

**Makale Türü:** Araştırma Makalesi

## PLASTİK ÜRETİMİNİN ENDÜSTRİ 4.0'DA ÖRNEK VAKA UYGULAMASI ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Zeynep OĞRAK<sup>1</sup>, Aydın ŞİK<sup>2</sup>

### ÖZ

Endüstri devrimleri içinde buldukları çağın teknolojik gelişmeleri ile yakın ilişki içerisindeyler. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı değişiklikler Endüstri 4.0'ı günümüzde mümkün kılmıştır. Endüstri 4.0'ın arkasındaki fikir, makinelerin temel internet protokolünü kullandıkları, büyük verileri topladıkları ve birbirleri ile iletişim kurabildikleri [nesnelerin interneti (IoT)] ve insanlarla iletişim kurabildikleri [İnsanların interneti (IoP)] sosyal bir ağ geliştirmektir. Pazarın küreselleşmesi, teknolojik değişim hızının yüksek olması gibi sebeplerden dolayı işletmelerin ayakta kalabilmeleri için hızla değişen bu uygulamalara adapte olmaları önemlidir. Türkiye'deki üretim modeline bakıldığında en büyük pay imalat sanayisinin %99'unu oluşturan KOBİ'lere aittir. KOBİ'lerin %99,4'ünü ise mikro ölçekli işletmeler oluşturmaktadır. Türkiye'nin Endüstri 4.0 üretim modeline geçişteki başarısında veya başarısızlığında KOBİ'lerin etkisinin büyük olduğu söylenebilir. Bu sebeple çalışmada yarı otomatik makinelerle plastik fiçi ve bidon üretimi yapan mikro ölçekli Selçuk Plastik isimli firma seçilmiştir. Çalışmada mikro ölçekli firmanın üretim yapısının incelenmesi, kurgusal bir Endüstri 4.0 fabrika modeline uyarlanarak her iki sistemin avantajlarının ve dezavantajlarının karşılaştırılması ve dönüşümde karşılaşılabilecek muhtemel zorlukların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Seçilen işletmenin incelenmesinde yüz yüze görüşme ve gözlem yöntemi kullanılırken, kurgusal modelin tasarlanmasında literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak Endüstri 4.0'a uyumlu üretim modeli ile maliyetlerin düşürülmesi, üretimde verimlilik, standart kalitede kesintisiz üretim olmak üzere birçok konuda büyük bir dönüşüm gerçekleştirse de KOBİ'lerin teknoloji altyapılarının çok düşük olması ve düşük sermayeye sahip olmaları dönüşüm sürecinin önündeki en büyük engel olarak görülmektedir. KOBİ'lerin düşük teknolojik altyapısının iyileştirilmesinde topyekûn bir dönüşüm yerine kademeli olarak işletmenin optimizasyonu önerilmektedir. Diğer bir engel olarak görülen sermaye için ise KOSGEB gibi kurumların özellikle KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a uyumlu hale getirilmesi için planladıkları destek fonlarının katkısının yüksek olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Üretim Yöntemleri, Plastik Bidon Üretimi, Akıllı Fabrikalar

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü,  
Orcid No: 0000-0002-0884-5804, zeynepograk@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü,  
Orcid No: 0000-0002-8977-9094, aydins@gazi.edu.tr

**Makale Geliş Tarihi:** 15 Nisan 2020 **Kabul Tarihi:** 12 Haziran 2020

# THE INVESTIGATION OF PLASTIC PRODUCTION ON THE EXAMPLE CASE APPLICATION IN INDUSTRY 4.0

## ABSTRACT

*Industrial revolutions are in a close relationship with the technological developments of the era they are in. The rapid changes in the information and communication technologies made Industry 4.0 possible. The idea behind Industry 4.0 is to create a social network where machines use basic internet protocol, collects huge datas and communicate with each other, called the Internet of Things (IoT) and with people, called the Internet of People (IoP). Due to globalization of the market and the high speed of technological change, it is important for businesses to adapt to these practices in order to survive. When the matter of Turkey's manufacturing model, 99% of the manufacturing industry in Turkey is constituted by KOBIs and Micro-scale enterprises comprise 99.4% of them. When we consider Turkey's success or failure of the Industry 4.0 transition process, we can say that KOBIs has a big impact. For this reason, a micro-scale company named Selçuk Plastik, which produces plastic barrels and plastic can with semi-automatic machines, has been selected in the study. In this study, it was aimed to investigate the production structure of the micro-scale company, to adapt it to a fictional Industry 4.0 factory model, to compare the advantages and disadvantages of both systems and to identify possible difficulties in transition process. While the face-to-face interview and observation method was used to analyze the selected business, the literature review method was used to design the fictional model. As a result, although Industry 4.0 has made a great transformation in many issues such as cost reduction, production efficiency, uninterrupted production in standard quality; KOBIs' low technology infrastructures and low capital seem to be the biggest obstacle to the transformation process. In the improvement of the low technological infrastructure of KOBIs, gradual optimization of the enterprise is suggested instead of a total transformation. For capital, which is seen as another obstacle, it is thought that the support funds such as KOSGEB will be very useful for the Industry 4.0 transition process.*

**Keywords:** *Industry 4.0, Production Methods, Plastic Can Production, Smart Factory*

## Giriş

Tarih boyunca toplumların yaşam ve üretim şekilleri sıkı bir ilişki içinde olmuştur. Üretim şekli, bir toplumun gündelik hayattaki alışkanlıklarından sosyal ve kültürel yapısına, ekonomisinden örf ve adetlerine kadar birçok alanda etki sahibidir.

İnsanlık tarihinin en eski üretim şekli olan tarıma dayalı üretim, kaynaklara göre, göçebe hayattan yerleşik hayata geçilmesiyle yaklaşık M.Ö 8000 yılı civarında başlamıştır (Günay, 2002, s. 8). Kas ve fiziksel gücün önemli olduğu tarıma dayalı üretim şeklinde toprak sermayedir. İş bölümüne dayalı bu üretim şeklinde toplumun çoğunluğu geniş ailelerden oluşmaktadır ve eğitim, yaşam koşulları içerisinde önemli bir yerde görülmemektedir.

18. yüzyılın ortalarında İngiltere’de başlayan ardından Avrupa’ya ve tüm dünyaya yayılan Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) ile mekanik üretim sistemlerinin temelleri atılmıştır (Jänicke ve Jacob, 2009; Pamuk ve Sosyal, 2018, s. 2). Üretim sistemlerinin kademeli olarak modernleştiği yeni üretim şekli ile yaşayış biçimimiz de modernleşmeye başlamıştır. Örneğin kitlesel üretim beraberinde kent yaşamını getirmiş, yaşam şekillerimizi ve standartlarımızı değiştirmiştir. Esasında sanayi kavramı, birlikte var olduğu bilim ve teknoloji kavramlarının anlamları ile ve de sanayinin bu kavramlarla bağlantısı ortaya konulduğunda açıklık kazanabilir (Günay, 2002, s. 8). Tarihte yaşanan sanayi devrimlerine baktığımız zaman da bu devrimlerin arkasındaki teknolojik ilerlemelerle, yeni buluşlarla ortaya çıktığını görürüz. Yeni makinelerin keşfi ile tekstilde verimliliğin artması, buhar makinelerinin kullanılmaya başlaması ve demir üretimi Birinci Sanayi Devrimi’ni başlatan en önemli etkenler olarak görülmektedir (Coleman, 1956). Birinci Sanayi Devrimi’nden yaklaşık 150 yıl sonra, 19. yüzyılın ortalarıyla 20. yüzyılın ortaları arasındaki dönemde ortaya çıkan İkinci Sanayi Devrimi’nin (Endüstri 2.0) arkasındaki en önemli gelişmelerden biri demiryolu sistemlerinin gelişmesidir. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0) aynı zamanda teknoloji devrimi olarak da nitelendirilmektedir (Jänicke ve Jacob, 2009). Demiryolu sistemlerinin gelişmesi ile pazara ve hammaddeye ulaşım kolaylaşmıştır. Ayrıca enerji kaynağı olarak kullanılan buhar ve kömürün yerine elektriğin kullanılmaya başlanması da, İkinci Sanayi Devrimi’nin temellerinin atılmasına zemin hazırlamıştır. Elektrik enerjisinin mümkün kıldığı iş bölümü de seri üretimi beraberinde getirmiştir. Bu dönemde, Henry Ford hareketli elektronik bant sistemini ilk kez fabrikalarında kullanmaya başlamış ve seri üretime geçişte önemli bir aktör olarak ortaya çıkmıştır (Alizon, Shooter ve Simpson 2009). İkinci Sanayi Devrimi’ni takip eden Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0), 1970’li yıllarda gelişen teknolojinin etkisiyle otomasyonun yaygınlaşmasıyla başlamıştır. Bu dönemde elektronik bilgi teknolojilerinin kullanımı ve yazılım sektörünün gelişmesiyle birlikte makineler de değişime uğramıştır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik ve jeotermal enerji santralleri kullanımı yaygınlaştırılmaya çalışılmıştır. Bu alanda çağın en önemli kavramlarından biri olarak sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir büyüme kavramları büyük önem kazanmıştır (Redclift, 2005).

Günümüze geldiğimizde ise ilk olarak Almanya’da ortaya çıkan ardından tüm dünyada konuşulmaya başlanan Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) görülmektedir (Pamuk ve Sosyal, 2018, s. 3). Bu kavramın ilk olarak Almanya’da bulunan Hannover Fuarında dile getirilmesinin sebebi olarak, Almanya’nın Avrupa’nın önemli bir sanayi merkezi konumunda olması ve mevcut nüfusundan dolayı bu fabrikalarda çalışacak işçi bulma konusunda yaşadıkları sıkıntılar gösterilebilir. Endüstri 4.0 ile yaşanan işgücü sıkıntısının önüne geçilebileceği söylenebilir. Çünkü Endüstri 4.0 ile üretim insansız son teknoloji akıllı robotların kullanıldığı akıllı fabrikalarda yapılmaktadır. Robotların üretim esnasında ışık kaynağına ihtiyaç duymamasından dolayı Endüstri 4.0 üretim metodolojisini ifade etmek için “Karanlık Üretim” ifadesi kullanıldığı gibi üretimin gerçekleştiği fabrikalar için ise bazı kaynaklarda “Karanlık Fabrika” ifadesi kullanıldığı görülmektedir (Akben ve Avşar, 2018, s. 6; Erdoğan, 2019, s. 5).

Akıllı fabrikalarda son teknoloji akıllı robotlarla üretimin getirdiği birçok farklı avantajlar vardır. Örneğin, insansız üretimde hatalı çıktı payı daha düşüktür; böylelikle üretimden yüksek verim elde edilir. Üretilen çıktının standart bir kaliteyi yakalaması, verimli ve kesintisiz üretim bu fabrikalarla ulaşılması oldukça kolay hedeflerdir (Alkan, tarihsiz). Endüstri 4.0 üretim sisteminin ilk örneklerinden olan Çin’de kurulan ve cep telefonu modülleri üreten bir fabrikanın genel müdürü tarafından yapılan açıklamada sistemle birlikte çalışan sayılarının 650’den 60’a düştüğünü ve ürün çıktısındaki kusurlu parça oranının %25’lerden %5’lere düştüğü ifade edilmiştir (Alkan, tarihsiz). Endüstri 4.0’a uyumlu tesisler ışık kaynağına ihtiyaç duymaksızın tamamen karanlık ortamda üretim yapabiliyor olmaları açısından büyük elektrik tasarrufunun sağlandığı çevreci fabrikalardır. Siemens’in yönetim kurulu üyesi Klaus Helmrich’in ifadesi ile “Akıllı fabrikalarla ürünlerin piyasaya sürme hızı %20 ile %25 arasında artarken maliyetlerin %30 oranında düşebilir. Bununla beraber enerji tasarrufu %70’e kadar sağlanabilir” (Matthews, tarihsiz).

Ağır sanayide bazı üretim parkurlarında işçi güvenliği açısından sakıncalığı olduğu bilinmesine rağmen buralarda yine de insan gücünden faydalanılmaya devam edilmektedir. Oysa iş güvenliği açısından akıllı fabrikalar çok daha güvenlidir. Bu fabrikalarda insan sağlığını riske atabilecek çeşitli üretim aşamaları tamamen insansız, akıllı robotlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Akıllı fabrikaların sağlayacağı yararlar arasında prototipleşme aşamasında, ürün son halini almadan fabrikanın kendi özelleşmiş tasarımlarını yapmasına olanak sağlaması, daha esnek bir üretim sunması da gösterilebilir.

Nesnelerin interneti kavramı söz konusu teknolojik yeni gelişmelerden birisidir. Yeni internet protokolü IPv6’nın 2012 yılında devreye girmesiyle nesnelerin birbirleri ile iletişim halinde olmaları bu fabrikaların tamamen insansız üretim yapabilmelerinin arkasındaki en büyük teknolojik gelişmedir (Akben ve Avşar, 2018, s. 30). 3 boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi, simülasyon, büyük veri analizi, yatay-dikey entegrasyon, akıllı robot teknolojilerindeki ilerlemeler bu teknolojik gelişmelerin diğer önemli örnekleri olarak gösterilebilir.

Türkiye'deki üretim modeline bakıldığında en büyük paydaya KOBİ'lerin sahip olduğunu söyleyebiliriz. 24 Haziran 2018 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan yönetmeliğe göre Türkiye'deki KOBİ tanımı çalışan sayısı 10'un altında olan işletmeleri Mikro Ölçekli KOBİ, 50'nin altında olan işletmeleri Küçük Ölçekli KOBİ, 250'nin altında olan işletmeleri ise Orta Ölçekli KOBİ şeklinde tanımlamıştır (Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması, 2018).

TÜİK'in Küçük ve Orta Büyüklükteki Girişim İstatistikleri 2016 verilerine göre KOBİ'ler Türkiye'deki toplam işletmelerin %99,8'ini, toplam istihdamın %73,5'ünü oluşturmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2016). KOSGEB, TOSYÖV, MMO (2006, 2008, 2010, 2016) tarafından yapılan araştırmalara göre küçük ve orta ölçekli sanayi işletmeleri, imalat sanayisinde faaliyet gösteren işletmelerin %99'ünü oluşturarak, imalat sanayisindeki istihdamın %61,5'ini sağlamaktadır (veriler ilgili kurumların internet sitelerinden alınmıştır: <https://www.mmo.org.tr/>; <https://www.kosgeb.gov.tr/>; <https://www.tosyov.org.tr/kategori/raporlar>). Bu verilere bakarak KOBİ'lerin imalat sanayisinde dev bir ekonomiyi şekillendirdiği, Türk ekonomisinin temel taşlarından biri olduğu sonucunu çıkarmak yanıltıcı olmayacaktır. İmalatçı KOBİ niteliğindeki işletmelerin sanayi alt dallarına bakıldığında %3,4'ü plastik-kauçuk ürünlerine aittir. Plastik-kauçuk ürünlerin çalışan sayısının payı ise %4'tür (Bayülken, 2017, s. 28). 2016 verilerine göre işletmelerin büyüklüklerine göre dağılımlarına bakıldığında %99,4 gibi yüksek bir payda mikro ölçekli işletmelere aittir (Bayülken, 2017, s. 30).

KOBİ'lerin yüksek istihdam oranına rağmen imalat sanayisinin katma değer payı %27,6'dır. Yüksek istihdam oranına rağmen ortaya çıkan düşük katma değerinin sebeplerinden biri olarak KOBİ'lerin üretim süreçlerindeki düşük teknolojinin payının yüksek olduğu düşünülebilir. Sanayide 1-9 işçi çalıştıran mikro ölçekli işletmeler maliyet/kalite optimizasyonu yapamamaktadırlar. KOBİ'ler genel olarak teknoloji geliştirememekte, yeni teknolojileri izleyememekte, teknoloji dönüşümü yapmak için çaba ve gayret gösterememektedirler. Pazarın küreselleşmesi, teknolojik değişim hızının yüksek olması sebepleri dolayısı ile bu işletmelerin ayakta kalabilmeleri için hızla bu uygulamalara adapte olmaları önemlidir (Bayülgen ve Kütükoğlu, 2012, s. 63, Bayülken, 2017). Türkiye'nin Endüstri 4.0'a geçişi düşünülürken imalat sanayisinde baskın durumda olan KOBİ'ler göz ardı edilmemelidir. Verilen rakamlar göz önünde bulundurulduğunda Endüstri 4.0'a geçişte sürecin başarısında veya başarısızlığında en yüksek rolün KOBİ'lerin olduğu düşünülmektedir.

Bu sebeple bu çalışmada, hâlihazırda yarı otomatik makinelerle değişik ebatlarda plastik fiç, bidon üretimi yapan mikro ölçekli bir işletmenin üretim yapısının incelenmesi, kurgusal bir Endüstri 4.0'a uyumlu akıllı işletme modeline uyarlanarak, her iki üretim yönteminin avantajlarının ve dezavantajlarının karşılaştırılması ve dönüşümde karşılaşılabilecek muhtemel zorlukların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma için seçilen mikro ölçekli plastik bidon/fiç üreten işletmenin ikinci kuşak sahibi, gerek yüz yüze, gerek telefon ve e-posta yolu ile kendisiyle yapılan görüşmelerimizde işletmenin üretim süreçlerini tüm ayrıntılarıyla paylaşmıştır.

## **Materyal ve Metot**

### **2.1 Firma Bilgileri**

Selçuk Plastik 1975 yılında kurulmuş Sivas'ta faaliyet gösteren mikro ölçekli bir şahıs firmasıdır. Firmanın faaliyet alanı değişik ebatlarda polietilen (PE) malzeme ile plastik fiçı ve bidon üretimidir. Bünyesinde tam kapasite ile çalışması durumunda tek vardiyada 2 usta, 2 usta yardımcısı, 1 ortacı, 1 şoför ve 1 ön muhasebe elemanı olmak üzere 7 adet çalışana ihtiyacı vardır. Fakat üretimin tam kapasite ile yapılması durumunda 7 eleman işletmeye mali külfet olacağı için firma hiçbir zaman tam kapasite ile çalışmamaktadır. Bu sebeple firma bünyesinde üretim için 1 usta, 1 çırak ve 1 ortacı olmak üzere toplamda üç eleman bulunmaktadır; makineler ihtiyaca göre sıra ile çalıştırılmaktadır. Firmada tam zamanlı çalışan muhasebe elemanı bulunmamaktadır. Bu ihtiyaç dışarıdan halledilmektedir. Bu bilgilere bakarak firmanın düşük istihdamla çalıştığını söyleyebiliriz. Firma bünyesinde ø80 mm'lik ve ø120 mm'lik iki adet bodinoz (plastik şişirme) makinası, 200 gr'lık bir adet enjeksiyon makinası, bir adet 60'lık plastik kırma makinası, 800 litre 1000 akü kompresör tek motor çift kafa, iki adet freze, iki adet birer tonluk tanklı kalıp devir daim motorlu soğutma ünitesi bulunmaktadır. Firmanın teknolojik altyapısı yok denecek kadar azdır. Makineler yoğunlukla manuel olarak kullanılmaktadır. Üretim genel olarak emek yoğun olarak gerçekleşmektedir.

Hammadde siparişi yılda ortalama 5-6 kez verilmektedir. İzmir Aliğa'dan gelen hammaddenin nakliyesi Selçuk Plastiğe aittir. Firma araç bulmakta zorlandığı için hammaddeyi ancak kamyon dolacak kadar olduğunda sipariş vermektedir. Firmada iki adet araç bulunmaktadır.

Firma tüketicilere fabrikadan herhangi bir aracı olmadan ürünlerini ulaştırdığı gibi perakendecilerle de çalışmaktadır. İl içi satışların yanı sıra civardaki ilçelere de satışlar yapılmaktadır. Bu siparişlerin teslimi için bir süre siparişler toplanarak yola çıkacak kamyonun tamamen dolması beklenmektedir.

#### **2.1.1 Üretim Hattı**

##### **2.1.1.2 Yarı Mamul Ürünün Elde Edilmesi**

Yaygın olarak kullanılan PET ve PE malzemelerden yapılmış içi boş ürünler enjeksiyon şişirme veya ekstrüzyon şişirme makineleri ile üretilmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2014, s. 1) Firmada plastik bidonların gövde kısımları ekstrüzyon şişirme teknolojisi kullanılarak bodinoz makinesinde üretilmektedir (Resim 1). Çalışmada ekstrüzyon şişirme teknolojisi aşamaları ile detaylı şekilde ele alınacaktır. İşletmede 80'lik ve 120'lik olmak üzere iki adet bodinoz makinesi bulunmaktadır. 80'lik bodinoz makinesi 50 gr'dan 150 gr'a kadar üretim yaparken; 120'lik bodinoz makinesi 200 gr'dan 400 gr'a kadar üretim yapmaktadır. Plastiğin şişirilmesinde kullanılan bodinoz makinesinin iç aksamı plastik poşet, streç film üretiminde kullanılan bodinoz makinesi



ile birebir aynı olup, makineler çalışma prensipleri yönünden birbirlerinden ayrılmaktadır. Plastik şişirmede kullanılan bodinoz makinesinin kafa olarak tabir edilen kısmı aşağı yönlü iken plastik poşet, streç film üretiminde kullanılan makinenin kafa kısmı yukarı yönlüdür.

İşletmede üretimden önce bir dizi hazırlık aşaması bulunmaktadır. Mesai saati başlamadan yaklaşık iki saat önce bir görevli soğuk halde bulunan bodinoz makinelerini elektrik kumanda panellerinden kontrol ederek ısıtır. Bu işleme 'ateşleme' adı verilir. Makineler çeşitli bölgelerinde bulunan ısıtıcılar vasıtasıyla 160<sup>0</sup> dereceye kadar ısıtılarak üretime hazır hale getirilir. Malzemenin erime kıvamı ve akış hızı makinenin ısı ayarları ile sağlanır. Bu ayarlar bir çalışan tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Makinelerin ısıtılmasının ardından kafa olarak tabir edilen her kalıba uygun büyüklükte olan biri iç bükey diğeri dış bükey iki yarım küre şeklindeki iç içe geçmiş, bir kişinin yerden rahatlıkla kaldıramayacağı demir kütleler makineye takılarak ayrıca manuel olarak ısıtılır. Kafa, kalıpla birlikte sökülüp takıldığı için rezistans bağlanması mümkün değildir. Bu sebeple her seferinde pürmüz ile manuel olarak ısıtılır. Makinenin sıcaklığı ile kafanın sıcaklığı birbirine yakın olmalıdır. Aksi durumda kafadan akan malzemenin et kalınlığında hatalar, büzülme, kalıplanmış parçada düzensiz şekil ve çarpıklıklar gibi olumsuz durumlar yaratabilir. Makineler ısı ve helezon ayarları yapıldıktan sonra çalıştırılır. Bu işleme 'şalter açılma' adı verilir. Şalter açılmasının ardından granül halindeki polietilen (PE) hammadde konik tekneye eklenir. Plastik gövdenin üretiminde yüksek yoğunluklu polietilen malzeme (YYPE) kullanılır. Bir işçi teknedeki hammaddeyi sürekli olarak kontrol eder. Belirli bir seviyenin altına geldiğinde hammadde ekleyerek buradaki sürekliliği sağlar. Konik tekneye eklenen granül halindeki polietilen malzeme ısıtıcılara bağlı helezon ile eriyerek kafa olarak tabir edilen makinenin baş kısmına doğru ilerler. Erimiş hammadde kafadan kalıba doğru akmaya başlar. Kafa aynı zamanda malzemenin et kalınlığının ayarlanmasında da görev alır. Malzemenin istenilen kalınlıkta ve homojen olarak akması kafanın etrafındaki civatalar aracılığı ile sağlanır. Buradaki ayarlamalar oldukça hassas olup ustalık gerektiren işlemlerdir. Ayarlamalar esnasında makine çalışmakta olup malzeme akmaya devam ettiği için bu işlem kısa sürede halledilmelidir. Aksi halde zaman, enerji ve malzeme zayıtı maliyeti arttıracaktır. Özetle makinenin ısıtılması, kafanın takılıp ısıtılması ve civata ayarlarının yapılmasıyla seri üretime başlanmış olur. Bir sonraki aşama hammaddenin kalıba akmasıdır. Makinenin kalıp bağlanan kısmına 'mengene' denir. Kalıp mengene üzerinden çalışır. Kalıp açık iken sıcak hammadde kafadan istenilen kalınlıkta kalıba doğru silindirik olarak akar. Akan malzeme kalıbın içinden geçerek boyunu bir miktar geçtikten sonra kalıp işçi tarafından manuel olarak kapatılır ve üst noktasından dönerci bıçağına benzeyen bir bıçakla süratle kesilerek mengene öne doğru çekilir. Aynı çabuklukla kalıbın üst birleşme kesitinin orta noktasındaki 3-5 mm çapındaki delikten 5-10 mm içeri girebilen hava hortumunun metal ucu ile dışarıya taşırılmadan hava basılır. Buradaki işlem oldukça hızlı yapılmalıdır. Aynı zamanda basınçlı hava kalıbın içerisine en uygun değerde aktarılmalıdır. Hava yetersiz olursa kalıp şekil almazken fazla olursa malzemede yer yer incelmeler ve yırtılmalar meydana

gelebilir. Her iki durumda zayıf ve maliyet artışı demektir. Ürün şekillendikten sonra kalıp açılarak el ile çıkarılır ve çapak temizleme işlemine gönderilir. Çapağı temizlene ilk ürün tartılarak ağırlık kontrolüne tabi tutulur. Belirlenen standart sağlandığında seri üretim devam eder. Ağırlık uygunluk kontrolü süreç içerisinde zaman zaman tekrarlanır.



**Resim 1.** ø80mm'lik Bodinoz Makinesi

### **2.1.1.3 Çapak Temizleme İşlemi**

Kalıptan çıkarılan ürünün kenarlarında çapak denilen kısımlar vardır. Bunun sebebi kalıp kapandıktan sonra sıvı plastiğin kalıbın dışına bir miktar taşmasından kaynaklanmaktadır. Buradaki taşma plastiğin kalıba tam oturduğundan emin olmak için makinayı kontrol eden usta tarafından özellikle istenen bir durumdur. Bodinoz makinasından çıkan sıcak ve yumuşak durumdaki plastik fiçinin veya bidonun çevresindeki çapaklar bir işçi tarafından elle bıçakla baştan sona temizlenir. Bu işlemin seri şekilde yapılması gerekmektedir aksi halde tezgâhta yığılma olacağı gibi bekleyerek soğuyan yarı mamulün çapağını temizlemek de zorlaşır. Günlük ortalama 250-300 kg malzemenin işlendiği işletmede ortalama 150 kg çapak çıkmaktadır. Çapak miktarı işlenen malzemenin yarısı gibi oldukça yüksek bir orana sahiptir. Malzemenin ziyan olmaması için çapak temizleme işleminden sonra kalan parçalar kırma makinesine gönderilir. Kırma işlemiyle elde edilen granül tekrar üretime döndürülür. Üretime tekrar kazandırılan hammadde bir miktar kalite kaybına uğrar. Bunun sebebi malzemenin ısı işleme uğradıktan sonra renk ve şeffaflığında değişim meydana gelmesinden kaynaklanır. Bu değişim ürünün cazibesini azaltır.

### **2.1.1.4 Freze İle Ağız Boşluğunun Açılması**

Firmada iki adet ağız açma ünitesi (freze) bulunmaktadır (Resim 2) . Bu makineler sürekli çalışır haldedir ve oldukça tehlikeli aletlerdir. Frezenin tepsi şeklindeki dairesel



testereleri her ürünün ağız çapına uygun çeşitli ebatlardadır. Testerenin dişleri tepsi gövdesine 90° dik olarak dışa dönüktür. Ağız boşluklarının açılma işlemi şu şekildedir: Testerenin merkezindeki 2-3 cm uzunluğundaki 3-5 mm kalınlığındaki mil, ürünün hava verilen tepe deliğine yerleştirilip ortalanır ve ağız boşluğunun açılması sağlanır.



**Resim 2.** Freze Makinesi

### **2.1.1.5 Enjeksiyon Makinesi İle Kapakların Üretimi**

Kapaksız ürün henüz yarı mamul niteliğindedir. İşletmenin kapak ihtiyacı, hammadde ihtiyacı gibi asal ve sürekli. Kapakların hazır halde dışarıdan temin edilmesi hem yüksek maliyetli hem de teminindeki aksamalar nedeniyle ciddi problemlere sebep olabileceği için işletme kapakları kendi bünyesinde üretmektedir. İhtiyaç fazlası üretilen kapaklar da talep doğrultusunda satılmaktadır.

Kapaklar enjeksiyon makinesinde tam otomatik olarak üretilmektedir (Resim 3). Makine çalıştırılmadan önce malzemenin sıvılaştırma kıvamı, akış hızı, basınç ayarı, kalıbın doldurulma süresi ve bekleme süresi gibi bütün ayarlar otomatik olarak girilir. Makine tam otomatik olduğu için açma kapama ve kontroller dışında çalışması esnasında işçi veya usta gerektirmez. Teknesinde hammadde olduğu sürece üretime böylece devam eder.

Hammadde olarak alçak yoğunluklu polietilen malzeme (AYPE) kullanılmaktadır. Enjeksiyon makinesinin çalışma prensibi: Konik teknede bulunan hammadde sıvılaşarak makine içindeki haznede toplanır. Haznenin ucunda 4 mm çapında çıkış ucu bulunmaktadır. Bu uca 'meme' adı verilir. Üretime başlandığında hammaddenin bulunduğu hazne ile kalıp yatay düzlemde arada hiçbir boşluk kalmayacak şekilde kafa kafaya birleşir. Memeden önceden ayarlanmış basınçla püskürtülen malzeme kalıbın içini tamamen doldurduktan sonra püskürtme durdurularak kalıp ve hammaddenin püskürtüldüğü hazne birbirinden ayrılır. Ardından kalıp açılır ve ürün aşağıya düşer. Kalıp tekrar kapandığında bu işlem devam ederek kapaklar seri şekilde üretilir. Kalıptan çıkan malzeme doğrudan kullanıma hazır haldedir.



**Resim 3.** 200 gr'lık Enjeksiyon Makinesi

#### **2.1.1.6 Plastik Kırma Makinesi İle Atık Malzemenin Yeniden Üretime Katılması**

Bu kısımda atık malzemelerin tekrar üretime katılması sağlanır. Atık malzeme çapak temizleme işleminden gelebileceği gibi hatalı üretimden de gelebilir. Üretimde günlük ortalama 8-10 adet hatalı ürün çıkmaktadır (Resim 4). Bu hata genellikle bodinoz makinesine kalıbın et kalınlığı ayarlarken veya şişirme işlemi sırasında yaşanmaktadır. Bu ayarlamalar manuel olarak yapıldığı için hata oranı oldukça yüksektir.



**Resim 4.** 60 gr'lık Plastik Kırma Makinesi

## 2.2 Mevcut Üretim Modelinin Avantajları ve Dezavantajları

### 2.2.1 Mevcut Üretim Modelinin Avantajları

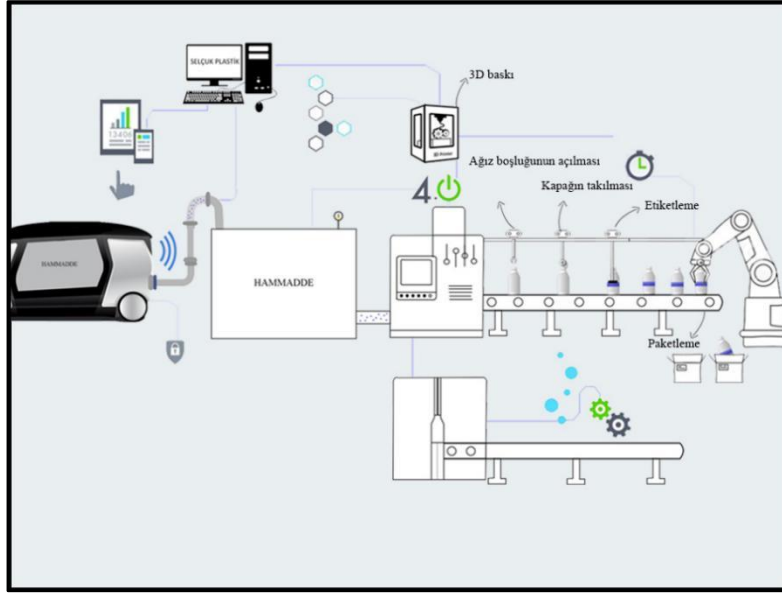
1. İşletme mikro ölçekli bir işletmedir. Üretim teknolojisi daha çok emek yoğun olduğu için düşük sermaye ile kurulabilmekte ve işleyebilmektedir.
2. İşletme düşük istihdam ile çalışabilmektedir. Makineler tam kapasite ile aralıksız çalışmadığı ve ihtiyaca göre tek tek çalıştırıldığı için üretim 1 usta, 1 usta yardımcısı, 1 ortacı olmak üzere toplamda 3 kişi ile yapılabilmektedir.
3. Talepten meydana gelen değişikliklere esneklikleri vardır.

### 2.2.2 Mevcut Üretim Modelinin Dezavantajları

1. Hammadde 25 kg'lık torbalarla tekneye eklenirken bir kısmı yerlere dökülerek hammadde ziyan olmaktadır. Bu işlem işçilerde bel fitiği gibi çeşitli rahatsızlıklara neden olabilir bu sebeple iş güvenliği açısından da riskli bir işlemdir.
2. Bir işçi sürekli asıl işinin yanında hammadde takibi yapmak zorundadır.
3. Kalıp yarı otomatik bir sistemle açılıp kapanmaktadır. Sistemin kapanma hızı sabittir fakat sıkıştırma gücü manuel ayarlanır, açma/kapama butonuna basılarak işlem tamamlanır. Sıkıştırma gücü fazla olursa kalıp ezilir, az olursa sızıntı olur ürün bozulur. Bu işlem sırasında hatalı çıktı oranı oldukça yüksektir.
4. Kalıp kapatma, hava ile şişirme ve kalıptan çıkarma işlemleri yapılırken kafadan sıvılaşmış plastik madde gelmeye devam etmektedir. İşçi burada çok seri olmalıdır. Eğer kalıp geç kapatılırsa plastik madde aşağıda sündürme yapar ve ürünü bozar; erken kapatılırsa kalıpta eşit dağılım olmaz ve altı kapanmaz. Her iki durumda da ürün sakat tabir edilir iskartaya ayrılarak kırmaya gönderilir.
5. Firmada aynı işlemi yapan 2 adet makine vardır. Çünkü 80'lik makine sadece 50-150 gr'lık bidon üretebilmektedir. 120'lik makine 200-400 gr'lık bidon üretebilmektedir. Fakat personelin iki katına çıkması gerekeceği için iki makine aynı anda çalıştırılmamaktadır.
6. İnsan gücü ile işlem gerçekleştiğinden standart bir kalite yakalamak oldukça zordur.
7. Atık durumundaki hammaddenin ikinci defa üretime sokulması kalite kaybına sebebiyet vermektedir.

## 2.3 Kurgusal Endüstri 4.0 Örnek Fabrika Modeli

Çalışmanın bu kısmında önceki bölümde incelenen mikro ölçekli plastik bidon üretimi yapan işletmenin üretim modeli temelde nesnelerin interneti ve sensör teknolojilerini kullanarak makinaların birbirleri ile iletişim halinde olduğu, kendilerini ve üretim süreçlerini idame ettirdikleri kurgusal bir Endüstri 4.0 üretim-tedarik modeline uyarlanmıştır (Resim 5). Kurgusal üretim modelinde hammaddenin fabrikaya ulaşmasından ürünün tüketiciye ulaşmasına kadar geçen süreç tasarlanmıştır. Bir sonraki bölümde her iki üretim modelinin avantajları ve dezavantajları karşılaştırılarak dönüşümde karşılaşılabilecek muhtemel zorluklar tespit edilmiştir.



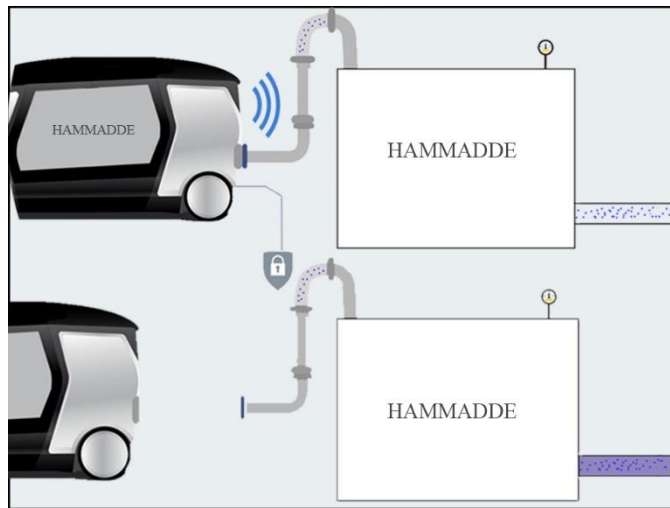
**Resim 5.** Kurgusal Endüstri 4.0 Fabrika Modeli

### 2.3.1 Hammaddenin Fabrikaya Ulaştırılmasında Nesnelerin İnterneti ve Otonom Araçların Rolü

Nesnelerin interneti (IOT) kablosuz teknolojiler, yarı iletken yongalara gömülü olan algılayıcılar, valf ve uygulayıcı gibi donanımlar, mikro elektromekanik sistemler ve internetin bağlanması ile ortaya çıkmıştır (Bulut ve Akçacı, 2017, s. 55). Nesnelerin interneti nesnelerin kendi içinde veya canlılarla aracısız olarak yerel bir ağa veya internete bağlı veri aktarımı yapabilmesini sağlayan teknolojik sistemdir (Bulut ve Akçacı, 2017, s. 55). Endüstri 4.0 üretim yönteminin avantajlarından birisi, hammaddenin tedarik sürecinde lojistik aksaklıklarının minimum olmasıdır. İnsan faktörü aradan kaldırılarak fabrika, hammadde ihtiyacı olduğunda nesnelerin interneti sistemini kullanarak siparişi tedarikçiye kendisi iletir. Üretim sürecinin aksamaması için fabrika tedarik süresini de hesaplayarak üretim devam ederken sipariş miktarını tedarikçiye elektronik ortamdan iletir. Aynı bilgi otonom araçlara da iletir. Araçlar fabrikanın iletmiş olduğu bilgiler doğrultusunda tedarikçiden ürünlerini temin ederek fabrikaya geri dönerler. Mamuller fabrikanın ilgili makinesine sensörler aracılığı ile yaklaşır ve insan gücü kullanılmaksızın mamul makineye aktarılır (Resim 6). Bu aşamada otonom aracın sadece makinenin ilgili bölgesinde aktarım yapmasını sağlamak için sanal güvenlik duvarları kullanılır. Otonom araçların lojistik sektöründe kullanılması yeni bir durum değildir. BMW Wackersdorf yerleşkesinde 2016 yılında fabrika içerisinde parçaların naklinde 10 adet akıllı otonom robot filosunun kullanıldığını açıklamıştır (SupplyChain 24/7, 2016). İsveç'te Ocak 2018 yılından itibaren kullanılmaya başlayan 2 adet otonom ulaşım aracı telekomünikasyon firması Ericsson tarafından geliştirilen bulut program aracılığı ile kontrol edilmektedir (Schafft, 2018). Koronavirüs döneminde ise Çinli startup firması UDI'nın geliştirdiği 50 adet otonom minibüs karantina

bölgesindeki yerleşkelere gıda maddesi ulaştırmak için kullanılmıştır. Yapay zeka ile makine öğrenmesine sahip servis araçları kargo bölgesinde 1000 kg'a kadar kargo taşıyabilmektedir. Araçlar koronavirüs pandemisi sırasında 16 farklı bölgede karantina altında yaşayanlara taze gıda maddesi ulaştırmıştır (Guizzo, 2020). 2016 yılında yayınlanan Mckinsey raporunda 10 yıl içerisinde otonom araçların lojistik sektörünün %80'ine hâkim olacağı ifade edilmiştir. Bununla beraber DHL'nin otonom araçlar için hazırladığı 2014 raporuna göre trafik kazalarının %90'ı insan hatasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple otonom araçların daha güvenli olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Otonom araçlar verimli yakıt tüketimi ve düşük emisyon özelliklerinden dolayı çevreci araçlardır. İnsansız araçlar karbon ayak izini ve motor maliyetini %15 oranında azaltmaktadır. Bu bilgilere ek olarak tır sürücülerine getirilen zorunlu dinlenme süresinin otonom araçlar için gerekli olmaması 7/24 kesintisiz sevkiyat ile bölge başına maliyetin %40 düştüğü ifade edilmiştir (Kückelhaus, 2014).

Otonom araçların tedarik sürecinde de kullanılması ile sürdürülebilir ve kesintisiz bir süreç izlenmiş olur. Kurgusal üretim modelinde müşteriler siparişlerini akıllı telefonları aracılığı ile firmanın ilgili uygulaması üzerinden kolaylıkla verebilir. Sipariş verildikten sonra bilgisi fabrikaya anında ulaşır. Ürünler robot kollar aracılığı ile paketlenirken sonra alıcısına ulaşmak üzere otonom araçlara yüklenir. Fabrika siparişe en yakında bulunan otonom aracını sipariş verilen yere yönlendirerek insansız sipariş tedarik sürecini tamamlanmış olur. Otonom araçlarda alternatif yenilenebilir kaynak kullanılarak yakıt tasarrufu sağlayabilir. Örneğin, elektrikli araçların yakıt tüketimi kilometre başına 0.04 USD-0.06 USD aralığındayken aynı mesafede benzinli araçlarda yakıt tüketimi 0.18 USD-0.22USD aralığındadır (Türk Elektrikli Araç Sanayii, 2017). Dolayısı ile firma benzine kıyasla 4 kata kadar yakıt tasarrufu sağlamış olur.



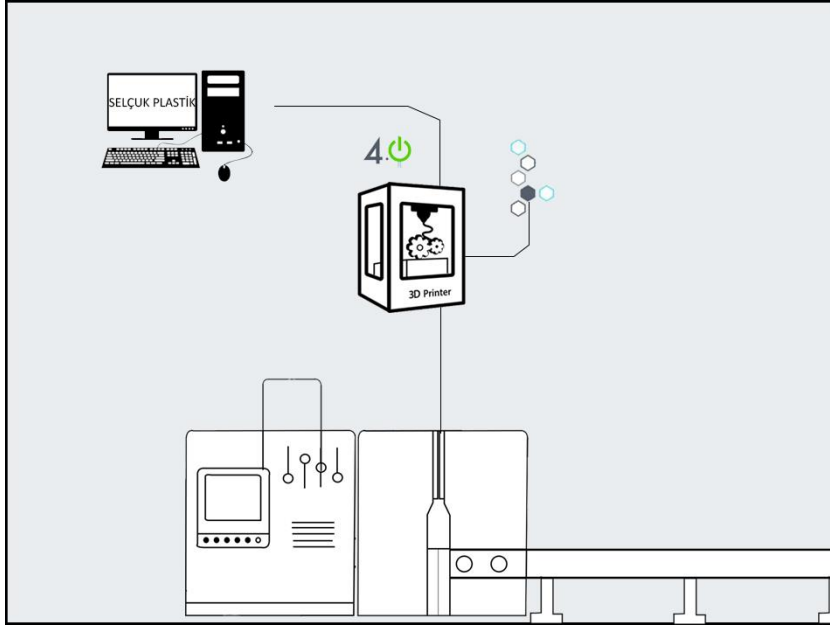
**Resim 6.** Endüstri 4.0 Fabrika İçi Hammadde Tedarik Kurgusu

### 2.3.2 Kalıpların Üretilmesinde 3 Boyutlu Yazıcıların Rolü

Kalıp maliyeti bir firmanın en çok bütçe ayırdığı alanlardan birisidir. Kalıpların ucuz ve kolay ulaşılır olmayışı tasarımların kısır bir döngüde kalmasına sebep olmaktadır. 3 boyutlu (3D) yazıcılar özellikle ürüne kolay ulaşılır olma açısından döküm ile üretime alternatif oluşturmaktadır. 3D baskı, bilgisayar destekli tasarım programları (CAD) aracılığı ile tasarlanan modellerin 3 boyutlu yazıcıya iletilmesiyle başlar. Ürün, yazıcının x ve y eksenine ek olarak z eksenini de kullanmasıyla malzemenin üst üste eklemesiyle elde edilir. 3 boyutlu yazıcıların üretim yöntemleri üretimde kullanılacak malzemenin başlangıçtaki durumuna göre sıvı esaslı, katı esaslı ve toz esaslı olmak üzere üçe ayrılabilir. Her bir gurup kendi içerisinde farklı üretim teknikleri içerir. 3D yazıcılarda metallerin en çok kullanıldığı yöntemler Elektro Işın Ergitme (EBM) ve Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (DMLS) yöntemleridir (Yılmaz ve Arar ve Koç, 2016, s. 38). EBM teknolojisi, metal tozlarını güçlü bir elektron ışını ile eriterek ürünün katman katman inşa edildiği süreçtir. Bu yöntem ile metal ve seramik malzemelerden elde edilen ürünler cerrahi ve tıpta, havacılık, otomotiv, kimya tesisi, enerji üretimi, spor ve diğer büyük endüstrilerde kullanılmaktadır (Çelik ve diğerleri, 2013, s. 64). DMLS yöntemi ise toz halindeki metal malzemenin katman katman işlenmesiyle oluşur. Sinterlenen ürünün soğumaya bırakılmasıyla işlem tamamlanır (Johnes, 2019). 3 boyutlu yazıcılar denildiğinde akla ilk olarak prototip üretmek için kullanılması gelse de günümüzde birçok üretici üretim hattının çeşitli kısımlarında 3 boyutlu yazıcıları kullanmaktadır. 2019 yılında Almanya'nın Münich şehrinde otomotiv endüstrisini desteklemek için BMW önderliğinde IDAM (Industrialization and Digitization of Additive Manufacturing for Automotive Series Processes) projesi geliştirilmiştir. Projenin üç boyutlu yazıcılar ile Alman otomotiv sektörü için yılda 50.000 adet seri üretim metal parça ile 10.000 yedek parça üretmesi beklenmektedir. Sağlık sektörü üç boyutlu yazıcı teknolojisine erkenden adapte olmuştur. 100.000'den fazla titanyum kalça protezi üretilmiştir. Daha hafif ve rahat kullanıma sahip olması için spor ekipmanlarının üretilmesinde de 3 boyutlu yazıcılar sıklıkla kullanılmaktadır. Berlin merkezli Deutsche Bahn isimli demiryolu firması 30 farklı amaç için 10.000 parçayı 3 boyutlu yazıcılardan ürettirmiştir (Naramore, 2019). Basit plastik parçaların üretilmesiyle başlayan süreç metalden basılmış tampon kutuları ve tekerlek takımı kapaklarını içeren parçalarla devam etmiştir. 3D yazıcılar aynı zamanda eski trenler için yedek parça üretimi devam etmeyen parçaları üreterek trenlerin kullanıma devam etmelerini sağlamıştır (Naramore, 2019). Günümüzde her ne kadar seri üretimde 3 boyutlu yazıcıların kullanımı artmış olsa da özellikle metal veya titanyum gibi materyallerden büyük parçaların üretilmesi oldukça pahalıdır (Yılmaz, Arar ve Koç, 2016, s. 38). Bununla beraber 2018 Küresel Gelişmeler Raporunun içinde yer alan MIT (Massachusetts Institute of Technology) Teknoloji Gözden Geçirme Raporuna göre plastik haricinde bir materyalle baskının pahalı ve yavaş bir süreç olmasının gelişen teknolojilerin etkisi ile ucuzlayıp kolaylaşacağı ifade edilmiştir. Son teknolojinin karmaşık ve büyük metal nesnelere üretmeyi mümkün kıldığı için imalat sektörüne dönüşebileceği ifade edilmiştir (Rotham, 2017). 3 boyutlu yazıcıların kalıp üretiminde



kullanılması yakın gelecekte maliyetlerin düşmesi söz konusu olursa döküm gibi yöntemlere alternatif oluşturması açısından dikkate değerdir.



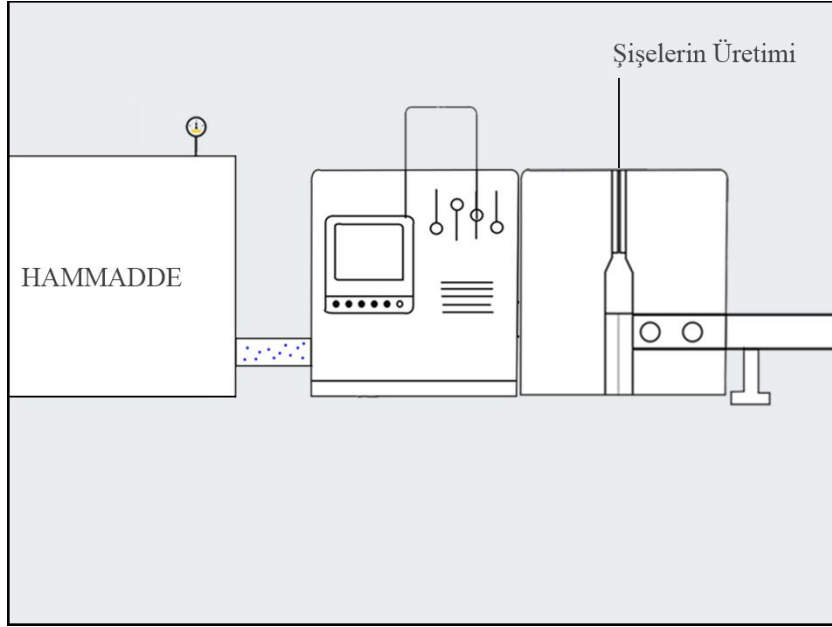
**Resim 7.** Endüstri 4.0 3 Boyutlu Yazıcılarla Kalıp Üretim Kurgusu

### 2.3.3 Üretimde Dijitalleşme ve Otonom Makinaların Rolü

Endüstri 4.0 ile üretim, makinaların dijitalleşmesiyle insan gücüne, hatta kontrolüne dahi ihtiyaç duymaksızın otonom şekilde çalışan akıllı fabrikalarda gerçekleşmektedir. Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan dijitalleşmenin KOBİ'lerde uygulanması için çeşitli destek paketleri oluşturulmuştur. Örneğin 2018 Küresel Gelişmeler Raporuna göre otonom teknolojinin desteklenmesi için KOSGEB 'İmalat Sanayi Sektöründe Dijitalleşme' başlıklı proje çağrısı ile üç ayrı başlıkta toplamda 450 milyon TL olmak üzere proje başına 1 milyon TL'ye kadar destek verileceğinin planlandığı açıklanmıştır (Türkiye Bilişim Derneği, 2018). Aynı raporun 2019 verilerinde ise 2019-2023 yıllarını kapsayan KOBİ'lere yönelik stratejik planında KOBİ'lerin teknoloji seviyesini ve ihracat kapasitesini arttırmaya yönelik olan teknolojik ürün yatırımlarına öncelik verileceği, teknoloji tabanlı girişimciler ile KOBİ'lerin ARGE ve yenilik kapasitelerini güçlendirmeye yönelik projeleri öncelikli olarak destekleneceği, KOBİ'lerin katma değerli ve ileri teknoloji alanlar başta olmak üzere bölgesel, sektörel, ölçeksel, işletmeye özgü destek modelleri ile desteklenmeleri, dijitalleşmeleri ve finansman kaynaklarına düşük maliyetlerle ulaşmalarının sağlanacağı hedefler arasında yer almaktadır (Türkiye Bilişim Derneği, 2019).

Üretimin dijitalleşmesinin en önemli avantajlarından biri daha uzun çalışma saatine karşın daha az kusurlu parça üretimidir (Akben ve Avşar, 2018, s. 32). İleri imalat teknolojileri ile kaliteli ve yüksek miktarda standart ürünlerin üretimi mümkün olmaktadır (Ömürbek ve Yılmaz, 2009, s. 378; Moriones ve Cerio, 2004, s. 118).

Örneğin, Endüstri 4.0'a uyumlu makine ihtiyaç duyduğu hammadde miktarını kendisi hesaplayarak bitişinde bulunan depodan çekebilir. Böylelikle bir işçinin sürekli hammadde takibi yapmasına gerek kalmaz. Enjeksiyon şişirme teknolojisi ile plastik bidonun gövdesi çapak temizleme işlemine gerek duyulmadan üretilebilir. Bu üretim şekli üç aşamadan oluşmaktadır: Hammadde enjeksiyonu, şişirme işlemi ve ürünün dışarıya alınmasıdır. Enjeksiyon kalıplamada sıcak hammadde kalıbın içerisine aktarılırken aynı anda basınçla şişirilir ve kalıplanmış ürünler iticiler ile dışarıya atılır. Şişe ağırlığında duvar kalınlığında ve hacminde maksimum benzerlik enjeksiyon şişirme makinesinde elde edilebilmektedir. Bilgisayar ile çok kademeli enjeksiyon basıncı ve hızı tam olarak kontrol edilebilmekte, üretim basamakları ve hatalar takip edilebilmektedir (MEB, 2014, s. 7). Böylelikle yüksek kalitede düşük fireli standart üretim ile verimlilik artar.



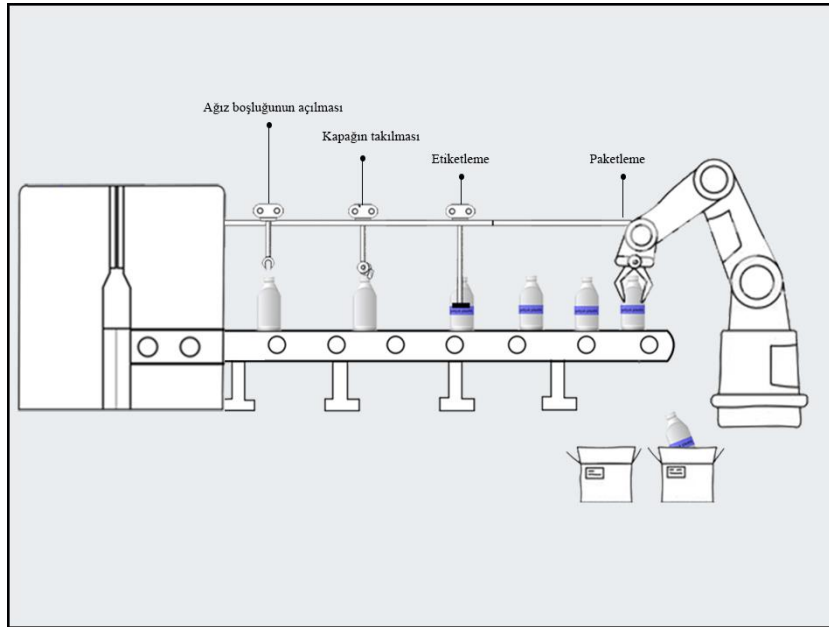
**Resim 8.** Endüstri 4.0 Üretim Kurgusu

Plastik kapakların üretiminde 3 boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi önerilmektedir. Ergiyik Biriktirme Modelleme tekniği ile (FDM, Fused Deposition Modeling) ABS, poliamid, polikarbonat, polietilen, polipropilen gibi plastik malzemeler rahatlıkla kullanılabilir. Üretilen parçaların esnemeye, bükülmeye, kırılmaya ve uzamaya karşı yüksek dayanımı, suya ve neme karşı yüksek dirençleri, uygun maliyeti en belirgin özellikleridir (Çelik ve diğerleri, s. 60). FDM sisteminin çalışma prensibi plastik telin (filament) veya filament yerine haznedan beslenen plastik granürün ergime noktasının üzerinde bir sıcaklıkta eritilerek malzemenin üst üste eklenmesine dayanmaktadır. Bir diğer yöntem olan Seçici Lazer Sinterleme (SLS, Selective Laser Sintering) tekniğinde ise poliamid (nylon), polistren, polietilen, karbon fiber ve alüminyum katkı poliamid gibi plastik malzemeler kullanılabilir. SLS tekniğinde ilk olarak toz halinde bulunan plastik malzeme ısıtılarak malzemenin birleşmesi sağlanır. Ardından yazıcıda bulunan lazer, tarayıcı sistem aracılığı ile tabaka şeklindeki tozlar üzerinde seçilen bölgeleri tarar

ve ilk katmanın inşası biter. SLS sistemi, sinterleme istasyonunun dışında, kullanılmış tozun belirli oranda yeniden kullanılmasını sağlayan geri dönüşüm sistemini içerir. Üretilen modellerin çarpılmaması için soğumaya bırakılması sistemin bir dezavantajdır (Çelik ve diğerleri, 2013, s. 63). Polyjet teknolojisi, Çok Jetli Modelleme (MJM, Multi-Jet Modelling), Şekil Biriktirme İmalatı (SDM, Shape Deposition Manufacturing) plastik malzemelerin kullanılabilirdiği diğer 3D yazıcı teknikleridir.

### 2.3.4 Üretimde Robot Kolların ve Üretim Bandının Rolü

Üretim bandı teknolojisi Endüstri 2.0 döneminde ilk kez Ford tarafından kullanarak üretimde verimlilik sağlamıştır (Bulut ve Akçacı, 2017, s. 52). Endüstri 4.0 döneminde üretim bandı teknolojisi robot kollarla desteklenerek her bir işlem için ayrı ayrı makine, çalışan ve emek isteyen işlemler tek hat üzerinde halledilebilir duruma gelmiştir. Selçuk Plastik'te ürünün plastik gövdesi kalıptan çıktıktan ve çapakları temizlendikten sonra pek çok işlemden geçmektedir. Bunlar sırayla ağız boşluğunun açılması, kapağın takılması, etiketleme ve paketleme işlemleridir. İşletmede ağız boşluğu açmak için Freze kullanılırken diğer işlemler işletmenin çeşitli yerlerinde çalışanlar tarafından insan gücü ile gerçekleştirilmektedir. Kurgusal modelde ürünün ağız boşluğunun açılmasından paketlemeye kadarki sürecin tamamının üretim bandı üzerinde işlem sırasına göre konumlandırılmış robot kollar ile gerçekleştirilmesi önerilmiştir. Tek hat üzerinde derli toplu üretim ile tüm bu işlemler için ihtiyaç duyulan alan minimuma indirilmiştir.



**Resim 9.** Endüstri 4.0 Üretim Bandı Kurgusu

### 3. Sonuç ve Değerlendirme

KOBİ'ler imalat sanayisinin %99'unu oluştururken KOBİ'lerin %99,4'ü mikro ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. KOBİ'ler istihdamın %61,5'ini oluşturarak Türkiye ekonomisi içerisinde önemli bir yere sahiptir. Çalışma içerisinde seçilen mikro ölçekli işletmenin mevcut üretim yöntemlerinin avantajları şöyle sıralanabilir:

1. Üretimin emek yoğun olması sebebi ile düşük sermaye ile kurulabilmektedir.
2. Düşük istihdam ile çalışabilmektedir.
3. Talepten gelen değişikliklere esnekler.
4. Kuruluş yeri seçiminin daha basittir.

KOBİ'lerin yüksek istihdam oranına rağmen imalat sanayii içindeki katma değer payı düşüktür. Bu oran %27,6'dır.

Çalışma içerisinde seçilen mikro ölçekli işletmenin mevcut üretim yöntemlerinin dezavantajları şöyle kategorize edilerek sıralanabilir:

#### 1. Prodüktivite ve rantabilite açısından:

- Üretim düşük teknolojiye sahip yarı otomatik makinelerle yapıldığı için iş gücüne muhtaç ve bağımlıdır.
- Tam kapasiteye ulaşmak için personeli gece çalıştırmak yüksek maliyetlidir. Çalışanların gece denetlenmesi olasılığı da yoktur. Bu durum verimliliği düşürür, ayrıca maliyet artışı ve buna bağlı olarak rantabilitenin düşmesi demektir. Bu nedenle işletme sadece gündüz 8 saat mesai yapabilmektedir. Dolayısı ile ön hazırlık süresi gerekmekte, iş gücü ve üretim kaybı söz konusu olmaktadır.
- Makineler tam kapasite ile çalışmamakta, kesintisiz üretim söz konusu olamamaktadır. İşletme rasyonel olmayan makine yerleşim planı alan kaybına yol açtığı gibi iş gücü kaybına da neden olmaktadır.

#### 2. İş Güvenliği ve iş gücü verimliliği açısından:

- Üretimin birçok aşamasında iş güvenliği riski yüksektir.
- Emek yoğun teknolojiye dayalı olduğu için personeli daima tam denetim altında bulundurma olanağı yoktur. Bu nedenle standart kaliteye ulaşip onu sürdürebilme oranı düşük, hatalı çıktı oranı yüksektir.

#### 3. Rekabet gücü ve büyüme imkânları açısından:

- Karlılık oranı düşük olduğu için büyüme ve gelişme imkânları sınırlı olup, büyük işletmelerle rekabet gücü yoktur.
- Endüstri kolunun teknolojik değişim hızı yüksek olmasına karşın işletme teknoloji değişim hızına ayak uyduramamaktadır. Yaklaşık 45 senedir faaliyette bulunan işletme hemen hemen kurulduğu günkü büyüklükte ve aynı teknolojik imkânlarla sahip olup mevcut durumunu koruma ve sürdürme çabası gütmemektedir.

Çalışma içerisinde önerilen kurgusal Endüstri 4.0 üretim modelinin avantajları şöyle kategorize edilmiştir:

1. Rantabilite ve prodüktivite açısından:

- Lojistikte daha güvenli, kesintisiz sevkiyat ile verimlilik artacaktır.
- Lojistikte otonom araçların verimli yakıt tüketimi, düşük emisyon ile çevreye zarar düşürülecektir.
- Tam kapasiteye ulaşmak ve sürdürmek dolayısıyla kesintisiz üretim mümkün olabilecek, böylece birim ürün maliyeti düşerek verimlilik artacaktır.
- Üretimde düşük fire ve standart kaliteye ulaşmak kolaylaşacak, verimlilik ve karlılık oranları büyüyebilecektir.
- Personel ihtiyacı olmayacağı için üretim maliyeti içerisinde önemli paya sahip olan personel giderleri sıfırlanmış olacak, böylece karlılık oranı yükselmiş olacaktır.
- 3D yazıcı teknolojisi ile ürün yelpazesine yeni ürünler ekleyebilmenin kolaylaşması ile ürün çeşitliliği daha kolay artırılabilir.

2. İş Güvenliği ve iş gücü verimliliği açısından:

- Niteliksiz iş gücü ihtiyacı, buna bağlı olarak iş güvenliği riski yok denecek seviyeye indirgenmiş olacak; böylece personelin eğitimi ve denetimi sorunları bir türlü çözülemeyen ücret problemleri gibi yükler sonlanacak, en önemlisi personele bağımlılık ortadan kalkmış olacaktır.

3. Rekabet gücü ve büyüme imkânları açısından:

- Büyük işletmelerle rekabet edebilir konuma gelinecek, küresel rekabete hazır ve açık bulunmuş olacaktır.
- Makinelerin dijitalleşmesi ile fabrika içi verilere anında ulaşılabilir, bu bilgilerin bulut sistemlerde depolanması, analiz edilmesi mümkün olunabilecek, böylece sektördeki gelişmelere daha kolay ve çabuk ayak uydurulabilecek, sektörün gerisine düşmemek, teknolojileri takip edip uyarlamak mümkün olabilecektir.
- 3D yazıcısının getirdiği kolaylıkla yeni ürünlerle Pazar payını geliştirmek ve büyümek mümkün olabilecektir.

Çalışma içerisinde önerilen kurgusal Endüstri 4.0 üretim modelinin dezavantajları aşağıda sıralanmıştır:

1. Yüksek teknolojik sistemin kurulması için gereken sermaye ihtiyacının yüksek olması gerekmektedir.
2. İnternet, elektrik, su, iletişim vb. iç sistemlerin en baştan kurulması zorunludur.
3. Üretim planlamasının ve kurgusunun oluşturulması, uygulanması, teknik bilgi gerektirmektedir.

Sonuç olarak Endüstri 4.0 ile üretim, günümüzde gerçekleşen bir dizi teknoloji tabanlı gelişmenin bir sonucu niteliğindedir. Bu teknolojik gelişmeler ülkelerin küresel rekabet gücü için Endüstri 4.0'ı adeta dayatmaktadır. Türkiye'nin Endüstri 4.0'a geçişi düşünüldüğünde ise imalat sanayisinde dev bir ekonomiyi şekillendiren KOBİ'lerin varlığını göz ardı etmek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Çalışmada Türkiye'nin Endüstri 4.0'a dönüşüm sürecinde kilit role sahip KOBİ'lerin önemi vurgulanarak işletmenin dönüşüm süreci tasarlanmıştır. Çalışma içerisinde kurgusal olarak işlenen üretim modelinin KOBİ'ler için örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır. Kurgusal modelde makinelerin kontrolünde kesintisiz üretimin sağlanması ile üretimde verimliliğin artacağı öngörülmüştür. İnsandan kaynaklanan hatalar ortadan kaldırılarak kalitenin arttığı standart bir üretimin yakalanabileceği öngörülmüştür. Dijitalleşme ile fabrika içi tüm verilerin tek bir yerden kontrol edilebileceği, depolanabileceği fabrika modelinde işletmenin yönetimi de kolaylaşmakta, riskler daha öngörülebilir ve kontrol edilebilir olacaktır. Büyüme ve gelişmenin artacağı, tüm bu gelişmelerin sonucunda da KOBİ'lerin katma değerdeki payının artacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0'a uyumlu üretim modeli her ne kadar başta üretimde verimlilik olmak üzere birçok konuda büyük bir dönüşüm gerçekleştirirse de KOBİ'lerin teknoloji altyapılarının çok düşük olması ve düşük sermayeye sahip olmaları dönüşüm sürecinin önündeki en büyük engel olarak gözükmektedir. KOBİ'lerin düşük teknolojik altyapısının iyileştirilmesinde topyekûn bir dönüşüm yerine kademeli olarak işletmenin optimizasyonu önerilmektedir. Diğer bir engel olarak görülen sermaye için ise KOSGEB gibi kurumların özellikle KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a uyumlu hale getirilmesi için planladıkları destek fonlarının katkısının yüksek olacağı düşünülmektedir.

### **Kaynakça**

- Akben, İ. ve Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi /Journal of Turkish Social Sciences Research* 3(1), 27-37.
- Alizon, F., Shooter, S. B. ve Simpson, T. W. (2009). Henry Ford and the Model T: Lessons for Product Platforming and Mass Customization. *Design Studies*, 30(5), 588-605.
- Alkan, M. A. (tarihsiz). *Karanlık Fabrikalar ile İnsansız Üretim*. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu. <https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/Alkan>
- Bayülken, Y. ve Kütükoğlu, C. (2012). *Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi İşletmeleri Oda Raporu*. Yayın No: MMO/583.
- Bayülken, Y. (2017). *Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi İşletmeleri Oda Raporu*. Yayın No : MMO/677.



- Bulut, E. ve Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve İnavosyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 7, 50-72.
- Coleman, D. C. (1956). Industrial Growth and Industrial Revolutions. *Economica*, 23(89), 1-22.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M. ve Duysak, A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanlar. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31, 53-70.
- Drath, R. ve Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58.
- Guizzo, E. (2020, Mart 2). *Robot Vehicles Make Contactless Deliveries Amid Coronavirus Quarantine*. IEE Spectrum. <https://spectrum.ieee.org/automaton/transportation/self-driving/robot-vehicles-make-contactless-deliveries-amid-coronavirus-quarantine>
- Günay, D. (2002). Sanayi ve Sanayi Tarihi. *Mimar ve Mühendislik Dergisi*, 31, 8-14.
- Jänicke, M. ve Jacob, K. (2009). *A Third Industrial Revolution Solutions to the Crisis of Resource-Intensive Growth*. Freie Universität Berlin, Environmental Policy Research Center.
- Johns, G. (2019, Nisan 13). *Direct Metal Laser Sintering (DMLS) - Simply Explained*. All3DP. <https://all3dp.com/2/direct-metal-laser-sintering-dmls-simply-explained/>
- Kückelhaus, M. (2014). *Self-Driving Vehicles in Logistics*. DHL Customer Solutions&Innovation. [https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/dhl\\_self\\_driving\\_vehicles.pdf](https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_self_driving_vehicles.pdf)
- Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (2018, 30 Nisan). *Resmi Gazete* (Karar Sayısı: 2018/11828). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/06/20180624-7.pdf>
- MacDougall, W. (2014). *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future*. Technical Report of Germany Trade and Invest. [https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/\\_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf](https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf)
- Matthews, K. (tarihsiz). *Five smart factories – and what you can learn from them*. Internet of Business. <https://internetofbusiness.com/success-stories-five-companies-smart-factories-can-learn/>
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2014). *Plastik Teknolojisi Şişirme Makinesi Ayarları*.
- Moriones, A. B. ve Cerio, J. M. D. (2004). Employee Involvement: Its Interaction With Advanced Manufacturing Technologies, Quality Management, and Inter-Firm

- Collaboration. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 14(2), 117-134.
- Naramore, C. (2019, Aralık 13). *3D Printing as a Production Technology*. 3D Printing.Com. <https://3dprinting.com/3d-printing-use-cases/3d-printing-as-a-production-technology/>
- Ömürbek, N. ve Yılmaz, H. (2009). İleri İmalat Teknolojileri Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21, 376-389.
- Pamuk, N. ve Sosyal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme. *Verimlilik Dergisi*, 1, 41-66.
- Redclift, M. (2005). Sustainable Development (1987–2005): An Oxymoron Comes of Age. *Sustainable Development*, 13(4), 212-227.
- Roblek, V., Mesko, M. ve Krapez, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 1-11.
- Rotham, D. (2017). *The 3-D Printer That Could Finally Change Manufacturing*. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2017/04/25/4855/the-3-d-printer-that-could-finally-change-manufacturing/>
- Schaft, P. (2018). *Moving the Masses: Autonomous Vehicles in Public Transport*. Robotics Business Review. <https://www.roboticsbusinessreview.com/unmanned/moving-masses-autonomous-vehicles-public-transport/>
- Shrouf, F., Ordieres, J. ve Miragliotta, G. (2014). Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 697-701.
- SupplyChain 24/7. (2016, Kasım 18). *BMW Logistics Using Autonomous Transport Robots*. SupplyChain 24/7. [https://www.supplychain247.com/article/bmw\\_logistics\\_using\\_autonomous\\_transport\\_robots](https://www.supplychain247.com/article/bmw_logistics_using_autonomous_transport_robots)
- Tuominen, V. (2016). The Measurement-Aided Welding Cell-Giving Sight to the Blind. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86(1-4), 371-386.
- Türk Elektrikli Araç Sanayii. (2017). *Benzinli ve Elektrikli Araç Yakıt Tüketimi Karşılaştırması*. Tevi. <https://www.tevi.com.tr/medya/blog/benzinli-ve-elektrikli-arac-yakit-tuketimi-karsilastirmasi>
- Türkiye Bilişim Derneği. (2018). *Küresel Gelişmeler Raporu*. <https://www.tbd.org.tr/wp-content/uploads/2019/02/2018-kuresel-gelistmeler-raporu.pdf>

- Türkiye Bilişim Derneği. (2019). *Küresel Gelişmeler Raporu*.  
<https://www.tbd.org.tr/pdf/2019-kuresel-gelismeler-raporu.pdf>
- Türkiye İstatistik Kurumu, (2016). *Küçük ve Orta Büyüklükteki Girişim İstatistikleri, 2016*. <http://dipmo.net/wp-content/uploads/K%C3%BC%C3%A7%C3%BCk-ve-Orta-B%C3%BCy%C3%BCkl%C3%BCkteki-Giri%C5%9Fim-%C4%B0statistikleri.pdf>
- Yılmaz, F., Arar, M. ve Koç, E. (2013, Ekim 26). 3D Baskı İle Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi. *Dünya Gazetesi*.