

## İLERİ MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI VE TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

### Otomotiv Endüstrisinde Akıllı Fabrika Uygulamaları ve Türkiye’de Adaptasyon Süreci

Berfinsu BARUT\*<sup>1</sup> , Muharrem ÜNVER\*<sup>2</sup> , Celal Türkcan KAYIM\*<sup>3</sup> , Ecem TOPRAK\*<sup>4</sup>   
Ezgi UYSAL\*<sup>5</sup> 

\*Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, 78050, Türkiye

Araştırma Makalesi, Geliş Tarihi: 24.07.2020, Kabul Tarihi: 06.08.2020

#### Özet

Rekabetin arttığı globalleşen dünyada birçok gelişme yaşanmaktadır. Bu gelişmeler içinde Sanayi Devrimleri de yer almaktadır. Zamanımızda Endüstri 4.0 hakimiyetini sürdürmektedir. Endüstri 4.0 ile insan gücünün etkinliği devam edip, geleneksel üretim sistemleri modernleşmiştir. Bu modernleşme ile otomasyon sistemleri geliştirilmiştir ve böylece birbiriyle iletişim kurabilen, öğrenebilen, karar verebilen makineleri de beraberinde getirmiştir, akıllı fabrikanın temellerinin de atılmasını sağlamıştır. Akıllı fabrikalarda çalışan sayısı en az sayıda ve üretimden daha çok üretim yapan makinelerle ilgilenilmektedir. Buradaki amaç ise, insan kaynaklı üretim hatalarını azaltmak, yavaşlamaları engellemek ve uzun süren karar verme sürecini ortadan kaldırmaktır. Yapılan bu çalışma, dinamik ve hızlı gelişen otomotiv sektöründe amortisör üretimi gerçekleştiren işletmenin mevcut durumu incelenmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde kullanılabilir teknoloji hakkında tespitler yapılmış olup, bu teknolojilerin adaptasyon sürecinde yaşanabilecek avantajlar ve dezavantajlar açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Akıllı fabrika, Otomotiv sektörü.

### Smart Factory Applications in the Automotive Industry and Adaptation Process in Turkey

#### Abstract

There are many developments in a globalizing world where competition is increasing. Industrial Revolutions are among these developments. Industry 4.0 continues to dominate in our time. With Industry 4.0, the efficiency of manpower continues and traditional production systems have been modernized. With this modernization, automation systems have been developed, thus bringing machines that can communicate, learn, and make decisions together, and have laid the foundations of the smart factory. Machines dealing with the minimum number of employees in smart factories and producing more than production are dealt with. The aim is to reduce man-made production errors, prevent slowdowns and eliminate long-term decision making. In this study, the current situation of the enterprise that produces shock absorbers in the dynamic and rapidly developing automotive sector is examined. As a result of the examinations made, determinations have been made about the technologies that can be used, and the advantages and disadvantages that may occur during the adaptation process of these technologies have been explained.

**Keywords:** Industry 4.0, Smart factory, Automotive industry.

<sup>1</sup>Sorumlu yazar berfinsubarut@gmail.com, <sup>2</sup>muharremunver@karabuk.edu.tr, <sup>3</sup>turkcankayim@gmail.com,  
<sup>4</sup>toprakecemm@gmail.com, <sup>5</sup>ezgiuysal48@gmail.com

## 1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 ile ağırlıklı olarak insan gücünün etkin olduğu merkezi sistemli geleneksel üretim sistemleri beyin gücüyle çalışan daha esnek sistemlere dönüşmeye başlamıştır. Birbirleriyle haberleşebilen makinalardan oluşan üretim sistemlerinde insana gereksinim olmadan hızlı karar verebilme, esnek üretim, daha kaliteli üretim, olası sorunları ön görme veya daha erken müdahale edebilme gibi avantajlar sağlanmaktadır. Endüstri 4.0 sağladığı faydalarla birlikte hızla dünyada yayılmaya başlamıştır ve üreticileri akıllı fabrikalar kurmaya teşvik etmiştir. İlk olarak Almanya’da ortaya çıkan Endüstri 4.0 kavramının temellerini Siber-Fiziksel Sistemler ve Nesnelerin İnterneti oluşturmaktadır (Koca, 2018).

Yaklaşık 6 yıldır hayatımızda olan Endüstri 4.0’a adaptasyon süreci tüm büyük ülkelerde devam etmektedir. Akıllı fabrikalara geçiş özellikle AR-GE alanında yüksek yatırım gerektirmektedir. Hızlı seri üretim sağlanması, verimlilik ve zaman kazancı gibi getirileri olsa da Endüstri 4.0, teknoloji ve internete yüksek bağımlılıktan dolayı küçük bir dijital açık sebebiyle yüksek maliyetli sorunlar yaratabilecektir (Çırak, 2019) ve bazı ülke ekonomilerinde yüksek maliyetli bu çalışmaları karşılamayabilecektir.

Fabrikalarda Endüstri 4.0 alanında çalışmak üzere bölümler kurulmalıdır. Endüstri 4.0 alanında çalışmalar yapılabilmesi için ülkelerin, eğitim, profesyonel bilginin sürekliliği, yeni yapıya uygun görev tanımları ve örgüt organizasyonu, donanım mimarisinde yapılandırma sağlanması gibi gerekli birçok değişiklik söz konusudur (Kılıç ve Alkan, 2018). Türkiye’de de bu çalışmalar henüz yeterli seviyede olmasa da ülkedeki büyük firmalar tarafından çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye’nin piyasa rekabetinde üstünlük sağlama, ülkemizde üretim yapan yabancı firmalarla çalışmalarını sürdürebilmesi, günümüz teknolojilerini yakalayarak gelişmiş ülkeler arasında yer alması için Endüstri 4.0’a adaptasyonu ve akıllı fabrikaların çoğalması oldukça önemlidir.

Koca (2018)’nın Sanayi 4.0’ın Türkiye açısından fırsatlar ve tehditlerini değerlendirdiği çalışmasında da belirttiği gibi, Türkiye Asya ve Avrupa arasında köprü görevi gören bir üretim sahası konumundadır. Türkiye’nin Endüstri 4.0 teknolojisini sağlayamaması, işçilik maliyetlerinin Endüstri 4.0 anlayışındaki üretimlere göre yüksek olmasından dolayı ülkeleri Türkiye’deki üretim sahalarından çekilmeye itecektir. Bu da pazarda Türkiye için büyük bir tehdit oluşturacaktır. Ancak Koca, süreçteki yıllık gelirin

%3-4 oranında AR-GE yatırımlarına harcanmasının Türkiye’nin Endüstri 4.0 adaptasyonunu kolaylaştıracağını savunmuştur.

Kamber ve Bolatan (2019)’ın Endüstri 4.0 farkındalığına yönelik 2019 yılında gerçekleştirdikleri, 199’u sektör belirtmiş olan toplam 202 katılımcılı araştırmada, farkındalığın otomotiv ve elektronik sektörlerinde yüksek olduğu ve Endüstri 4.0 alanında çalışmalarını başlatan firma sayısının fazla olduğu görülmüştür. Kurulan hipotezlere göre, mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0’a uyumlu olduğu, tedarikçiler ve paydaşların teknolojik seviye farklılıklarının söz konusu olduğu, firmaların kaynak ve kabiliyetlerinin Endüstri 4.0 dönüşümünde yeterlilikleriyle ilgili farklar olduğu, Endüstri 4.0 çalışmaları olan ve olmayan firmaların, dönüşüm sürecinde benzer teknolojik yaklaşımların firmalarına katkısı olacağı düşüncesine sahip olmaları gibi sonuçlara ulaşılmıştır.

Eryer ve Eryer (2019) çalışmalarında, Endüstri 4.0 dönüşümünü sağlayabilecek önemli teknolojik gelişmeleri şöyle sıralamışlardır: büyük veri, akıllı robotlar, simülasyon, entegrasyon, nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut teknolojisi ve artırılmış gerçeklik. Bu teknolojilerin, birçok sektörde önemli etkiler sağlayacağını belirttikleri çalışmalarında lojistik alanını ve bu alanda Endüstri 4.0’ın etkilerini incelemişlerdir. Endüstri 4.0’ın lojistik sektöründe gerçek zamanlı iletişim ile iş yapış şeklini etkileyeceğini, özellikle de maliyetleri azaltırken tedarik risklerini ortadan kaldırdığını belirtmişlerdir.

Otomotiv yan sanayi alanında gelişmiş olan Bursa, otomotiv sektöründe Endüstri 4.0 adaptasyonu üzerine yapılan SWOT Analizi’nde bilgi birikim eksikliği, projelere yönelik kaynak sıkıntısı, Endüstri 4.0 süreçlerine ayrılacak vakit kısıtı gibi zayıf yönler ortaya konmuştur. Bunun yanı sıra coğrafi konum, ulusal ve uluslararası projelere dahil olabilme imkanı, üniversite-sanayi işbirlikleri, bakanlık teşvikleri gibi fırsatlar mevcuttur. Ancak ülkede yaşanan ekonomik krizlerin etkisi olarak Bursa otomotiv endüstrisinde faaliyette olan işletmelerin %90’ının iş hacimlerini etkileyecek ekonomik sıkıntılar yaşamış olmalarından, teknolojik yatırımlar için uygun şartlar sağlanmasının güç olduğu belirtilmiştir (Sürmen, 2019).

Dünyada yaşanan teknolojik gelişmelerin hızı her geçen gün artmaktadır. Bu gelişmelere uyum sağlayabilmek ve gelişmiş ülkelerin arasında yer alabilmek için Türkiye’de de hızlı gelişmeler yaşanmalıdır. Ulusal Yenilik Sistemi oluşturmak için ülkede üniversite

sayıları arttırılmış, KOSGEB destekleri genişletilmiş, Teknoloji Geliştirme Bölgeleri kurulmuştur. Fakat tüm bunlar yeterli olmamıştır. Ulusal Yenilik Sisteminin etkin bir şekilde ilerlemesi için yeni teknolojilerin kullanılması yaygınlaştırılmalı, AR-GE yatırımı arttırılmalı ve nitelikli iş gücü geliştirilmesi yolunda çalışmalar yapılmalıdır (Bilgin ve Işık, 2018).

Endüstri 4.0 alanındaki yeniliklere ülkemizin uyum sağlaması için yapması gereken birçok çalışma vardır. Ülkede küçük ve orta ölçekli firmalar fazla olduğu için dijital dönüşümde öncelik bu firmalara verilmelidir. Aynı zamanda bu dönüşüm devlet tarafından politikalarla desteklenmeli ve takip edilmelidir. Bu sayede gelişen fabrikaların uluslararası pazarda da rekabet gücü artacaktır (Akben ve Ös, 2019).

Bahçekapılı, Berigel ve Calp (2018)'in yapmış oldukları "Endüstri 4.0 Kapsamında Akıllı Fabrikaların İncelenmesi" adlı çalışmada, Endüstri 4.0 ve temel bileşenleri açıklanmıştır. Endüstri 4.0 kapsamında "Akıllı Fabrikalar" detaylıca incelenmiş olup, geleneksel fabrikaların akıllı fabrikaya dönüşüm süreci ve gerekli teknolojiler hakkında tartışmalar gerçekleştirilmişlerdir. Tüm bu incelemeler neticesinde, akıllı fabrikaların tüm üretim süreçlerine adapte edilerek, desteklenmesi gerektiği kanısına varmışlardır.

Endüstri 4.0'ın günümüzde üretim alanında etkisinin olduğu ve gün geçtikçe bu etkinin artacağını düşünülmektedir. Yıldız (2018) çalışmasında ülkelere göre Endüstri 4.0'ı değerlendirmiş ve Almanya'nın yapmış olduğu yatırımlar karşısında 4. Sanayi Devrimi için öncü davrandığını, Finlandiya'nın ise adından her ne kadar bahsedilmese de ciddi hamleler yaptığını belirtmektedir. Türkiye'nin Endüstri 4.0 alanında öncü olabilmesi için, tüm üretim tesislerinde dijital teknoloji erişiminin kolaylaştırılıp, dijital sanayi platformlarının oluşturulup akıllı fabrika uygulamalarının yaygınlaşması için gerekli çalışmaların yapılması gerektiğini savunmaktadır.

Türkiye'nin otomotiv endüstrisinde Endüstri 4.0'a adaptasyon sürecinin incelendiği bu çalışmada öncelikle konunun anlaşılabilmesi için sanayi devrimleri kısaca açıklanmış ve akıllı fabrikalar hakkında bilgiler verilmiştir. Sonrasında ise dünyada ve Türkiye'de otomotiv sektörünün gelişiminden bahsedilmiştir. Yüksek otomasyon teknolojileriyle üretim yapmakta olan bir otomotiv işletmesindeki geleneksel yöntemlerden kaynaklanan aksaklıklar incelenmiştir. Tespit edilen bu sorunların akıllı fabrika teknolojileriyle nasıl iyileştirilebileceği hakkında öneriler sunulmuştur. İşletmenin bu adaptasyon sürecinde karşılaşılabileceği

zorluklar ve çalışma sonucu elde edeceği faydalar tartışılmıştır.

### 1.1. Sanayi Devrimleri ve Tarihsel Gelişim Süreci

Teknoloji, hayatımızdaki hemen hemen her alanda oldukça önemli bir yere sahiptir. Özellikle ürün/hizmet üretimine teknolojinin entegre olması, ekonomik anlamda ülkeler için önemli bir kaynaktır. Günümüzdeki üretim sistemlerinde kullanılan teknolojilerin temelleri 18. ve 19. yüzyıllarda sömürge devleti olan İngiltere'de başlayan, ardından Batı Avrupa ve Amerika'ya yayılan sanayi devrimlerinin gelişmiş bir noktasıdır. Sanayi devrimleri, gelişimlerin yaşandığı çağlar boyunca toplumsal ve ekonomik anlamda büyük değişimlere sebep olmuştur.

Sanayi Devrimi öncesi üretim, basit aletlerle ve aile üyelerinin katılımıyla evlerde ya da atölyelerde yapıyordu. Üretimde kullanılan enerji kaynağı insan ya da hayvan gücü yani kas gücü idi (Günay, 2002). Bu dönemlerde, tarımda yaşanan gelişmeler köyden kente göçü beraberinde getirmiş ve istihdam için büyük bir nüfus oluşmuştur. Fabrikalaşma ise bu dönemlerden sonra ortaya çıkmıştır. Sömürge devletlerinin yağmaları, sanayileşmedeki en büyük ekonomik kaynak olmuştur. Bu kaynaklarla makine üretimi için yatırım yapılmıştır. Makineler eve sığmayacak büyüklükte olduğundan evde çalışmanın mümkün olmadığı anlaşılacak üretim alanları oluşturulmuş ve işçiler burada çalışmaya başlamışlardır. Bu süreçte sömürgelerden elde edilen hem ekonomik kaynaklar hem de ham maddeler işlenerek sömürgelere tekrar satılmış ve kapital sağlanmıştır. Kapital sağlanması, yeni yatırım alanları arayışını da beraberinde getirmiştir. Bu da sanayi devriminin yaşanmasına neden olan faktörlerden biri olmuştur.

Fabrikalaşma gelişiminin olumlu etkilerinin yanı sıra, orta sınıfın zenginleştiği bu dönemde, fabrikalarda çalışan işçilerin haklarının sağlanmamasından dolayı sınıfsal sorunlar yaşanmıştır. Bu sorunlar özellikle, ucuz işçilik sağlamak için çalıştırılan kadın ve çocuk işçiler ile ilgili olmuştur. Şartların ağırlığı ve ücretlerin yetersiz olması ile kadınlar ve çocuklar bu koşullar altında zorluklar yaşamış ve ezilmişlerdir. İşçi sınıfında yaşanan bu sıkıntılı süreç sosyalizmin temellerini oluşturmuştur.

#### 1.1.1. Endüstri 1.0

İlk sanayi devriminin yaşandığı bu dönem İngiltere'de maden işlerinde kullanılmak üzere geliştirilen buhar makinesinin (1712), İskoçyalı Mühendis James Watt tarafından makineyi verimli hale getirecek şekilde

geliştirmesi ile başlamıştır (Sürmen, 2019). Bu dönem makineleşme çağı olarak da anılmaktadır. Bu dönemde küçük aile üretim yapısı kendini fabrika ortamlarına bırakmıştır. Dönemde, buhar ve kömür ile çalışan makinelerin kullanıldığı tekstil ve demir-çelik sektörleri ön plandadır.

### 1.1.2. Endüstri 2.0

Sanayi gelişimindeki 2. dönem, dünyanın seri üretim kavramıyla tanıştığı bir dönemdir. Akış bantlarını üretimde kullanmaya başlayan Henry Ford, seri üretimin öncüsü olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde buhar ve kömür ile çalışan makineler yerini, elektrik, petrol ve doğal gaz kullanımı ile çalışan daha gelişmiş makinelere bırakmaya başlamıştır. Birinci çağda da var olan demir-çelik sanayisi gelişerek ağır sanayinin de gelişmesini sağlamıştır. Endüstri 2.0, telgraf ve telefonların kullanımının başladığı teknoloji devrimi olarak da anılmaktadır. Dönemde gelişen demiryolları ulaşımı, ham madde tedarik edilmesini ve ürünlerin farklı pazarlara açılmasını sağlamıştır. Aynı zamanda ulaşımın ve iletişimin gelişmesi insanları birbirine daha da yakınlaştırmış ve toplumların hayat standartları farklılaşmaya başlamıştır (Pamuk ve Soysal, 2018).

### 1.1.3. Endüstri 3.0

Endüstri 3.0, 20. yüzyılda otomasyonun üretim sistemlerine entegre olmaya başladığı endüstri dönemidir. Bu dönemde üretim sistemleri matematik tabanlı ve programlamaya yönelik olmaya başlayarak bilgi ve iletişim teknolojileri üretimlerde önem kazanmıştır. Üretimde yaşanan bu gelişim sayesinde tüketicinin isteklerini karşılayan bir üretim sistemi sağlanmıştır. Bu gelişmeler ile üretimlerde insan gücüne duyulan ihtiyaç azalmaya başlamıştır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). Ancak otomatikleşen sistemlerle daha pratik ve yüksek adetlerde üretim yapılarak üretim maliyetlerinin düşürüldüğü daha verimli ürün/hizmet sağlanmaya başlanmıştır.

### 1.1.4. Endüstri 4.0

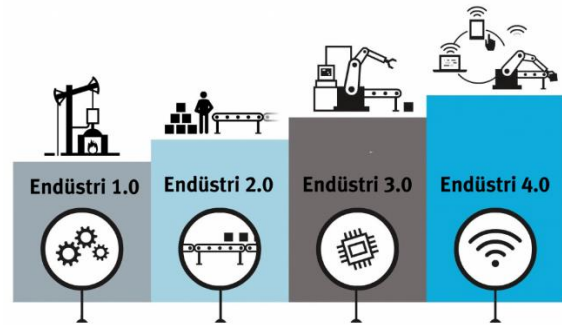
Endüstri 4.0 terimi, ilk olarak 2011 yılında Alman hükümeti tarafından ileri teknoloji stratejisi bağlamında kullanılmıştır (Rodic, 2017). Üretim sistemlerinde optimizasyonun sağlanacağı, dijitalleşmenin üretime entegre edildiği bir dönemdir. Bu dönemde nesnelerin interneti (IoT) son derece önem kazanmıştır. Makinelerin iletişimde olacağı, insansız üretimlerin sağlandığı bir üretim sistemi anlayışı ile üretim sürelerinin düşürüleceği, birim başı maliyetlerin azaltılacağı sistemler hedeflenmiştir. Endüstri 4.0, akıllı

fabrikaların oluşturulduğu, yazılım ve donanımın ön planda olduğu bir endüstri dönemidir.

Endüstri 4.0, mühendislik, planlama, lojistik ve operasyonel süreçlerde kaliteyi arttırıp, kalite standartlarının daha iyi olmasının yanında, uzun solukluluk ve esneklik sağlamaktadır. Ayrıca verimliliği arttırarak, gerçek zamanlı ve dinamik olarak optimize edilmiş, kendi kendini organize eden değer zincirinin optimizasyonu olarak da tanımlanabilir (Soylu, 2018).

Endüstri 4.0'ın hedefleri, bilgi teknolojileriyle üretimi gerçekleştirilen ürünlerin özelleştirilmesini, değer zincirinin otomatik ve esnek uyumunu sağlamak, makineler ve ürünler arasındaki iletişimi kolaylaştırıp, insan-makine etkileşimini sağlamak, akıllı fabrikalarda ise nesnelerin interneti ile üretim optimizasyonu, yeni iş modelleri ve hizmetler sağlamak olarak sıralanabilmektedir (Yıldız, 2018).

Günümüzde yaşanan bu endüstri devrimi (Şekil 1), üretim sistemlerini dijitalleştirilmesinden ve insansız üretimin hedeflenmesinden dolayı istihdamda düşüş yaşanacağına yönelik soru işaretlerini de barındırmaktadır ancak süreçte yeni iş alanlarının açılacağına yönelik öngörüler de bulunmaktadır.



Şekil 1. Endüstri Devrimler (Festo, 2020).

## 1.2. Akıllı Fabrikalar

Günümüzde Endüstri 4.0 ile yaşanan gelişmelerle birlikte insan gücüne dayalı üretim azalmaya başlamıştır. Otomasyon sistemleri geliştirilmiş, birbirleriyle iletişim kurabilen, öğrenebilen ve karar verebilen makineler geliştirilmiştir. Bu yeniliklerin uygulanmasıyla elde edilen ve süreçlerin kendi kendine işlenmesini sağlayan sistemlere akıllı fabrika denmektedir. Akıllı fabrikalarda insan gücü kullanılmamaktadır. Çalışan insan sayısı minimumdur ve üretimden çok üretimi gerçekleştiren makinelerle ilgilenen çalışanlar bulunmaktadır. Bu sebepten akıllı fabrikalar aynı zamanda karanlık fabrikalar olarak da

bilinmektedir. Akıllı fabrikaların temel amacı insandan kaynaklanan hataları, yavaşlamaları, uzun süren karar verme süreçlerini ortadan kaldırmak, daha hızlı ve daha az hatalı üretim sağlamaktır. Bunların yanında bir diğer etkisi ise üretim maliyetini düşürmektir.

Marr (2017) “Veri Stratejisi” adlı kitabında bir fabrikanın veya sistemin Endüstri 4.0 olarak düşünülebilmesi için sıraladığı müşterek çalışma, bilgi şeffaflığı, teknik destek, merkezi olmayan karar verme süreci maddelerinde, birbiriyle bağlantılı ve iletişim kurabilen makineler, cihazlar, sensörler ve insanlar; fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını yaratacak sistemler; karar veren, sorun çözme süreçlerinde destekleyici, tehlikeli görevlerde insanlara yardımcı olma becerilerine sahip sistemler ve basit kararlarda karar verici otonom sistemler sağlanmasından bahsetmiştir.

Akıllı fabrikayı oluşturmak için gerekli olan bileşenler Şekil 2’deki gibidir ve en temel bileşenlerden biri Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramıdır.



**Şekil 2.** Akıllı fabrika bileşenlerinin şematik gösterimi

Nesnelerin İnterneti endüstriyel otomasyon dışında tedarik zinciri, ev otomasyonu, ulaşım, giyilebilir teknoloji alanlarında da kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe ise akıllı fabrikalar dışında kendi kendini yöneten veya uzaktan yönetilebilen araçlarda kullanılmaktadır. Türkiye’de bu alanda Turkcell, Triomobil, Arvento Mobile System, Mobiliz gibi firmalar Nesnelerin İnterneti Teknolojisi’ni kullanan öncü firmalardandır (Şimşek, 2019). Akıllı fabrikanın uygulanmasında IoT, temeldeki ekipman kaynaklarını entegre etmek için kullanılır. (Calp vd., 2018).

Bu kavram ile makineler internet aracılığıyla birbirleriyle ve insanlarla iletişim kurar. Bu sayede makineler algılayabilir, bağlantı kurabilir ve sürekli verileri güncelleyebilir ve analiz edebilir. Burada önemli olan bir diğer nokta makinelerin sadece insanlara gerekli bilgileri aktarabilmesinin dışında kendi aralarında da iletişim kurabilmesidir. Böylelikle düşünebilen, hissedebilen ve karar verebilen makineler ortaya çıkmaktadır. Nesnelerin İnterneti sayesinde üretimde insan sayısı minimuma düşürülür, üretim kolaylıkla takip edilir, oluşabilecek arızalar önceden belirlenir, boş süreler azaltılır, üretim için gerekli kaynak ihtiyaçları daha hızlı belirlenir ve temin edilir.

Akıllı fabrikaları oluşturan bir diğer temel bileşen ise Siber Fiziksel Sistemler’dir. Siber Fiziksel Sistemler fiziksel dünya ile sanal dünyayı birbirlerine bağlar. Çeşitli teknolojiler kullanarak nesnelere tanımlar ve bu bilgileri bilgisayara aktarır. Böylelikle nesnelerin internetiyle sağlanan makine-makine ve makine-insan iletişimi gerçek zamanlı olarak ağa aktararak kontrol edilebilir, ulaşılabilir hale dönüştürülür. “Siber Fiziksel Sistemler” sayesinde akıllı makineler stok seviyesi, problemler, hatalar, üretimdeki değişiklikler gibi konularda bilgi verebilmektedirler.

Akıllı fabrikalardaki bir diğer temel kavram ise Bulut Bilişim Teknolojisi’dir. Makinelere elde edilen tüm veriler bulut tabanlı sistemlerde depolanmaktadır. Bulut bilişim teknolojisi sayesinde tüm veriler tek bir alanda toplanmakta ve her yerden ulaşılabilir ve paylaşılabilir hale gelmektedir. Bu toplanan verilerin tamamı büyük veriyi oluşturmaktadır. Büyük veriler analiz edilerek yeni kararlar alınabilir veya farklı stratejiler oluşturulabilir.

Bir diğer temel bileşen ise yapay zeka kavramıdır. Kullanılan makineler yapay zeka tabanlı çalıştıklarında büyük veriyi de kullanarak karar ve tavsiye verebilen makineler haline gelmektedir. Bu sayede makineler hem kendi hatalarını hem de iletişim halinde oldukları için diğer makinelerin hatalarını anlık kontrol edebilmekte ve üretimi sürekli iyileştirebilmektedirler. Bu durumda yapay zeka, ileri bilişsel becerilere sahip olma dışında akıl yürütme, problem çözme, çıkarım yapma gibi insan davranışları gösteren bir bilgisayar olarak da tanımlanabilir (Arslan, 2020).

Akıllı fabrikalarda kullanılan bir diğer kavram ise simülasyondur. Simülasyon sayesinde fabrikanın tamamı veya bir kısmı bilgisayar ortamında gerçeğe uygun bir şekilde oluşturulur. Bu sayede sistemdeki olası aksaklıklar önceden simülasyonun test edilmesiyle belirlenebilir. Sistemdeki değişikliklerin, aksaklıkların,

hassas analizlerin denenmesi, gözlenmesinde ve analitik çözümlerin ispatı için kullanılmaktadır (Öztürk, 2004). Simülasyon ile sağlanan bu süreç takibi, zaman, maliyet ve risk yönetimi bakımından avantajlar sağlamaktadır (Çelen, 2017).

Son olarak belirteceğimiz bir diğer temel kavram ise Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi'dir. Artırılmış Gerçeklik sayesinde gerçek ortamdaki görüntülerle sanal ortamdaki görüntüler birleştirilebilmektedir. Bu sayede ürünler daha öncesinde sanal ortamda test edilebilmekte, bir makinedeki aksaklık makine sökülmeden bulunabilmekte, olası durumlar sanal ortamda denenip önceden çözülebilmektedir.

Tüm bunların dışında akıllı fabrikalar için siber güvenlik oldukça önemlidir. İşletmenin varlıklarını, bilgilerini, uygulamalarını, personelini korumak için tüm bu bilgiler siber ortamda saklanmalıdır. Siber güvenlik sayesinde işletmelerin tüm bu varlıkları korunmaktadır. Başlangıçta elektronik para birimi Bitcoin'in güvenliği için geliştirilen Block Zinciri Teknolojisi son yıllarda sistemlerin güvenliği içinde kullanılmaktadır. (Şekkeli ve Bakan, 2018).

### 1.3. Otomotiv Sektörünün Dünya'daki Gelişimi

Otomotiv sektörünün tanımı için kısaca motorlu taşıtları üreten sanayi denilmektedir. Bu sektör içinde demir-çelik, petro-kimya, lastik gibi birçok sektörü barındırmaktadır ve sektörlerin teknolojik gelişimleri için öncülük etmektedir, ekonomiye büyük katkısı bulunmaktadır. Otomotiv sektörünün temeli otomobil üretiminden geçmektedir.

İlk otomotiv sanayi 1900'lü yıllarda kurulmuştur. İlk başlarda ustaların yetenek ve el becerilerinden yararlanılarak, sipariş üzerine yapılan üretim sonrasında Henry Ford'un "Kitlesel Üretim" yaklaşımı ile büyük bir sanayi olmuştur. Yeni üretim sistemine geçiş ile maliyetler azaltılırken kalite ve verimlilik artmaya başlamıştır. ABD bu gelişmeler sonucunda büyük pazar paylarına sahip olmuştur (Polat, 2020). İkinci Dünya Savaşı'nın başlaması ile 1940'lı yıllarda gelişmeler durmuştur.

Savaş sonrası yıllarda ise Almanya'nın öncülüğünde İngiltere, Fransa ve İtalya gibi ülkeler, kitlesel üretimden müşteri odaklı üretime geçiş çalışmalarına başlamıştır. 1960'lı yıllarda ABD'li firmaların Avrupa'da kendi kurdukları ya da iş birliği yaptıkları firmalar ile artık Avrupa halkına hitap edecek üretime başlamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda Avrupa ekonomisi artmıştır aynı zamanda Batı Avrupa'nın

otomotiv sanayisi büyüme göstermiştir. Bu büyümeyle Batı Avrupa'nın 6,2 milyon adet olan ürün sayısı, ABD'nin 7 milyon adet olan ürün sayısına yaklaşmıştır. Daha rakip olamayan Japonya'nın ise üretim adedi 165 bindir. 1970'li yıllarda Japonya'nın yalın üretime verdiği önem artmıştır ve bu esnada ABD, Batı Avrupa Ülkeleri yatırım alanlarını genişletmekteydi.

1980 yılında Avrupa Ekonomi Topluluğunun gösterdiği hızlı gelişmeler ile diğer üye ülkelerde de otomotiv sektörü yaygınlaşmaya başlamıştı. Japonya'da bu gelişmeler yaşanırken ABD ve Avrupa Birliği ülkelerine tesisler açıp, denizleri aşan bir pazar oluşturmuşlardır. 1980'lerin ikinci yarısında ise, Japonya'ya karşı ABD'nin ve Avrupa Birliğinin üreticileri Pazar kayıplarına uğramaya başlamışlardır. Ama bu kayıp kısa süreli olmuştur, bu sürede diğer ülkelere boş durmayarak yalın üretim tekniklerini inceleyip kendilerine empoze etmişlerdir.

1997'li yıllarda Güney Kore'de otomotiv sektöründe hızlıca büyümüş ve üretim adedi 2,4 milyona ulaşmıştır. Ama 1998'de Güney Doğu Asya'da yaşanan krizle, Güney Kore'nin büyüme hızı yavaşlamıştır.

1970-1999 yılları arasında otomotiv sektöründe yaşanan hızlı gelişmeler sonucunda Japonya'nın dünya üretimindeki payı 15'den 21'e yükselmiş olup, Batı Avrupa'nın dünya üretimindeki payı 48'den 38'e, ABD'nin ise 34'ten 21'e düşmüştür.

1999 yılının verilerine bakılarak Japonya ve Güney Kore için şöyle bir çıkarımda bulunulabilmektedir. Bu ülkelerin sadece sanayi için değil tüm alanlar için ithalata kapalı olduğu anlaşılmıştır. Japonya buna karşılık olarak dünyanın her yerine yayılmış, Güney Kore ise bu konular üstünde gelişmeler sağlamaya çalışmaktadır.

Soydal (2007)'in 2007 yılında yayımlanan çalışmasına bakıldığında, 2005 yılı verilerinin incelenmesi sonucu toplam 64,7 milyon motorlu taşıt aracı üretildiği bilgisine varılmıştır. 2007 yılındaki çalışmada yer alan bilgiye göre son 4 yılda dünya otomobil üretiminin %11 artış göstererek gelişmekte olan bölgelerdeki otomobil üretim artışı %54 olmuştur. Bu durumda dünya üretimindeki pay %15 den %20,6'ya yükselmiştir. Türkiye'nin dünya otomobil üretimi içindeki payı ise %0,4 den %1'e yükselmiştir.

Haziran 2020'de OSD tarafından yayınlanan Otomotiv 2019 yılı Küresel Değerlendirme Raporunda 2019 yılı önceki yıllarla karşılaştırıldığında, dünya genelinde otomotiv sanayi üretimi %5, küresel pazar ise %4'lük

daralma göstermiştir. Türkiye'deki 2019 yılına ait durum incelendiğinde ise toplam üretimin önceki yıllara kıyasla %6 oranında düşüş gösterdiği görülmüştür. Türkiye otomotiv endüstrisi pazarında ise 2018 yılının aynı dönemine göre %23'lük bir gerileme söz konusudur (Otomotiv Sanayi Derneği, 2020).

#### 1.4. Türk Otomotiv Sektörünün Gelişimi

Ülkemizde 1954 yılına kadar otomotiv sektöründen bahsedilememiştir. Cumhuriyetin ilan edildiği zaman diliminde ülkemizde demiryolu tercih edilmekteydi ve motorlu taşıt ihtiyaçlarımızı ithalatla gerçekleştirmekteydik. Demiryolu ulaşımından, karayoluna geçmemizdeki sebep, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonrasında Batılı Ülkelerle ilişkilerimizin kuvvetlenmesi ve iletişim halinde olunmasıydı. İhtiyaçların ithalatla karşılandığı ilk yıllarda döviz rezervlerinde erime olmuştur bu sebeple daha az döviz ile parça ithalatı gerçekleştirilerek montaj yapma yoluna gidilmiş ve maliyet düşürülmüştür. 1954 yılında Willys Overland Co.'ya verilen montaj izni, ithal ikamesini seçen Türkiye'de otomotiv sektörünün de başlangıcı olmuştur (Soydal, 2007) ve BMC, Otosan, MAN gibi birçok büyük marka da bu yolu tercih etmiştir. Böylece karayolu ulaşım yolları ve motorlu araç parkı genişlemiştir. 1990 yılına kadar Türkiye'de imal edilen motorlu araçlar otomotiv yan sanayi sektörümüzün gelişiminde önemli rol oynamaktadır. 1990'lı yıllarda, otomotiv sektörünü, döviz kazandıran sektör haline getirecek önlemler alınmış, yeni model araç üretimine dönük yatırımlara teşvik sağlanmıştır. Türkiye'deki maksimum üretim kalitesi ve minimum maliyetler gibi avantajlar dünyada otomotiv sektörü öncülerinin Türkiye'ye yatırım yapmasında büyük rol oynamıştır. Avrupa'ya yakın oluşu ve büyük potansiyele sahip pazarı ile Türkiye 1990'lı yılların sonunda otomotiv üretiminde önemli bir konuma gelmiştir (Soydal, 2007).

## 2. ANALİZ METODU

Çalışmada amortisör üretimi yapmakta olan bir otomotiv işletmesinin mevcut üretim şekli incelenmiştir. İncelenen bu sistemde üretimde zaman ve kalite kaybı yaratan iyileştirilmesi gereken operasyonlar tespit edilmiştir. Tespit edilen bu operasyonların hangi akıllı teknolojilerle iyileştirilebileceği üzerine araştırmalar yapılmıştır. İşletmenin akıllı fabrika olma yolunda uygulayabileceği teknolojilerle ilgili önerilerde bulunulmuş ve bu adaptasyon sürecindeki avantajlar ve karşılaşılabilecek zorluklar üzerine tartışılmıştır.

Uygulamanın yapıldığı işletme Türkiye'de üretim yapmaktadır. Bu işletme önde gelen yurtdışı ve yerel

çok sayıda OEM üreticilerine yıllık yaklaşık 6 milyon üretim kapasitesiyle amortisör üretmektedir.

Amortisörlerin amacı araçlardaki sarsıntıyı ve titreşim etkisini minimuma indirmek, konfor ve sürüş güvenliği sağlamaktır. İşletmede birçok farklı referanslarda amortisör üretimi yapılmaktadır fakat bunları genel olarak iki farklı tip olarak ayırabiliriz. Bunlar teleskopik tip amortisör ve strut tip amortisörler olmak üzere Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterildiği gibidir.



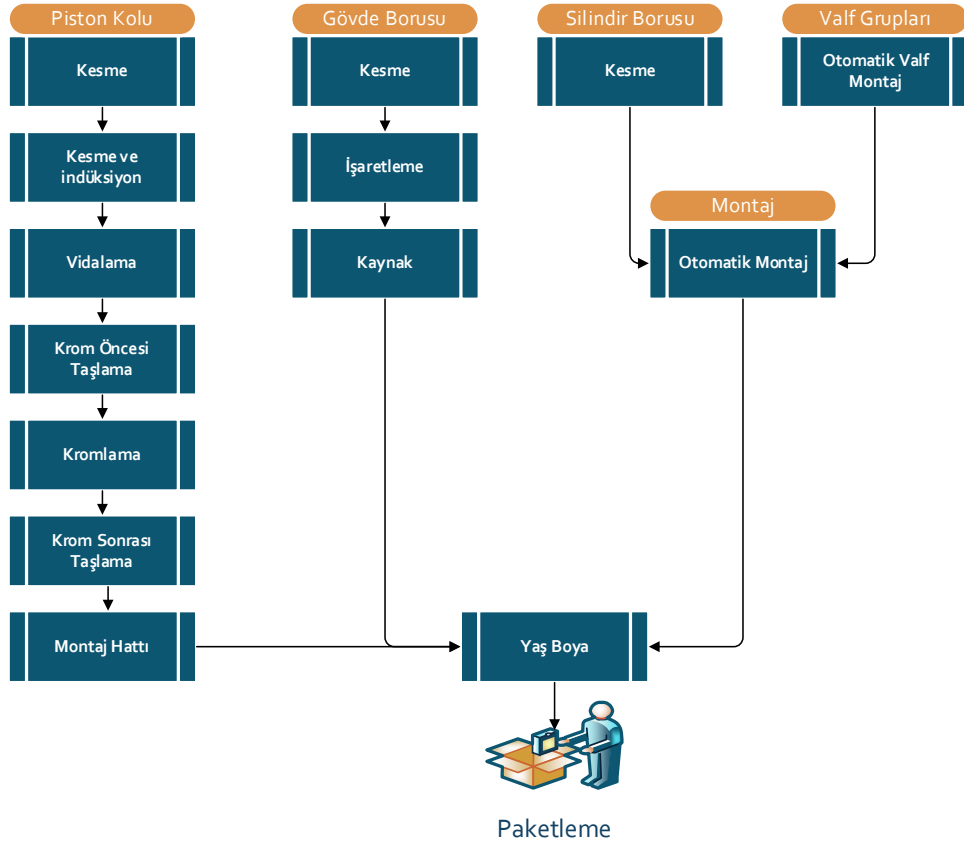
Şekil 3. Teleskopik tip amortisör



Şekil 4. Strut tip amortisör

Amortisörler burçlu lastik, silindir borusu, hidrolik yağ, gövde borusu, alt kapak, yüzük, piston kolu, toz borusu kapağı, keçe, tüm kılavuz, durdurucu pul, segman, tüm piston valfi, tüm taban valfi ve toz borusu gibi parçalardan oluşmaktadır. Üretimde ileri imalat sistemleri metodolojisi kapsamında, sürdürülebilir metodolojilerle inovatif bir imalat süreci adapte edilmeye çalışılmaktadır.

Amortisörün üretim akış şeması Şekil 5'te gösterilmektedir. Üretimin ilk ve en uzun aşaması piston kolu üretimidir. Daha sonra fason olarak fabrikaya gelen gövde boruları ve silindir boruları gerekli işlemlerden geçer. Bir diğer parça olan valf grupları ise temiz oda olarak adlandırılan alanda insan eli değmeden otomatik bir hatta üretilir. Ayrı ayrı işlemlerden geçen bu parçalar ve dışarıdan tedarik edilen parçalar montaja hazır bir şekilde montaj hatlarına getirilir. Parçaların birleştirilmesi için 7 adet montaj hattı bulunmaktadır. Bu hatlarda montaj işlemleri tamamlandığında amortisörler testlerden geçer ve paketleme hattına gönderilir. Paketleme hattından sonra amortisörler sevkiyata hazır hale gelmiş olur.



Şekil 5. Amortisör üretim akış şeması

### 3. ANALİZ

Amortisör yapısı gereği oldukça hassas bir üründür. İç kısımda oluşacak ufak bir hasar veya gözden kaçan bir hata amortisörün hurda olmasına sebep olmaktadır. İşletme bu yüzden kaliteye çok önem vermekte ve sıfır hata felsefesiyle çalışmaktadır. Üretimin çoğu alanında yüksek otomasyon teknolojileri kullanılmakta ve hemen hemen her istasyonda makineler kalite kontrol yapmaktadırlar. Yine de fabrikada belli noktalarda insan gücü kullanılmakta ve bu da bazı problemlere yol açmaktadır.

Yüksek teknolojilerle üretim yapan işletmenin akıllı fabrikaya dönüşme aşamasında en temel eksiği makineler tarafından tüm verilerin toplanması fakat makineler arası iletişim olmadığı için verilerin makinelerde kalmasıdır. Buna bağlı olarak bakım zamanları çalışanlar tarafından ayarlanmakta, olası hata ve arızalar otomatik tespit edilememektedir. Hatlarda üretim otomatik olarak gerçekleşse bile aralarda insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.

İşletmede üretim planları üretim planlama mühendisleri tarafından alınan siparişlere ve tahminlere göre hazırlanmaktadır. Hazırlanan bu planlara göre satın

alma departmanı tarafından ham madde siparişleri verilmektedir. Tüm bu işlemler ve verilen siparişlerin takibi, stok durumu, depodan malzemenin üretim hattına çekilmesi gibi işlemler bilgi akışları bilgisayar üzerinden olsa da çalışanlar tarafından karar verilerek yapılmaktadır.

İşletmenin stok sistemi ise şu şekildedir; mamuller için müşteriye göre tanımlanmış alanlara, etiketler yerinden çıkartılmadan barkodların el terminalleri ile okutulması suretiyle stoklanır. Sevkiyatlar tüm müşteriler için IFS Sistemi tarafından öngörülen FIFO bilgisine uygun olarak, en eski lot numarasına öncelik verilecek şekilde sistem tarafından gösterilen adreslerden yapılır. Ham maddeler ise üretim gruplarına göre yerleştirilir. Yerleşimler ve parça aktarımları FIFO yönlerine uygun olarak gerçekleştirilir. Raflarda malzemeler; kasalar ve sevk edildikleri kutular içinde istiflenir. Parçalar üretimden gelen iş emirleri doğrultusunda üretim alanına aktarılır, fiili stok takibi kasalar üzerindeki göz kartları ve sisteme veri girişi yapılarak sağlanır. Raflar üzerindeki adresleme şablonu ile minimum stok, lot büyüklüğü, kasa cinsi bilgilerine ulaşılabilir.

İşletmede malzeme taşıma sistemi ise taşıma arabaları, forkliftler, transpaletler ile gerçekleşmektedir. Fabrikada



makine teçhizat yerleşimi sürece göre yapılmıştır ve hatlar istasyonlara ayrılmıştır. Her istasyonda hangi yarı mamul montajlanıyorsa onunla ilgili teçhizat ve malzemeler bulunmaktadır. İstasyonlar arası yarı mamuller ve malzemeler bu araçlarla taşınmaktadır. Bu da gereksiz insan gücü, vakit kaybı, fazla veya yanlış malzeme taşıma, taşıma sırasında sarsıntı veya düşmelerden kaynaklı hasarlar gibi sorunlar ortaya çıkarmaktadır.

İnsan gücünün etkin olduğu bir diğer hat ise paketleme hattıdır. Hatları tamamlayan ürünler paketleme hattına götürülür. Paketleme için ürünlere özel tasarlanmış kasalar, modüller bulunmaktadır. Katlı gelen modüllerin açılması alt kapama işlemi, amortisörlerin yerleştirilmesi, üst kapama işlemi ve transpalet yerleştirilmesi aşamalarının hepsi manuel olarak yapılmaktadır. Bu durumda paketleme hızının düşük olması, ürünü paketlere yerleştirirken düşürme çarpma gibi oluşabilecek insan kaynaklı etkenler amortisörün hasar görmesi gibi problemler yaratmaktadır.

### 3.1. Önerilen Akıllı Sistemler

İşletme insan gücünden yaşanan zaman kayıplarını, hataları azaltmak için ve değişen sisteme daha fazla uyum sağlamak için akıllı sistemlerden faydalanmalıdır. Bu alanda atılacak adımlardan biri *Nesnelerin İnterneti Teknolojisi* olabilir. Yüksek otomasyonla çalışan işletmede makineler arası iletişim ve veri akışı sağlanarak makinelerin topladığı veriler ulaşılabilir hale getirilmelidir. Yapılacak bir diğer değişiklik ise her üründe kullanılan barkod sistemi *RFID (Radyo Frekans Tanımlama) Barkod Teknolojisi* ile değiştirilmesidir. Kablosuz ağa bağlanma özelliği bulunan ve nesnelere tanımlayan bu etiketler nesnelerin interneti teknolojisinin temel bileşenlerindedir. Bu sayede nesnelere fabrika içinde gerçek zamanlı izlenebilir ve ürünler hakkında bilgilere ulaşılabilir (Gökalp, Gökalp ve Eren, 2019).

**Üretim planlama departmanı:** Önerilen akıllı teknolojiler sayesinde işletmede gerçek zamanlı üretim planlama yapılır. Nesnelerin interneti sayesinde otomasyondaki makinelerden, RFID barkodları sayesinde ürünlerden gerçek zamanlı veriler toplanır. Bu veriler *Büyük Veri Yaklaşımları* ile analiz edilir. Elde edilen bilgiler ile hızlı ve *gerçek zamanlı üretim planları* oluşturulabilir, esnek üretim sağlanabilir, üretim hızını etkileyen etkenler gözlemlenebilir, darboğazlar hemen tespit edilerek hızlı çözümler üretilebilir. Ek olarak normalde oldukça zor olan üretim hattı dengeleme etkinliği sistem tarafından iyileştirilir ve verimlilik artar.

**Malzeme taşıma sistemleri:** İşletmede malzeme taşıma alanında AGV Sistemleri'nin (Otomatik Yönlendirmeli Araçlar) kullanılması önerilmektedir. AGV'ler operatöre ihtiyaç duymadan, lazer veya yeni nesil farklı teknolojilerle taşıma görevini yerine getiren otomatik araçlardır. Önlerine çıkan engelleri anında fark eden bu araçlar sayesinde taşıma yollarını insanlarda rahatlıkla kullanabilir ve yollara herhangi bir ray sistemi veya kablo döşenmesi gerekmez. Bu sayede insan bağımlılığı ortadan kalkar, araçlar ürünleri en kısa yoldan ve optimum hızla taşıyacakları için vakit kayıpları azalır. Aynı zamanda ürünlerde düşme, çarpma, sarsıntı gibi sebeplerden kaynaklanan hasarlarda minimuma indirilmiş olur.

**Depolama sistemleri:** İşletmenin otomatik depolama sistemlerini kullanması önerilmektedir. Otomatik depolama sistemleri malzemeleri raflara yerleştirmek ve hızlıca erişmek konusunda tasarlanmış sistemlerdir. Bu sayede otomatik makineler aracılığıyla her zaman doğru ürünlere ulaşılır, aramakla vakit kaybedilmez, depolama sırasında ürüne zarar gelmez. Ürün doğrudan istenen noktaya getirilir ve yürüme bekleme gibi zaman kayıpları yaşanmaz. *Gerçek zamanlı stok kontrolü* yapılır.

**Paketleme hattı:** Otomatik paketleme hattı sayesinde ürün insan eli değmeden paketlenmektedir. Öncelikle insan gücüne gerek kalmadan koli açma makinesi tarafından modüller açılır ve dolmuş için uygun konuma getirilir. Daha sonra robotik dolmuş hattında ürünler modüllere yerleştirilir. Sonrasında ise dolmuş yapılmış modüller koli kapama ve yapılandırma makinesi tarafından kapatılır. Makineden çıkan modül robotik paletleme hattına gelir ve otomatik taşıyıcı araçlar ile sevkiyat alanına götürülür.

**Satın alma departmanı:** Bu alanda da önceki siparişlerin analizlerini yapmak için *yapay zeka uygulamaları* kullanılır. Bu sayede En uygun tedarikçi belirlenebilmektedir. Ham maddelerin üzerine yerleştirilen RFID barkodları sayesinde ürünün siparişi için gerekli tüm bilgiler saklanır. Depoda kullanılan *kablosuz sensör ağı* sayesinde ham maddenin deponun hangi kısmında ne miktarda olduğu, hangi sipariş için kullanılacağı kayıt altında tutulur ve *gerçek zamanlı depo yönetimi* sağlanmış olur. Üretim için gerekli olduğunda insan gücüne gerek kalmadan ürünler robotlar tarafından depodan getirilir. Bir diğer gelişme ise tedarik alanında yaşanmaktadır. *Nesnelerin İnterneti* ile toplanan veriler *Büyük Veri Yaklaşımları* ile analiz edilir. Depoda bulunan ürün miktarı ile sipariş miktarları eş zamanlı olarak karşılaştırılır ve malzeme

ihtiyaçları karşılanır. Bu sayede stok miktarlarında azalma, üretim sürecinin aksamaması, daha hızlı sipariş kararları ve bunlara bağlı olarak da süreçte hızlanma ve stok maliyetlerinde azalma yaşanır.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada amortisör üretimi yapan bir firmanın üretim sistemleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucu işletmenin akıllı fabrikalara adaptasyon sürecinde faydalanması gereken teknolojiler belirlenmiştir. Belirlenen akıllı fabrika teknolojilerinin işletme için yaratacağı avantajlar ve dezavantajlar üzerine tartışılmış ve gerekli önerilerde bulunulmuştur.

İşletme, öncelikle alternatifleri detaylı bir şekilde incelemeli ve önceliklerini belirlemelidir. İşletmenin mühendisleri ve uzman kişiler ile planlı bir şekilde yürütülecek bir çalışma sonucu akıllı teknolojiler işletmede etkin bir şekilde uygulanacaktır. Önerilen akıllı teknolojiler beraberinde birçok fayda ve zorluklarda getirmektedir. Bu zorlukların üstesinden doğru stratejilerle geldiğinde işletme için büyük faydalar sağlanmaktadır. Akıllı teknolojiler sayesinde verimlilikte artışlar, olası sorunlarda hızlı çözüm oluşturabilme yeteneği, operasyon maliyetlerinde azalma, kalitede artış, müşteri memnuniyetinde artış, teslim sürelerinde azalma gibi birçok avantaj elde edilecektir. Aynı zamanda işletme ülke ekonomisine de katkı sağlayacak ve yenilikçi yönüyle rekabet avantajı elde edecektir.

Faydalarının yanında işletmenin karşılaşılabileceği ilk yatırım maliyeti, teknik zorluklar, sosyal zorluklar gibi birçok olumsuz etken de vardır. Bu zorlukların arasında işletmeyi en çok zorlayabilecek etken ilk yatırım maliyetleri olacaktır. Robotik, Kablosuz Sensör Ağı, Büyük Veri Teknolojileri, Nesnelerin İnterneti Teknolojisi, Otomatik Taşıma ve Depolama Sistemleri'nin kurulumu ve bunların entegrasyonu oldukça maliyetli uygulamalardır. Tüm sistemlerin aynı anda kurulması veya yanlış noktadan başlanması işletmeyi ileri götürmek yerine ciddi zorluklarla karşı karşıya bırakabilir. Bu yüzden işletme fayda maliyet analizleri yaparak işletme için en çok fayda getirecek olan uygulamadan başlamalıdır ve bu şekilde aşamalı bir geçiş gerçekleştirmelidir. Bir diğer zorluk ise teknik zorluklardır. Çalışanlar mevcut sisteme alışkın oldukları için yeni bir sisteme adaptasyon konusunda zorluk yaşayabilmektedirler veya yetersiz kalabilmektedirler. Bu durum sistemin düzgün bir şekilde işlememesi konusunda oldukça önemlidir. Bunun için çalışanlara eğitim ve gerekli motivasyon sağlanmalı, uygulanan

sistemlere hazırlanmalıdır. Akıllı teknolojilerin henüz yeni olması ve yaygın örneklerinin bulunmaması da teknik zorluklara neden olmaktadır. İşletme uzman kişilerden yardım almalı ve planlı bir şekilde ilerlemelidir. Bu geçiş aşamasında proje yönetimi yaklaşımlarından da faydalanmalıdır.

#### KAYNAKLAR

Akben, İ. ve Ös, M. (2019). Akıllı ve veriye dayalı tedarik zincirleri. *3.International EMI Entrepreneurship & Social Sciences Congress*, Lefkosa.

Arslan, K. (2020). Artificial intelligence and applications in Education. *Western Anatolia Journal of Educational Sciences*, 11(1), 71-80.

Bilgin, O. ve Işık, H. B. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi ve Türkiye, Ulusal yenilik sistemi çerçevesinde bir inceleme. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(60), 860-867.

Calp, M. H., Bahçekapılı, E. ve Berigel, M. (2018). Endüstri 4.0 kapsamında akıllı fabrikaların incelenmesi. *5th International Management Information Systems Conference*, (116-120. ss.). Ankara.

Çelen, S. (2017). Sanayi 4.0 ve simülasyon. *International Journal of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 1(1), 9-26.

Çırak, A. N. (2019). Yoksullukla mücadelede Endüstri 4.0. *II. Uluslararası Kahramanmaraş Yönetim, Ekonomi Ve Siyaset Kongresi* (106-113. ss.).Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

Eryer, A. ve Eryer, S. (2019). Endüstri 4.0 ve Türk lojistik sektörüne etkileri. *II. Uluslararası Kahramanmaraş Yönetim, Ekonomi Ve Siyaset Kongresi*, (84-96. ss.). Kahramanmaraş.

Festo Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışı ve temel taşları, (2020, 30 Ocak). Erişim adresi <https://www.blogfesto.com/endustri-4-0-ortaya-cikisi-ve-temel-taslari/>.

Gabaçlı, N. ve Uzunöz, M. (2017). IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü. *International Congress on Political, Economic and Social Studies*.

Gökalp, E., Gökalp, M. O. ve Eren, P. E. (2019). Hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe endüstri 4.0 devrimi: akıllı konfeksiyon fabrikası. *Online Academic Journal of Informaion Technology*, 10(37), 74-90.

Günay, D. (2002). Sanayi ve sanayileşmenin tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, Sayı 31, 8-14.

Kamber, E. ve Bolatan, G. İ. (2019). Endüstri 4.0 Türkiye farkındalığı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(30), 836-847.

Kılıç, S. ve Alkan, R. M. (2018). Dördüncü sanayi devrimi endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49.

Koca, K. C. (2018). Sanayi 4.0: Türkiye açısından fırsatlar ve tehditler. *Sosyoekonomi Dergisi*, 26(36), 245-252.

Marr, B. (2017). *Veri stratejisi*. İstanbul: Kapital Medya Hizmetleri A.Ş.

Otomotiv Sanayi Derneği. (2020). *Otomotiv sanayi 2019 yılı küresel değerlendirme raporu*. Otomotiv Sanayi Derneği.

Öztürk, L. (2004). Monte-Carlo simülasyon metodu ve bir işletme uygulaması. *Fırat Üniversitesi Doğu Anadolu Bölgesi Araştırma ve Uygulama Merkezi*, 3(1), 116-122.

Pamuk, N. S. ve Soysal, M. (2018). Yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. *Verimlilik Dergisi*, Sayı 1, 41-66.

Polat, M. A. (2020). Türk otomotiv sektörünün ekonomik büyümeye etkisi: karşılaştırmalı bir ekonometrik analiz. *Electronic Journal of Social Sciences*, 19(73), 504-521.

Rodic, B. (2017). Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm. *De Gruyter*, 193-207.

Soydal, H. (2006). Türkiye'de doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının verimlilik analizi: otomotiv sektörü üzerine bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı 16, 577-604.

Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı 32, 44-57.

Sürmen, Y. E. (2019). *Endüstri 4.0 ve otomotiv endüstrisi: Bursa İli Swot Analizi ile Değerlendirilmesi*. Bursa.

Şekkeli, Z. H. ve Bakan, İ. (2018). Akıllı fabrikalar. *Journal of Life Economics*, 5(4), 203-220.

Şimşek, A. (2019). Otomotiv sektöründe nesnelerin interneti uygulamaları üzerine bir derleme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(2), 66-72.

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