapında hizmetler sunulabilir (Buxmann, Hess ve Ruggaber, 2009, 341).

### 2.3.7. Öğrenen Robotlar

Bir robot için önemli kabiliyet olan, geçmiş tecrübelerden edindiği bilgiyle mevcut bir problemi çözebilmesidir. Değişen bir ortamda deneyimlerinden yararlanan insanlar daha başarılı olacaklardır. Robot geliştiricilerin amaçlarından bir tanesi de deneyimlerinden yararlanabilme özelliğini robotlara kazandırmaktır. Bu deneysel bilginin, programcılar tarafından klasik programlamaya göre avantajları vardır. Bir robot için bu avantaj, geçmiş tecrübelerden edindiği bilgilerle bir sorunu çözmesi olacaktır (Modayil ve Kuipers, 2008, 879).

### 2.3.8. Büyük Veri

Büyük veriler (BV), veri tabanlarına ve veri analizine dayalı geleneksel çözümlere alternatif sağlamayı amaçlayan popüler bir olgudur. Bu olgu sadece veri erişimiyle veya büyük verileri depolamaya ilgili değildir. Aynı zamanda BV çözümleri, onları anlamaya ve değerlerini kullanmaya yönelik olarak verileri analiz etmeyi amaçlamaktadır. BV, terabyte, petabyte, hatta exabyte seviyesinde olan veri kümelerine atıfta bulunur, bu veri kümelerinin büyük boyutları, ortalama bir veri tabanı yazılımı aracının veriyi etkin şekilde yakalama, depolama, yönetme ve analiz etme yeteneğinin ötesine geçer (Koseleva ve Ropaite, 2016, 545). BV genellikle geniş aralıkları, karmaşık yapısı ve boyutu nedeniyle geleneksel veri işleme yöntemleri tarafından kullanılmayacak bir veri kümesidir (Kang, vd., 2016, 119). BV kuruluşlar için değer yaratmada ve rekabette önemli bir etkiye sahip olabilir. Örneğin müşteriler ile etkileşimde bulunmakta, yeni ürünler geliştirmekte avantajlar sağlayabilir. Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden olan Nesnelerin İnterneti (Hermann, Pentek ve Otto, 2015) işletmelerde tablettan sensörlere kadar geniş bir cihaz yelpazesinde veri oluşturan yapısıyla BV kullanmanın önemli olduğu alanlardan bir tanesidir (Santos, e Sá ve Galvão, 2017).

### 2.3.9. Sanal Gerçeklik

Sanal Gerçeklik (SG), bilgisayar teçhizatı kullanılan gerçek alanı ve insan faaliyetlerini taklit eder. Bir üç boyutlu ortamın bilgisayar modelinden oluşur ve bu ortamdaki sanal gerçeklik katılımcısı aslında hareket halindeymiş gibi görünür (Tüma, Tüma, Knoflíček, Blecha ve Bradáč, 2015, 1016). Son yıllarda SG teknolojisi önemli ölçüde gelişti. Başlangıçta eğlence için yapılan basit grafik uygulamaları iken, şimdiki SG uygulamaları pek çok mesleki dalda yoğun şekilde kullanılmaktadır. Bu sektörlere sağlık (Bun, Gorski, Grajewski, Wichniarek ve Zawadzki, 2017, 445), oyun (Boone, Foreman ve Engsborg, 2016, 203) örnek olarak verilebilir.

### 2.3.10. Üç Boyutlu Yazıcılar

3 Boyutlu yazıcılar; diğer isimleriyle katkılı üretim veya masaüstü imalat; bilgisayar kontrolü altındaki dijital bir veri formundan üç boyutlu bir nesne üretme teknolojisini ifade eder. 3B yazıcılar plastik, silikon, gıda, cam ve diğer bazı materyalleri yazdırabilirler ve bunları hava araçlarının bileşenleri, mücevherat, moda tasarımı, tıp, diş hekimliği, otomotiv yedek parçası gibi diğer endüstrilerde üretim yapmak için kullanabilirler (Akben, 2017). Bu üretimleri yaparken de insan gücüne pek gereksinim duyulmaz. Bu yüzden de endüstri 4.0 ve karanlık üretim için önemli bir bileşendir.

## 3. KARANLIK ÜRETİM

Karanlık Üretim (KÜ), bilgisayar tarafından kontrol edilen, onu çalıştırmak için hiç bir insana ihtiyaç duymayan makine ile imalat sürecini tanımlar ("Lights Out Manufacturing",2018). Üretim bandında insan faktörü olmadan işin yürütüldüğü fabrikalarda, önceden yüklenmiş aygıtlar dışardan yönlendirme olmadan kendi başlarına proseslere devam edebilmektedirler. Bu yapı bazı kaynaklarda KÜ olarak ifade edilirken (Noël, Manbir ve Lamond, 2007, 162), bazı kaynaklarda ise Karanlık Fabrika (KF) ifadesi görülmektedir (Shirley, Petersen ve Hoells, 1995, 2).

KF ilk olarak 1980'li yılların başında gündeme gelmiştir (New, 1998, 677) ve ilk KF örnekleri

1980'lerde Japonya'da ortaya çıkmaya başlamıştır. Şirketler insan işçiliğinin yüksek maliyetlerini aşmak için robotik ve otomasyon teknolojisindeki gelişmelerden yararlanmaya başlamışlardır. O sıralarda iş analistleri, teknolojinin gelişmesi, kalifiye işçilerin bulunması zorlaştıkça KF'ların dünya çapında daha yaygın hale geleceğini öngörüyorlardı. Ancak ucuz insan emeği ile gelişmekte olan ülkelere imalatın yayılmasının, KF'ların yükselişini geçici olarak önlediği söylenebilir. Ayrıca, General Motors firmasının 1980'lerde KF'lara fabrikalara örnek gösterilen otomatik imalat uygulamasında başarısız olması, bu başarısızlığın sonucu olarak kalitenin ve satışların düşmesi piyasanın dikkatinden kaçmayan bir deneyim olmuştur (Pearson, 2014).

Buna rağmen piyasada farklı uygulamaların olduğunu görmekte mümkündür. Çin'de kurulan bir cep telefonu parçası üreticisi KF'lara örneklerden biridir. Fabrikadaki bir robotun yaklaşık 6-8 kişinin iş gücüne karşılık bir performans göstermesi sonucunda başlangıçta fabrikada çalışan 650 kişi olmasına rağmen KÜ'e geçildikten sonra çalışan sayısı 60'a, hatalı ürün oranı ise %25'den %5'e inmiştir (Alkan, 2018).

KF kavramı üretimde makinelerin ön plana çıktığı, insana ihtiyacın olmadığı bir otomasyonu ifade eder. Makinelerin karanlık ortamlarda da çalışabilmelerinden dolayı KF olarak adlandırılan bu üretim devrimi ülkelerin ve işletmelerin gelecekle için önemlidir (Alkan, 2018).

Değişen pazarlar ve müşteri talepleri nedeniyle imalat sistemleri çeşitli şekillerde değişiyor. Çeşitli talepleri karşılamak için esnek ve çevik üretim sistemleri gerekmektedir. Esnek ve çevik üretimde, ürün türleri, spesifikasyonlar, miktar ve teslim tarihi gibi konular çok karmaşıktır ve müşterilerden gelen siparişler zamanla değişmeye devam eder. Bu gibi durumlarda geleneksel imalat sistemlerinin verimliliği de bir hayli düşük kalabilir (Hoshino, Seki ve Naka, 2008, 15786).

General Motors gibi işletmelerde yaşanan olumsuz deneyimlere rağmen (Pearson, 2014) günümüz şartlarında KÜ hayal değildir (Pinto, 2013). Ancak tamamen insansız üretimin iyi bir model olmadığı, karma modellerin değerlendirilmesi gerektiğini savunanlar da vardır (Zenzen, 2001).

### 3.1. Karanlık Üretim Avantajları

Karanlık üretim, üreticilere birçok avantaj sağlamaktadır ve sağladıkları bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Alkan, 2018):

- Makine ile üretim, daha fazla çalışma saatine karşın daha az kusurlu parça imkânı tanır,
- İlk yatırım maliyeti ve bakım onarım giderleri ile bile makinenin üretimi daha ucuzdur,
- İyi bir planlama ile makinelerin 24 saat çalışması mümkündür,
- İnsanlar Ar-Ge gibi alanlara kaydırılarak daha verimli işlerde kullanılabilirler,
- Bilhassa gece üretimleri gibi durumlarda işletmelere enerjide maliyetin azalması imkânı verir,
- Hızlı üretim imkânından dolayı rekabette geleneksel firmalara göre avantajlıdır.

Karanlık üretim 'in avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajlarının olduğu bir gerçektir; aslında dezavantajları oldukça azdır ve ilk öne çıkan eğitilmiş insan gücüne ihtiyaç duyulacak olmasıdır. KÜ'de eğitilmiş insan gücüne ihtiyaç duyulacak alanlar ("What is 'Lights Out' Manufacturing", 2017):

- Acil ve rutin bakım,
- Kalite kontrol,
- Sistem kurulumu, yeniden yapılandırılması ve yükseltmeleri,
- İç sistemlerin yönetimi, elektrik, sıhhi tesisat ve iletişim,
- Üretim ve işleme sistemlerinin izlenmesi,
- Üretim planlaması ve koordinasyonu,
- Yeni ürün üretiminin uygulaması,
- Yönetim.

## 4. SONUÇ

İşletmelerin küresel rekabet karşısında ayakta kalabilmeleri için Endüstri 4.0'da bahsi geçen

yeni bilişim ve üretim teknolojilerine hızlı bir şekilde adapte olmaları gerekmektedir. İşletmelerin rekabetçi bir güce sahip olmak için kalite ve maliyeti pozitif etkileyecek yöntemleri kullanmaları gerekmektedir. Endüstri 4.0 süreci işletmelere sunduğu son teknolojik üretim sistemleri ile hem kaliteli ve hatasız üretimi hem de başta işgücü kullanılmasından kaynaklı olan maliyetlerin azaltılmasını vaat etmektedir.

Karanlık üretimde iş gücünün en aza indirilmesi bunun tamamen vazgeçileceği anlamı taşımamaktadır. Yalnızca başta kalite kontrol, bakım, sistemin kurulması, üretimin izlenmesi, kontrolü ve yönetim olmak üzere insan gücünün üretim tesisindeki rolleri değişmektedir.

Karanlık üretim sayesinde küresel birçok şirketin, ana ülkelerin dışında ucuz işçilik, ucuz enerji ve çeşitli imkânlar sunan ev sahibi ülkelerde üretim tesisi kurmalarının da önüne geçeceği düşünülmektedir. Hâlihazırda bazı işletmeler denizaşırı ülkelerde bulunan üretim tesislerini tekrar ana ülkelere taşımaktadırlar.

Karanlık üretimde insan kaynaklı üretim hataları düşük seviyelere çekilebildiği için üretilen ürünlerde yüksek kaliteli, düşük maliyetli ve hatasız çıktılar elde edilmektedir. Üretilen ürünlerin hem yüksek kalitede olmaları hem de maliyetlerinin düşük olması işletmeler için ulusal ve uluslararası pazarlarda rakiplerinin önüne geçirecek çok önemli birer rekabet aracı olarak kendini göstermektedir.





**KAYNAKLAR**

- Akben, İ. (2017). 3 Boyutlu Yazıcılar ve Tedarik Zincirine Etkiler. *International Journal of Academic Value Studies (Javstudies)*, 3(10), 20-35.
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 48,(3), 1622-1627.
- Alkan, M. A. (2018). *Karanlık Fabrikala ile İnsansız Üretim*. Endüstri 4.0, Erişim Tarihi: 16.03.2018. <http://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/>.
- Atzori, L., Iera, A., ve Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey, *Computer Networks*.54 (15), 2787-2805.
- Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. ve Lee, J. (2017). Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. *IFAC-PapersOnLine*”, 48(3), 1622-1627.
- Boone, A. E., Foreman, M. H., ve Engsborg, J. R. (2016). Development of a novel virtual reality gait intervention, *Gait&Posture*. 52, 202-204.
- Bun, P., Gorski, F., Grajewski, D., Wichniarek, R., ve Zawadzki, P. (2017). Low – Cost Devices Used in Virtual Reality Exposure Therapy. *Procedia Computer Science*, 104, 445-451.
- Buxmann, P., Hess, T., ve Ruggaber, R. (2009). Internet of Services. *Business & Information System Engineering*, 5, 341-342.
- Çağlar, E. (2006). Türkiye’de Yerelleşme ve Rekabet Gücü: Kümelenmeye Dayalı Politikalar ve Organize Sanayi Bölgeleri. [http://www.tepav.org.tr/sempozyum/2006/bildiri/bolum4/4\\_4\\_esen.pdf](http://www.tepav.org.tr/sempozyum/2006/bildiri/bolum4/4_4_esen.pdf), 305-316.
- Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J., ve Sarli, M. (2012). Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. *Computers and Chemical Engineering*, 47, 145-156.
- Dombrowsi, U., ve Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Variety Management in Manufacturing. Proceedia CIRP*. 17, 100-105.
- Endüstri 4.0 Nedir ?. 4. Sanayi Devrimi Gerçekleşiyor, Erişim Tarihi: 05.07.2017. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/endustri-4-0-nedir--4-sanayi-devrimi-gerceklesiyor/11563#ad-image-0>,
- From Industry 4.0 to Society 5.0: the big societal transformation plan of Japan. i-scoop, Erişim Tarihi: 28 03. 2018, <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0-society-5-0/>.
- Grunow, O. (2015). The Current State of Application Technologies Smart Factory and Industry 4.0. Studylab
- Hellinger, A., ve Seager, H. (2011). Cyber-Physical Systems, Driving force for innovation in mobility, helath, energy and production, *Acatech Poisition Paper*, National Academy of Science and Engineering, Berlin.
- Hermann, M., Pentek, T., ve Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Technische Universität Dortmund*. DOI: 10.13140/RG.2.2.29269.22248
- Hoshino, S., Seki, H., ve Naka , Y. (2008). Development of a Flexible and Agile Multi-robot Manufacturing System. *IFAC Proceedings*, 41(2), 15786-15791.
- 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*. [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf).
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., et al. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3 (1), 111-128.
- Koseleva, N., ve Ropaite, G. (2016). Big Data in Building Energy Efficiency: Understanding of Big Data and Main Challenges. *Procedia Engineering*, 172, 544-549.
- Lights Out Manufacturing, Erişim Tarihi: 27.03.2018, <http://www.macmillandictionary.com/buzzword/entries/lights-out.html>.

- Lucke, D., Constantinescu, C., ve Westkamper, E. (2008). Smart Factory - A Steps towards the Next Generation of Manufacturing. *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, 115-118.
- Mell , P., ve Grance , T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing, *Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. Gaithersburg: NIST Special Publication.
- Miller, B., ve Dale, R. C. (2012). A Survey of SCADA and Critical Infrastructure Incidents. *Conference on Information Technology Education*, Canada: <http://sigite2012.sigite.org/wp-content/uploads/2012/08/session17-paper01.pdf>.
- Modayil, J., ve Kuipers, B. (2008). The initial development of object knowledge by a learning robot, 56 (11), 879-890.
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., et al. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621-641.
- Möller, D.P.F. (2016). Guide to Computing Fundamentals in Cyber-Physical Systems. *Computer Communications and Networks*, Switzerland.
- New, C. (1998). The state of operations management in the UK - a personal view. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(7), 675-677.
- Noël, M., Manbir, S., ve Lamond, B. F. (2007). Tool planning for a lights-out machining system. *Journal of Manufacturing Systems*, 26(3-4), 161-166.
- Pearson, M. (2014). *Why 'Dark Factories' Are Not Good for the Environment*. Erişim Tarihi: 15.05.2017. <http://business-ethics.com/2014/01/02/1516-why-dark-factories-are-not-good-for-the-environment/>.
- Pinto, J. (2013). What is the future of automation in manufacturing ?. Erişim Tarihi: 29.03.2018., <http://www.manmonthly.com.au/features/what-is-the-future-of-automation-in-manufacturing/>.
- Prinza, C., Morlocka, F., Freitha, S., Kreggenfelda, N., Kreimeiera, D., ve Kuhlentöttera , B. (2016). Learning Factory modules for smart factories in Industrie 4.0. *Procedia, CIRP*, 54, 113-118.
- Santos, M. Y., e Sá, J. O., ve Galvão, J. (2017). A big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750-760.
- Shirley, D. A., Petersen, B. L., ve Hoells, M. R. (1995). Electron Spectroscopy Into the Twenty-First Century. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 76, 1-7.
- Thames, L., ve Schaefer, D. (2016). Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 52, 12-17.
- Thomson, J. R. (2015). Chapter 8 – The Second Industrial Revolution – A Brief History of Computing. *High Integrity Systems and Safety Management in Hazardour Industries*. 127-136.
- Tüma, Z., Tüma, J., Knoflíček, R., Blecha, P., ve Bradáč, F. (2015). The Process Simulation using by Virtual Reality. *Procedia Engineering*, 69, 1015-1020.
- Tunzelmann, N. V. (2003). Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions, 370-371.
- Türkiye'nin Sanayi 4.0 Dönüşümü., Erişim Tarihi: 20.03.2018, <http://www.tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8671-turkiyenin-sanayi-40-donusumu>
- Uzun, H., ve Durna, U. (2008). İşletmelerde Rekabet Unsuru Olarak Bilgi Yönetimi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 33-40.
- What is 'Lights Out' Manufacturing?. Erişim Tarihi: 29.03.2018. <http://epgi.com.au/what-is-lights-out-manufacturing>.
- Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), 75-86.
- Zenzen, J. M. (2001). *Automating the Future - A History of the Automated Manufacturing Research Facility 1980-1995*. Erişim Tarihi: 29.04.2018, <https://www.nist.gov/publications/automating-future-history-automated-manufacturing-research-facility-1980-1995>.
- Zeulka, F., Marcon, P., Vesely, I., ve Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon. *IFAC Paper Online.v49(25)*, 8-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.002>.
- Zhang, L., Luo, Y., Tao, F., ve Liu, Y. (2012). Cloud manufacturing: A new manufacturing paradigm. *Enterprise Information Systems* 8 (2), 167-187.

---

**Citation Information/Kaynakça Bilgisi**

Akben, İ. ve Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış, *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 26-37.