

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
İŞLETME ENSTİTÜSÜ**

**ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNİN SERİ VE KESİKLİ
ÜRETİM SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Damla ÇEVİK

**Enstitü Anabilim Dalı : İşletme
Enstitü Bilim Dalı : Üretim Yönetimi ve Pazarlama**

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kamil TAŞKIN

NİSAN – 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
İŞLETME ENSTİTÜSÜ

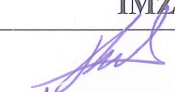
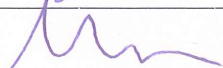
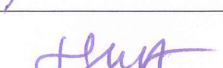
ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNİN SERİ VE KESİKLİ
ÜRETİM SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Damla ÇEVİK

Enstitü Anabilim Dalı : İşletme
Enstitü Bilim Dalı : Üretim Yönetimi ve Pazarlama

“Bu tez 20/04/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.”

JÜRİÜYESİ	KANAATI	İMZA
Dr. Öğr. Üyesi Kamil TAŞKIN	Basatılı	
Doç. Dr. Mustafa E. İNAN	Basarılı	
Dr. Öğr. Üy. H. Murat Arslan	Basarılı	



SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
İŞLETME ENSTİTÜSÜ
TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU

Sayfa : 1/1

Öğrencinin

Adı Soyadı	:	DAMLA ÇEVİK
Öğrenci Numarası	:	1560Y04016
Enstitü Anabilim Dalı	:	İŞLETME
Enstitü Bilim Dalı	:	ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA
Programı	:	<input checked="" type="checkbox"/> YÜKSEK LİSANS <input type="checkbox"/> DOKTORA
Tezin Başlığı	:	ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNİN SERİ VE KESİKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ
Benzerlik Oranı	:	%5

İŞLETME ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.


20/04/2018
Öğrenci İmza

Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımda yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere gsb@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir.

Bilgilerinize arz ederim.


20/04/2018
Öğrenci İmza

Uygundur

Danışman
Unvanı / Adı-Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Kamil TAŞKIN

Tarih:20.04.2018

İmza: 

KABUL EDİLMİŞTİR

REDDEDİLMİŞTİR

EYK Tarih ve No:

Enstitü Birim Sorumlusu Onayı

ÖNSÖZ

Bu tezin yazılmasında, çalışmama her türlü desteği vererek, tezi sahiplenerek titizlikle takip eden, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm saygıdeğer danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Kamil Taşkın'a değerli katkı ve emekleri için içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatımın her alanında yanımda olan, bana daima güvenen, anlayış gösteren, desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve ailem olma gururunu bana yaşatan en değerli hazinem canım aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Damla ÇEVİK

20.04.2018

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	ix
GRAFİK LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvi
SUMMARY	xvii

GİRİŞ	1
--------------------	----------

BÖLÜM 1:ENDÜSTRİ GELİŞİMİ VE SANAYİ DEVRİMLERİ	5
---	----------

1.1. Sanayi Devrimi I (1780- 1840)	5
--	---

1.2. Sanayi Devrimi II (1840-1870).....	6
---	---

1.3. Sanayi Devrimi III (1870-2010)	7
---	---

1.4. Sanayi Devrimi IV (2010-)	7
---------------------------------------	---

1.4.1. Sanayi 4.0.....	8
------------------------	---

1.4.2. Sanayi 4.0'a Sebep Olan 9 Temel Teknoloji Unsuru.....	11
--	----

1.4.2.1 Büyük Veriler ve Analizi (Big Datas and Analitics).....	12
---	----

1.4.2.2. Özerk Robotlar (Autonomus Robots).....	13
---	----

1.4.2.3. Simülasyon (Simulation)	15
--	----

1.4.2.4. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu (Horizontal and Vertical System Integration)	16
---	----

1.4.2.5. Nesnelerin İnterneti (The Industrial Internet of Things)	17
---	----

1.4.2.6. Siber Güvenlik (Cybersecurity).....	18
--	----

1.4.2.7. Bulut Bilişimin (The Cloud).....	19
---	----

1.4.2.8. Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality).....	22
---	----

1.4.2.9. Eklemeli İmalat (Addictive Manufacturing)	22
--	----

BÖLÜM 2: ÜRETİM SİSTEMLERİ	23
---	-----------

2.1. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	25
---	----

2.1.1. Seri Üretim (Sürekli Üretim)	26
---	----

2.1.1.1. Kütle Üretim (Kitle Üretim).....	28
---	----

2.1.1.2. Akış Üretimi	28
-----------------------------	----

2.1.2. Proje Tipi Üretim Sistemi	28
2.1.3. Kesikli Üretim (Aralıklı Üretim)	30
2.1.3.1. Siparişe Göre Üretim	31
2.1.3.2. Parti Tipi Üretim.....	32
2.2. Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	33
BÖLÜM 3: 3 BOYUTLU ÜRETİM SİSTEMİ KAVRAMI	34
3.1. Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları.....	34
3.2. Katmanlı Üretim: 3B Nesne Yazdırmaya Giriş.....	36
3.3. Üç Boyutlu Yazıcı İle Üretim Süreci	40
3.3.1. Ortaya Atılan Fikir	40
3.3.2. Model	40
3.3.3. Dilimleme.....	41
3.3.4. Baskı ve Üretim	42
3.3.5. Son İşlem.....	43
3.4. Üç Boyutlu Nesne Yazdırma Kavramı	43
3.5. Üç Boyutlu Yazıcıların Sağlayacağı Düşünülen Avantajlar	47
3.6. Üç Boyutlu Yazıcıların Gelişim Süreci.....	51
3.7. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Sınıflandırılması	57
3.7.1. Kullanım Amaçlarına Göre 3B Yazıcılar.....	57
3.6.1.1. Ticari Amaçlı Kullanılan 3B Yazıcılar.....	57
3.6.1.2. Kişisel Amaçlı Kullanılan 3B Yazıcılar	58
3.7.2. Kullanılan Üretim Tekniğine Göre 3B Yazıcılar	60
3.7.2.1. Seçici Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering – SLS)	60
3.7.2.2. Füzyonlu Birikimsel Modelleme (FDM).....	62
3.7.2.3. Işıklı Kütleleme (Stereolithography SLA)	64
3.7.2.4. Dijital Işık İşleme (Digital Light Processing -DLP).....	65
3.7.2.5. Seçici Lazer Ergitme (Selective Laser Melting- SLM).....	66
3.7.2.6. Elektron Işın Ergitme (Electron Beam Melting- EBM)	67
3.7.2.7. Binder Jetting (BJ).....	68
3.7.2.8. Tabaka Yapıştırma Tekniği (Laminated Object Manufacturing LOM)	
.....	68

3.8. Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Teknolojilerin Karşılaştırılması.....	70
3.9. Üç Boyutlu Yazdırmada Kullanılan Malzemeler.....	71
3.10. Üç Boyutlu Yazıcıların Kullanım Alanları	83
3.10.1. Gıda Sektörü	84
3.10.2. Sağlık Hizmeti.....	87
3.10.3. Perakende	91
3.10.4. Yedek Parça	92
3.10.5. Mimari ve İnşaat:	93
3.10.6. Askeri	94
3.10.7. Taşımacılık (Uçak- Otomobil)	95
3.10.8. Giyim	97
3.10.9. Mücevher	99
3.11. Üç Boyutlu Yazıcıların Kullanım Düzeyi ve Geleceği.....	99
3.12. Üç Boyutlu Yazıcı Sektöründe Türkiye.....	102

BÖLÜM 4: 3 BOYUTLU YAZICILARIN ÜRETİMDEKİ YERİ 105

4.1. 3 Boyutlu Yazıcıların Üretim Üzerine Etkileri	105
4.2. 3 Boyutlu Yazıcıların Üretim Sistemleriyle Olan İlişkisi	115
4.2.1. Seri Üretimde Üç Boyutlu Baskı	115
4.2.1.1. Seri İmalat İçinde Enjeksiyon Üretim ve Katmanlı Üretim Karşılaştırılması.....	122
4.2.1.2. Seri Üretimde 3B Baskı Teknolojisini Kullanan İşletme Örnekleri	125
4.2.2. Kesikli Üretimde 3 Boyutlu Yazıcı Kullanımı	129

BÖLÜM 5. SANAYİ 4.0 ve 3B YAZICILAR ÜZERİNE BİR ANKET ÇALIŞMASI VE BULGULARIN ANALİZİ 135

5.1. Araştırmanın Amacı	135
5.2. Araştırmanın Önemi.....	135
5.3. Araştırma Süreci ve Tasarımı.....	136
5.4. Araştırmanın Kapsamı	138
5.5. Araştırmanın Kısıtları.....	138
5.6. Araştırma Evreni	139
5.7. Verilerin Toplama Aracı ve Verilerin Analiz Edilmesi	139

5.8. Kesikli Üretim İşletmelerinden Elde Edilen Bulgular ve Bulguların Yorumlanması	140
5.9. Seri Üretim İşletmelerinden Elde Edilen Bulgular ve Bulguların Yorumlanması.	183
5.10. Seri Üretim ve Kesikli Üretim İşletmelerinden Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması ve Yorumlanması	218
ARAŞTIRMA SONUÇLARI	260
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	264
KAYNAKÇA	266
EKLER.....	282

KISALTMALAR

3B/3b	: 3 boyutlu
ABS	: Akrilonitril Butadin Stiren
AM	: (Addictive Manufacturing) Eklemeli İmalat- Katmanlı İmalat
ASTM	: Amerikan Malzeme ve Test Cemiyeti
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CAD	: (Computer Aided Design)- Bilgisayar Destekli Tasarım
CLIP	: (Continuous Liquid Interface Production) Devamlı Sıvı Arayüzü Üretimi
CRM	: (Customer Relationship Management) Müşteri İlişkileri Yönetimi
DMLS	: Doğrudan Metal Lazer Sinterleme
DMLS	: Doğrudan Metal Lazer Sinterleme
EBM	: Elektron Işıklı Ergitme
ERP	: (Enterprise Resource Planning) – Kurumsal Kaynak Planlama
FDM	: Füzyonlu Birikimsel Modelleme
FFF	: (Free Form Fabrication) Serbest Şekil Fabrikasyon
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IT	: (Information Technology) Bilgi Teknoloji
LOM	: (Laminated Object Manufacturing) Katmanlı Nesne Üretimi
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
PC	: Polikarbonat
PLA	: Polilaktik Asit
PLC	: (Programmable Logic Controller) Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
PPSF	: Polifenilsulfon(PPSF)
RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama
RP	: (Rapid Prototpe) hızlı prototipleme
RLTS	: Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri
RWTH	: Rheinisch Westfalische Technische Hochschule Aachen Üniversitesi
SL/SLA	: Stereolitografi
SLA	: (Service Level Agreement) Hizmet Düzeyi Sözleşmesi
SLM	: (Selective Laser Melting)Seçici Lazer Eritme
SLS	: (Selective Laser Sintering) Seçici Lazer Sinterleme

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1	: Sanayileşme Süreci	5
Şekil 2	: Buhar Makinesi Parçaları	6
Şekil 3	: Sanayi Devrimlerinin Kronolojik Şekli (DFKI 2011).....	8
Şekil 4	: Sanayi 4.0'ı Destekleyen 9 Temel Teknoloji Unsuru	12
Şekil 5	: ABB Tarafından Tasarlanmış İki Kollu Yumi Robotu	14
Şekil 6	: Bulut Bilişimi Görselleştirilmesi.....	20
Şekil 7	: Temel Üretim Süreci	24
Şekil 8	: Seri Üretim Otomobil Hattı.....	27
Şekil 9	: Proje Tipi Üretim Örneği: Uçak Üretimi	30
Şekil 10	: 3B Yazıcılar ile Üretilmek Üzere Tasarlanan Model Örneği.....	38
Şekil 11	: Katmanlı İmalat İle Üretilmiş Ürün Örnekleri	39
Şekil 12	: Üretim Teknolojileri Döngüsü	43
Şekil 13	: Katkılı İmalatla Üretilmiş Pirinç Bir Yarış Arabası Parçası	48
Şekil 14	: MIT Tarafından Geliştirilmiş Renkli Baskı Makinesi(1993).....	53
Şekil 15	: RepRap 3b Yazıcı Örneği.....	54
Şekil 16	: 3 Boyutlu Yazıcı İle Elde Edilmiş Protez Bacak	55
Şekil 17	: 3b Yazıcı İle Üretilen Urbee Araba.....	55
Şekil 18	: Yüksek Hızda Üretim Yapan Carbon3b Yazıcı	57
Şekil 19	: 3 Boyutlu Yazıcıların 1980-2000 Yılları Arası Tarihsel Gelişimi.....	56
Şekil 20	: 3 Boyutlu Yazıcıların 2000-2017 Yılları Arası Tarihsel Gelişimi.....	56
Şekil 21	: Ticari Amaçla Üretilmiş 3b Yazıcılara Örnek	58
Şekil 22	: Kişisel Kullanıma Uygun 3B Yazıcı Örnekleri.....	59
Şekil 23	: SLS Yönteminde Çalışma Prensibi	61
Şekil 24	: SLS Tekniğiyle Üretilen Parçalar	62
Şekil 25	: FDM Tekniğinin Çalışma Prensibi.....	63
Şekil 26	: Karmaşık Yapıdaki Parçaların Doğrudan Hızlı Prototipleme ile Üretimi	66
Şekil 27	: EBM Teknolojisinin Çalışma Prensibi.....	67
Şekil 28	: LOM Tekniğinin Çalışma Prensibi	69
Şekil 29	: Seramikten Elde Edilmiş 3boyutlu Yazıcıdan Çıkmış Ürünler.....	73
Şekil 30	: 3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilen 8 Farklı Malzemeden Elde Edilmiş Ürün.....	74

Şekil 31 :3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilen 8 Farklı Malzemeden Elde Edilmiş Ürün.....	76
Şekil 32 : ABS Ürünü.....	77
Şekil 33 : Bir Araç Geliştirme Projesinde ABS Malzeme Kullanılarak Üretilen Plastik Prototiplerin Genel Görüntüsü.....	78
Şekil 34 : ABS Malzemeden Üretilmiş Parçaların Kaynak Metodu Kullanılarak Bir Araya Getirilmesi	78
Şekil 35 : 3b Yazıcılarda ABS Malzemesi Kullanılarak Oluşturulan Ürün Örnekleri.....	78
Şekil 36 : 3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilmiş Ahşap Nesnelere.....	79
Şekil 37 : 3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilmiş Pet Nesne	80
Şekil 38 : Chocedge - Choc Creator 3b Gıda Yazıcısı	85
Şekil 39 : Chocedge - Choc Creator 3b Gıda Yazıcısı ile Üretilmiş 3b Çikolata Örneği	86
Şekil 40 : 3 Boyutlu Yazıcı Restoranı	86
Şekil 41 : CAD ile Oluşturulmuş Yeni Yüz Kemikleri	88
Şekil 42 : 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Yapay Saç	89
Şekil 43 : 3 Boyutlu Diş Tasarımı	90
Şekil 44 : 3 Boyutlu Yazıcılarla Elde Edilmiş Kişisel Kulaklık.....	91
Şekil 45 : 3b Yazıcılarla Oluşturulan Mimari Çalışma	93
Şekil 46 : 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Silah	94
Şekil 47 : Stati'nin Yapım Aşamasından Bir Görüntü	95
Şekil 48 : Stati'nin Tamamlanmış Hali	95
Şekil 49 : 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Araç.....	96
Şekil 50 : Stratasys Tarafından Katmanlı İmalat Örneği İHA.....	97
Şekil 51 : Catherine Wale Tarafından 3b Yazıcı Teknolojisi ile Projelendirilmiş Giysi Örneği	98
Şekil 52 : Anouk Wipprecht' İn Audi İşbirliği İle 3B Yazıcı İle Hazırladığı Enteraktif Giysiler(2015).....	98
Şekil 53 : 3 Boyutlu Yazıcılarla Elde Edilmiş Mücevher.....	99
Şekil 54 : 3b Yazıcı ile Üretilen IKEA Ev Aksesuarları	125
Şekil 55 : 3b Yazıcı Teknolojiyle Üretilmiş Ayakkabı Taban Tasarımı	126

Şekil 56 : 3b Teknolojinden Yararlanılarak Üretilen Adidas Futurecraft Ayakkabısı .	127
Şekil 57 : 3b Yazıcı ile Üretilen Ayakkabı Tabanları.....	127
Şekil 58 : Vestel 3b Yazıcılardan Ürettikleri Bazı Prototip Örnekleri	129
Şekil 59 : Araştırmanın Tasarım Süreci.....	137

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 : Seri Üretim Sınıflandırılması.....	28
Tablo 2 : Kesikli Üretim Sınıflandırılması	31
Tablo 3 : Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması	33
Tablo 4 : Hızlı İmalat Yöntemleri Sınıflandırılması	35
Tablo 5 : 3 Boyutlu Yazdırma Teknolojisi Adımları	37
Tablo 6 : 3B Yazıcı ile Üretim Süreci.....	40
Tablo 7 : 3B Baskı İşlemi Modelleme Süreci	41
Tablo 8 : 3B Baskı Dilimleme	42
Tablo 9 : 3B Baskı Yazdırma Süreci.....	42
Tablo 10 : 3B Baskı İşleminin Tamamlanması Süreci.....	43
Tablo 11 : 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanım Amacına Göre Sınıflandırılması	57
Tablo 12 : 3B Yazıcıların Kullanılan Üretim Tekniğine Göre Sınıflandırılması.....	60
Tablo 13 : SLS, SLA, FDM, LOM ve EBM Teknolojilerinin Karşılaştırılması	71
Tablo 14 : SLA, FDM, SLS, DLP, BJ ve SLM Yöntemlerinin 6 Temel Özellik Açısından Karşılaştırılması	71
Tablo 15 : 3B Yazdırma Teknolojilerinde Kullanılan Malzemelerin Gruplandırılması.....	72
Tablo 16 : PLA ve ABS'nin Özelliklerinin Karşılaştırılması	79
Tablo 17 : 3 Boyutlu Yazdırmada Kullanılan Malzemelerle İlgili Alınan Patent Sayıları (2014 Verileri)	83
Tablo 18 : 2020 Yılındaki 3b Yazıcı Market Büyüklüğü Tahminleri.....	101
Tablo 19 : Seri Üretimde Enjeksiyon Kalıplama ve 3B Baskı Teknolojinin Başabaş Nokta Analiz ile Karşılaştırılması Grafiği	124
Tablo 20 : İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0'a Hakimiyeti (Kesikli)	140
Tablo 21 : İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 İçinde Yer Alan Teknolojilere Hakimiyeti (Kesikli).....	141
Tablo 22 : İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 ile İlgili Etkinliklere Katılma Durumu(Kesikli)	142
Tablo 23 : Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmelere Uygulanabilirliği (Kesikli)	143

Tablo 24 : Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Karşılaşabileceği Düşüncesi(Kesikli)	143
Tablo 25 : Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişinde Yaşanılacağı Düşünülen Zorluklar(Kesikli).....	144
Tablo 26 : Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar(Kesikli)	147
Tablo 27 : Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Uygulanabilirliğini Düşünme Durumu(Kesikli)	151
Tablo 28 : Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Yaşayabilme Düşüncesi (Kesikli)	152
Tablo 29 : Görüşme Yapılan Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişte Yaşayacağını Düşündükleri Zorluklar (Kesikli)	152
Tablo 30 : Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar(Kesikli)	154
Tablo 31 : Yöneticilerin Türkiye'yi Sanayi 4.0'a Hazır Görme Durumu(Kesikli).....	157
Tablo 32 : Yöneticilerin Türkiye'yi Sanayi 4.0'a Hazırlamak İçin Öncelik Verilmesi Düşünülenler (Kesikli)	158
Tablo 33 : Türkiye'nin Sanayi 4.0'a Geçiş Yapmasının Diğer Dünya Ülkeleriyle Rekabet Edebilmesi (Kesikli).....	159
Tablo 34 : Yöneticilerin Kendi İşletmelerini İşgücü Açısından Hazır Bulması (Kesikli).....	160
Tablo 35 : Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Bütçe Açısından Hazır Bulması (Kesikli).....	161
Tablo 36 : Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Üretim Süreci Açısından Hazır Bulması (Kesikli)	161
Tablo 37 : İşletmelerin, Kendi Bilişsel Alt Yapılarını Hazır Bulması (Kesikli).....	162
Tablo 38 : Görüşme Yapılan İşletmelerde Son 5 Yılda Kullanılan Teknolojiler (Kesikli).....	163
Tablo 39 : Yöneticilerin Sanayi 4.0'ile Birlikte Yeni Teknolojilerin Kendi İşletmelerine Katma Durumu(Kesikli).....	164
Tablo 40 : İşletmelerin Gelecek 5 Yıl İçinde Sanayi 4.0 Uygulamalarına Yer Verme Durumu (Kesikli)	164

Tablo 41: İşletmelerin Sanayi 4.0'ın Getirilerinden Önem Arz Eden Faktörler (Kesikli).....	165
Tablo 42 : Yöneticilerin 3b Yazıcılara Dair Bilgilerinin Olması (Kesikli).....	167
Tablo 43 : Yöneticilerin 3b Yazıcıyı Bireysel Olarak Kullanma Durumu (Kesikli) ...	168
Tablo 44 : Yöneticilerin 3b Yazıcıların Kullanımı için Uygun Gördükleri Üretim Sistem Tipi (Kesikli)	168
Tablo 45 : Yöneticilerin İşletmelerinde 3b Yazıcıyı Tercih Etme Durumu (Kesikli) .	169
Tablo 46 : İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanma Amaçları (Kesikli).....	170
Tablo 47 : İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanmayı Tercih Edecekleri Departmanlar (Kesikli).....	171
Tablo 48 : İşletmelerin 3b Yazıcının Süreçlere Hakim Olma Tercihi (Kesikli)	172
Tablo 49 : İşletmelerin 3b Yazıcıları Tercih Etme Durumunda Kullanma Sıklığı (Kesikli).....	172
Tablo 50 : Yöneticilerin 3b Yazıcılardan Beklentileri (Kesikli).....	173
Tablo 51 : İşletmelerde 3b Yazıcıların Kullanılması Durumundaki Endişeleri (Kesikli).....	176
Tablo 52 : 3b Yazıcılarda Geliştirilmesi Gerekilen Teknik Durumlar(Kesikli)	178
Tablo 53 : İşletmelerin CAD Tabanlı Bilgisayar Programlarına Sahip Olma Durumu(Kesikli)	180
Tablo 54 : İşletmelerin Kalifiye İşgücüne Sahip Olma Durumu(Kesikli)	181
Tablo 55 : İşletmelerin 3b Yazıcıları Satın Alması İçin ilk 5 Kısıt (Kesikli)	181
Tablo 56 : İşletmelerin Gerekli Desteklerle Bu Teknolojiyi Kullanma Durumu (Kesikli).....	182
Tablo 57 : İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0'a Kavramını Hakimiyeti (Seri)	183
Tablo 58 : İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 İçinde Yer Alan Teknolojilere Hakimiyeti (Seri).....	184
Tablo 59 : İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 ile İlgili Etkinliklere Katılma Durumu(Seri)	185
Tablo 60 : Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmelere Uygulanabilirliği (Seri)	185
Tablo 61 : Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Karşılaşabileceği Düşüncesi(Seri).....	186

Tablo 62 : Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişinde Yaşanacağı Düşünülen Zorluklar(Seri).....	186
Tablo 63 : Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar(Seri)	188
Tablo 64 : Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Uygulanabilirliğini Düşünme Durumu(Seri)	190
Tablo 65 : Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Yaşayabilme Düşüncesi (Seri)	191
Tablo 66 : Görüşme Yapılan Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişte Yaşayacağını Düşündükleri Zorluklar (Seri)	191
Tablo 67 : Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar(Seri)	193
Tablo 68 : Yöneticilerin, Türkiye'yi Sanayi 4.0'a Hazır Görme Durumu(Seri).....	195
Tablo 69 : Yöneticilerin Türkiye'yi Sanayi 4.0'a Hazırlamak İçin Öncelik Verilmesi Düşünülenler (Seri)	196
Tablo 70 : Türkiye'nin Sanayi 4.0'a Geçiş Yapmasının Diğer Dünya Ülkeleriyle Rekabet Edebilmesi (Seri).....	197
Tablo 71 : Yöneticilerin Kendi İşletmelerini İşgücü Açısından Hazır Bulması (Seri).....	197
Tablo 72 : Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Bütçe Açısından Hazır Bulması (Seri).....	198
Tablo 73 : Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Üretim Süreci Açısından Hazır Bulması (Seri)	198
Tablo 74 : İşletmelerin, Kendi Bilişsel Alt Yapılarını Hazır Bulması (Seri).....	199
Tablo 75 : Görüşme Yapılan İşletmelerde Son 5 Yılda Kullanılan Teknolojiler (Seri).....	200
Tablo 76 : Yöneticilerin Sanayi 4.0'ile Birlikte Yeni Teknolojilerin Kendi İşletmelerine Katma Durumu(Seri).....	201
Tablo 77 : İşletmelerin Gelecek 5 Yıl İçinde Sanayi 4.0 Uygulamalarına Yer Verme Durumu (Seri).....	201
Tablo 78 : İşletmelerin Sanayi 4.0'ın Getirilerinden Önem Arz Eden Faktörler (Seri).....	202

Tablo 79 : Yöneticilerin 3b Yazıcılara Dair Bilgilerinin Olması (Seri).....	204
Tablo 80 : Yöneticilerin 3b Yazıcıyı Bireysel Olarak Kullanma Durumu (Seri)	205
Tablo 81 : Yöneticilerin 3b Yazıcıların Kullanımı için Uygun Gördükleri Üretim Sistem Tipi (Seri)	205
Tablo 82 : Yöneticilerin İşletmelerinde 3b Yazıcıyı Tercih Etme Durumu (Seri).....	206
Tablo 83: İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanma Amaçları (Seri).....	206
Tablo 84 : İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanmayı Tercih Edecekleri Departmanlar (Seri).....	207
Tablo 85 : İşletmelerin 3b Yazıcının Süreçlere Hakim Olma Tercihi (Seri)	208
Tablo 86 : İşletmelerin 3b Yazıcıları Tercih Etme Durumunda Kullanma Sıklığı (Seri).....	209
Tablo 87 : Yöneticilerin 3b Yazıcılardan Beklentileri (Seri).....	210
Tablo 88 : İşletmelerde 3b Yazıcıların Kullanılması Durumundaki Endişeleri (Seri).....	212
Tablo 89 : 3b Yazıcılarda Geliştirilmesi Gerekilen Teknik Durumlar(Seri)	214
Tablo 90 : İşletmelerin CAD Tabanlı Bilgisayar Programlarına Sahip Olma Durumu(Seri)	216
Tablo 91 : İşletmelerin Kalifiye İşgücüne Sahip Olma Durumu(Seri)	216
Tablo 92 : İşletmelerin 3b Yazıcıları Satın Alması İçin ilk 5 Kısıt (Seri)	217
Tablo 93 : İşletmelerin Gerekli Desteklerle Bu Teknolojiyi Kullanma Durumu (Seri).....	218
Tablo 94 : Kesikli Üretim İçin Sonuç Tabloları.....	260
Tablo 95 : Seri Üretim İçin Sonuç Tabloları.....	262

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1	: Soru 1 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	218
Grafik 2	: Soru 2 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	219
Grafik 3	: Soru 3 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	220
Grafik 4	: Soru 4 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	221
Grafik 5	: Soru 5 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	222
Grafik 6	: Soru 6 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	223
Grafik 7	: Soru 7 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	225
Grafik 8	: Soru 8 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	227
Grafik 9	: Soru 9 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	227
Grafik 10	: Soru 10 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	228
Grafik 11	: Soru 11 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	230
Grafik 12	: Soru 12 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	231
Grafik 13	: Soru 13 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	232
Grafik 14	: Soru 14 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	233
Grafik 15	: Soru 15 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	234
Grafik 16	: Soru 16 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	235
Grafik 17	: Soru 17 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	236
Grafik 18	: Soru 18 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	237
Grafik 19	: Soru 19 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	238
Grafik 20	: Soru 20 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	240
Grafik 21	: Soru 21 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	241
Grafik 22	: Soru 22 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	242
Grafik 23	: Soru 23 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	243
Grafik 24	: Soru 25 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	244
Grafik 25	: Soru 25 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	245
Grafik 26	: Soru 26 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	246
Grafik 27	: Soru 27 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	247
Grafik 28	: Soru 28 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	248
Grafik 29	: Soru 29 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	249
Grafik 30	: Soru 30 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	250
Grafik 31	: Soru 31 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	251

Grafik 32 : Soru 32 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	253
Grafik 33 : Soru 33 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	255
Grafik 34 : Soru 34 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	257
Grafik 35 : Soru 35 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	257
Grafik 36 : Soru 36 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	258
Grafik 37 : Soru 37 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması	259

Tezin Başlığı: Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Seri ve Kesikli Üretim Sistemleri Üzerine Etkisi	
Tezin Yazarı: Damla ÇEVİK Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kamil TAŞKIN	
Kabul Tarihi: 20.04.18	Sayfa Sayısı: xvii (ön kısım) + 281(tez) + 17(ek)
Anabilimdalı: İşletme	Bilimdalı: Üretim Yönetimi ve Pazarlama
<p>İlk kez 2011 yılında Hannover Fuarında ortaya çıkan Sanayi 4.0, akıllı ürünlerin ve üretim süreçlerinin kurulmasına odaklanan, bilişim ve iletişim teknolojileri ile otomasyon teknolojileri arasında entegrasyonu sağlayan, 9 temel teknoloji tarafından desteklenen yeni bir sanayi devrimidir. Çalışmada, bu 9 temel teknolojiyi oluşturan büyük veriler, özerk robotlar, simülasyon, sistem entegrasyonu, nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut bilişimi, artırılmış gerçeklik ve katmanlı(katkılı/eklemeli) imalatın birbirleriyle olan etkileşimleri ve üretim sistemlerine olan etkileri tespit edilmiştir. Sanayi 4.0'ın bir ayağı olan eklemeli imalatta kullanılan 3b yazıcıların çalışma prensipleri, kullanılma amaçları, uygulama alanları, tercih edilen sektörler ve yapılan çalışmalar üzerinde de detaylı çalışılmıştır.</p> <p>İşletmelerde Sanayi 4.0 uygulamalarının yer alabilmesi doğrultusunda yöneticilerin bakış açıları ve 3b yazıcı teknolojisinin üretimde kullanılabilirliğini araştırmak adına toplamda 32 katılımcıya birebir bilgilendirme yapılarak anket uygulanmıştır. İşletmelerinde seri ve kesikli üretim yapılan işletme yöneticilerinin 3b yazıcı teknolojisine olan algıları, bakış açıları, ilgileri, endişeleri, beklentileri, kullanmak istedikleri amaçlar ve alanları belirleyebilmek adına yöneltilen sorulara alınan cevaplar, 2 farklı grup için ayrı ayrı incelenmiş ve alınan cevaplardaki farklılıklar nedenleriyle ortaya konmuştur. Çalışma, alanında öncü çalışmalardan biri olacağı sebebiyle, bundan sonraki adımda bu teknolojinin işletmelerde kabulü için ve bu alanda hazırlanabilecek bir ölçeğin sorularının hazırlanmasında yardımcı verilere sahip olduğu için önemlidir.</p>	
Anahtar Kelimeler: Sanayi 4.0, 3B Yazıcı, 3B Yazdırma, Katmanlı İmalat, Eklemeli İmalat	

Title of the Thesis: The Effect of Three Dimensional Printer Technology on Serial and Cutting Production Systems	
Author: Damla CEVIK	Supervisor: Assist. Prof. Kamil TASKIN
Date: 20.04.18	Nu. of pages: xvii(Prep.)+281(Main Body) + 17 (App.)
Department: Business Administration Subfield: Production Management and Marketing	
<p>Industry 4.0 emerged for the first time at the Hannover Fair in 2011 is a new industrial revolution supported by 9 key technologies that focus on the creation of intelligent products and production processes, integrating information and communication technologies and automation Technologies. In the study, the interactions between the bigger data, autonomous robots, simulation, system integration, internet of objects, cyber security, cloud computing, enhanced reality and layered (combined / embedded) manufacturing and their effects on production systems that have formed these 9 basic technologies have been determined. The working principles, usage objectives, application areas, preferred sectors and workings of 3b printers used in addictive manufacturing.</p> <p>A questionnaire was applied to 32 participants in order to investigate the manager's point of view and the availability of 3b printer technology in production in order to be able to include Industry 4.0 applications in enterprises. Responses to the questions directed to the questions directed by the business managers who have made serial and intermittent production in 3b printer technology in order to determine their perceptions, outlooks, concerns, concerns, expectations, aims and areas they want to use are examined separately for 2 different groups and revealed due to the differences in the answers received. Since the study will be one of the pioneering work in the field, it is important that the next step is to have this technology in place for the acceptance of businesses and for helping to prepare questions for a scale that can be prepared in this area.</p>	
Key Words: Industry 4.0, 3D Printer, 3D Printing, Addictive Manufacturing,	

GİRİŞ

İnsanların ihtiyaç ve beklentilerinin artmasıyla; işletmeler hızlı, güvenilir ve yenilikçi bir üretim anlayışını benimsemek, bu beklentileri karşılayacak yeni teknolojileri takip etmek ve bu değişikliklere ayak uydurmak durumunda kalmıştır. Günümüzde iletişim teknolojilerinin de sürekli olarak gelişiyor olması, insanların hem ülke içindeki değişiklik gösteren yenilikleri hem de tüm dünyada yürütülen projeler hakkında da bilgi sahibi olunmasını mümkün hale getirmiştir. Uçsuz bucaksız bir bilim denizinde, işletmelerin ayakta kalabilmesi için bu değişimlere açık olması ve kendi sistemlerine bu yeni teknolojileri entegre edebilecek potansiyelde olması gereklidir.

Yeni bir sanayi devrimi olarak kabul gören Sanayi 4.0, bilgisayar teknolojilerinin gelişimine paralel olarak akıllı fabrikaların kurulmasına, bilgisayarlar tarafından yönetilip, kendi sorunlarını çözebilen makinelerin varlığına, nesnelerin internet aracılığıyla birbiriyle etkileşimine olanak sağlayan sistemlere sebep olmaktadır. Sanayi 4.0'ın, dokuz büyük teknoloji unsurunun bütünleşmesi ve birbiriyle senkronize çalışması sonucu ortaya çıktığı kabul edilmektedir. Bunlar: büyük veriler, özerk robotlar, simülasyon, entegrasyon, siber güvenlik, nesnelerin interneti, bulut bilişimi, artırılmış gerçeklik ve eklemeli (katmanlı) imalattır. Bu yeni endüstri süreci içinde hem üreticiler hem de teknoloji şirketleri odağına bu teknolojileri alarak, çalışmalarını son dönemlerde hızlandırmıştır. Bu teknolojiler, işletmelerde üretim hacimlerinin ve ürün kalitesinin artmasına, atık malzemelerin azalmasına, kaynakların daha doğru şekilde kullanılmasına, kalifiyesiz insana duyulan ihtiyacın azaltılarak insan hatalarının yok denecek kadar azalmasına, tüm süreçlere daha fazla hakim olunarak üretim kontrol faaliyetlerin gelişmesine katkı sağlayacağı beklenmektedir. Sanayi 4.0 ile müşteriler, ürün ve hizmet geliştirme sürecinin başında sisteme dahil edilerek, kendi istek ve beklentilerini karşılayacak şekilde üretime destek olabilir. Böylelikle, işletmeler ürettiği ürünlerde müşteri tatminine yönelik, açık inovasyonu mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte üretimde daha modüler ve daha esnek bir üretim rüzgarının eseceği de ayrıca söylenebilir. Sanayi 4.0'ı işletmelerin sorunsuz olarak uygulayabilmesi için bileşenlerinin doğru anlaşılması önemlidir. İşletmelerin büyük verileri doğru analiz etmesi ve doğru stratejiler oluşturması için nesnelerin ve makinelerin birbiriyle iletişim halinde çalışması, imalat ortamındaki her nesnenin birbirine entegre olması, siber-fiziksel sistemler aracılığıyla

sanal ortam ve gerçek ortamın bütünleşmesi, insan müdahalesini aza indiren robotların doğru kullanımı çok önemlidir. Sanayi 4.0'ı oluşturan 9 temel teknolojidendi biri olarak gösterilen katmanlı imalatı anlamak için, ilk olarak Sanayi 4.0'ın gereksinimlerini, gelişimini, sebep olacağı değişimleri, bu sürecin beklentilerini, işletmelerde değiştireceği düşünülen üretim süreçlerini doğru anlamak ve kavramak önemlidir. 3 boyutlu yazıcılar 1970'li yılların sonu, 80'li yılların başında ortaya çıktığı kabul edilse de özellikle Sanayi 4.0 ile hızlı şekilde yayılmaya başlamıştır. 3b yazıcıların kullanıldığı katmanlı üretim (eklemeli imalat), izin verilen malzeme çeşitleriyle malzemenin katman katman birikerek bir parçanın imal edilmesi işlemidir. 3b yazdırma teknolojisinde ilk adım, ürünün bilgisayar destekli tasarım programlarıyla veya 3 boyutlu tarayıcılarla dijital modelin oluşturulması ve dosyanın STL formatıyla kaydedilmesidir. Ardından, gerekli programların desteğiyle dijital model, 2 boyutlu olarak dilimlenir ve çeşitli koordinatların ve bilgilerin yer aldığı birçok farklı kodlara dönüştürülür. Üretim adımında; 3b yazıcılar, CAD-CAM çiziminden verileri okuyarak, lazer yardımıyla ya da ardışık sıvı katmanlarıyla, ürünü ortaya çıkarır. Bu teknoloji; sağlık, gıda, mobilya, tekstil, hediyelik eşya, inşaat, yedek parça gibi sektörlerde ve özellikle üretimin var olduğu hemen hemen her sektörde kullanım alanı elde etmiştir. Kullanım amacına ve kullanılan üretim tekniklerine göre çeşitlilik gösteren türleri; farklı fiyatlarda, farklı malzemelerde, farklı teknik özelliklerde yazıcıları hizmete sunarak, farklı müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmektedir. Bu çeşitlilik hem bireysel kullanıcılara ve hem de kurumsal kullanıcılara da çalışma imkanı yaratmaktadır.

Günümüzde, 3b yazıcıların, geleneksel üretimin yerini almaktan ziyade üretime destek amaçlı kullanıldığı görülmektedir. 3b yazıcıların üretim hızının seri imalata göre yavaş kalması, üretim kapasitesinin kısıtlı olması, üretim sürelerinin uzun olması, yüksek yatırım gerektirmesi gibi bir takım sebepler bu teknolojinin kullanımını kısıtlamaktadır. Teknolojinin neden olduğu bu olumsuzluklara rağmen, farklı tip üretim sistemleri içinde farklı amaçlara hizmet vererek avantaj sağladığı da görülmektedir. Bazı araştırmacılar kesikli üretimde; değişen talebe göre farklılaşan ürün çeşitlerini karşılayabilme potansiyeline sebep olması ve müşteri odaklı çalışabilme imkanı yaratması açısından geleneksel üretimin yerine geçebileceğini düşünse de; bazı araştırmacılar kesikli üretimde sürekli kullanılmayacağı fikrindedir. Seri üretimde, araştırmacıların büyük bir çoğunluğu; bu teknolojinin üretim hızının düşük olması, üretim sürelerinin uzun olması

ve böylelikle yüksek hacimlerde üretim yapılamayacağı gerçeğinden dolayı bu teknolojinin imalatta kullanılmayacağı düşüncesindedir. İşletmelerin büyük bir çoğu yazıcıları, belirli bir tipte ürünün talebini karşılamak yerine, ürün tasarım aşamasında kullanmaya daha yatkın olduğunu ifade etmektedir. İşletmeler tarafından bu yazıcılar özellikle, ürünün doğru tasarımına karar vermek için model denemelerinde, ürünlerin prototiplerini elde etmede ve maliyeti yüksek olan kalıpları imal etme de tercih edildiği görülmektedir.

Çalışmanın Amacı

Her yeni sanayi devrimi; bir önceki sanayileşmeyi geliştirecek, iyileştirecek ve var olan üretim sistemlerinde kolaylık sağlayacak yönde çalışmalar yapılarak, üretime devrim niteliğinde kazanımlar katarak karşımıza çıkmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi de üretim sistemlerinde var olan geleneksel üretim yöntemlerinin yerine geçebilecek farklı inovatif yöntemlere sahiptir. Araştırmada 4. Sanayi Devrimi ile üretimde yerini almaya başlayan 3 boyutlu yazıcı teknolojisinin üretim sistemleri üzerine etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Sanayi 4.0'ın en önemli ayağından biri olarak görülen 3 boyutlu yazıcıların üretimdeki yeri, kullanım alanları, sağlayacağı avantajlar ve dezavantajlar ortaya konarak, seri ve kesikli üretim yapan farklı işletmeler üzerinde kullanılabilirliği üzerine tespitler yapılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmı olan, 3b yazıcıların seri ve kesikli üretim sistemleri üzerine etkilerini belirleyecek olan anket çalışması ile yöneticilerin bu teknolojiye olan bakış açılarının, algılarının, ilgi ve yakınlıklarının ölçülmesi araştırmanın diğer amacıdır ve 5. Bölümde detaylı anlatılacaktır.

Çalışmanın Önemi

Çalışma, farklı üretim sistem tipine sahip ve imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin Sanayi 4.0 ve 3b yazıcı teknolojisine uyum sağlayabilme durumunu ölçmekte ve geleceğe dönük yapılan çalışmalara bir zemin olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma, geleceğe yönelik Sanayi 4.0 ve 3b yazıcı teknolojisinin kabul edilebilirliğini araştırmak üzere yapılacak çalışmalarda kullanabilmesi ve bu alanda geliştirilmesi düşünülen bir ölçek için bir zemin oluşturulabilmesi adına önemlidir. Çalışmaya bir başka açıdan bakıldığında, 3b yazıcı üreten firmaların bu çalışmadan aldığı verilerle, teknolojiyi kullanma potansiyeli olan işletmelerin yanlış algılarını değiştirebilecek

çalışmalar yapması ve gerekli düzenlemelere gidilerek bir eylem haritası çizilebilmesi adına önemlidir.

Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada hem birebir mülakata hem de ankete yer verilmiştir. Anket çalışmasında yer alan soruların kategorilerinin oluşmasına yardımcı olunması için 30 farklı katılımcıyla birebir mülakat yapılmıştır. Ardından bu 30 adet katılımcıya, anketlerde anlam karışıklığına ve belirsizlik durumlarına yol açan ifadeleri yok etmek amaçlı pilot bir uygulama yapılmış ve ilgili soru ile kategoriler revize edilerek yeniden yapılandırılmıştır. 16 seri üretim, 16 kesikli üretim yapan işletme yöneticisi olmak üzere toplamda 32 katılımcıya anket uygulanmıştır. Katılımcılara Sanayi 4.0'ı bilme durumları, işletmelerinde bu sanayi dönemine geçiş yapması için hazır görme durumları ve 3b yazıcılarla ilgili bakış açıları ölçülmek üzere 3 bölümden oluşan toplamda 37 soru sorulmuştur. Alınan cevaplar nicel gözlem esaslarına dayanarak ortaya konmuş ve bulunan bulgular yorumlanmıştır.

Çalışmanın Bölümleri:

Çalışmanın 1. Bölümünde Sanayi 4.0 ve bu gelişime sebep olan 9 temel teknoloji unsuruna, 2. bölümünde farklı üretim sistem tiplerine ve özelliklerine yer verilmiştir. 3. bölümde, Sanayi 4.0'ın temel taşlarından biri olan 3 boyutlu yazıcılarla elde edilen katmanlı üretimin özellikleri, gelişim süreci, sağlayacağı avantajları, uygulama alanları ve gelecekte öngörülen potansiyel kullanımı hakkında bilgiler verilmektedir. 4. Bölüm, 3b yazıcı teknolojisinin seri ve kesikli üretim sistemleri üzerine etkilerinin, sağlayacağı avantajların ve dezavantajların anlatıldığı bölümdür. Çalışmanın son kısmında Sanayi 4.0 kapsamında 3b yazıcı teknolojisiyle ilgili yapılan bir anket çalışmasına yer verilmiştir. 3b yazıcı teknolojisini işletmelerinde kullanma potansiyeli olan veya kullanma talebinde bulunan işletmelerin tercih etme amaçlarının farklılaşması, beklentilerinin değişiklik göstermesi, yaşayacakları düşünülen endişeleri, işletmelerinde sağlayacağı öngörülen faydaları üzerine bulgular ortaya konmuştur. Bu noktada, gelecekte bu teknolojinin kabulü için yapılacak çalışmalara temel teşkil eden, literatüre destek olacağı düşünülen bulgular tespit edilmiştir.

BÖLÜM 1:ENDÜSTRİ GELİŞİMİ VE SANAYİ DEVRİMLERİ

İnsanlar, sanayileşme dönemine girmeden önce tarım ve hayvancılıkla ilgilenmekteydi. Buhar gücünü fark etmeleri ve akabinde buhar makinesini icat etmeleriyle toprakla ve hayvancılıkla uğraşan insanlar farklı bir ekonomik döneme girdiler. Başlarda İngiltere’de başlayan bu dönem kısa sürede tüm Avrupa ülkelerine yayıldı. Bu dönüşüm hem sosyal hem kültürel anlamda birçok şekilde farklı bir dönüşüm yarattı. Sanayileşme dönemine kadar tarım ve hayvancılığın dışında, insanlar dokumacılık, marangozluk, zanaatkarlık gibi mesleklerde çalışırken, bu dönüşüm makineleşme ile farklı alanlara yönelimlere neden oldu. Bu süreç dönemselsel olarak aşağıda incelenmiştir.



Şekil 1: Sanayileşme Süreci

1.1. Sanayi Devrimi I (1780- 1840)

Tarihin en önemli dönüm noktalarından biri olan Sanayi devrimi, tarım, hayvancılık ve el sanatları gibi işlerin yerini; toplumsal, siyasi hayatı ve özellikle ekonomiyi tamamen değiştiren makine ile üretime bırakmıştır. Bu dönemde üretimin beden gücünden makine gücüne geçiş yapması açısından, tüm sanayi devrimlerinin yapıtaşını oluşturduğu kabul edilmektedir.

Sanayi devriminin temeli olarak kabul gören icat: buhar makinesinin bulunmasıdır (Krahn ve Graham,1993). Buhar makinesinin icadıyla beraber, kömür kullanımı da önem kazanmış, kömürün yanması ve suyun ısıtılarak buhar haline getirilmesi o dönemde yeni tekniklerin gelişmesine yol açmıştır (Özkurt,2016). İngiltere’de başlayan bu mekanik dönem, kısa sürede tüm Avrupa’yı etkisine alarak, sadece üretim şeklini değil tüm toplumsal hayatı da değiştirecek büyük yeniliklere yol açmıştır.



Şekil 2: Buhar Makinesi Parçaları

Kömür, buhar ve makine üçlüsünün birleşerek sebep olduğu bu devrim; insanların küçük tezgahlarda ve kendi imalathanelerinde çalışmasını bıraktırarak, yerine daha büyük mekanik makinelerde çalışmasını sağlayacak büyük fabrikaların kurulmasına katkı sağladı. O dönemde özellikle yeni enerji kaynaklarının varlığı, birçok yeniliği de beraberinde getirdi ve işletmeler makinelerin varlığı ile daha fazla ürün üretebilme gücüne sahip oldu. Bir başka açıdan bakıldığında gündelik hayat daha kolay bir hal alarak, insanların yaşam kalitelerinin de artmasına katkı sağladı. 1. Sanayi devriminde, kömür, demir ve özellikle buhar enerjisinin üçlü kullanımı demir yolu gelişimine katkı sağlayarak, hem hammaddelerin hem de üretilen birçok ürünün, kara yollarına kıyasla çok daha hızlı ve yüksek miktarlarının uzak yerlere taşınmasını sağladı (Gür Yalçın, 2017).

1.2. Sanayi Devrimi II (1840-1870)

Birinci sanayileşme dönemiyle makinelerin insan hayatına girmesi, teknolojik yatırımların artmasına ve bu alanla gelişmelerin yaşanmasına sebep oldu. Bu değişim ayrıca ikinci sanayi devriminin yaşanmasına katkı sağladı. Bu sebeple birçok kaynakta bu döneme teknoloji dönemi de denilmektedir. Birinci sanayileşme, başta İngiltere olmak üzere Avrupa ülkelerinde etkisini gösterirken, İkinci Sanayileşme dönemi ABD, Japonya gibi ülkelerde de hızla yayılarak dünyanın birçok bölgesini etkiledi (Gür Yalçın, 2017).

Günümüzde “Ford otomotiv kuruluşunun geçmişte ilk kez oluşturduğu montaj hattı uygulamalarının benzerlerinden yola çıkılarak hazırlanabilecek işgücü dağılımı mantığı,

ikinci sanayi devrimin özünü oluşturmaktadır” (Chin, 1998: 305). İşgücünü yapılacak işler içerisine uygun dağıtmak, çoğu zaman genel amaçlı teknoloji üretimini yapmaktan daha fazla yenilik ve gelişim gerektirmektedir. Birinci sanayi devriminin kapanması, Henry Ford’un seri üretim hatlarının temeli oluşturan sistemi bulmasıyla ve kömür, demir gibi malzemelerin yanına çelik, petrol kimyasal malzemelerin de dahil edilmesiyle gerçekleşmiştir. Birinci sanayi devriminde özellikle demir kullanılırken, bu dönemde demir ile birlikte çeliğin kullanılmasının yaygınlaşması; demiryolu taşımacılığını daha fazla arttırmış ve bu durum ticari faaliyetleri hızlandırmıştır. Ulaşımın kolaylaşması; hammaddelerin kolay tedarik edilmesine, üretilen ürünlerin farklı bölgelere kolaylıkla taşınmasına katkı sağlamıştır. Teknoloji ile birlikte makinelerin daha fazla geliştirilmesi, daha iyi bir üretim ağlarının oluşmasına da katkı sağlamıştır. İkinci sanayi döneminin, elektrik gücüyle çalışan makinelerin üretimde yerini alması sebebiyle, literatürde elektrik dönemi olarak da kabul edildiği görülmektedir.

1.3. Sanayi Devrimi III (1870-2010)

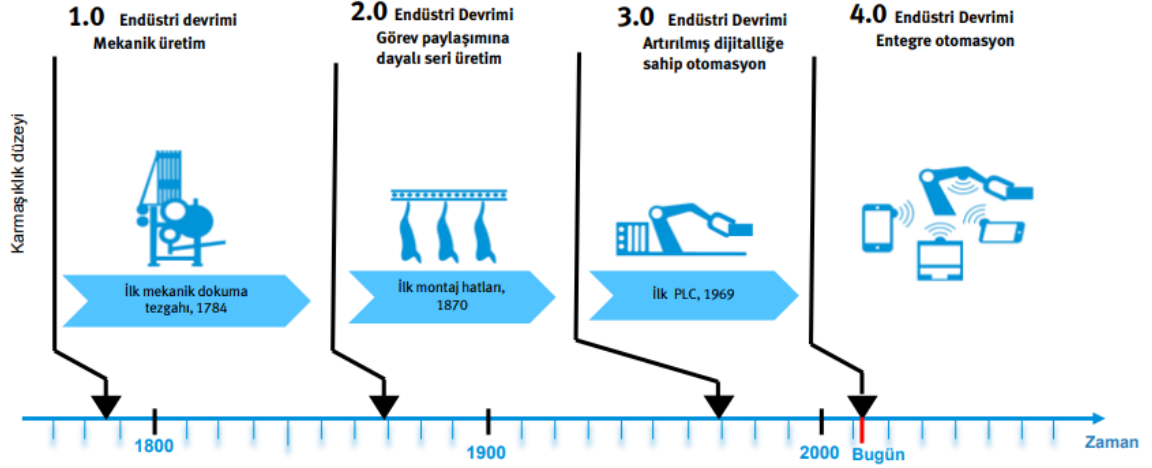
Her ne kadar sanayileşme, insan gücünün yerini makinelerin almasına, yeni enerji kaynaklarının kullanılmasına, yeni teknolojilere imkan vermesine, sosyal hayatın iyileşmesine, yeni imalathanelerin kurulmasına ve yeni iş olanaklarına imkan verse de bir yandan da kaynakların bilinçsizce tüketilmesine sebep olmaktadır. Bu durumdan doğan kötü sanayileşmenin düzeltilmesi ve kaynakların yenilenmesinin sağlanması üzerine enerji tüketimini doğru şekilde ayarlayacak çalışmalar yapılması, yeni bir sanayileşme çağı olan 3. Sanayileşme dönemini başlatmıştır (Wigand, Picot ve Reichwald, 1997).

Bu dönem literatürde sıkça dijital dönem olarak da geçmektedir. Bilgisayarların kullanımının artıyor olması, iletişim teknolojilerinin artmasına ve bunun da üretim sistemleri üzerinde büyük etkiler yaratmasına sebep oldu. Bu dönemde yapılan çalışmaların temel amacı; bilgisayarları üretim sistemlerine entegre etmek ve üretimde bilgisayar ve otomasyon sistemlerini birlikte çalıştırabilmektir.

1.4. Sanayi Devrimi IV (2010-)

4. Sanayi Devrimi, robotların üretim hatlarında insanların yerini almasını, yapay zekanın tüm sistemlere entegre edilebilir olmasını, 3 boyutlu yazıcılarla farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin ürünlerini kolaylıkla üretebilmesini, nesnelerin birbiriyle iletişim

kurup kendi ihtiyaçlarını insan olmadan çözebilmesini sağlayan bir süreçtir. İlk kez 2011 yılında Hannover Fuar’ında ortaya çıkan bu yeni sanayi kavramıyla hükümetler, politika ve çalışmalarını çağı yakalayabilmek amacıyla bu yöne çevirmek zorunda kalmıştır. Bu sürecin bileşenleri, etki ve kazanımları Sanayi 4.0 başlığı altında detaylıca anlatılacaktır.



Şekil 3: Sanayi Devrimlerinin Kronolojik Şekli (DFKI 2011)

1.4.1. Sanayi 4.0

Geçmişin üç endüstriyel devrimi 18. yüzyılın sonunda su ve buharla çalışan mekanik imalatın kullanılması, 20. yüzyılın başında işbölümünün devreye sokulması ve 1970'lerde üretimde otomasyon amaçları için programlanabilir mantık kontrolörlerinin devreye girmesi (PLC) tarafından tetiklendi (Wahlster vd., 2013). Her yeni sanayileşme beraberinde atılan yeni adımları ve yeni teknolojik çalışmaları getirdiği gibi, her biri diğerinin devamı niteliğinde olup hem ekonomik hayatı hem de sosyal hayatı farklı şekilde etkiledi.

Bu yeni endüstriyel devrim, geniş internet ağları boyunca, siber fiziksel sistemlerdeki makinelerin yanı sıra makineler ile insanlar arasındaki iletişime izin veren internet tarafından tetiklenmektedir. Almanya için, üretim sistemlerindeki bu başarılı değişim, 7 milyondan fazla iş imkanına ve GSYİH'nın %25'inden fazlasına katkı sağlayarak yüksek öneme sahip olmuştur ("Home - Eurostat", 2013).

Yüksek ücretli ülkeler, ölçek ve kapsam ekonomileri arasındaki gerilimin yanı sıra planlama ve değer yönelimine odaklanmalıdırlar. RWTH Üniversitesi tarafından yapılan

bir çalışmada, Yüksek Ücretli Ülkeler İçin Bütünleşik Üretim Teknolojisi'nin temelde bireyselleştirme, sanallaştırma, hibridizasyon ve kendini optimizasyon (Aghassi vd., 2011: 17-81) alanlarına odaklandığını tespit etmiştir. Dört araştırma alanının tamamı Sanayi 4.0 ile ilgili konulara güçlü bir bağ oluştururken, her bir kavram birbiriyle bütünleşik bir yapı sağlamaktadır. Sanayi 4.0 fabrikalardaki mekanik sistemleri dijital teknolojilerle birleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan bir süreçtir. Bu süreçte nesnelerin birbiriyle haberleşebilmesi, bulut bilişimi ile aynı ağa bağlanıp farklı konumlarda bulunan bilgisayarların birlikte çalışabilmesi ve işletmede yer alan her nesnenin birbiriyle senkronize çalışabilmesi çok önemlidir. Üretim işleyişinin internet üzerinden takip edilmesine olanak sağlanması, birçok verinin olmasına sebep olacaktır. Bu sebeple, ortaya çıkacak büyük verilerin güvenliğini sağlayacak siber güvenlik sistemlerinin de kurulmasını gerekli kılmaktadır. Üretimin otomatikleştirilmesi talebiyle, insan yerine geçebilecek akıllı robotların ve müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilecek 3 boyutlu yazıcıların da önemi artmaktadır. Temelde, bu süreç, işletmelerdeki birçok birimin maksimum verimli çalışabilmesi üzerine kurulmuştur. Optimizasyon odaklı çalışmaların bazıları, makinelerin bireyselleştirilmesiyle sağlanmıştır. Temelde 4 alanın da, mevcutta var olan problemleri engellemek veya mevcut sistemi iyileştirmek amacıyla geliştirildiği bilinmektedir.

Sanayi 4.0'ın öncüsü olan ve bu süreci tüm dünyaya tanıtan Almanya, yeni teknolojilere önem vererek, işletmeleri bu sürece hazırlamak adına birçok çalışma yapmaktadır. İlk kez Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi öncülüğünde (içinde Siemens'in de bulunduğu Almanya'nın önde gelen 20 endüstriyel ve araştırma ortağı ile birlikte) Kaiserslautern şehrinde oluşturulan küçük bir akıllı fabrikada sistemin nasıl çalışacağı gösterilmiştir (Selek, 2016). Siemens, sanayi 4.0'ın ismini duymadığımız dönemlerde, üretimde dijitalleşmenin ne kadar önemli olduğuna dair açıklamalar yapmış ve kendi birimlerinde bunu uygulamaya çalışan öncü bir işletme olmuştur. Akıllı fabrikalar; bugün faaliyet gösteren birçok gelişmiş fabrikada bulunan araçların, sistemlerin ve makinelerin, yüzlerce iletişim sistemiyle, sensörlerle ve otomatik makinelerle donatılmasıyla oluşmaktadır. Bu fabrikalar, insan ihtiyacına daha kolay, daha hızlı, daha doğru, istenen kalite ve verimlilikte cevap vereceği düşünülen birimlerdir. Akıllı fabrikalarda üretim süreçlerinin her aşaması kontrolde tutulmakta; doğabilecek üretim hataları veya makine arızaları önceden tespit edebilmektedir. Sanayi 4.0 ile üretim süreçlerinin sağlıklı şekilde

kontrol edilmesi, işletme içinde veya dışında üretimin tam anlamıyla takip edilmesi ve doğru verilere ulaşılabilir olması önemlidir.

Akıllı fabrikalarda son teknolojiler kullanıldığı için; stokun, fire miktarının, kullanılan materyal sayısının, makine sayısının ve gerekli işgücünün azalacağı beklenmektedir. Bu değişim ve gelişmelerin yaşanması ile işletmenin verimliliğini en üst seviyelerde tutulabileceği öngörülmektedir. Özellikle sanayi 4.0'da üretimde tam otomasyonun sağlanması ile kalifiye olmayan çalışan sayısının düşeceği bilinmektedir. Sanayi 4.0 üretim süreçlerini takip eden kalifiye olmayan çalışanların yerine; akıllı fabrikalarda bu süreçleri kendi takip edebilen internet destekli sistemlerin gerçekleştirebileceği üzerine vurgu yapmaktadır. Örneğin, sabun şişelerinden yararlanılarak yapılan çalışmada, sabun şişelerinin üzerine, şişelerin hacim, renk, boyut bilgilerini içeren RFID etiketleri yapıştırıldı (Selek, 2016). Şişeler üzerine yapıştırılan bu etiketler ile nesneye ait bilgiler istenen makinelere ulaştığında okunmakta ve gerekli işlemlerin yapılmasına katkı sağlanmaktadır. Bu makinelerde toplanan nesnelere; yapılacak işlemlere, renklere, boyutlara, hacimlere ve istenen özelliklere göre gruplandırılarak uygun sabunun şişelere doldurulmasını sağlamaktadır. Bu sistemle bir ürünün radyo frekans sinyalleriyle aktardığı bilgiler, sürecin başından itibaren dijital ortamda tutulmasına imkan sağlamaktadır (Selek, 2016).

Sanayi 4.0, akıllı ürünlerin ve üretim süreçlerinin kurulmasına odaklanmaktadır. “Geleceğin fabrikaları, hızlı ürün geliştirme, esnek üretim ve karmaşık ortamlara olan gereksinimle baş etmek zorundadırlar” (Vyatkin, Salcic, Roop ve Fitzgerald, 2017: 17-29). CPS, geleceğin fabrikası olarak değerlendirilen akıllı fabrikalarda insanlar, makineler ve ürünler arasındaki iletişimi sağlayacak olan önemli bir teknolojidir (Keller, Rosenberg, Brettel, ve Friederichsen, 2014); Einsiedler,2013). Kurulan internet ağları, tüm süreçlerden haberdar olunmasını sağlayıp, ilgili birimlerin gerekli durumlarda müdahalesine izin vererek gerekli düzenlemeleri daha kolay yapılmasını sağlayabilecektir. Sanayi 4.0'ın geliştirilmesine, fabrikada insan için değişen görevler ve talepler eşlik edecektir. Siber-fiziksel üretim sistemlerinde en esnek varlık olan işçiler, şartname ve izleme ile üretim stratejilerinin doğruluğuna kadar geniş bir yelpazede çeşitli işlerle karşı karşıya kalacaklardır. Teknolojik destek sayesinde, çalışanların potansiyellerini tam olarak kavrayabilme, stratejik karar verme ve esnek problem çözücü

rolünü üstlenebilme garantisi verebilmektedir (Gorecky, Schmitt, Loskyll, ve Zühlke, 2014).

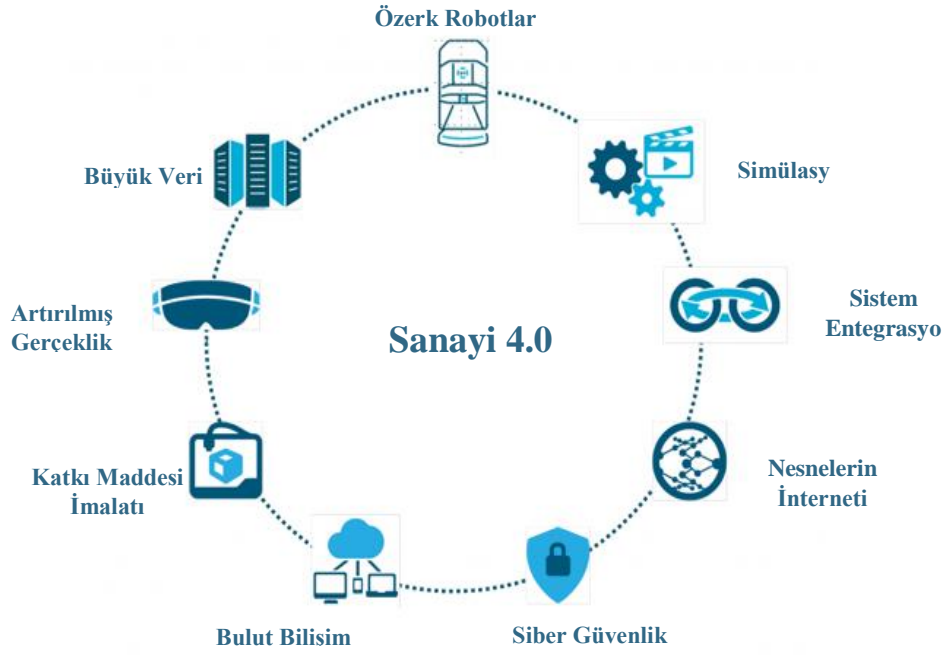
Yeni sanayileşme dönemi, fabrika içindeki her birimi ve her varlığı etkileyeceği düşünülmektedir. Üretim süreçlerinden, ürünün üretilme yöntemlerine, kullanılan ekipmandan, değişen makinelere, yeni meslek gruplarına, kalifiye iş gücüne duyulan ihtiyaca, gelişmiş bilişim teknolojilerine kadar bütünüyle yepyeni bir üretim dönemidir.

1.4.2. Sanayi 4.0'a Sebep Olan 9 Temel Teknoloji Unsuru

Sanayi 4.0 olarak bilinen yeni sayısal endüstriyel teknolojinin yükselişi, dokuz temel teknoloji ilerlemesi tarafından desteklenen bir dönüşüm olduğu üzerine bir vurgu yapılmıştır (Rüßmann vd, 2015) (Şekil 4). Bu dönüşüm işletmelerde; makinelerin, gerekli iş parçalarının ve bilişim sistemlerinin değer zinciri boyunca tek bir işletme çatısı altında bütünleşerek, her bir teknolojinin birbiriyle entegre olmasına katkı sağlayacaktır. Bu bağlı sistemler (siber fizik sistemler), standart internet tabanlı protokolleri kullanarak birbirleriyle etkileşim kurabilir ve başarısızlığı tahmin etmek, kendilerini yapılandırmak ve değişikliklere uyum sağlamak için verileri analiz edebilirler (Rüßmann vd., 2015). Yeni endüstrileşmenin kattığı bu fayda sayesinde işletme içindeki tüm birimlerin, insanların, makinelerin ve üretilmesi planlanan tüm nesnelere birbirinden haberdar olması ve sahip oldukları bilgileri birbiriyle paylaşması kaçınılmaz olacaktır.

Sanayi 4.0; makinelerden veri toplayıp analiz etmeyi mümkün kılacak, hızlı ve esnek süreçler sunarak daha düşük maliyetlerle yüksek kaliteli mal üretilmesini sağlayacaktır. Bu durum üretim verimliliğini ve ekonomiyi değiştirerek, endüstriyel büyümeyi destekleyecek ve sonuç olarak şirketlerin ve bölgelerin rekabet gücünü etkileyecektir (Rüßmann vd., 2015).

“Sanayi 4.0 ile modüler yapıları akıllı fabrikalar kapsamında, fiziksel işlemleri siber-fiziksel sistemlerle izlemek, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturmak ve merkezi olmayan kararların verilmesi hedeflenmektedir” (Selek, 2016). Bu sanayi dönemi, işletmeler içinde yer alan varlıkların internet aracılığıyla birbiriyle iletişime geçmesine olanak yaratarak, örgüt içinde daha değerli hizmetler sunulmasına da katkı sağlayabilir.



Şekil 4: Sanayi 4.0'ı Destekleyen 9 Temel Teknoloji Unsuru

Bu dokuz teknolojik gelişmenin birçoğu günümüz imalatlarında kullanılıyor olmasına rağmen, Sanayi 4.0 ile birlikte birbirine daha fazla entegre edilerek bir takım süreçlere katkı sağlamaktadır. Örneğin bu dönüşüm, optimize edilmiş hücrelere, tamamen birbiriyle senkronize çalışan makinelere, otomatikleştirilmiş üretim süreçlerine, aynı zamanda insan ve makine arasındaki geleneksel üretim ilişkilerini değiştirerek daha yüksek verimlilik sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

1.4.2.1 Büyük Veriler ve Analizi (*Big Datas and Analytics*)

Günümüzde, internet kullanım oranının her geçen gün artması, bilgi ve iletişim teknolojilerine olan ilginin artmasına sebep olmuştur. Hayatımızda bu denli önemli olan internet üzerinden her geçen saatte büyük miktarlarda veriler elde edilmektedir. Bu durumu kişisel kullanımdan daha çok kurumsal açıdan değerlendirdiğimizde işletmelerin bilgi çöplüğünden ziyade, gerçek verilere ulaşıyor olması önemlidir. Ulaştıkları bu verileri doğru analiz ediyor olmaları, stratejilerini aldıkları gerçek verilerle belirliyor olmaları ve risk yönetimini programlı oluşturup, ona göre yatırım planları çizmeleri açısından çok önemlidir. Büyük veri setlerine dayanan analiz, üretim kalitesini optimize eden, enerji tasarrufu sağlayan ve ekipman servisini geliştiren imalat dünyasında kısa süre önce ortaya çıkmıştır (Rüßmann vd., 2015).

Büyük veriler olarak nitelendirilen bu bileşenlerin anlamlandırılması açısından, farklı teknolojilerden elde edilen verilerin birbirlerine dönüştürülüyor olması, verilere daha hızlı ulaşıyor olması, bu büyük ve farklı çeşitlilikte verilerin doğru depolanması ve bir katma değer yaratabilecek potansiyele de sahip olması gerekir. Sanayi 4.0 bağlamında, birçok farklı kaynaktan (üretim ekipmanı ve sistemleri, ayrıca kurumsal ve müşteri yönetim sistemleri) gelen verilerin toplanması ve kapsamlı değerlendirmesi gerçek zamanlı karar verme desteğini standart hale getirilebilir. Örneğin, yarı iletken üreticisi Infineon Technologies, üretim sürecinin sonunda test aşamasında yakalanan tek yongalı veriyi, işlemin daha önceki aşamasında toplanan işlem verileri ile bağdaştırılarak ürün hatalarını azaltarak, üretim kalitesini arttırmıştır (Rüßmann vd., 2015).

Ayrıca, büyük veri analitiği 6C ana başlık altında sınıflandırılmaktadır (Lee, Bagheri, Behrad; Kao, Hung-An, 2014; Özkurt, 2016).

- Connection: Bağlantı (sensörler ve ağlar)
- Cloud: Bulut (bilişim)
- Cyber: Siber (model ve bellek)
- Content: İçerik (anlam ve bağlam)
- Customizaton: Uyarlama (kişiselleştirme)
- Community: Topluluk (paylaşım ve işbirliği)

1.4.2.2. Özerk Robotlar (*Autonomus Robots*)

Robotlar, yapay zekanın gelişmesiyle özellikle rutine bağlanan, yapılan işlemin standart hale gelebildiği durumlarda ihtiyaç duyulan insan gücünden daha fazla verim alınan elektronik makinelerdir. Robotlar, işe göre özel olarak programlanan görevleri her koşulda yerine getirebilen, üretime büyük destek sağlayan zaman ve işgücü avantajı yaratan önemli bir üretim parçasıdır. Temelde bu özel robotların, yüksek riskli ortamda çalışmak zorunda kalan, yüksek ağırlık kaldıran ve yüksek sıcaklık gibi dış etmenlerden etkilenmek zorunda kalan çalışanların yerine kullanılmasıyla iş güvenliği risklerinin ortadan kaldırılması açısından önemlidir.

Birçok endüstrideki üreticiler, karmaşık görevleri üstlenmek için uzun zamandır robotları kullandılar; ancak robotlar, daha fazla yarar sağlamak için gelişmeye devam etti. “Daha özerk, esnek ve kooperatif haline gelen robotlar, birbirleriyle etkileşime girmeye ve

insanlarla birlikte güvenle çalışıp ve onlardan davranış da öğrenmeye başladılar” (Rüßmann vd., 2015). Yeni teknolojik gelişmeler robotların gelişmiş ağılar üzerinden haberleşeceğine dikkat çekerken, üretim süreçlerinde yaşanacak bir aksaklık, belki de diğer robotlarla haberleşme sağlanarak önlem alınmasını da sağlayabilir. Robotlar, özellikle sanayi 4.0 ile birlikte, üretimde insandan kaynaklı hataları 0’a indirebilme gücüne sahip olmasıyla birlikte, işletmelerdeki bu tür olumsuzlukları azaltması adına da önemli olmuştur. Özellikle rutine bağlanan işlerde ve üretilen ürünlerin kalitesinin kontrol edildiği birimlerde, insanın fiziksel ve ruhsal yorgunluğundan kaynaklı olarak birçok şey gözden kaçabilme ihtimaline karşı, özerk robotlarda böyle bir durum kesinlikle yaşanmayacaktır. Üretimde birçok farklı birimde robotlara duyulan ihtiyaç da çeşitlilik gösterebilmektedir. Örneğin, Avrupalı bir robot ekipman üreticisi olan Kuka, birbirleriyle etkileşime giren birbirine bağlı, birlikte çalışabilen, eylemlerini otomatik şekilde planlayan özerk robotlar geliştirmiştir (Rüßmann vd., 2015). Birbiriyle iletişim kurmanın yanı sıra, gerçekleştirecekleri eylemleri yapılan işlere göre organize ederek, işleyişlerinde otomatikleşme sağlamışlardır. Benzer şekilde, endüstriyel robot tedarikçisi ABB, insanlarla birlikte ürünleri (tüketici elektroniği gibi) birleştirmek üzere özel olarak tasarlanan, iki yastıklı kol ve bilgisayar görüşü güvenli bir etkileşim ve parça tanıma imkanı sağlayan YuMi isimli iki kollu bir robot geliştirmiştir (Rüßmann vd., 2015).



Şekil 5: ABB Tarafından Tasarlanmış İki Kollu Yumi Robotu

Son dönemde üretilen bu robotlar, ‘iş arkadaşı’ sayılabilecek türden çalışanların yapacağı işleri üstlenebilir. İnsanı andıran tasarımıyla bu robotlar, çalışanların el ile yaptığı çeşitli montaj işlerini yapabilme potansiyeline sahiptir. Robotlara yapılan kodlamalarla, insan gibi çalışabilme gücüne sahip olarak, verilen görevleri gerçekleştirebiliyor olmaları işletmelerin bu teknolojiye olan ilgisini arttırarak, yatırım yapmalarına sebep olmaktadır.

Robotlara insanların çalışmadığı veya çalışmalarının riskli olduğu birçok alanda ihtiyaç duyulmaktadır, ağır kimyasal içeren sektörler buna en güzel örneklerden biridir. Birçok farklı ölçekteki işletme, robotları özellikle ürettiği ürünlerin kalıcı boyanmaları gerektiği durumlarda, fabrikaların boyahanelerinde kullanmak üzere bütçelerine uygun olarak tercih etmektedir.

1.4.2.3. Simülasyon (*Simulation*)

Simülasyon bir diğer adıyla sanal gerçeklik, sanayi 4.0'ın yapıtaşlarından birini oluşturuyor. İşletmelerde farklı ihtiyaçlar doğrultusunda kullanım amaçları değişse de, birçok anlamda optimize eden uygulamaları mevcuttur. İşletmeler, simülasyon uygulamalarıyla hatalarını daha net görebilmekte, yapılacak değişikliklerin getiri ve götürülerini kolaylıkla test edebilmekte ve ürünü piyasaya sunmadan hakkında bilgi sahibi olunmasına katkı sağlamaktadır. Bu durum da işletmelerin daha kaliteli işler ortaya koymasına sebep olmaktadır. Üretimde simülasyonun kullanılması, bilgisayar ortamında herhangi bir sistemin davranışlarını tanımlayabilme, inceleyebilme, durumları saptayabilme ve özellikle gelecekteki davranışlarını ön görebilmek amacıyla yapılmaktadır. İşletmenin kaynaklarını daha etkin kullanabilmesini, iş süreçlerini iyileştirebilmesini, üretime hakim olabilmeyi, özellikle de doğabilecek bir takım problemleri önleyebilme adına yapılan önemli verimlilik çalışmalarıdır.

Mühendislik sürecinde; üretilmesi planlanan nesnelerin, kullanılacak materyallerin ve üretim işlemlerinin 3 boyutlu simülasyonları zaten kullanılmaktadır, fakat gelecekte daha kapsamlı şekilde kullanılması mümkün olabilecektir. Bu simülasyonlar, gerçek dünyadaki verileri, fiziksel dünyayı, makineleri, ürünleri ve insanları içerecek şekilde sanal bir modelde yansıtmak için tercih edilebilir. Bu durum, operatörlerin fiziksel değişimden önce sanal dünyadaki ürünün makine ayarlarını test etmelerini sağlayarak, makine kurulum sürelerinin azalmasına katkı sağlıyor (Rüßmann vd., 2015). Bu sayede üretimdeki hazırlık süreleri azalmakta ve süreçler daha verimli şekilde işlemektedir.

Siemens ve bir Alman makine satıcısı, fiziksel makinedeki verileri kullanarak parçaların işlenmesini taklit edebilen gerçek işleme sürecinin kurulum süresini yüzde 80'e kadar düşürebilen sanal makine geliştirdi (Rüßmann vd., 2015). Bu tarz bir iyileştirmenin tüm sistemi etkileyeceği göz ardı edilmemelidir. Yeni geliştirilen bir sistemin, bir makinenin veya bir akış hattının gerçekte kurulumuna geçilmeden önce simüle edilmesiyle,

yaşanacak bir problemin önceden tespit edilip ortadan kaldırılmasına ve işletmenin büyük zarar kayıplarından kurtulmasına katkı sağlayabilir.

1.4.2.4. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu (Horizontal and Vertical System Integration)

İşletmelerin var olabilmesi, varlıklarını koruyabilmesi, rekabet edebilmesi, öncelikle kendi içlerinde uyumlu ve entegre çalışmasıyla bağlantılıdır. Her biriminin birbirinden haberdar olması, ortak şekilde (bütünleşerek) çalışması çok önemlidir. Bugünkü işletmelerde, enformasyon teknolojilerinin (IT) büyük birçoğunun, işletmeye tamamen entegre olmamasından dolayı; şirketler, tedarikçiler ve müşteriler birbiriyle nispeten az bağlantılıdır ve birimler kendisi dışındaki konularda genellikle bilgiye sahip değildir.

İşletmelerde yatay sistemlerin kendi içinde düzgün çalışması ve dikey sistemlerle doğru iletişimi kurması çok önemlidir. Buradaki yatay ve dikey sistemlerden kasıt şudur: dikey sistem entegrasyonu, aynı sektörde faaliyet göstermesine rağmen farklı alt sektörlerde müşteri portföyüne sahip işletmelerin entegre olması; yatay sistem entegrasyonu da aynı tüketici tipine sahip olan, farklı işletmeler arasındaki birleşmenin sağlanmasıdır. Bir otomobilin binlerce parçadan oluştuğu bilindiğinde, üretilecek otomobillerin tekerleri için farklı bir işletmeyle anlaşması ve eş zamanlı çalışarak iki farklı işletmenin bütünleşmesi yatay sistem entegrasyonuna örnek olarak verilebilir. Sanayi 4.0'ın vaad ettikleri arasında yer alan entegre çalışabilme hususunda, işletmelerin hem yatay hem de dikey entegrasyonu konusunda her açıdan başarılı olunması gerekmektedir. Bu durum, yaşanacak farklı bir durumda (ürün kapasitesinin artıyor- azalıyor olması gibi) işletmelerin her türlü değişikliğe karşı sıkıntı yaşamadan hızlı çözümler getiriyor olmalarına katkı sağlar.

Sanayi 4.0 ile işletmeler, departmanlar, işlevler ve yetenekler çok daha uyumlu hale gelecek ve evrensel veri entegrasyon ağlarıyla birlikte birbirlerinden haberdar olacaktır, bu durum da tamamen otomatikleştirilmiş değer zincirlerini etkinleştirecektir (Rüßmann vd., 2015).

1.4.2.5. Nesnelerin İnterneti (The Industrial Internet of Things)

İşletmelerin stratejik silahlarından biri ve yakın geleceğin en önemli belirleyicisi olarak gösterilen nesnelerin interneti kavramı, hem toplumsal hayatı hem de işletmelerin geleceğini büyük ölçüde etkileyeceği tahmin edilmektedir. Nesnelerin interneti, akıllı ortamda çalışan nesnelerin birbirleriyle iletişim kurmalarını sağlayan ortak bir ağ olarak tanımlanmaktadır. Üretim sistemlerinin birbirine ağlar yardımıyla bağlı oluyor olması; makineler ve ürünler hakkındaki bilgilere kolaylıkla erişebiliyor olmasına, ürünlerin ve makinelerin birbirini kontrol edebilmesine ve işletmenin optimum çalışmasına katkı sağlar. Makinelerin ortak ağlarla birbirine bağlı çalışıyor olması ve üretimdeki her verinin bilgisayar ortamında görülmesi çok önemli bir teknolojidir. Bilgisayarda elde edilen bilgiler sayesinde doğru stratejiler yapıp, daha etkin kararlar verilebilir. İnsan gibi düşünebilen makineler, üretim hattına gelecek ürünün zamanına bağlı olarak kendi makine ayarlarını ve kendi hiyerarşisini oluşturabilecek potansiyele sahip olacaktır.

“Nesnelerin İnterneti (...) kavramı ilk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından Procter ve Gamble şirketi için hazırlanan bir sunumda kullanıldı. Bu sunumda şirketin tedarik zincirinde RFID teknolojisi uygulamasının firmaya faydaları sıralanmakta ve kullanımı önerilmekteydi” (Kutup, 2011). RFID etiketleri; üretimin tüm süreçlerinde, nakliyatında, teslimatında, hatta ürünün nihai kullanıcıya ulaşmasında bile bilgilerin iletilmesine ve bu bilgilerinde veri tabanlarında toplanmasına imkan sağlamaktadır. Böylelikle üretilen her nesnenin akışı, hatlarda işleme süreleri, toplam bekleme süreleri, lojistik dönemleri hakkında detaylı bilgiye sahip olunabilir. Marketten alınan bir gıda paketi üzerine yerleştirilen etiket, ürün hakkında kullanımına dair bilgileri de kullanıcılara sunabilir. Yapılan çalışmalarda bu teknolojinin günlük hayatımızı büyük derecede etkileyeceği üzerinde de durulmaktadır. Buzdolabında biten veya bitmesine yakın bir ürünün, göz retina taramasıyla alınan bilgi neticesinde, tercih ettiği süpermarketlerin bu bilgiye kolaylıkla ulaşp mail-sms yoluyla bu bilginin tüketiciye verilebileceği üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (Kutup, 2011). Yeni geliştirilen akıllı evlerde, insanların uyanmasına bağlı olarak çayın suyunu kaynamaya başlayan veya fırındaki yiyecekleri ısıtabilen sistemler geliştirildi. Bu teknolojik yeniliğin, günlük hayatı büyük ölçüde kolaylaştırabileceği düşünülmektedir.

İşletmelerin bu teknolojiye sahip olması için iyi geliştirilmiş bir yazılım sistemine sahip olması, kaliteli bir alt yapıya sahip olması önemlidir. “Nesneler, algılayıcılar ve elektronik devreler ile donatıldığında, ‘düşünme’, ‘hissetme’ ve ‘konuşma’ özellikleri elde etmeye başlarlar. Böylelikle, bizlerle iletişime geçerek durum bilgilerini güncelleyebilecek yetiye erişirler” (Kutup, 2011). İnternetin ve mobil ağların gelişimi, işletmelerdeki süreçleri etkileyebilecek ve değiştirebilecek konuma ulaştığını söylemek doğru olacaktır. Bu teknoloji ortak ağlar sayesinde; işletmelerin birbiriyle, çalışanlarıyla ve makineleriyle haberleşmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle, çalışanlar işletme içindeki her bilgiye kolaylıkla ulaşabilme imkanına sahip olacaktır. Fabrika içinde yer alan, robotların, makinelerin etkileşim kurması, olası sıkıntı durumlarını haber verebilmesi ve faaliyet raporlarını sunması bu teknolojiyle mümkün kılınabilir.

1.4.2.6. Siber Güvenlik (*Cybersecurity*)

Kişisel ve işletmelerin tüm verilerinin sanal ortamda ve internet üzerinde tutulması nedeniyle, güvenli fiziksel korumalar değil, sanal ortamda korumaların ve güvenliğin üst düzeyde olması gerekmektedir (Elevli ve Sener, 2017). Sanayi 4.0 ile birlikte gelen standart iletişim protokollerinin artan bağlantısı ve kullanımı ile kritik endüstriyel sistemleri ve üretim hatlarını siber güvenlik tehditlerine karşı koruma ihtiyacı çarpıcı bir şekilde artmaktadır.

Bilginin her geçen gün öneminin artmasıyla; işletmelerin verilerini veya kişisel bilgileri ele geçirmek isteyen veya sistemlerini çöktürmeye çalışan saldırılar da sayıca fazla olacaktır (Elevli ve Sener, 2017: 1-12). Birçok şirket hala bağlantısız veya kapalı yönetim ve üretim sistemlerine güveniyor. Sonuç olarak, makinelerin ve kullanıcıların karmaşık kimlik ve erişim yönetiminin yanı sıra güvenli ve güvenilir iletişim kurması da önemlidir.

İşletmelerin Sanayi 4.0 ile internet ortamında tüm bilgilerini paylaşıyor olması ve birçok veriyi bir tabanda toplaması bazı sıkıntıları da doğurabilir. Hem işletmelerin, hem insanların hem de makinelerin birbiriyle iletişim kurmalarına olanak sağlayan bu ağların güvenilir, herhangi bir saldırıda bilgilerin paylaşımına açılmaması ve bu bilgilerin zarar görmemesi çok önemlidir. “(...) büyük şirketler siber güvenliğe yönelik uyarlanmış bir risk yönetim sistemi ve güvenlik stratejisine ihtiyaç duymakta, faaliyet ve kazançlarının kötü yönde etkilenmemesi için operasyonel güvenlik ve koruma geliştirmeyi amaçlamaktadırlar” (Kahraman, 2017). İşletmeler, saldırı gerçekleştirmek isteyen tüm

kötü niyetli kişilere karşı siber güvenlik önlemleri almalı, bu önlemi almak için gerekirse dışarıdan bir hizmet yardımı talebinde bulunmalıdır. İşletmeler tüm üretim süreçlerini, makinelerden alınan bilgileri ve üretim hatlarından gelen verileri güvenle saklayıp koruması gereklidir. Bu veriler işletme dışındaki insanlarla paylaşılmayacak bir seviyede tutulmalı ve sürekli olarak takip edilip güncellenmelidir. Siber güvenliğin önemli olmasının nedeni; “veri hırsızlarına, bilgisayar korsanlarına ve endüstriyel casuslara karşı önlem alınmazsa yıkıcı sonuçlarla karşılaşabilecek olunmasıdır. Bu yüzden büyük kuruluşlar geliştirdikleri güvenlik stratejileri ve teknikleri ile tehditleri en aza indirmeye hatta yok etmeye çalışmaktadır” (Kahraman, 2017).

1.4.2.7. Bulut Bilişimin (*The Cloud*)

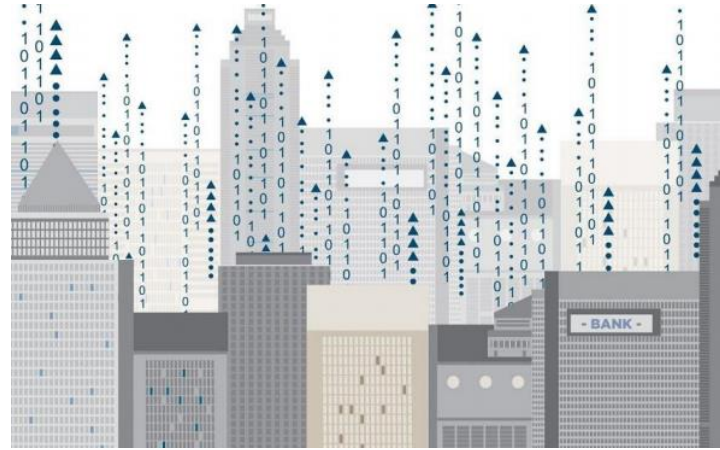
Bulut bilişim teknolojisi; “uygulamaların internet ortamında bulunan bir uzak sunucu üzerinden çalıştırılması ya da kullanıcıya ait verilerin uzak sunucu üzerinde her an erişilebilir şekilde bulundurulmasını sağlayan bir servis yapısı olarak” (European Commission, 2012) tanımlanabilir. Bulut bilişiminin, bilgi işlem gücünü her ortamda, herkesçe kullanıma açık bir hale getirdiğini söylemek doğru olacaktır.

“Uygulamaların kullanıcı bilgisayarından çalıştırılarak ve bilgilerin yerel bilgisayar diskinde bulundurulması yapılan uzak erişimler, merkezi bilgisayar ve ona bağlı terminal yapısıyla 2000’li yılların başından itibaren kullanılmaktadır” (What is Cloud Computing? - Salesforce U”), 26 Eylül 2017 tarihinde erişildi). Yani, bulut bilişimi yeni bir teknoloji değil, yıllardır kullanılan, fakat günümüz teknolojiye bağlı olarak sürekli güncellenen, günümüz dünyasına uyarlanan bir yapıdadır.

“İnternet devlerinden olan Amazon, veri merkezlerini modernize ederek bulut bilişimin gelişmesinde anahtar bir rol oynayarak ilk gerçek bulut bilişim hizmeti olan Amazon S3’ün 2006 yılında hizmete girmesini sağladı” (endustri40.com, 30 Temmuz 2017’de erişildi). Bu hizmetin girmesi, birçok araştırmacı şirketin doğmasına ve bu konuda çalışmasına imkan sağladı. Bulut bilişim teknolojisiyle hem kullanıcılar hem de tedarikçiler arasında ki ilişkilerin de gelişmesi konuları üzerinde duruldu. O dönemde, “Gartner (Danışmanlık ve Araştırma Şirketi) bulut bilişimi bilgi teknoloji hizmetleri sektöründe hem kullanıcılar hem de tedarikçiler arasındaki ilişkiyi değiştirebilecek potansiyeli işaret etti ve 2008’den bu yana Dünya’da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandı” (endustri40.com, 30 Temmuz 2017’de erişildi). Sanayi 4.0 kavramının

hayatımızda giderek öneminin artmasıyla da bulut bilişim teknolojisi daha fazla dikkat çekmeye başladı ve aynı zamanda bu konuda yapılan araştırmaları da hızlandırdı.

Bulut bilişimi, bilgi ve iletişim teknolojilerini birbirine bağlayan, sistematik bir çalışma imkanı sağlayan bir yapıdır. “Bulut bilişim; iş dünyasında maliyetleri düşürmesi, e-ticaretin gelişimine katkıda bulunması ve istihdama olan etkisi nedeniyle, büyük şirketlerin ve devlet yönetimlerinin bilgi politikaları arasında öncelikli yerini almıştır” (European Commission, 2010: 1-20). Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkenin bu konuya büyük ilgisinin olduğu ve bu alana büyük yatırımlar yapıldığının söylenmesi de mümkündür. “Avrupa Birliği (AB) Komisyonu başkan yardımcısı ve Dijital Ajanda üyesi Neelie Kroes’in “bulut bilişim ve veri koruma reformu” ile ilgili açıklamaları, AB’nin ekonomiye bulut bilişim stratejisi ile yön vermekte olduğunu göstermektedir” (European Commission, 2010: 1-20).



Şekil 6: Bulut Bilişimi Görselleştirilmesi

Bulut bilişim teknolojisinde, uzak sunucular halinde bile verilere her an ulaşılabilir olması gerektiği için özellikle kullanıcılara bu erişim imkanını sağlaması ve yüksek hizmet kalitesinin çok önemli olması diğer hususların ihmal edilmesine neden olmaktadır (Turan, 2010). Bu teknolojiye ihmal edilmemesi gereken en önemli konulardan biri bilgi güvenliğinin sağlanabiliyor olmasıdır. Bazı ülkeler bu faktörü farklı şekilde koruma almayı tercih ederken, bazı ülkeler bu teknolojiyi kullanan kullanıcıların tercihine bırakmıştır.

“Avrupa Birliği’nin verilerin korunması hakkındaki direktifine (...) göre; bulut bilişim hizmeti sunan şirketlerin, kullanıcılarına ait verilerin bulunduğu sunucuları AB ũlkeleri dışında kurmaları ya da kiralayabilmeleri için bu ũlkelerin AB yasalarının belirlemiş olduğu bilgi gũvenliđi seviyesinde olmaları gerekmektedir” (Turan, 2010).

Bu gelişen teknolojinin kullanılabilir olmasını sağlayan ilgili 3 farklı teknoloji: web hizmetleri, sanallaştırma (*virtualization*) ve ızgara (*grid*) bilişimdir (Seyrek, 2011:703). “Web hizmetleri internet ũzerinden erişilebilen, platform bağımsız otonom yazılımlardır. Bu hizmetler açık standartlara gũre yazıldığından programlama dili ve işletim sisteminden bağımsızdırlar” (Papazoglou vd, 2008: 223-255). Farklı kişilerin geliştirdiği web hizmetleri, başkaları tarafından kullanıma açık hale getirilerek yeni yazılımların da gelişmesine olanak sağlayabilir. Bũylelikle işletmeler var olan bir hizmeti kullanarak, başka bir hizmetin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. “Yazılımcılar kendi geliştirdikleri programları internet ũzerindeki diğer hizmetlerle hızlıca entegre ederek yeni uygulamalar geliştirmekte ve bu da ũnemli ekonomik faydalar sağlamaktadır” (Papazoglou, Traverso, Dustdar ve Leymann, 2008: 223-255). Gũnũmũzde, işletmeden işletmeye veya bireysel kullanıcıdan başka bir kullanıcıya gũre değişiklik gũsteren farklı web yazılımları mevcuttur. İşletmeler kendi veri tabanlarına ve işletim sistemlerine uygun farklı depolama birimleri de kullanabilir.

Bulut teknolojisi ile sanallaştırma teknolojisi i ie olan bir yapıdır. “Sanallaştırma teknolojisi ile az sayıdaki fiziksel bilgisayar ũzerinde çok sayıda sanal bilgisayarlar oluşturulmakta ve mevcut donanım kapasitesi çok daha verimli bir şekilde kullanılabilir” (Lee ve Sawyer, 2009: 25-27). Bu durum da işletmelerin bir takım maliyetlerinin dũřmesine katkı sağlayabilir. Örneğin, daha az sermaye yatırıma katlanabilir veya operasyonel maliyetleri dũřebilir. Bunlar gibi katkılar işletmenin bulut teknolojisinden daha verimli yararlanmasına etki edebilir. “Ayrıca bu sistemlerin gũncellemesi (...) gibi çeşitli bakım ve yŕnetim işlemleri BT departmanı tarafından daha kolay yapılmakta ve firmanın operasyonları açısından oldukça ũnemli olan bu sistemlerin kesintisiz hizmet vermesi açısından da firmaya ũnemli avantajlar sağlamaktadır” (Lee ve Sawyer, 2009: 25-27).

Bu teknolojiye entegre olmuş bir diğer teknoloji olan ızgara bilişim teknolojisi, konumsal olarak birbirinden farklı yerlerde bulunan bilgisayarların, yũksek hızdaki bilgisayar

ağlarının vasıtasıyla hesaplama, depolama, bellek gibi kaynaklarının entegre olmasını paylaşılmasını sağlayan teknolojidir (Maqueira-Marin, Bruque-Cámara ve Moyano-Fuentes, 2009: 491-513).

1.4.2.8. Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

Arttırılmış gerçeklik, insan duyusuna hitap edecek girdilerin bilgisayarın desteğiyle geliştirilip zenginleştirilerek kullanıcıya sunulması olarak tanımlanabilir. Bilgisayar dünyasının desteğiyle görme, duyma, dokunma gibi gerçek dünyada yaşadığımız duyuların birebir aynısını hayal gücünü zorlayacak şekilde gerçek dünyada bire bir yaşıyormuş gibi karşımıza çıkartmaktadır. Bir depoda parça seçimi ve mobil cihazlar üzerinden onarım talimatları gönderme gibi işlemleri destekleyen bu sistemler, henüz emekleme aşamasında olsa da; gelecekte gerçek zamanlı bilgiler sunarak genişletilmiş gerçeklerden daha fazla yararlanacaktır (Rüßmann vd., 2015). Örneğin işçiler, bakım veya tamir yapılması gerekli durumlarda, söz konusu talimat bilgilerini gerekli birimlerden almaktadır. Arttırılmış gerçeklik teknolojisiyle bu bilgiler, bu alanda geliştirilmiş gerçeklik gözlükler gibi cihazları kullanarak işçilerin görüş alanında doğrudan görüntülenebilir. Sanal dünyada, makineleri kullanan operatörlerin tek bir tuşla onlara emir verip, parametrelerini değiştirip, üzerinde müdahale yapabilecek güce sahip olabilecekler. Bu teknoloji, endüstride tasarımı yapılan bir ürünün üretime geçilmeden önce; bitmiş nihai ürünün sanalda montajı gerçekleşmiş gibi ortaya görüntüler çıkartabilir.

Arttırılmış gerçeklik üzerine başka bir uygulama da sanal eğitimidir. Siemens, acil durumları halletmek ve tesis personelini eğitmek amaçlı geliştirdiği gerçeklik gözlükleri ile gerçek veri tabanlı bir ortam kullanan Comos yazılımı için sanal bitki-operatör eğitim modülü geliştirdi (Rüßmann vd., 2015). Bir başka örnek de sanal dünyada operatörlerin bir siber sunumu tıklayarak makinelerle etkileşim kurmayı öğrenebilmesi üzerine verilebilir. Ayrıca, kullanıcılar istenen parametreleri değiştirebilir ve operasyonel veri ve bakım talimatlarını geri yükleyebilirler (Rüßmann vd., 2015).

1.4.2.9. Eklemeli İmalat (Addictive Manufacturing)

Bu konu ayrıntılı olarak diğer bölümlerde işlenecektir.

BÖLÜM 2: ÜRETİM SİSTEMLERİ

İmalat kavramı, birkaç parçanın veya bir kısım ham maddenin süreç/lerden insan kaynakları ve bütünleşik araç gereç kullanılarak geçirilmesi olarak tanımlanabilmektedir (Sury, 1981).

Üretim, tüketicilere gerekli ürün ve hizmeti sağlamak amaçlı kullanılan bir yöntemdir. Tüketicie sağlanmak istenen bu çıktılar, çeşitli fikirlerin ve araştırmaların varlığında ortaya çıkan, somut girdilere ihtiyaç duyan ve dönüşüm sağlayan bir süreçtir. Üretim; hammaddelerin sürece dahil olması için hazırlanması, gerekli noktalarda sürece dahil edilmesi, dahil edilme sürecinde çeşitli makine, ekipman, işgücünden yararlanılması ve bu sürecin tamamlanması olarak nitelendirilebilir. Bir başka tanımıyla bu kavram; fiziksel bir varlığın üzerinde değişiklikler yapılarak, işlenerek ve belirli bir süreçlere sokularak, onun değerini arttırmak veya bu varlıktan fayda yaratmak üzere bir dönüştürme sürecine sokmak olarak da tanımlanabilir.

Sistem, birbirine bağımlı süreçlerin düzenlenip, bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan durumdur, bu sebeple bir bütün olarak çalışır. Üretim sistemi, emek(iş gücü), hammadde, ekipman, makine, çeşitli iş araçları gibi üretim ortamını sağlayan bileşenler arasında ilişkiyi kuran yapının ifade edildiği kavramdır. Üretim sistemi, üretimin girdileri olarak tanımlanan işgücü, sermaye, makine, malzeme ve yönetimin, bir dönüşüm sürecinden geçerek ürün veya hizmet elde edilmesini sağlayan bütünleşik bir yapıdır. Bu girdilerin her biri, üretim sistemi içinde birbiriyle ilişkili ve etkileşim halindedir. Bu süreçlerde elde edilen çıktıların standartları karşılamaması durumunda, belirli kısıtlar dahilinde kontrol edilmesi ve planlanana uymaması durumunda geri dönüşüm mekanizmasıyla değişiklik yapılması gerekmektedir (Üreten, 2009).

Üretim sistemi üç ana bileşenden, yani girdiler, dönüşüm işlemi (süreci) ve çıktıdan oluşur.

- Girdiler (Input)

Hammadde, makine, işçilik saati, parça veya parçalar, çizim, talimatlar ve diğer kağıt işleri girdileri içerir.

- Dönüşüm süreci (Conversion Process)

Dönüşüm süreci işlemleri içerir (gerçek üretim süreci). Operasyonlar manuel veya mekanik veya kimyasal olabilir. İşlemler, girdileri çıkışa dönüştürür. Dönüştürme işlemi, dönüşüm sürecine yardımcı olan destekleyici etkinlikleri de içerir. Destekleyici faaliyetler; üretim planlama ve kontrol, hammadde alımı, makbuz, malzeme depolama ve dağıtım, parça ve işin muayenesi kontrolü, ürünlerin testi, kalite kontrolü ve bitmiş ürünlerin depolanması vb.'dir.

- Çıktı(Output)

Çıktı, bitmiş ürünler ve hizmetleri içerir (Akrani, 2012).



Şekil 7: Temel Üretim Süreci

İşletmelerin değişen ve gelişen dünyada, rekabet edebilmesi, varlığını devam ettirebilmesi ve gelişim gösterebilmeleri için yeni gelişmeleri sürekli olarak takip etmesi ve gerekli yerlerde bu değişime ayak uydurması önemlidir. “Sürekli ve beklenmeyen değişimlerin olduğu çevrede faaliyet gösteren işletmelerin eski geleneksel yaklaşımlarla başarılı olmaları mümkün değildir” (Çetin ve Altuğ, 2005: 301-306). İşletmelerin başarılı olmak için, her gün gelişen yeni teknolojileri takip etmeleri ve kendi amaçlarına uygun olan stratejilere ve yeni yaklaşımlara ayak uydurmaları gerektirir.

Teknolojideki gelişmeler yeni üretim araçlarının doğmasına ve üretim sistem yapılarının değişmesine neden olmaktadır. Yaşanan bu gelişmeler aynı zamanda emek gücünün bu yeni üretim araçlarına göre düzenlenmesini zorunlu kılmıştır. Teknolojideki değişim, emek gücünün niteliklerinin değişmesine, üretim araçları ve emek gücü arasındaki ilişkinin değişmesine, işin parçalanmasına ve iş bölümünün derinleşmesine olanak tanımış ve bu durum da üretkenliği ayrıca arttırmıştır (Aytuğ, 2011: 58-59). Yeni teknolojilerin varlığı, mevcut düzendeki bir takım sıkıntıları ve aksaklıkları yok edebildiği gibi; mevcut sistemin daha etkin çalışmasını sağlayan bir takım yenilikleri de

beraberinde getirebilir. Bu yenilikler, mevcut iş gücünü, ürün sayısını, üretim zamanını, üretim hacmini, işletme maliyetlerini ve dönemsel karlılığı etkileyebilir.

2.1. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemi, ekonomik değeri olan bir mal veya hizmetin imali için kurulan insan, makine ve malzeme sistemidir. Elwood Buffa, bu tanımı genişleterek, bir uçta hammaddenin sağlanması, diğer uçta ise tamamlanmış ürünlerin dağıtılması işlevlerini eklemiştir (Yamak, 2001:31).

Üretim sistemlerini sınıflandırmaya gerek duyulması, sistemin işleyişinde karşılaşılan bir takım durumların, farklı sistemlerde farklı nitelikte olmasından ileri gelir (Yamak, 2001:31). Örneğin; üretim planlama ve denetim büyük ölçüde, üretim sistem tipinden etkilenir. Belirli gruplandırmalar yapılan üretim sistemlerinin farklı özelliklerde olması beklenir. Her üretim sistemi farklı iş gücü miktarına, farklı ekipman işlevlerine, farklı üretim yapısına göre değişiklik gösterebilir.

Gerçekte, üretimi değişik tiplere göre ayırmak gereği, yönetim bakımından iki nedenden ortaya çıkar: (İlyasoğlu:42)

1. İşin yönetilmesi için gerekli organizasyonun sağlanması
2. Belirli bir sistem tipinin getirdiği avantajların işletmeye kazandırılması

“Üretim sistemlerinin sınıflandırılmasını etkileyen etkenler ise; talebin türü (talebin hangi sıklıkta oluştuğu) ve büyüklüğü ile ürünün özellikleri ve ürün bileşiminin tasarımı (üretim süreçleri yapısı) olarak sayılabilir” (Starr ve Gupta, 2014:25). Üretim sistemlerinin sınıflandırılmasında farklı gruplandırmalar mevcuttur. Bir grup araştırmacı üretim sistemlerini temelde 2 grupta toplamanın yeterli olduğunu ve bu sınıfların seri üretim ve kesikli üretim olarak ayrılması gerektiğini savunmaktadır (Garrett ve Silver, 1973: 542). Bir grup araştırmacı üretim sistemlerini seri, atölye, parti ve proje tipi olmak üzere 4 sınıflandırmanın yapılmasını uygun olduğunu söylemektedir (Starr ve Gupta, 2014). Woodward ve arkadaşları üretimin kesikli, kütle ve sürekli üretim olarak 3 sınıfta toplanması gerektiğini savundular (Woodward, Dawson ve Wedderburn, 1965). Yapılan bütün bu gruplandırmalar değerlendirildiğinde, araştırmacıların bir kısmı sadece üretim yöntemlerini dikkate alarak sınıflandırma yaparken, bir kısmı üretim miktarı açısından gruplandırma yapmıştır. Her ikisi de hesaba katılarak, hem üretim miktarları hem de

üretim yöntemleri eş zamanlı düşünülerek değerlendirme yapıldığında üretimin 3 grupta toplanmasının daha uygun olacaktır.

Temelde üretim sistemlerini 3 ana grupta toplayarak devam edilebilir.

1. Seri Üretim (Akış (Proses) Üretim veya Kütle Üretim)
2. Proje Tipi Üretim
3. Kesikli Üretim

2.1.1. Seri Üretim (Sürekli Üretim)

Seri üretim sistemleri, bir ürün grubunun üretimine uygun vaziyette hazırlanmış özel bir üretim hattı boyunca, büyük hacimlerde ürünlerin üretilmesine olanak sağlayan bir üretim sistemidir. Seri üretim ortaya çıktığı dönemlerde karışık ürünlerden ziyade, büyük üretim miktarlarında üretime imkan veren üretim elemanları da yaygınlaşmaya başladı. Yüksek ürün miktarlarının üretimine izin veren bu üretim tipinde, ürün çeşitliliği de bir o kadar düşük olup, belirli bir tipteki ürün üzerine yoğunlaşma yaşanmaktadır.

Fordist yaklaşım 1900'lü yılların başında Henry Ford tarafından geliştirilen; üretimi sürekli kayan bir hatta, kalifiyesiz iş gücünü ve özel amaçla geliştirilmiş makineleri kullanarak gerçekleştirilen seri üretimi ifade etmektedir. Bu yaklaşım ilk olarak Ford otomobil fabrikasında akan bir montaj hattı üzerinde, kalifiyesiz emek gücüyle üretilen otomobiller üzerinde gerçekleşmiştir (Paul ve Jonathan, 1991:5-9). Fordist üretim sistemi, üretim organizasyonunu bir bant üzerinde üretilen ürünün montajlanmasını sistemin merkezine oturttuğu ve üretimi daha kısa sürede, daha seri bir şekilde yapılabilir kıldığı için zaman zaman bant tipi üretim sistemi, zaman zaman da seri üretim sistemi olarak tanımlanabilmektedir.

Fordizm'in temel özellikleri arasında yer alan süreklilik aynı zamanda montaj hattının sürekli akışını da kapsar. Fordizm denilince öncelikli olarak akla gelen bir unsur olan sürekli akan(kayan) bir montaj hattı, üretimin sürekliliğinin de garantisidir. Fordizmin üretimde, teknolojiyi örgütleyiş biçimi standart mal üretiminde önemli bir aşama teşkil etmiş ve standart malların seri/kitleselel üretiminin de koşullarını hazırlamıştır. Seri/kitleselel üretime olanak tanıyan asıl gelişmenin bu standartlaşma olduğu, montaj hattı bant sisteminin bu standardizasyon sağlandıktan sonra uygulanabilecek bir sistem olarak geliştiği belirtilmektedir (Necef, 1994:36). Sağlanan

bu standartlaşma, zamanla vazgeçilmez bir unsur olarak, makinelerin ve iş araçlarının üretimde iyi organize edilmesi ve geliştirilen örgütlenmelerin verimliliği arttırıcı yönde çalışılması gerekliliğini de ortaya koymuştur.

Seri üretim üretilmesi istenen ürün için geliştirilmiş makinelerin, araç ve gereçlerin bu ürünün üretilme aşamalarına göre bir hat oluşturacak şekilde sıralanarak; beklemeleri, makine hazırlıklarını ve gereksiz taşımaları yok ederek; üretimde verimliliği, etkinliği arttırmak üzere geliştirilmiş bir üretim sistemidir.



Şekil 8: Seri Üretim Otomobil Hattı

Seri üretim içinde, istasyon sayılarının, malzeme taşıma sistem tiplerinin, her istasyondaki makine-işçi sayılarının ve saatlik üretim kapasitelerinin belirlenmesi çok önemlidir. Seri üretim, sürekli gelişmeye ve verimlilik üzerine çalışmalara olanak sağlar. Gereksiz makine ve ekipmanları azaltmayı ve fazla işgücünü kısıtlamayı sağlar. Dar boğaz makineleri ve istasyonları belirleyerek üretime katkı sağlar. Hazırlık zamanlarını minimize eden çizelgelerin yapılmasına olanak sağlar.

Seri üretimde çeşitli araştırma ve geliştirme çalışmaları aracılığıyla bir ürünün üretilmesi için üründen ürüne göre değişiklik göstermeyen gerekli toplam üretim zamanları belirlenir. Bu durum, üretimini doğru planlanmasına katkı sağlar. Bir ürün için belirlenen standart zamandan, işletmenin günlük, haftalık, aylık ve yıllık periyotlarda kapasitesi belirlenir. Seri üretim yapan işletmeler alınan sipariş ve pazar araştırması sonucunda, üretim hedeflerini ve gerekli yatırımlarını oluştururlar. Seri üretimi kütle üretim ve akış üretim olarak iki alt gruba ayırmak mümkündür (Tanrıtanır, 1990: 130)

Tablo 1
Seri Üretim Sınıflandırılması



2.1.1.1. Kütle Üretim (Kitle Üretim)

“18. ve 19. yüzyıllarda sanayinin büyük gelişme göstermesi, takım tezgahlarının ve diğer üretim elemanlarının gelişmesiyle ortaya çıkan mekanik üretim yöntemleri kitle üretiminin temelini oluşturmuştur” (Karaca, 2008). Kütle üretim, büyük hacimlerde ürün miktarına imkan vermesi sebebiyle ayrıca kitle üretim veya miktar üretim (*quantity production*) olarak da nitelendirilmektedir (Karaca, 2008).

Kütle üretim fabrikaların uzun dönemli üretim planlarında belirli bir üründen büyük hacimlerde ürün üretebilmesi işlemidir. İşletmeler, planlarını uzun dönemli oluştursa da bir takım değişikliklerle başka ürün grubunun da üretilmesine geçiş yapabilir.

2.1.1.2. Akış Üretimi

Akış üretimi gerçekleşen fabrikalar, sadece tek bir tipte ürünün üretilmesine olanak sağlayan nitelikte olabilir. Bu tarz işletmelerde, hem ekipmanların seçimi hem de ekipmanların yerleşimi sadece belirli tipteki mamulü üretebilecek şekilde çalışmaktadır ve bu düzen içinde farklı cinsteki ürünün üretilmesi çoğunlukla imkansız gözükmektedir. Farklı çeşitte ürünlerin üretimi ancak yüksek yatırımlar gerekerek gerçekleştirilmektedir.

2.1.2. Proje Tipi Üretim Sistemi

Proje tipi üretim, üretilmesi hedeflenen ürünün boyutsal olarak çok büyük ve çeşitli özellikler yüklenerek ürünün genellikle 1 defalık üretilmesine imkan sağlayan üretim sistemidir. Bu sistemde “Ürün akışı yoktur, bunun yerine tek tek bütün işlemler son proje

hedefine ulaşmak amacıyla belli bir sıra dahilinde gerçekleştirilir” (Top, 2001: 17). Bu üretim sisteminde hedeflenen ürün üretildikten sonra, bir projenin tamamlanması gerçekleşir ve başka bir projeye başlanılır. Bu üretim tipinde, üretim sistemi tek bir ürüne göre üretim yapabilecek biçimde tasarlanmıştır. Bir köprünün yapımı, gökdelen yapımı veya bir uçak yapımı gibi faaliyetler proje tipi üretim grubuna girer. Proje tipi üretimde, ürün sabit konumdadır ve makine ve insanlar ürünün çevresinde veya içinde hareket ederler. Ayrıca pek çok faaliyet bir arada yürütülür ve işgücü kullanım düzeyi zaman içinde değişkendir. Proje üretiminde birim ürün fiyatı çok yüksektir ve faaliyetlerin planlanıp iş emirlerinin hazırlanması için farklı yöntemler uygulanır. İstanbul boğazındaki Fatih Sultan Mehmet Köprüsünün yapımı, Ay’a gidecek bir uzay gemisinin yapımı veya Güney Doğu Anadolu Projesi kapsamındaki Atatürk Barajının veya Urfa tünellerinin yapımı, bu tür üretim sistemine iyi birer örnek oluşturabilirler (Yamak, 1994:30).

Proje tipi üretim sistemleri, talep edilen ürünün boyutsal olarak çok büyük olduğu ve ürünün hareket kabiliyetinin sınırlı olduğu üretim tipleridir. Ürünün boyutsal olarak çok büyük olması, çok sayıda girdinin olmasını ve üretim sürecinin daha karmaşık olmasını da beraberinde getirir. Ayrıca ürünün büyüklüğü dolayısıyla, ana parçasının sabit konumda olduğu bir yerleşim düzeni mevcuttur ve birleştirilecek malzemeler ve kullanılacak ekipmanlar ana parçanın etrafında yer alır. Her bir ürün başlı başına farklı bir projeyi temsil ettiği için, bu tip üretim sisteminin belli bir standartizasyonu yoktur.

“Proje tipi üretim sistemi, tek bir ürünün yapımını veya özel durumlarda aynı üründen sınırlı sayıda üretilmesini hedefler. Dolayısıyla, proje tipi üretim sistemi bir kerelik görev olarak görülebilir. Bu nedenle, rutin dışı işler kapsamına girebilir” (Yamak, 1998). Gelen büyük projelerin özelleştirilmesi bu ürünleri genellikle 1 kez yapılabilir kılmıştır. Her farklı proje, farklı ihtiyaçları karşılayabilir nitelikte olabilir. Projelerdeki farklılaşma ve özelleştirme, üretilecek ürünleri de özgün kılabilir. Bu tip üretim sistemlerinde, ürünlerin büyük ve karmaşık olmasından dolayı üretim süreleri uzundur. Çok düşük hacimlerde üretimin gerçekleştiği bu tipte, ürün çeşitliliği de yüksektir.



Şekil 9:Proje Tipi Üretim Örneği: Uçak Üretimi

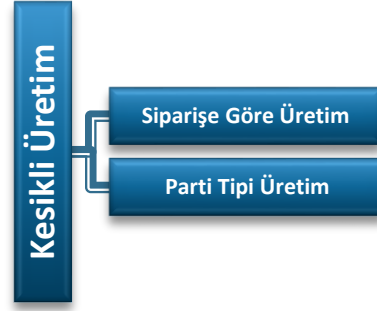
Kaynak: <http://www.trsim.com.tr/simulasyon22.html>

2.1.3. Kesikli Üretim (Aralıklı Üretim)

Sipariş üzerine üretim yapılan bu üretim sisteminde, sistemin esnek olması nedeniyle talepteki değişikliklere kolay cevap verme özelliği vardır. Bu üretim sisteminde müşteri özel siparişlerine uygun olarak istenilen miktar, zaman ve kalitede üretim yapabilmektedir. Talepteki değişiklik ve düzensizlik, sisteme olan talebin kesikli olması sonucunu doğurur ve her parça işlemden sonra diğerine kesikli bir biçimde hareket eder. Bu durumun olması sebebiyle kesikli üretim, temelde işleme ya da sürece yönelik bir üretim sistemidir (Soba, 2006). Aslında, kesikli üretim sistemi, farklı ürün çıktılarına imkan veren, talebin herhangi bir zamanda öngörülmesi pek mümkün olmayan ve zamana göre değişiklik gösteren üretim tipidir. Bu üretim tipinde bir ürünün üretileceği gibi, birkaç birim ürünün üretilmesi de mümkün olabilir veya belirli parti büyüklüklerinde ürünlerin üretilebilir (Üreten, 2009).

Kesikli üretim sistemi birçok araştırmacı tarafından iki sınıfta toplanmaktadır. Bunlar siparişe göre üretim ve parti tipi üretimdir.

Tablo 2
Kesikli Üretimin Sınıflandırılması



2.1.3.1. Siparişe Göre Üretim

Geçmişten günümüze yeni teknolojilerin gelişmesi ve iletişimin artması, fabrikalaşma sürecini daha da iyi bir noktaya getirmiş ve dünyanın her tarafında üretim yapan işletmeler arasındaki bağlantının kurulmasına destek olmuştur. Sanayi devrimleri sayesinde üretim şekli sürekli olarak değişiklik göstermiştir. Atölye veya ev ortamlarında gerçekleşen insan el kuvvetine dayalı üretimler yerini, yeni iş alanlarının doğup fabrikaların kurulmasına bırakmıştır. Böylelikle atölye tipi üretimin etkinliğini zamanla azalmıştır. Bir yandan başlangıçta var olan atölye tipi üretim anlayışı, sanayileşmiş ülkelerde bile tamamen ortadan kalkmayıp, büyük krizlerde çok uluslu şirketlere göre daha az etkilenmiş ve veri kolaylığı gibi avantajlara da sahip olmuşlardır (Koca ve Çetin, 2005:179-208).

Siparişe göre üretim sistemleri, üretim miktarı olarak az, ürün çeşitliliği olarak yüksektir ve ürüne göre veya yapılacak işe göre konumlandırılmış makinelerden oluşmaktadır. İşgücü ve ekipman farklı görevleri gerçekleştirebilmek için gerekli olan esnekliğe sahiptir ve genelinde kalifiye elemanlardan oluşan iş gücü mevcuttur. Bu üretim tipinde, çok farklı ürünler üretilebilmesi ve her bir siparişte farklı işlemlerin ve farklı süreçlerin uygulaması açısından diğer üretim sistemlerinden ayrılmaktadır. “Bu sistemde, tüketicinin ya da müşteri işletme tarafından, tasarım, zaman, kalite ve miktar bakımından özellikleri belirlenen bir ürünün üretilmesi söz konusudur” (Soba, 2006).

Siparişe göre üretim yapan işletmeler de bir takım zorluklar yaşamaktadır:

- Yarı mamul stoklarının yüksek tutulması, işletmenin ek maliyete katlanmasına neden olur.
- Yarı mamul stoklarına izin verdiği sebebiyle bu ürünler için başka alanlara ihtiyaç duyulur ve yarı mamulün fazladan üretilmesi üretim planlamasını zorlaştırır.
- Fazladan maliyete sebep olan bir başka durum, makineler ve bölümler arası malzemelerin ve/veya ürünlerin taşınmasıdır.
- Üretim hacminin artması, bu tip üretim sisteminde ekonomik olmaktan çıkmaktadır, değişken maliyetin yükselmesine, yapılacak yatırımların öngörülememesine ve çoğu zaman planlanandan daha fazla ürünle işletme içindeki karmaşıklığın artmasına sebebiyet verir.

2.1.3.2. Parti Tipi Üretim

Parti tipi üretim sistemi, dışarıdan gelen farklı bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak amacı ile belli bir ürün grubunun belirlenen üretim miktarlarında gruplandırılarak, partiler halinde üretilmesi işlemidir (Soba, 2006). Bu sistemde ürün, siparişe tipi üretim sistemine nazaran daha fazla standardize olmuştur. Parti tipi üretimde oldukça çeşitli ürünlerin, genellikle orta büyüklükte partiler halinde üretildiğini söylemek mümkündür. Genellikle tüm parti üzerinde bir işlem tamamlanmadan, izleyen işleme başlanmaz. Örnek olarak traktör fabrikasının motor atölyesinde gerçekleştirilen üretimi ve mal işleme atölyelerini göstermek mümkündür (Soba, 2006).

Bu üretim sisteminde ürünlerin işlem sıralarına ve ürünün akışına göre düzenlenen fonksiyonel yerleşim mevcuttur. Parti tipi üretim, talep edilen ürünlerin işletme faaliyetlerine göre belirli kurallar açısından gruplandırılması ile başlamaktadır. Ürünler belirlenen akışa göre, akışın gerektirdiği makinelerde işlenerek sürecini tamamlar. İşletmeye gelen talepler üretimin kesikli olmasından kaynaklı değişebileceği için, farklı partilerle farklı taleplerin üretilmesi gerekebilir. Gelen taleplerin farklılaşması, parti sayılarının da farklı olması sonucunu doğurur. Bu durumda her farklı parti için farklı planlamaların oluşturulması gerekliliğini ortaya çıkarır. Doğru bir planlama, partilerin de verimli üretilmesini sağlar. Üretilmesi planlanan partiler için kaynak planlaması ve zaman planlaması gibi çalışmalar üzerine, partiler değiştikçe odaklanılır. Ürünlerin

işlendiği tezgahların birden fazla sayıda olması da gerekebilir, böyle bir durumda yapılacak ayarlamalar daha karmaşıklaşabilir. “Zaman, enerji, işçilik ve benzeri tasarrufları sağlamak için, üretim birimlerinin veya atölyelerin birbirlerine göre konumları, gecikmeleri ve kayıp zamanları minimum düzeye indirecek biçimde planlanmalıdır” (Karalar ve Berberoğlu, 2001). Parti tipi üretimde,

- Birbirinden farklı, fakat benzer süreçlere sahip ürünler için metotlar geliştirilerek, üretimdeki bir takım hazırlık sürelerinden avantaj sağlanmaktadır.
- Çeşitliliğin orta düzeyde olması sebebiyle, üretim kaynaklarını ortak kullanan farklı planlamalar ile farklı ürünler üretilir.
- Planlama dönemi içinde belli bir üründen, bir miktar üretip daha sonra diğer partinin üretimine geçilebilir.

2.2. Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması

3 farklı grup halinde kategorileştirdiğimiz üretim sistemlerinin birbirinden ayrılmasında etkili olan bazı özellikte yapıları mevcuttur. Bunlar aşağıda yer alan tabloda özet halinde gösterilmiştir.

Tablo 3
Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması

ÖZELLİKLER	SERİ ÜRETİM	KESİKLİ ÜRETİM	PROJE TİPİ ÜRETİM
<i>Talep</i>	Düzenli, Yüksek Talep	Düzensiz, Düşük Talep	Özel isteğe bağlı
<i>Ürün Standartizasyonu</i>	Yüksektir	Düşüktür	Çok düşüktür
<i>Üretim Hacmi</i>	Çok yüksek, çeşit az	Düşüktür, çeşit fazla	Çok düşüktür (bir/birkaç)
<i>Gerekli Ekipman (Makine vb.)</i>	Özel amaçlı verimli makineler	Çok amaçlı universal tezgahlar	Hem özel hem universal makineler
<i>Kullanılacak İş Gücü</i>	Kalifiye olmayan	Kalifiyedir	Kalifiyedir
<i>İş Hazırlama Faaliyetleri</i>	Az, karmaşık	Çok yoğun, basit	Çok yoğun, karmaşık
<i>Fabrika Yerleşim Düzeni</i>	Ürün operasyonlarına uygun	Gruplanmış halde	Ürünün etrafında yerleşim
<i>Hammadde-Mamül Stokları</i>	Yüksek	Düşük	Düşük
<i>Fabrika İçi Taşıma Faaliyetleri</i>	Özel araçlarla	Üniversal taşıma	Üniversal taşıma
<i>Techizat Bakım Onarım İşleri</i>	Arıza etkisi yüksek, günlük bakımlar önemli	Arıza etkisi az, günlük bakımlar önemsiz	Arıza etkisi az
<i>Üretim Kapasitesi</i>	Komple yeni yatırım	Esnek Kapasite	Proje yönetimi önemli
<i>İş Yükü Dengesi</i>	Dengeli	Sağlamak güç	Sağlamak güç

BÖLÜM 3: 3 BOYUTLU ÜRETİM SİSTEMİ KAVRAMI

3 boyutlu üretimden bahsedebilmek için bu üretim tipinin dahil olduğu hızlı imalat yöntemlerinin açıklanması gerekmektedir. Bu bölümde önce hızlı imalat yöntemleri anlatılacak, daha sonra da 3 boyutlu yazıların çalışma prensipleri, kullanılan yöntemler, gelişim ve uygulamalarına yönelik bilgiler verilecektir.

3.1. Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları

Katmanlı üretim teknolojisi, ilk olarak ürünlerin prototipleme işleminde kullanılması sebebiyle hızlı prototipleme olarak adlandırılmıştır. Fakat daha sonraki dönemlerde katmanlı üretim teknolojisinin daha farklı çalışma alanlarında kullanılmasıyla, işletmenin farklı amaçlarına hizmet verebilecek düzeye getirilmesiyle bu adlandırma farklılaşmıştır. Günümüzde işletmeler katmanlı üretimi sadece prototipleme işlemlerinde değil; yedek parça, son nihai ürün veya destekleyici parça gibi çeşitli amaçlarda kullanmaktadır. Bu sebeple katmanlı üretim, hızlı prototipleme kavramını geliştirerek bu tanımlamadan ayrılır. Yani günümüzde, hızlı prototipleme ve 3 boyutlu nesne yazdırma (katmanlı imalat) birbirinden farklı teknolojiler olarak görülmelidir. Fakat iki farklı isimle adı geçen bu teknolojilerde, ürünlerin üretim yöntemleri, kullanılan cihazlar, cihazların içine yerleştirilen malzemelerin ortak olması ve sadece kullanım amaçları bakımından farklılaşması bilinmelidir. 3b baskı teknolojisi, hızlı prototipleme teknolojisinin kullanım amaçları olarak genişletilmiş hali olarak düşünebilir. Hızlı prototiplemenin temel amacı, ürünlerin tasarımlarının hem fiziksel olarak hem de işlevsel (fonksiyonel) olarak doğruluğunun test edilmesidir. Bunu sağlarken ürün prototipinin dış özellikleri açısından estetiğine bakılırken ayrıca üretilmesi planlanan parçaların montaj edilebilirliği, sökülebilirliği veya çeşitli özelliklerde tolerans sınırları içerisinde kalabilme durumu da test edilmektedir. Hızlı prototipleme, kullanıcılara ürünlerini kolaylıkla ve zaman kaybetmeden değerlendirme fırsatı sunmaktadır. Hızlı prototipleme teknolojisi, üretim hatlarında, kalıp ihtiyaçlarında, hassas döküm tekniklerinde, dental uygulamalarda ve mimari çalışmalarda sıkça tercih edilmektedir.

Hızlı imalat yöntemlerinde kullanılan cihazların her birindeki ortak çalışma prensibi, 3 boyutlu CAD-CAM ortamında oluşturulmuş STL formatlı dosyalardaki nesnelerin, katmanlar halinde üretilmesi temellidir. Genel olarak farklı cihazlardaki üretim süreçleri

benzerlik gösterse de, katmanların oluşturulma tekniği, tercih edilen nesne için kullanılan materyaller farklılık gösterir. “Buna bağlı olarak hızlı prototip cihazları, kullandığı teknolojiye göre, Işıkla Kür, Toz Bağlama, Harç Yığma ve Tabaka Yığma olarak dört ana kategori altında toplanabilir” (Sofu ve Delikanlı, 2006:194-200). Bu kategoriler 3 boyutlu yazıcıların sınıflandırılması konusunda aynı üretim teknikleri olması sebebiyle detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

Tablo 4
Hızlı İmalat Yöntemleri Sınıflandırılması



Kullanılan üretim tekniklerinin farklılaşması, ürünün oluşumu sırasında katmanların nasıl yığıldığı ile de alakalıdır. Bazı yazıcılarda, malzemenin eritilip yumuşatmasıyla katmanlar oluşurken, bazısında sıvı haldeki malzemelerin doğrudan yığılması ve bu işlemde hemen sonra malzemenin sertleşmesiyle olabilir (Ekici, 2012). Çeşitlilik gösteren bu üretim tekniklerinde temel işlem, malzemenin katman katman üretilmesidir.

Hızlı imalat yöntemleri, tasarımı yapılan nesnelerin 3 boyutlu yazıcılarla elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu üretim teknikleriyle işletmeler ürün prototiplerini oluşturarak modelleme hatalarını tespit edebilir, ürünün kullanılabilirliğini inceleyebilir veya yeni parçalar denemek isteyebilir. Hızlı imalat yöntemlerinin farklılaşması, üretilecek nesnelerin de farklı hassasiyette, farklı yüzey kalitesinde yani farklı özelliklerde üretilebilmesine imkan sağlayabilir. Son dönemde yapılan çalışmaların artması bu teknolojiyi geliştirmeye başlamış ayrıca SLS ve SLM makineleri prototip anlayışını kırarak doğrudan üretimde kullanım imkanı vermiştir (Sofu ve Delikanlı, 2006:194-200).

3.2. Katmanlı Üretim: 3B Nesne Yazdırmaya Giriş

Katmanlı üretim, geleneksel üretim yöntemlerinde var olan çıkarma işlemleri (frezeleme vb.), biçimlendirme işlemleri (döküm veya dövme) ve birleştirme işlemleri (kaynak veya sabitleme) gibi süreçler açısından farklılık göstermektedir. 3b baskı olarak da adlandırılan katkı imalatı (*Addictive Manufacturing-AM*) malzemeyi katman katmanı biriktirerek bir parça imal etmektir. Literatürde katmanlı üretim aynı zamanda hızlı prototipleme ile eş anlamlı kullanıldığı söylenebilir de, katmanlı üretim hızlı prototiplemenin içerisinde yer aldığı bilinmelidir. Katmanlı imalat, 3b yazıcı teknolojisiyle ürünlerin üretilmesi işlemidir. Katmanlı üretim müşteri tatminini arttıracak şekilde üretim yapabilmeyi sağlamakta ve özellikle geleneksel yöntemlerin cevap veremediği imalatı zor olan parçaların kolayca ve kısa sürede üretilmesine yardımcı olmaktadır. Katmanlı üretimin, birbirinden farklı tasarımlarda üretimi desteklemesi ve değişen çeşitte malzeme kullanımına imkan vermesi sebebiyle var olan teknolojilere göre bir takım avantajlara sahip olduğu söylenebilir.

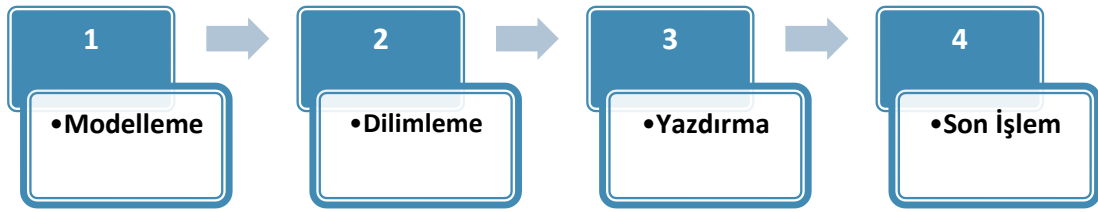
Tablo 5'te, 3 boyutlu baskı işlemini oluşturan 4 ana süreç gösterilmiştir. Modelleme, bilgisayar destekli tasarım programları veya 3 boyutlu tarayıcılarla ürün modellerinin oluşturulması ve CAD/CAM yazılımlarında ortak olan STL formatıyla kaydedilme sürecidir (Aydın, Küçük ve Kenar, 2015: 153-157). 3 boyutlu basılabilir modeller, bilgisayar destekli tasarım programlarıyla veya 3 boyutlu tarayıcılarla elde edilen dijital çizimlerdir. Böylelikle, ürün modelinin oluşturulması için hem nesnenin geometrik verilerinin tasarlandığı programlardan hem de nesnenin gerçek dijital görüntüsünün elde edildiği 3 boyutlu taramadan yararlanılabilir.

Dilimleme aşamasında STL dosya uzantısıyla kaydedilen 3 boyutlu modelin, tercih edilen dilimleme algoritmasıyla belli kalınlıklarda enine 2 boyutta kesitlere ayrılması ve ayrılan bu kesitlerin özellikle otomasyon proseslerinde ortak olarak kullanılan G-Kodlara dönüştürülme sürecidir (Aydın, Küçük ve Kenar, 2015: 153-157). G-kodlar üretilmesi planlanan ürüne dair birçok bilgiyi barındırmaktadır: her katmanın kaç mm kalınlığında olacağı, yazıcı başlıklarının veya lazerin hangi koordinatlarda hareket edeceğini, ne kadarlık bir malzeme yığılacağını kısacası ürünün üretilmesi için gereken bilgileri içermektedir.

Dilimleme adımından sonra, yazdırma adımında artık süreç baskıya hazırlanarak, amaçlara ve tercih edilen malzemelere göre ürün elde edilmektedir. 3 boyutlu yazıcılar üretim bilgilerini taşıyan G-kodları okumakta ve 2 boyutlu her bir katmanı birbiri ardına sıralayarak, gerçek nesnenin somut şekilde katı modelini oluşturmaktadır (Aydın, Küçük ve Kenar, 2015: 153-157).

Tamamlama adımında, 3 boyutlu basım işleminin bitiminde oluşan katman çizgileri ısıtılı işlemler, gaz ve çözelti gibi yöntemlerin kullanılmasıyla ortadan kaldırılmakta, bu sayede malzeme yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesi sağlanmaktadır (Aydın ve Küçük, 2016: 1-8). Malzeme karakteristiğini belirleyen malzeme pürüzlülüğü, istenen tolerans sınırları içinde kalmak zorundadır.

Tablo 5
3 Boyutlu Yazdırma Teknolojisi Adımları



3b yazıcı teknolojilerinde ürün üretme süreci her bir üretim yöntemi için benzer olsa da; kullanılan üretim teknikleri, malzemeler, destek ihtiyacı vb. alanlarda farklılaşmaktadır. Bu durum aynı zamanda birçok farklı alanda geliştirilen makinelerin varlığına sebep olmaktadır. Bazı eklemeli imalat yöntemleri, nesnelerin üretimi sırasında birden fazla farklı malzeme kullanmaya imkan sağlarken, bazıları aynı üretim anında birden farklı renk kombinasyonlarında ürün ortaya koyabilir, bazıları ise yapım sırasında sarkan yapıları desteklemek için desteğe ihtiyaç duyabilmektedir (Aydın ve Küçük, 2014). 3 boyutlu yazıcılar zamanla kendilerine yeni özellikler yükleyerek gelişme göstermiş ve göstermeye de devam etmektedir. 3 boyutlu yazıcılarla nesnelerin üretimi tamamlandıktan sonra bazı ürünlerin boyanma veya cilalanma ihtiyacı olması ilave işlemler gerektirir. Bu ihtiyaçlar renk kombinasyonlarına izin veren yazıcıların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Karmaşık malzemelerden oluşan ürünlerin üretilme isteği de, farklı malzemeler kullanımına izin veren makinelerin ortaya çıkmasına sebep olması

muhtemeldir. Görünen şu ki: müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin çeşitlenmesi, yazıcıların gelişimini de hızlandırmıştır.

Üretime geçilmeden önce gerekli olan ürüne ait modelin 3 boyutlu olarak oluşturulması gerekliliğinden dolayı işletmelerde 3 boyutlu tasarım yapma becerisine sahip olan çalışanlar olmalıdır. Ayrıca, bu teknolojinin kullanımını ve yaşanabilecek sıkıntıları zaman kaybetmeden çözüme kavuşturabilecek işgücü de gereklidir. Son zamanlarda bu teknolojiyle ilgilenen işletmelerin sayısının artıyor olması, işletmelerde bu teknolojinin sorunsuzca kullanımına yardımcı olacaktır. Bu platformlar insanlara ücretli ya da ücretsiz olarak milyonlarca Shapeways, Thingiverse ve Threeding gibi 3 boyutlu yazdırılabilir model sunmaktadır (Aydın ve Küçük, 2014).

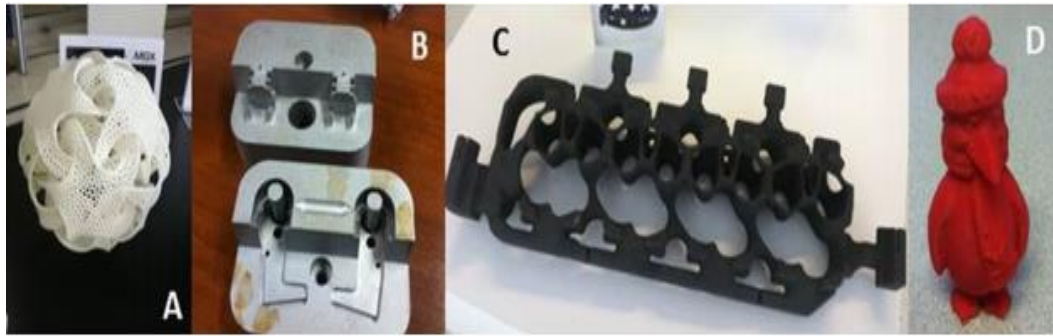


Şekil 10:3B Yazıcılar ile Üretilmek Üzere Tasarlanan Model Örneği

“Hızlı prototip teknolojilerinin esas malzemelerin sıvı, toz veya katı halde, lazer ve diğer yöntemlerle foton veya ısı uygulayarak bilgisayar kumandası ile (kalıp, aparat olmadan) şekillendirilmesi şeklinde açıklanabilir” (Delikanli, Sofu, ve Bekci, 2005: 33-39). Katmanlı üretimde anlatılan tüm işleyiş, bütün hızlı prototip teknolojileri ile aynıdır. 3 boyutlu tasarımdan parça üretilene kadar geçen süreçler birbirine benzemekte, yalnız tercih edilen üretim yöntemleri açısından farklılık gösterebilir.

3b yazıcılar birçok yeniliği getirse de, üretimde kullanılması birçok sıkıntıya da neden olabilir. Eklemeli (katmanlı) üretimde kullanılan ısı işleminin, ürünün genel yapısını tamamen homojenize edememesinden dolayı ürün tasarımında bir takım sıkıntılar yaşanabilir. Çoğu zaman yazıcıların kısıtlı malzeme kullanımına imkan vermesi ve bazı durumlarda yazıcılardaki parçaların yerine tam oturmaması gibi sebepler, ürünlerin istenen kalitede üretilmesine engel olabilir. Gerilim noktalarından kaynaklı, parçanın iç

bölgesinde oluşan çatlama veya kırılma durumu; spesifikasyonları daha karmaşık yapması sebebiyle istenen yüzey kalitesinde üretim yapılmasını engelleyebilir (Conner vd., 2014: 64-76). “Eklemeli üretimde özellikle alt plaka ve destek noktalarında deformasyon riskleri görülebilir. Buna gerilim giderme ısı işlemi çözüm olur ve bu doğal olarak maliyeti arttırır ve üretim zamanını uzatır” (Conner vd., 2014: 64-76). İşletmeler yaşanması öngörülen engelleri hesaba katarak, beklentilerini bu kısıtlara göre belirlemesi gereklidir. Bu durumda, işletme yöneticileri eklemeli üretimi kendi amaçları doğrultusunda kullanmak için uygunluğunu belirlerken birçok faktörü göz önünde bulundurmalıdır. Bu noktada, “malzeme ekstrüzyonu, toz yatağı füzyonu, bağlayıcı jetleme, malzeme jeti, vat foto polimerizasyonu, yönlendirilmiş enerji biriktirme ve levha laminasyonu içeren katmanlı üretimin parçaları olan farklı farklı teknolojiler mevcuttur” (Conner vd., 2014: 64-76). Her farklı üretim tekniği işletmenin değişen beklentilerine göre, farklı özelliklerde üretim sağlayabilecekleri imkan yaratmaktadır. Değişen eklemeli imalat teknolojileri hacim oluşturma kapasitesi, ürün işleme hızı, parça kalitesi (mekanik performans vb.), farklı geometrik yapılar, yüzey pürüzsüzlüğü veya gerekli malzeme miktarını içeren sınıflandırmalara göre farklı işlem yeteneklerine sahiptirler (Conner vd., 2014: 64-76).



Şekil 11: Katmanlı İmalat İle Üretilmiş Ürün Örnekleri

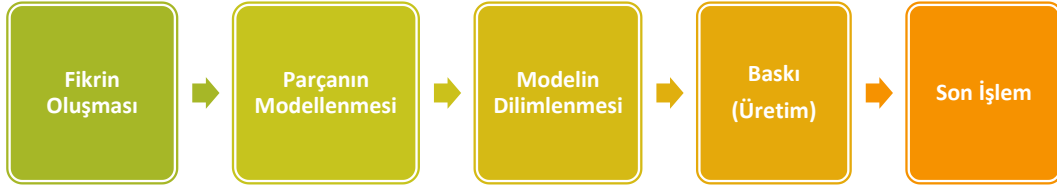
(A) naylondan yazdırılmış karmaşık dekoratif bir parça- lazer tabanlı toz yatağı füzyonu kullanılarak üretilmiş bir malzeme, (B) Enjeksiyon kalıplama- Lazer tabanlı toz yatağı füzyonunu kullanarak paslanmaz çelikten basılmış kalıplar (C) 3b baskılı otomotiv silindir kafası su ceketli kum çekirdeği basılmış cilt jeti, (D) Bir Youngstown State University penguen maskotu, bir masaüstü malzemesi ekstrüzyon yazıcısı kullanılarak basılmıştır.

3.3. Üç Boyutlu Yazıcı İle Üretim Süreci

(* Bu bölümde yer alan başlıklar ve metnin içeriğinde yer alan bazı cümleler, 15. Uluslararası Türk Dünyası Sosyal Bilimler Kongresi'nde (11-12 Eylül 2017, Moldova) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.)

Bir ürünün 3 boyutlu yazıcılarla üretim süreci 5 temel aşamadan oluşmaktadır. Ürünün üretim fikrinin oluşmasıyla başlayan süreç, gerekli durumlarda ihtiyaç duyulan son işlem aşamasıyla tamamlanmaktadır.

Tablo 6
3B Yazıcı ile Üretim Süreci



3.3.1. Ortaya Atılan Fikir

Üretimi planlanan bir nesnenin ilk adımı o ürün için fikrin oluşmasıdır. Üretilecek ürünün neye hizmet edeceği, hangi amaç için üretileceği, nerede kullanılacağı, hangi malzemelerden üretileceği ve nasıl bir tasarıma sahip olacağı genelde, sürecin bu aşamasında karar verilmiş olur. Ortaya atılan bir fikir, faaliyete dökülecek bir işin zaruri bir adımıdır. Üreticiler, daha önce üretilmemiş bir ürünü üretme fikrine sahip olabilir veya üretilmiş bir ürünün aynısını da üretmek isteyebilir. Tercih ne olursa olsun üretimin ilk adımı ürün ve üretim ile ilgili karar verilecek bir fikirden oluşmaktadır.

3.3.2. Model

Modelleme adımı, ortaya atılan fikrin bilgisayar datası haline dönüştürülmesidir. Üretilmesi planlanan yeni bir ürünün AutoCad, Inventor gibi tasarım programlarının aracılığıyla bilgisayar ortamında tasarımı yapılır. Üretilmesi istenen ürün daha önce üretilmişse, 3 boyutlu tarayıcılar yardımıyla taranarak model bilgisayar ortamına aktarılabilir veya mevcutta var olan tasarımlar kullanılabilir. 3 boyutlu çizim yapılan

tasarım programlarının desteğiyle hazırlanan modellerin üretimde kullanılabilmesi için bir takım özelliklere sahip olması gerekir. Farklı programlardan destek alınsa bile, modeller STL formatında olmalıdır. Bir başka önemli özelliklerden biri üretilmesi istenen nesne için modelin et kalınlığının 0.5 mm'in altına düşmemesidir. Et kalınlığının bu değerinde altına düşmesi, üretimi zor bir hale getirebilir. Çizilen modelde, eğer birden fazla parça bulunuyorsa, bu parçaların birbirinden ayrı olması ya da birbiriyle kesişen köşelere sahip olması gereklidir. Bu durumların sağlanamıyor olması üretimi çok zor bile getirebilir. Bir başka önemli özellik modelde açık yüzeyin olmaması gerektiğidir. Eğer açık yüzey varsa üretim asla gerçekleşmez. Bu zorunlu bir kuraldır.

Tablo 7
3B Baskı İşlemi Modelleme Süreci



3.3.3. Dilimleme

Sürecin 3. Aşaması olan dilimleme bilgisayarda dataya dönüştürülen bilginin, G koduna çevrilmesidir. Dilimleme adımı ürünlerin modellemesi yapıldıktan sonra oluşturulan 3 boyutlu resimlere sadık kalınarak aynısının üretilmesi için önemlidir. Dilimleme işleminde bilgiler 3 boyutlu yazıcıların işleyebileceği bir dile çevrilmelidir. Birçok parametre bu aşamada belirlenir. Bunlardan bazıları aşağıda yer almaktadır:

- Hız ve sıcaklık: Üretilen ürün için nozzle'ın ne kadarlık bir sıcaklığa ve ne derece hızlı harekete dayanabileceğini belirleyen parametredir. Parçaların farklı özellikte ve farklı malzeme olmasından dolayı bu parametre değişiklik gösterir.
- Dolgu Miktarı: Dış tabakanın içini dolduracak, hacmi kaplayacak olan kısım dolgu diye nitelendirilir. Eğer istenen nesnenin sağlam ve dayanıklı olması bekleniyorsa, içi ne kadar doldurulursa o kadar doğru olacaktır. Fakat %15 oranındaki bir doluluk da üretilen ürüne göre yeterli olabilir. Bu oranın doğru belirlenmesi önemlidir.

- Katman Kalınlığı: Parçanın z yönündeki duyarlılığını belirleyen parametredir. İstenen ürünün üretilmesi için katman kalınlığının 0.5 mm'in aşağısına düşülmemesi önemlidir.
- Dolgu Deseni: İç hacmi dolduran dolgunun, katmanlardaki geometrisinin gösterildiği parametredir.

Tablo 8
3B Baskı Dilimleme



3.3.4. Baskı ve Üretim

Dijital ortamda var olan ürünün, fiziksel nesnelere haline geldiği aşama baskı aşamasıdır. Gerekli makine ayarlarının yapılmasından sonra bilgisayar ortamında oluşturulan model, yazıcılara aktarılır ve üretim başlar. Üretilmesi planlanan nesnelere ürün büyüklüğüne, ürün hacmine, geometrisine, üretim miktarına ve kullanılacak malzeme türüne göre üretim süresi de farklılık gösterir. Bu unsurlar üretimi büyük ölçüde etkilemektedir. Et kalınlığının ve katman kalınlığının istenmeyen değerlerin altına düşmesi durumunda üretimin gerçekleşmesinin çok zor olması gibi üretimi zorlayacak durumlar önceden belirlenmelidir.

Tablo 9
3B Baskı Yazdırma Süreci



3.3.5. Son İşlem

Ürünler fiziksel olarak ortaya çıktıktan sonra bazen ürün için son dokunuşların yapılması istenebilir. Bu dokunuşlar çoğu zaman üretilen ürünün boyanması, cilalanması veya zımparalanması gibi işlemlerdir.

Tablo 10
3B Baskı İşleminin Tamamlanması Süreci



3.4. Üç Boyutlu Nesne Yazdırma Kavramı

3 boyutlu yazdırma teknolojisi, yaklaşık 30 yıllık bir geçmişi olan imalat yöntemidir (Ponsford ve Glass, 2014). Bu yeni üretim yönteminin üretim anlayışını değiştirip yeni bir sanayileşme sürecini başlatıp başlatmayacağı üzerine hala tartışmalar yapılmaktadır. “3 boyutlu yazıcıların sanayi devrimi olma” konusunu ortaya atan yazar Gershenfeld (2008)’ı destekleyen farklı araştırmacılar olmuştur: Berman (2012) ve The Economist Dergisi (21-27 Nisan, 2012) yazarları bunlardan bir kaçıdır (Karaarslan, 2015: 193-211). Bu modern teknoloji diğer yeni sanayileşme dönemlerinde olduğu gibi devrim kabul edilecekse, var olan geleneksel üretim yöntemlerini etkileyecek ve yeni iş alanlarının da doğmasına sebep olacaktır.



Şekil 12: Üretim Teknolojileri Döngüsü

Ariadi ve arkadaşları “3 boyutlu yazdırma teknolojileri ile birlikte en eski üretim biçimi olan zanaata bir dönüş yaşanabileceğini bunun tarihsel olandan farklı iletişim biçimleri ile gerçekleşeceğini belirtmektedir” (Ariadi, Campbell, Evans, ve Graham, 2012). Geçmişten günümüze zanaatın bölümlendirilmiş üretime ardından büyük hacimlerde üretim sağlayan kitlesel üretime dönüş yaşadığı görülmüştür. Yaşanan bu dönüşüm yeterli gelmemiş olacak ki günümüzde kitlesel üretim yerini kitlesel bireyselleştirmeye bırakmaya başlamıştır. Teknolojinin ve iletişimin artmasıyla günümüz dünyasında, kitle üretimin işletmelere göre özelleştirilmesi konusu gündeme gelmiş ve bu durumda 3 boyutlu yazıcılara olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır (Karaarslan, 2015: 193-211).

3 boyutlu baskılama teknolojisi planlanan ürünün 3 boyutlu tarayıcılarla veya 3 boyutlu tasarım programlarıyla (CAD Tabanlı) bilgilerin bilgisayar ortamında data'lara dönüştürülmesi süreciyle başlar. Bazı bilim insanları CAD (bilgisayar destekli tasarım) ifadesi yerine elektronik üretim ifadesini de terci etmektedir. Bu durum sağlanırken süreçte herhangi bir kalıba ve çoğu zaman bir modele ihtiyaç duyulmadan, bilgisayar ortamında o modele sahip olunur. Bir 3 boyutlu yazıcı, hammaddenin nereye konulacağını söyleyen iyi tasarlanmış bir elektronik plan veya tasarım dosyasını beslediğinde ancak hayat bulur. 3 boyutlu yazıcılar ürünlerin tasarım süreçlerini ve üretim işlemleri arasındaki ilişkiyi yakından kurmaktadır. Bu süreçten sonra 3b basım, yüklenen data'lara yazıcılara aktarılıp katman katman işlenerek 3 boyutlu fiziksel parçanın elde edilmesi işlemidir. 3 boyutlu baskıda kullanılacak üretim yöntemleri değişiklik göstermektedir (Bu farklılık Bölüm 3.7.2'de detaylı olarak anlatılacaktır). 3b yazıcılarla üretim, lazer veya projeksiyonlarla gerçekleştirebildiği gibi malzemelerin eritilip baskı alanlarına aktarılmasıyla da gerçekleştirilebilir. Lazer ve projeksiyon gibi ışın/ışık teknolojilerinin yerine kullanılan malzeme eritme ile üretim için, bir başlık ve bu malzemeyi dökecek bir tablaya ihtiyaç vardır. Bu başlığın 3 boyutlu olarak hareket etmesiyle, ürünü katmanlar halinde oluşturulur. Tablanın hareket edildiği yönde, üretilmesi istenen ürene göre değişiklik gösterebilir.

Prototipin hızlı ve daha kısa zaman dilimlerinde jenerik teknoloji ile elde edilmesi olarak tanımlanan hızlı prototipleme (*Rapid Prototype /RP*), bilim dünyasında genellikle 3 boyutlu baskı olarak kullanılmaktadır (Gross, Erkal, Lockwood, Chen, ve Spence, 2014: 3240-3253). Hızlı prototiplemenin temeli malzeme katmanlarına ekleyerek 3 boyutlu fiziksel bir modelin inşa edilmesi için 3 boyutlu bilgisayar modellerini kullanmaktır

(Peltola, Melchels, Grijpma, ve Kellomäki, 2008: 268- 280). Görüldüğü gibi bilgisayarlar 3b yazdırma prosesinde önemli bir role sahiptir. Bir bilgisayarın talimatları olmadan, yazıcının komut alması ve işlem yapması olanaksızdır. Yani bir bilgisayarın var olmayışı, yazıcıların çalışmasını yok eder.

Prototipleme üretilmesi planlanan ürünün son halini fiziksel olarak almadan önce, ürün modelinin oluşturulması işlemidir. Bu işlem gerçekleştirildikten sonra fiziksel olarak ortaya çıkan nesneye esas ürünün prototipi denilmektedir. Özellikle işletmeler, sayıca fazla olarak basılması planlanan ürünün üretime geçilmeden önce ürünün prototipini oluşturarak, gerekli kontrollerin yapılmasına imkan sağlamaktadır. Ürün prototiplerinin basılmasıyla, büyük üretim hacimlerinde gereksiz ürünlerin üretilip zarara uğrama riski azaltılabilir ve üretim maliyetlerinde düşüş etkisi sağlanabilir. “Bugüne kadar mühendislik prototipleri oluşturmak için mühendislikte 3b baskı esasen kullanılmıştır. Bununla birlikte, basım materyalindeki son gelişmeler artık 3B yazıcıların geleneksel olarak üretilen ürünlerle karşılaştırılabilen nesnelere yapmasına olanak sağladı” (Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014: 159-161). Prototipleme işlemi, üretime geçilmeden önce ürün ile ilgili denemelerin yapıldığı bir aşama olarak da kabul edilebilir.

3 boyutlu yazıcıların da içinde yer aldığı hızlı prototipleme sistemlerinin hızlı ürün geliştirme için etkili bir araç olduğu söylenebilir. Hızlı ürün geliştirme, yeni ürün geliştiren üretim odaklı işletmeler için oldukça önemli bir silahtır (Gebhart, 2000). Piyasaya sürülecek ürünlerin kararı verildikten sonra tasarım sürelerinin ve ilk örneğin (prototip) üretimi için hızlı olma gerekliliği ve zaman kaybedilmeden bunun gerçekleşmesi işletmelere önemli bir rekabet üstünlüğü sağlayabilir. 3b yazdırma teknolojisi kullanıcılara, küçük veya orta çaplı girişimler yapabilmeye, yeni fikirleri deneyebilme, mevcutta var olan modeller üzerinde yapılacak değişikliklerle istenen ürünleri üretebilme imkanı da sağlayabilir. Bazı büyük şirketler bu teknolojiye sıcak bakarak, uzun vadede büyük karlılık yaratacağı düşüncesiyle bünyelerine katmaktadır. NASA 3b yazıcılarla roketlerinden birine yakıt enjektörü üretmiş, sonuç olarak geleneksel üretim yöntemlerine göre maliyetin üçte birinden ve zamanın üçte ikisinden daha az bir durumda üretimi gerçekleştirmiştir (Schubert vd., 2014: 159-161).

3b yazdırma teknolojisinin en önemli avantajlarından biri, kişiye özel ürünlerin uygun fiyatlarda üretilmesine imkan sağlamasıdır. Örneğin bu üretim şekli ile 3b baskılı hasta dokusunda yeni potansiyel terapötik ilaçları hızla taramaya imkan sağlanıp, üretim

maliyetlerini ve zamanı büyük ölçüde azaltabildiği söylenebilir (Schubert vd., 2014: 159-161). Geçtiğimiz son yıllarda, 3 boyutlu yazıcı teknolojisi hızlı prototipleme prosedürleri içinde baskı maliyetleri ve baskı oranlarını hesaba katarak önemli gelişmeler kat etti. Baskı maliyetlerinin yüksek oluşu ve birim zamana verilen baskı sayısından dolayı bu alanda çalışmalar olmasını zorunlu hale getirildi (Wohlers ve Caffrey, 2015). Bir başka alanda yapılan çalışmalar: ürünlerde yüksek standartlaşma sağlanması noktasında olmuştur. 3 boyutlu elde edilecek ürünlerin, 3 boyutlu bilgisayar modeliyle birebir aynı olma ihtiyacından dolayı üretilen parçaların kesinlikle anatomik yapısına bağlı kalınarak üretilmesini, yüksek güvenilirlik ve gerçeklikte(tasarlanan ürünün üretilmesi) modellerin yazdırılması zorunlu olmuştur (Gebhart, 2000). Baskı prosesinde üç farklı pozisyon içindeki parçaların z yüksekliğine bakılarak, değişen hızlarda prototipleme sistemlerinin karşılaştırılması için farklı ölçüler geliştirildi (Dimitrov, Schreve, ve de Beer, 2006: 136-147). 0.1 mm altındaki gerçeklik gerektiren parçaların üretimi için 3 boyutlu yazıcıların uygunluğu incelendi ve temelde yazıcıların çeşitlerine bağlı olarak kalibrasyonlarına dikkat edilen çalışmalar yürütüldü (Stopp, Wolff, Irlinger, ve Lueth, 2008: 167-172). Ayrıca son birkaç yılda üç boyutlu yazıcıların işlem parametrelerinin doğruluğunu sağlamak için özel bir jig kullanılarak incelemeler yapıldı (Wohlers ve Caffrey, 2015) ve elde edilen başarılı çalışmalarla yeni yazıcılar bu doğrultuda geliştirilmeye başlandı.

Literatürde 3 boyutlu yazıcıların gerçekliğinin bir takım çeşitli faktörlerden etkilendiğini gösteren araştırmalar ve çalışmalar yapılmıştır. Üretilmesi düşünülen parçaların belirli toleranslar dahilinde üretilmesi gerekmektedir. İmalatta, sayısızca farklı parçalar üretilmekte ve her parçanın ait olduğu belki de tamamlaması gereken farklı makineler bulunmaktadır. Üretilen parçaların geleneksel imalat yöntemleri içerisinde de 3 boyutlu çizimleri yapıp parçaların konumları saptandıktan sonra; belirli toleranslar oluşturulur ve bu toleranslara bağlı kalınarak üretim gerçekleştirilir. Bu durum 3 boyutlu yazıcılarda için de değişmemekle birlikte, parçanın gerçekliğinin olması bir şarttır; bu sebeple bu konuda birçok araştırma literatürde yerini almıştır. Geleneksel yöntemlerde parçaların istenen tolerans sınırlarında kalması için çalışanların hassas ölçümlerde hassas işlemler yapması gerekebilir. 3 boyutlu yazıcılarda ise, insan müdahalesiyle ölçüm kontrolü yerine verilen talimatlarla izin verilen ölçülerde bu durum sağlanabilir.

3 boyutlu yazıcılarda gerçekliğe ulaşmak için bir takım faktörler belirlenmiştir (Dimitrov, Schreve ve de Beer, 2006:136-147). Bunlar;

- Kullanılan malzeme,
- Nominal boyutlar,
- 3 boyutlu yazıcıdaki iş parçası yönlendirmesi,
- Geometrik özelliklerle ve onların topolojisi, (örneğin; açık veya kapalı hatlar)
- Duvar kalınlığı,
- Üretim sonrası prosedürler,
- Bağlayıcı malzemelerdir.

3 boyutlu yazıcı teknolojisini kullanmak isteyenler tarafından önemli problemlerden biri yüksek yatırımlar gerektirmesi olarak gösterilmektedir. Bu gerekçeden dolayı devlet ve KOBİ gibi kuruluşlar, potansiyel kullanıcılara üretimin bazı alanlarında destek verebilir. Örneğin, istenen ürünlerin tasarımını sağlayabilecek işgücü, programlar veya gerekli yazılımsal konularda müşterilerin istediklerine göre gelişmeler sağlanabilir. Kullanılan malzeme sayısının artması, yeni yöntemlerin deniyor olması veya daha büyük boyutlarda üretime imkan vermesi gibi diğer yapılacak gelişmeler yeni teknolojileri takip eden birçok işletme tarafından tercih edilmeyi arttırabilir. Geleneksel yazıcıların aksine 3 boyutlu baskının, ürünlerin kitlesele olarak özelleştirilmesini sağlayarak büyük bir potansiyele sahip olduğu gerçeği vardır (Schubert vd., 2014: 159-161). Mevcut kullanılacak malzemelerin seçimindeki artışın yaşanması ve üretilecek parçalar için birçok farklı bitirme süreçlerinin olması, 3 boyutlu yazıcılar için uygulama alanlarının çeşitliliğini arttırdı (Dimitrov, Schreve, ve de Beer, 2006: 136-147). Bu iyileştirmelerin her biri, bu teknolojinin gelişmekte olduğunu ve işletmelerin tercih etmeleri için birçok yeniliği de mümkün kıldığını gösterdi.

Malzeme bilimi daha fazla basılabilir malzeme ortaya koydukça, malzeme yelpazesini genişlettikçe bununla beraber üretici ve ürün yelpazesi de büyüyecek (Petrovic vd., 2009: 25). (Başlarda sadece plastik kullanımıyla gerçekleşen üretim ağı, zamanla yeni malzemelerin kullanımına da olanak sağlamaktadır. Her ne kadar malzeme çeşidi artarsa, ürün çeşidi de aynı orantıda artacaktır.

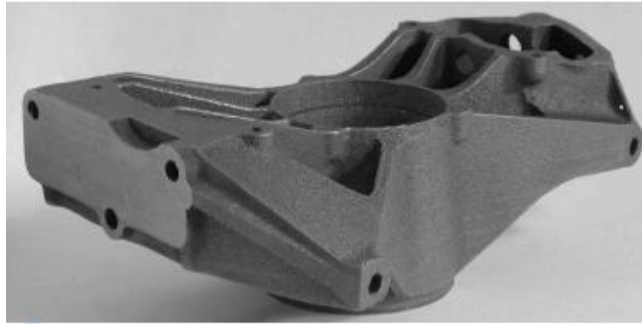
3.5. Üç Boyutlu Yazıcıların Sağlayacağı Düşünülen Avantajlar

3b Yazıcı Teknolojileri günümüzde otomotiv, savunma sanayi, dayanıklı tüketim, makine, ambalaj, medikal, elektronik, mimari ve kısaca ürün geliştirme ya da hızlı parça ihtiyacı duyulan her alanda kullanılmaktadır (Durgun ve Başaran, 2010). Farklı

sektörlerde veya farklı üretim yapılarına sahip işletmeler farklı amaçlarda katmanlı üretimi tercih edebilir. Geniş bir hizmet ağı olan bu teknolojinin farklı sektörlerde kullanılabilir olması da işlevsel anlamda gelişebildiğini göstermekte bu sayede üretimde geleneksel sınırlar belirsiz hale gelmektedir. Bugün havacılık sektörü için yapılan çalışmalar ertesi gün yerini otomotiv için yapılan çalışmalara bırakabilecektir. Katmanlı üretim yapan yazıcılar, belirli standart bir ürünü üretmek için kurulu olmayıp, farklı sektörlerde hizmet veren birçok ürünü üretebilme gücüne sahip olacaktır (Chua, Leong, ve Lim, 2003).

3b yazıcı teknolojilerinin sistem kabiliyetlerinin gelişmesi, doğrudan yedek parça üretimine, metal kalıp üretimine, kişiye özel ve esnek parça üretimlerine, jigler ve fikstürler gibi üretim aletlerinin üretimine imkan verecektir (Durgun ve Başaran, 2010). Durgun ve Başaran'ın 2010 yılında öngördüğü bu düşünce günümüz teknolojisinde mümkün hale gelmiştir. Mevcutta birçok işletmenin süreçlerine destek vermek amacıyla bu teknolojiyi kullanabildiği görülmektedir. Katkı imalatının havacılık ve savunma bileşenleri üretiminde devrim yapma potansiyeline sahip olduğu da bilinmelidir. (Lyons, 2012: 13-19).

Resimde, karmaşık bir yarış arabası parçasının imal edilmiş hali bulunmaktadır. Boyutlarının 280 mm x 180 mm x 120 mm olduğu, sadece 28 saat içinde EBM ile tasarlanmış ve üretilen bir parça aşağıda yer almıştır (Lindhe vd., 2007).



Şekil 13:Katkılı İmalatla Üretilmiş Pirinç Bir Yarış Arabası Parçası

Üretilmesi planlanan ürün prototiplerinin 3b yazıcılarda kolay üretiliyor olması ve doğru ürün tasarımına hızlı karar verme fırsatı yaratması, işletmelere büyük zaman kazandırmaktadır. Bu durum, işletmelerin geliştirdikleri ürünleri pazara daha hızla sunmasına sebep olarak, çoğu için pazarda öncü konumda bulunarak büyük pay elde etmelerini sağlayabilir.

3b yazıcılar ile bir ürünün tasarımı ve inşasında tam esneklik ile ürün özelleştirme sağlanabilir. Alışılmışın aksine eklemeli imalat talep edilen her hangi kompleks yapıdaki bir parçayı, geometrik üretim kısıtlamalarından özgür olarak üretebilir (Petrovic vd., 2009: 25). Üretilmesi istenen parçalar bilgisayar ortamında 3 boyutlu şekilde tasarlanıp, ilgili kodlar oluşturulduktan sonra geleneksel üretim yöntemlerine nazaran 3b yazıcılar, daha karmaşık parçaların üretilmesine imkan sağlayarak büyük bir avantaj yaratabilir.

Bu üretim teknolojisinin önemli avantajlarından biri hiçbir takım veya kalıp gerektirmemesidir. Üretimde herhangi karmaşık hazırlık işlemlerine sahip olmaması da ayrıca önemli bir noktadır. Farklı çeşitteki parçaların üretimine geçiş yapılma noktasında, uzun süren hazırlık sürelerine gerek duyulmayıp küçük işlemlerle üretime zaman kaybetmeden başlanabilir. Çünkü üretilecek parçalar doğrudan 3 boyutlu CAD modelinden elde edilir.

3 boyutlu yazıcılar, son dönemde akıllı üretim teknolojileri gibi yenilikçi üretim anlayışında bir takım parametrelerle avantaj sağlamaktadır. Çeşitlilik gösteren yazıcılarda ürün büyüklüğü değişebilen hem bir otomobilin hem de büyük makineler içinde kullanılacak ufak parçaların üretimi sağlanabilir. 3 boyutlu yazıcılar, özellikle Sanayi 4.0 kapsamında, bu sanayileşme sürecine büyük bir yön vermekte ve gün geçtikçe üretim süresi, maliyet gibi parametreler üzerinde gelişmeler sürdürmektedir. Görünen o ki, 3 boyutlu yazıcılar somut olarak yeni bir sanayi devrimi olarak görülebilir.

Diğer önemli avantajlardan biri üretimdeki insan hatalarının neredeyse tamamen ortadan kaldırmasıdır (Petrovic vd., 2009: 25). Herhangi bir makine parçası değişikliği olmaması ve karmaşık hazırlık süreçlerine sahip olmaması insan müdahalesini çok azalttığı için işgücünden kaynaklı problemleri de neredeyse tamamen yok etmektedir. Çünkü geleneksel üretim teknikleriyle veya mevcut üretim tekniklerinde insanın var olduğu her türlü çalışma yerinde, hata kaçınılmazdır. Bu durum üretim sürelerinin uzamasına, aynı ürünün tekrar üretilmesine, yeniden bir yapılanmaya gidilmesine ve daha karmaşık parçaların üretilmesi için boşa gidecek zamanın artabilmesi demektir. 3boyutlu yazıcı teknolojiyle insan gücünden kaynaklı hataların büyük önemde azalacağı düşünülmektedir.

3b yazıcılarla üretimde maksimum malzeme tasarrufu gerçekleşebilir. Malzeme ekleme, birleştirme ve herhangi bir malzeme çıkarılma işlemlerinin olmayışından dolayı gereksiz malzeme kayıpları önlenir. Örneğin metal sektöründe yapılan vaka analizlerinde

katmanlı imalatın bilindik üretim yöntemlerine göre %40 oranında hammadde atığını azalttığı görülmüştür (Reeves, 2008). 3b yazıcılar içine gereken miktar kadar hammaddenin konulması, malzeme kullanım optimizasyonunu sağlama yönünde büyük bir katkı sağlayacaktır. Böylelikle üretilmesi istenen ürün için gerekli malzeme optimizasyonu yapma prosedürleri de daha kolay şekilde sağlanabilir.

3b yazıcılar ile fonksiyonel ürünlerin, farklılaşmış veya müşteri odaklı ürünlerin üretilmesi sağlanabilir. Örneğin talep edilen malzemenin imkan verdiği ölçüde, istenen tasarımlarda ve istenen teknik özelliklerde müşteri beklentilerine uygun ürünler üretilebilecektir. İşletmeler üretim ağları için yeni parçalar denemek istediğinde kolaylıkla mühendislik uygulamaları çalıştırarak yeni gelişmelere de olanak sağlayacaktır (Peltola, Melchels, Grijpma, ve Kellomäki, 2008: 268- 280). Ürünlerin müşteri odaklı üretilebilecek olması, müşterilerin tatmin düzeyini arttırarak bu teknolojiye olan ilgilerini de arttırabilecektir. Artık günümüzde müşterilerin beklentileri çok çeşitlenmekte ve tüketiciler kendileri için özelleştirilen ürünlere ilgi göstermektedir, bu teknoloji bu tarz tüketici grubunun beklentilerini karşılamasına destek verir. Özellikle tıbbi çalışmalarda 3b yazıcıların kişisel üretime imkan vermesi sebebiyle çok tercih edildiği görülmüştür. Karmaşık ve kişiselleştirilmiş formlar olan insan vücudu veya kişiden kişiye göre değişen kemik yapısı çok karmaşık şekillerde olup fazla detaya sahiptir ve katmanlı imalat bu alanlarında doğan bir ihtiyacı karşılayabilecek potansiyeldedir (Petrovic vd., 2009: 25).

Bu teknolojinin en büyük getirilerinden biri ürün tasarım sürelerini azaltmasıdır. 3b yazıcılarda üretim aşamasına geçilmeden önce var olan modeller üzerinde yapılacak küçük değişikliklerle, ürünlerin tasarımı değiştirilebilecektir. Bu durum 3b yazıcıların modülerliği desteklediğini gösteren önemli bir vurgudur. Değişen ihtiyaç ve beklentilere göre önceden tasarlanmış ürünlerin 3 boyutlu resimleri üzerinde yapılacak küçük değişiklikler toplam tasarım süresini büyük ölçüde kısaltacaktır (Peltola, Melchels, Grijpma, ve Kellomäki, 2008: 268- 280). Bu teknolojinin yapılacak yeni değişikliklere olanak sağlaması ek maliyet gerektirmeden istenen ürünün elde edilmesine katkı sağlayacaktır (Abdelgawad ve Wheeler, 2008: 349-355).

3b yazdırma teknolojisi kullanıcılara çok farklı tasarımlarda üretim yapma fırsatı verir. İşletmeler çeşitli amaçlar doğrultusunda ürünlerini ergonomik, estetik veya ilgi uyandıran farklı tasarımlarda üretmeye ihtiyaç duyabilir. Bu sebeple, işletmeler çoğu zaman farklılaşan yeni tasarımlar üzerine çalışmaktadır. “Tasarım sürecinde modelin

ergonomisinin testi için hızlı prototipleme teknolojisinin kullanılması çok büyük bir hız ve avantaj sağlayacaktır” (Baş ve Yapıcı, 2015: 199-204).

3b baskı teknolojisi hatasız ürünlerin üretilmesini sağlayacaktır; çünkü ürünü talep eden kişi(ler) ve/veya kuruluş(lar) kendi beklentileri doğrultusunda ürün tasarımını yapıp, istenilen noktalarda değişiklikler yaparak talep ettikleri ürünü değiştirebilecektir.

3b yazıcılar beklenmedik durumlarda gereken yedek parçaların, kalıpların vb. nesnelere üretilmesine imkan sağlayabilir. İşletmelerin planlayamadığı ve ön göremediği durumlarda veya ansızın gelişen ihtiyaçlarında, 3b yazıcılar bu isteğe cevap verebilir. Çoğu zaman gerekli parçanın dışarıdan temin edilmesi için gereken süre üretimi aksatabileceği düşüncesiyle beklenilmek istenmeyebilir, işte bu noktada 3b yazıcılar ihtiyacın olduğu noktada bu sıkıntıya cevap verebilir.

3b yazıcılar ile küresel ölçekte anında üretim sağlanabilecektir. Fiziksel eserlerin dijital bir dosya ile gösterilmesi, ürünlerin hızlı global dağıtımını mümkün kılar ve böylece MP3'in müzik için yaptığı gibi çok fazla ürün dağıtımını dönüştürür. Dijital dosyada istenilen boyut, çözünürlük ve materyalleri yazdırabilen dosyanın, tasarım parametreleri dahilinde değişen ürünleri imal edebilecek herhangi bir printe gönderilebilir (Campbell vd., 2011).

Bir diğer vaad ettiği önemli avantajlardan biri stoku azaltabilme potansiyelidir. İşletmelerin 3b yazıcılar ile fazladan stoka üretim yapmak yerine gerektiği zamanda, gerektiği üretim desteğini alarak bu ihtiyaca cevap verebilme gücüne sahip olabileceği düşünülmektedir. Stoku azaltabilmesi işletmelere hem gerekli alan hem de maliyet anlamında önemli bir avantaj yaratacaktır.

3.6. Üç Boyutlu Yazıcıların Gelişim Süreci

İmalat, insanlığın en eski uğraşlarından biridir. İnsanlık var olmaya başladığında, kişiler kendi gereksinimlerini küçük çapta üretirken, sonradan belirli ürünlerde uzmanlaşmaya ihtiyaç duymuşlardır. İhtiyaçlar doğrultusunda ortaya çıkan üretim ağları, sanayi devrimleriyle beraber bugünkü üretim teknolojilerinin temellerini oluşturmuşlardır. Sanayideki bu devrimler ürünlerin daha kaliteli olmasını, fazla çeşitliliği ve yeni teknolojilere olan ihtiyacın artmasına sebep olmuştur. “Bir işe uygulanan bilgi ve bilgiye dayalı yöntem o işin daha kısa sürede yapılmasına imkan tanırıyorsa, bu durumda bir

teknolojik gelişmeden söz etmek mümkündür” (Bayraç, 2003: 48). Zamanla insan ihtiyaçlarının farklılaşması yeni teknolojilerin gelişmesini zorunlu kıldı ve yaşanan bu gelişmeler farklı çalışma alanlarının doğmasına sebep oldu. Teknolojinin ve iletişimin arttığı günümüz dünyasında işletmeler, rekabet edebilmek için bilgi tabanlı teknolojilere ve bilgiye daha fazla önem vermeye başladı. İşletmeler yapacağı yatırımları daha uzun dönemler halinde düşünerek, pazar ihtiyaçlarına göre esneklik gösterebilen, kaliteli süreçler verebilen ve daha standartlaşmaya yatkın esnek otomasyon, robot teknolojileri vb. gibi üretim yöntemlerini tercih etmeye başladılar (Bayraç, 2003: 41-62).

Ekonomik ömrü devam ettiği halde teknolojik ömrü biten ürünlerin her geçen gün artması, bilgi teknolojilerine olan ihtiyacı arttırmıştır. Bilgi teknolojilerinin yeni sanayileşme süreçleri içinde kullanılması araştırma geliştirme faaliyetlerinin artmasına, modern yenilenebilir tasarımların oluşturulmasına, ürün hazırlık sürelerinin düşürülmesine ve pazara hızlı ürün sunulmasına katkı sağlamıştır. Yeni bir ürün piyasaya sürülmeden önce zamanı doğru planlamak önemlidir. Ürünün doğru zamanda piyasaya sunulması için tasarım aşamasından, üretim başlayana kadar geçen ön hazırlık sürelerinin ve bu süreçteki faaliyetlerinin doğru belirlenmesi gereklidir. Doğru ürünü piyasaya koymanın yanında, doğru zamanı belirlemek de bir o kadar önemli husustur.

1970’li yıllarda dünya ekonomisi sıkıntılı dönemlere girmesine rağmen teknoloji ve sanayide de önemli gelişmeler yaşanmaya başlanmıştır. 3 boyutlu yazıcıların tarihsel süreçlerine bakıldığında bu teknolojinin temellerinin 1970’li yılların sonlarına dayanmakta olduğu görülmektedir

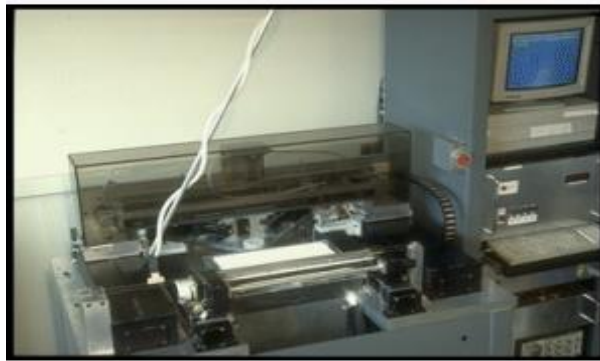
“1971 yılında, Pierre Ciraud isimli Fransız bilim adamı, ışın yardımıyla metal tozlarının birleştirilmesiyle gerçekleştirilen bir üretim yöntemine ilişkin bir patent başvurusu yaptı. Aynı yıl Wyn Kelly Swainson, SLA teknolojisine benzeyen ve üç boyutlu cisimlerin lazer ışınlarının kesiktirilmesiyle üretildiği bir yöntemi anlattığı başka bir patent başvurusunda bulundu” (Ben Soussan, 2016).

İlk 3b baskı denemeleri Dr. Kodama'ya, 1980'de hızlı bir prototipleme tekniği geliştirilmesi için verildi ve çalışmasında ışığa duyarlı reçine bir UV ışığıyla polimerize ederek SLA için bir ata yaratan ilk kişi oldu (Ben Soussan, 2016). Ne yazık ki, son başvuru tarihinden önce patent gereksinimini karşılamadı. 3 boyutlu yazıcı teknolojisine olan ilginin artmasıyla bazı çalışmalar ticarileşmese de, 1984 yılında Charles Hull

Stereolitografi teknolojisi ile 3b nesnelere üreten bir makineye ilişkin bulunduğu patent başvurusu kabul edildi ve bu teknolojinin faaliyet göstermesi arzusuyla 3b Systems Corporation işletmesini kurdu (minifab.com, 12 Haziran 2017'de erişildi). Bu işletme 3 boyutlu yazıcı teknolojisinin hayata geçirilmesi açısından önemli oldu. Aynı yıl, Hull SLS teknolojisini kullanarak, bilgisayar kontrollü lazer yardımıyla toz haldeki malzemeleri tabakalar halinde birleştirerek 3 boyutlu üretimi gerçekleştirdi ve bulunduğu imalat metoduna yönelik patent başvurusunu yaparak Joe Beaman ile birlikte Desktop Manufacturing (DTM) işletmesini kurdu (minifab.com, 12 Haziran 2017'de erişildi).

“1989 yılında Scott Crump FDM teknolojisini icat etti ve Stratasys Ltd'yi kurdu” (minifab.com, 12 Haziran 2017'de erişildi). Bu gelişmelerle birlikte artık devrim sayılabilecek bir yenilik ortaya atılarak birçok sektörde uygulama sahası olarak gelişme kaydetti ve hala üzerinde birçok çalışma hızını kaybetmeden yürütülmektedir. Üretimde denenmesiyle birlikte büyük oranda zamandan fayda sağlanacağı ve yedek parçanın kolay ulaşılabilir olması düşünülerek artık üretimde kullanılmaya başlaması muhtemeldir. 1990'lı yıllarda ana 3b yazıcıların üreticisi ve CAD araçları ortaya çıktı. Avrupa'da EOS GmbH, endüstriyel prototipleme ve 3b baskı üretim uygulamaları için ilk EOS "Stereos" sistemini kurdu (steemit.com, 12 Haziran 2017'de erişildi).

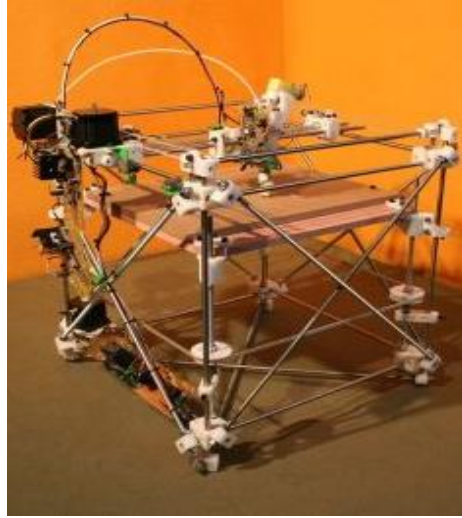
1992'de, FDM patenti profesyoneller ve bireyler için birçok 3b yazıcı geliştiren Stratasys'e verildi (steemit.com, 12 Haziran 2017'de erişildi). “1993 yılında Massachusetts Institute of Technology(MIT), 2 boyutlu yazıcılarda ki Injet teknolojisini kullanarak yeni bir teknoloji geliştirdi ve bu teknolojiye 3 Dimensional Printing (3bP) adı verildi. Bu teknoloji sayesinde renkli baskılar yapılabilirdi” (<http://priyoid.com/3b-yazici-teknolojisi/3b-yazici-tarihi>, 12 Haziran 2017'de erişildi).



Şekil 14: MIT Tarafından Geliştirilmiş Renkli Baskı Makinesi(1993)

“1995; Z Corporation şirketi, MIT’ye lisans ücretini ödeyerek 3Bp teknolojisini kullandı ve 3b yazıcı satışına başladı” (<http://priyoid.com/3b-yazici-teknolojisi/3b-yazici-tarihi>, 12 Haziran 2017’de erişildi). Aynı zamanda, 3b baskı için CAD araçları, Prototype'ın (Solidscap olarak da bilinir) yaratılmasıyla giderek daha fazla kullanıldı ve geliştirildi (tripedia3b.com, 12 Haziran 2017’de erişildi). 2000 yılında ilk 3b baskılı böbrek basımı gerçekleşti ve devamındaki yıllarda araştırmacılar organları çok hızlı bir şekilde nakletmek için üzerinde deneyler yapmaya başlamıştır (tripedia3b.com, 12 Haziran 2017’de erişildi). Bu durum 3 boyutlu yazıcıların, farklı bilim alanlarında çalışıldığının ve sağlık sektöründe bile kullanılabileceğinin en güzel örneğidir.

Önemli gelişmelerden biri RepRap Projesi ismiyle 2004 yılında yaşandı ve kendi kendini kopyalayan bir 3b yazıcı geliştirildi. FDM ile 3b yazıcılar yaygınlaşmaya ve bu alanda çalışan üreticilerin popülerliğine yol açtı ayrıca bu projede birçok parça düşük maliyetle temin edilecek şekilde tasarlandı (tripedia3b.com, 12 Haziran 2017’de erişildi).



Şekil 15: RepRap 3b Yazıcı Örneği

2005 yılında Z Corp, ilk yüksek çözünürlüklü renkli 3b yazıcıları geliştirdi; 2008 yılında 3 boyutlu baskı, başka bir tıbbi uygulama sayesinde daha da büyük bir medya varlığına ulaştı ve ilk 3 boyutlu protez bacak basıldı (tripedia3b.com, 12 Haziran 2017’de erişildi). Bu konuda çalışmalar yıllar boyunca devam etmekte ve bilim insanları tıp alanında kullanımı için maliyetin de düşürülmesi üzerine çalışmalarını sürdürmektedir. Artık, tıbbi protezler ve ortezler elde etmek daha ucuz ve son derece hızlı zamanda elde edilmektedir (tripedia3b.com, 12 Haziran 2017’de erişildi).



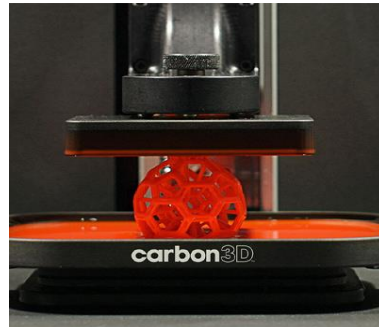
Şekil 16: 3 Boyutlu Yazıcı İle Elde Edilmiş Protez Bacak

2009 yılı, FDM patentlerinin kamusal alanlara yayılması, masaüstü 3b yazıcı fiyatlarının düşmesi ve dolayısıyla teknolojiye daha erişilebilir olması adına önemli bir yıl oldu (Ben Soussan, 2016). 2011 yılında Kor Ecologic tarafından 3 boyutlu yazıcı ile araba Urbee üretildi (tripedia3b.com, 12 Haziran 2017’de erişildi).

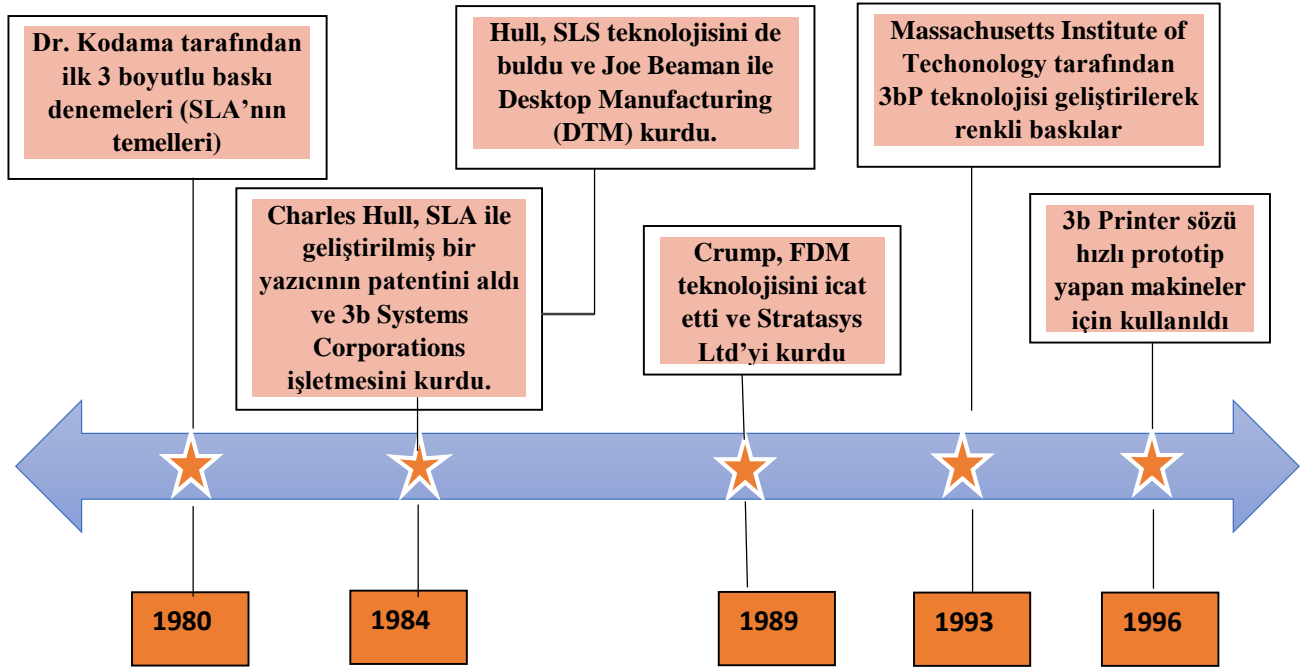


Şekil 17: 3b Yazıcı İle Üretilen Urbee Araba

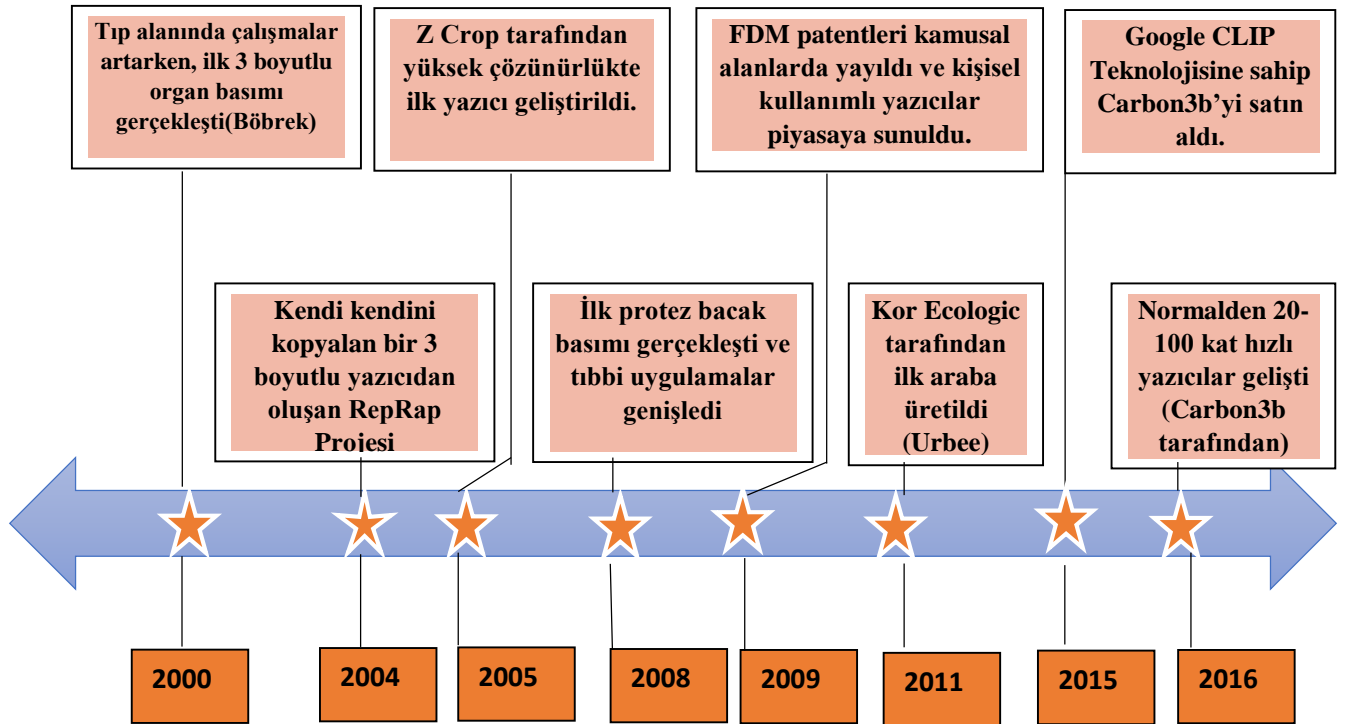
2012 yılında Holanda’da LayerWise tarafından 3 boyutlu yazıcı ile hareketli çene yapılırken; **2016** yılında CARBON3b işletmesi, *Continuous Liquid Interface Production* (CLI86P) teknolojisi ile mevcut 3b baskı teknolojisine göre 25-100 kat daha yüksek hızda üretim yapabildiklerini duyurdu (tripedia3b.com, 12 Haziran 2017’de erişildi).



Şekil 18: Yüksek Hızda Üretim Yapan Carbon3b Yazıcı



Şekil 19: 3 Boyutlu Yazıcıların 1980-2000 Yılları Arası Tarihsel Gelişimi



Şekil 20: 3 Boyutlu Yazıcıların 2000-2017 Yılları Arası Tarihsel Gelişimi

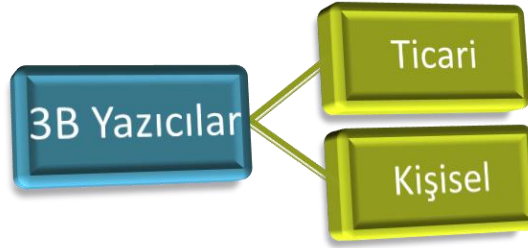
3.7. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Sınıflandırılması

3 boyutlu yazıcıları kullandıkları malzeme çeşitlerine, üretim maliyetlerine, kullanım alanlarına, teknik özelliklerine veya çeşitli durumlara göre farklı sınıf başlıkları altında incelemek mümkündür. Aynı zamanda farklı araştırmacılar da 3 boyutlu yazıcılarıyla ilgili farklı sınıflandırmalar da yapmaktadır. Bu çalışmada 3b yazıcılar, kullanım amaçları ve kullanılan üretim teknikleri olmak üzere 2 sınıfta incelenecektir.

3.7.1. Kullanım Amaçlarına Göre 3B Yazıcılar

Kullanım amaçlarına göre 3b yazıcılar, ticari (kurumsal) ve kişisel kullanılan yazıcılar olmak üzere 2 grupta toplanmaktadır.

Tablo 11
3 Boyutlu Yazıcıların Kullanım Amacına Göre Sınıflandırılması



3.6.1.1. Ticari Amaçlı Kullanılan 3B Yazıcılar

“3b baskı yöntemi artık üreticiler tarafından ciddi bir şekilde kesme, bükme, presleme ve döküm yöntemlerine alternatif olarak dikkate alınmaktadır” (Yılmaz, Arar ve Koç, 2013). Geleneksel üretim yöntemleriyle elde edilen üretim usulleri temel alınarak, son çıkan teknolojilere alternatif olarak ya da var olan üretim teknikleri geliştirilerek yeni teknolojiler ortaya çıkmaktadır. İşletmeler, üretim süreçlerinde kullanabilecekleri makinelerin veya parçaların üretilmesi için daha işlevsel veya daha kalibre olabilecek makineleri tercih etmek isteyebilirler. Daha büyük ve daha "endüstriyel" yazıcıları, farklı kullanıcı gereksinimlerine göre ayarlanma ihtiyacından dolayı zaman zaman bu teknolojiye çalışmak için uzmanlık gerekebilir. Ancak deneyimli bir operatör tarafından iyi bir şekilde bu yazıcıların kullanılabilir olması istenen sonuçları ve etkileri daha kolay öne çıkarabilmektedir (Gibson vd., 2015: 43-61). Yeni teknolojilerin, endüstriyel ortamlarda daha dikkatli kurulumu da gerekebilir. Son teknolojileri takip eden ve

kullanmak isteyen her kişi kendi amaçları doğrultusunda bu teknolojiyi kullanabilir. Kullanım amacına göre farklılaştırılan bu makinelerle, hem endüstriyel ürünler üretilebilir hem de kişisel ihtiyaçlar karşılanabilir. 3 boyutlu yazıcılar içine yerleştirilen farklı materyal destekleri de çoğu zaman buna imkan sağlayabilir.

Son yıllarda doğrudan metal katkı maddeleri imalatında önemli iyileştirmeler yapılmıştır. Mühendisler titanyumdan ve eşdeğer malzeme özelliklerine sahip çeşitli çelik alaşımlarından tamamen fonksiyonel bileşenleri üretilen işletmelerinde kullanmasıyla, eklemeli imalatın endüstriyel olarak benimsenmesine katkı sağlamışlardır (Campbell, Williams, Ivanova, ve Garrett, 2011). Eğer 3 boyutlu yazıcıların endüstride kullanımının artması mümkün olursa, çoğu işletme tarafından tam otomasyona geçilmesi de muhtemel olacaktır. Bu teknoloji küçük ölçekli işletmelerde kolaylıkla kullanılabilir düzeyde getirilirse, küçük/orta ölçekli işletmelerde otomasyona atılan adım da o denli hızlanabilir. Yeni teknolojilerin uygulanabilirliği arttıkça, dünya ekonomisi içinde de rekabet edilebilirlik artabilir ve bir takım süreçsel tasarruflarda da avantaj sağlanabilir.



Şekil 21: Ticari Amaçla Üretilmiş 3b Yazıcılara Örnek

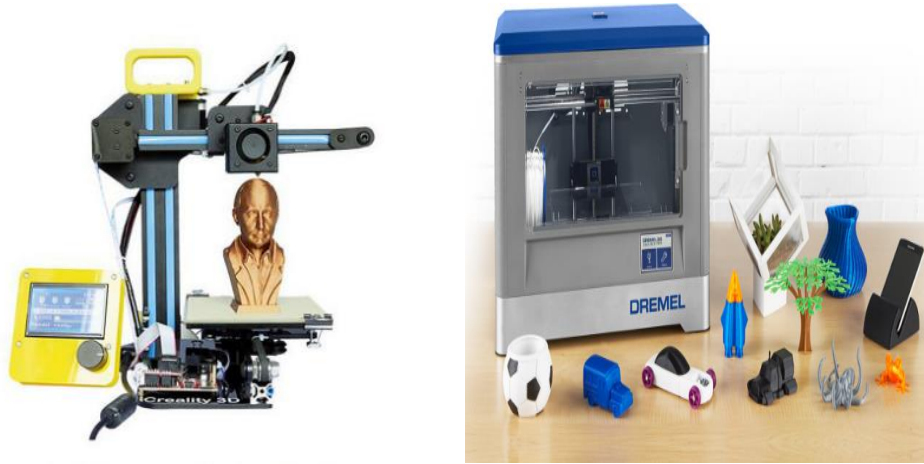
3.6.1.2. Kişisel Amaçlı Kullanılan 3B Yazıcılar

3 boyutlu yazıcılarda ürünün üretimini ve ürün tasarımının birbirinden kopamayacak kadar birbirine bağlı olduğu unutulmamalıdır. Her iki üretim süreci de ayrı uzmanlık gerektirmekte ve süreçler farklı işlemektedir. Bu sebeple 3 boyutlu yazıcıların ev ortamında bile kolay kullanımını sağlamak adına çeşitli bilgisayar programları basitleştirilerek kullanıma sunulmaktadır. Kullanıcılar hem bunlara evde online bir şekilde hem de kurdukları bilgisayar programlarıyla her yerden ulaşabilmektedir. Kişisel

kullanılan 3 boyutlu yazıcılar daha çok girişimcilere, bu alanda çalışmak isteyen öğrencilere, tasarımcılara ve mühendislere hitap etmekte ve oluşturdukları ürün tasarımlarını görme imkanı vererek üretim yapabilmelerini sağlamaktadır.

Kullanımı kolay "kişisel" 3b baskı makineleri bu görev sırasının basitliğini vurgulayarak düşük maliyetli, kullanımı kolay ve bir ev veya ofis ortamına yerleştirilebilme özelliği ile karakterizedir (Gibson, Rosen ve Stucker, 2015: 43-61). Katmanlı üretim için kullanılan 3 boyutlu yazıcıların ilk zamanlarda ücretlerinin yüksek oluşu, yatırımcılar için bir engeldi ve özellikle kişisel kullanım için fazla maliyetli olmaktaydı. Son dönemde bu konuda yapılan çalışmalarla yazıcı üreticileri, bu teknolojinin ücretlerini iyileştirerek kişisel kullanım için daha fazla imkan yarattı.

Geçici fikri mülkiyetin ve bu projelerin açık kaynak niteliği sayesinde eklemeli imalat teknolojisinin 1.000 dolara bile satın alınabiliyor olması 3 boyutlu baskıya olan ilgiyi arttırdı ve bu durum daha fazla kişinin teknolojiyi kullanmasına yol açtı (Campbell vd., 2011). Sonuç olarak yazıcı fiyatlarının düşmesi, bireysel kullanıcıların kullanım oranlarının artmasında önemli bir bileşen oldu. Fiyatın birçok kullanıcı adayının önceliklerden biri olması sebebiyle, 3b yazıcı satıcılarının da bu alanda çalışmalar yapmasını zorunlu kıldı ve başlangıç fiyatları her geçen azaltılmaya çalışıldı.



Şekil 22: Kişisel Kullanıma Uygun 3B Yazıcı Örnekleri

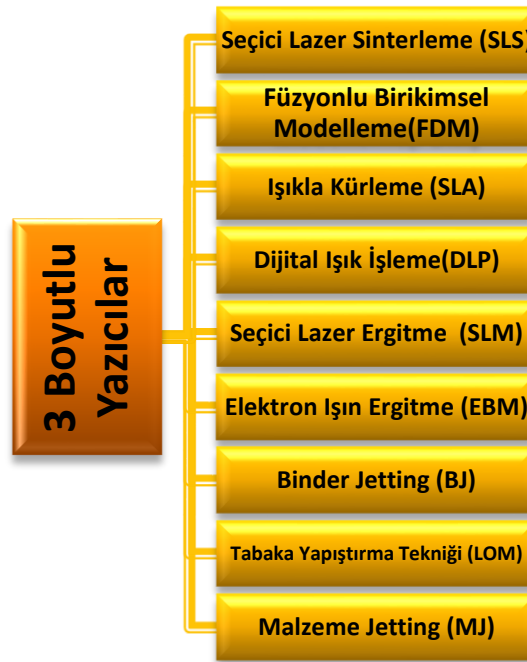
Örneğin, kişisel kullanıma uygun 3 boyutlu yazıcıya sahip kullanıcılar evlerinde kendi istediği gıda ürünlerini de üretebilme imkanına sahip oldu. Bu teknoloji sadece fonksiyonel ürünlerin üretilmesini değil; kişisel kullanımda gıda ve tekstil gibi

ürünlerinde üretilmesine imkan sağladı. Gıda yazıcılarında 3 boyutlu olarak modellenmiş gıda tasarımları, örneğin küp şeklinde bir kurabiye çok katlı veri (STL dosyası) formatına dönüştürülmekte ve yazıcı kartuş, platform ve başlıklara uygun sinyalleri göndererek yazdırma işlemini başlatmaktadır (Sun, Zhou, Huang, Fuh, ve Hong, 2015: 1605-1615).

3.7.2. Kullanılan Üretim Tekniğine Göre 3B Yazıcılar

3 boyutlu yazıcılar için yapılan bir başka sınıflandırma, kullanılan üretim yöntemleri açısından değerlendirme yapılarak elde edilir. Katmanlı üretimde kullanılan yöntemlerin farklılığı sebebiyle, 3 boyutlu yazıcıların türlerinde çeşitlilik ortaya çıkmıştır. Bu çeşitlilikle ilgili bilgiler aşağıdaki sınıflandırmalar doğrultusunda incelenmiş ve 3b yazıcılar kullanılan üretim tekniklerine göre 9 farklı şekilde gösterilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12
3B Yazıcıların Kullanılan Üretim Tekniğine Göre Sınıflandırılması

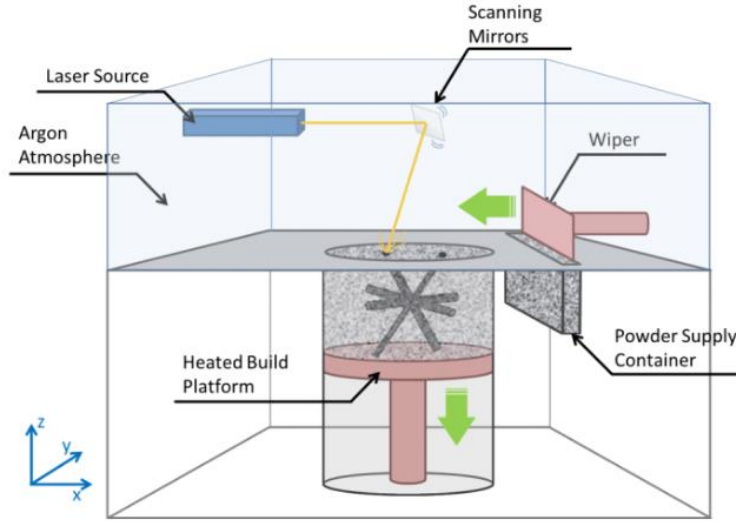


3.7.2.1. Seçici Lazer Sinterleme (*Selective Laser Sintering – SLS*)

SLS için gereken üretim adımları şu şekildedir: Ürünün 3 boyutlu modeli bilgisayar ortamında oluşturulur, model gerekli yazılımlarla 2 boyutlu dilimlere ayrılır ve üretim için gerekli kodlar oluşturularak, model yazıcılara gönderilir. Bu teknolojiye gerekli olan toz hammadde yazıcı içerisindeki haznede tutulur ve işlem bitiminde kalan malzeme

tekrar tekrar kullanıma izin verir. “SLS yöntemi poliamid, polistren, karbon fiber ve alüminyum katkılı poliamid gibi plastik malzemeler, paslanmaz çelik, kobalt krom, nikel krom, titanyum gibi metal alaşımları ve doğrudan kalıp için kalıp kumu gibi seramik malzemeler kullanabilir” (Çelik, Karakoç, Çakır ve Duysak, 2013: 63).

SLS tekniğinin özü şudur: platformda yer alan sinterlenmemiş tozlar lazer ışınları yardımıyla sinterlenerek birbirine bağlanmakta ve yazıcıya gönderilen kodlar neticesinde 3b ürün şekillenmeye başlamaktadır. Bir katman işlendikten sonra diğer katmana geçilmeden önce, platform bir kademe z ekseninde yani aşağı düşerken, parçanın işlenmesi için yazıcı başlığı x ve y eksenlerinde hareket etmektedir. Parçanın yüksekliği tamamlana kadar bu düşme tekrar edecektir. Tekerleri olan silindir takımı her katmanda sonra, bu toz yüzeyin üzerinden geçerek içeride parçanın oluşumuna katkı sağlamaktadır.

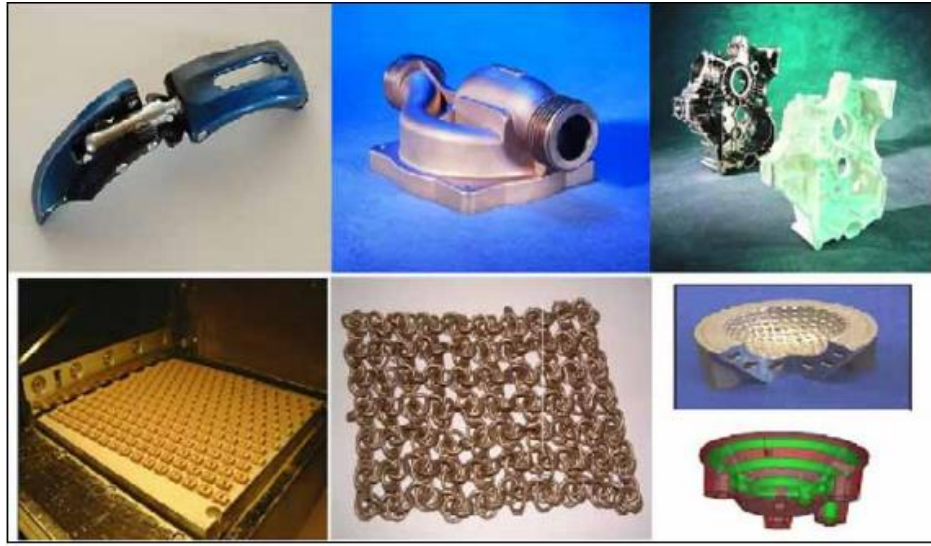


Şekil 23: SLS Yönteminde Çalışma Prensibi

SLS cihazının çalışma prensibi Sofu ve Delikanlı tarafından aşağıdaki şekilde anlatılmıştır:

“Toz havuzu içerisinde bulunan tablanın düşey eksende yapacağı her hareket, bu katmanların kalınlığına eşittir. Lazer yardımı ile her katman ayrı ayrı sinterlenmektedir. Veriler doğrultusunda, toz havuzunda parçanın olduğu bölgeler lazer ile yakılmakta, olmayan bölgeler ise boş geçilmektedir. Böylece yakılan bölgedeki tozlar birbirlerine tutunmaktadır. Lazerin boş geçtiği bölgeler ise, toz halinde kalmakta ve parçaya destek olmaktadır” (Sofu ve Delikanlı, 2006).

SLS yönteminde imalat sırasında herhangi bir destek gerekmeden üretim gerçekleşir (destekler; üretim sırasında yerçekiminde kaynaklı çökmeyi engellemek için kullanılır) ve böylelikle destek yapılarının sökülmesi gibi ek bir işleme gerek duyulmadığından dolayı üründe bir zarar gözlemlenmez. Ayrıca SLS yöntemi, geleneksel üretim tekniklerine nazaran karmaşık geometriye sahip parçaların üretimine çoğu zaman daha fazla imkan vermektedir. Bu teknoloji ile üretim gerçekleştirildikten sonra, üzerindeki fazla tozu atabilmek için ürünü suya maruz bırakma, toz püskürtmeyi sağlayan basınçlı hortumlar gibi bir takım basit işlemler uygulanabilir.



Şekil 24: SLS Tekniğiyle Üretilen Parçalar

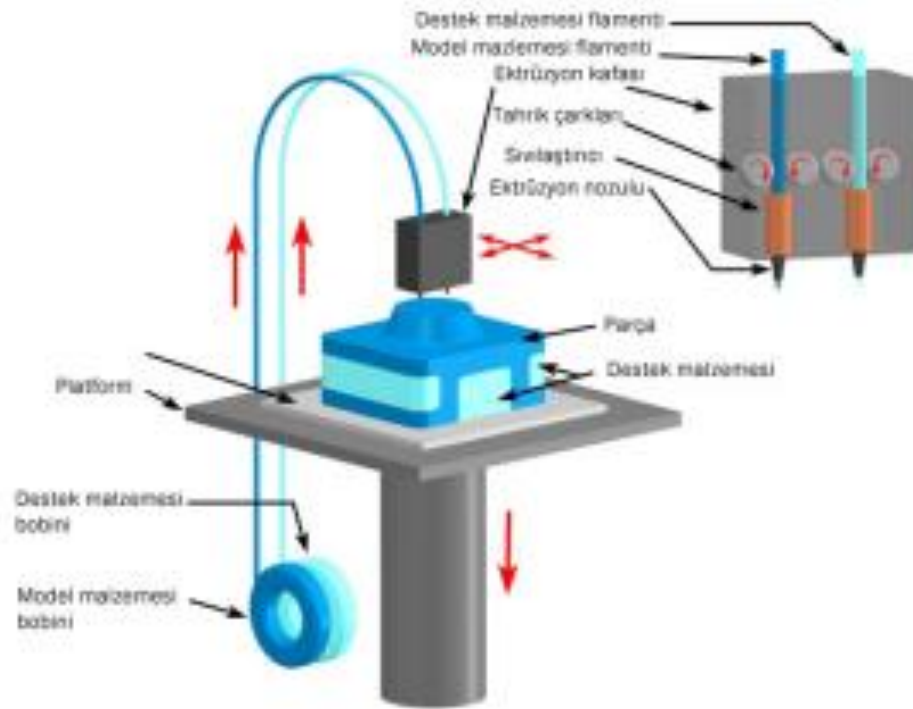
Özellikle SLS üretim teknolojisi, uzun ömürlü plastik parçaların üretimi için sıkça kullanılsa da, titanyum, alüminyum gibi malzemeler kullanılarak da işlem gerçekleştirilebilir. Günümüzde bu üretim tekniği çoğunlukla otomotiv, havacılık, üretimdeki yüksek mukavemet gerektiren parçaların kullanıldığı sektörlerde tercih edildiği görülmektedir.

3.7.2.2. Füzyonlu Birikimsel Modelleme (FDM)

Bu yöntem, öncelikle plastik materyalleri modelleme amacıyla geliştirilmiştir (Crump, 1992). Bu üretim yöntemindeki en önemli parçalar, destek yapıları ve pürüzsüz ve kaliteli yüzeyler üretmeye imkan veren filament (termoplastik) malzemelerdir. Bu tip yazıcılarda ABS plastiği, Polikarbonat (PC), Polifenilsülfen (PPSF), PET gibi malzemeler yaygınca tercih edilmektedir. Füzyonlu birikimsel modelleme tekniği ile ABS'den yapılan

prototipler, hassas döküm tekniğinde metal parçaların üretiminde master olarak kullanılabilir ve bu teknikle üretilen prototipler silikon kalıplama yöntemlerinin de ilk modelini oluşturabilir (Durgun ve Başaran, 2010). FDM ile elde edilen prototiplerin kararlı ve yüksek kaliteli oluşu, fonksiyonel testlerde veya uygunluk testlerinde kullanılabilir olması açısından önemlidir. Bütün katmanlı imalat teknolojilerinde olduğu gibi, ilk olarak parçanın 3 boyutlu CAD dosyası oluşturulur, dosya STL formatıyla kaydedilir ve işlemi sağlayacak kodlar ve komutlar oluşturulup, üretime geçilir. Parçaya istenen mukavemet ve esneklik özelliklerini sağlayacak malzeme seçimi ve istenen katman kalınlığının uygunluğu belirlenerek üretim öncesi işlemler tamamlanır.

“(...) FDM yönteminde x, y ve z eksenlerinde hareket kabiliyetine sahip kullanılan yazdırma başlıkları ekstrüzyona uğratılan ve erime noktasının hemen üzerinde platforma aktarılan materyalin hızlı bir şekilde katı forma geçmesi sağlanmaktadır. Daha sonra z ekseninde hareket eden başlık, platforma aktardığı ve artık katı forma geçmiş olan kullanılan materyalin üzerine diğer tabakalar oluşturularak katmanlar halinde 3b üretim tamamlanmaktadır” (Hao vd., 2010: 57-64).



Şekil 25: FDM Tekniğinin Çalışma Prensibi

Kaynak: Çelik, Karakoç ve Duysak, 2013.

FDM yönteminde, SLS tekniğinden farklı olarak üretim sırasında bir destek kullanımı gerekli olup, işlem bittiğinde el ile veya bir kimyasal karışımla (solüsyon) bu destek parçadan uzaklaştırılır. Bu sistemdeki en önemli noktalardan biri, dış ortamın sıcaklığı ile yazdırılan materyalin sıcaklığı arasında ilişki olmasıdır. Yazdırma sıcaklığı materyalin erime noktasının hemen üzerinde olması ve dış ortamın sıcaklığı ise erime noktasından mutlaka düşük olması gerekliliği, yazdırılan materyalin hızlı bir şekilde katı forma geçebilmesini sağlamaktadır (Kading ve Straub, 2015: 317-326).

FDM'nin en önemli avantajı: “kullanılan malzemenin mukavemeti, zamana bağlı mekanik dayanımı, boyutsal kararlılığı, tekrarlanabilir boyutsal hassasiyetleri ve parça kalitesidir”(Başaran ve Durgun, 2010: 2). Bu teknolojiye yazıcıların kurulum ve kullanımı açısından kolay olduğu söylenebilir. Ayrıca, FDM ile düşük işleme maliyetleri sebebiyle düşük maliyetlerde üretim gerçekleşir (Başaran ve Durgun, 2010: 3). Bu teknolojinin yarattığı bazı dezavantajlar da mevcuttur. Mekanik parça prensibi sebebiyle büyük parçaları üretmek konusunda yavaş kalması ve 1 mm'nin altında kalan detayları şekillendirirken dayanıklılık açısından uzaklaşabilmektedir (Durgun ve Başaran, 2010: 3). FDM teknolojisi son dönemlerde özellikle mimari çalışmalarda; inşa edilecek yapıların maket yapımlarında kullanılmaktadır. İnşaat şirketleri ve mimarlar yaptığı projeleri sunmak üzere düzenledikleri lansmanlarda müşterileriyle bu teknolojiyle elde ettikleri maketleri paylaşmaktadır.

3.7.2.3. Işıklı Kürleme (*Stereolithography SLA*)

SLA, ışık enerjisiyle etkileşime girdiğinde kimyasal reaksiyona uğrayan ve genel olarak yapısında değişmelere uğrayan fotopolimer malzemelerin, ışık enerjisinin etkisiyle maruz bırakılan bölgelere kür edilerek katmanların oluşturulması işlemidir (Özgüven, 2008: 167-183). SLA teknolojisi, sıvı bir fotopolimer malzemenin ışık ile katılaştırarak katman katman ürün elde edilmesidir. Bu teknoloji hassas ve pürüzsüz yüzeylere sahip prototip ürünlerde, döküm gerektiren ürünlerde, özellikle dental uygulamalarda ve mücevher yapımında oldukça tercih edilen, kullanımı kolay bir teknolojidir. SLS ve SLA teknolojisi he ikisinde de işlemlerin lazer ile yapılması sebebiyle karıştırılsa da, SLS teknolojisinde toz malzeme kullanılırken; SLA teknolojisinde akışkan malzemeler kullanılmaktadır. Bu teknoloji, diğer 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinde olduğu gibi benzer prosesleri gerektirse de, bir takım ilave süreçlere de sahiptir. Işıklı kürleme yapan cihazlar, diğerlerine nazaran

çoğu zaman düşük maliyetlerdedir. Işıkla Kür teknolojisinde, parçanın istenilen düzeyde kür olmasına yetecek kadar enerji verilmemesi durumunda, parçaya ilave bir işlem daha yapılır ve bu tekniğe ‘post-cure’ tekniği denir (Özgüven, 2008: 167-183). Post cure tekniğinde ilk olarak kızıl ötesi ışık veren ampüllerin olduğu ortamda bekletilme işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem noktasal bir ışık kaynağı ile seçilen bölgelerin taranması işlemi (taranarak) ve aynı anda birden fazla noktanın kür edilme işlemi (maskeleyerek) olarak kendi içinde ayrılır. Yazıcıların çalışma prensibi aşağıda anlatılmıştır.

“Bu teknolojidaki yazıcılar, ultraviyole bir lazer kullanarak katı kesitler içine sıvı plastiği dönüştürerek alet kullanmadan 3 boyutlu CAD verilerinden direkt olarak doğru parçaları oluştururlar. Parça tamamlanana kadar, her reçine tabakası katman katman inşa edilir (...). SLA parçası tamamlandığında, parça yüzeyinde kalan ıslak reçineyi kaldırmak için çözücü bir solüsyon kullanılır. Devamında, reçine bastırma prosesi tamamlanarak, parça iyileştirmek için UV fırına konur” (3dsystems.com, 16 Ocak 2017’de erişildi).

Kullanılan reçinelerin de uygulamalara göre çeşitleri mevcuttur. Standart reçineler detay gerektiren yüzeylere sahip prototipler için ideal olabilir. “Mühendislik reçinesi tokluk ve esnekliğe bağlı olarak yüksek sıcaklık uygulamaları için; dökülebilir reçine ince ayrıntılılar ve kapasiteye bağlı döküm uygulamaları için ve dental reçine hassaslık ve dayanıklılık gerektiren dental uygulamaları için kullanılır” (3bsystems.com, 16 Ocak 2017’de erişildi). Yazıcılar genellikle yüksek verim, iyi bir parça çözünürlüğü ve doğruluğu sağlayabilen, yüksek kaliteli ürünler üretebilme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojinin en önemli yanlarından biri uyum ve montajın zor olduğu ve hassaslık gerektirdiği durumlarda kullanılabilir olmasıdır. SLA özellikle büyük ölçekli işletmeler tarafından tercih edilmektedir, bunun sebeplerinden biri yüksek hacimli ürünlerin oluşturuluyor olması olabilir. Bu teknolojinin önemli bakım gereklilikleri ve malzeme hacimleri sebebiyle başlangıç için yüksek yatırımlar gerektirmesi dezavantaj yaratırken; büyük ürün hacimlerinde (ebatsal olarak) yapı alanı sağlaması gibi durumlarda avantaj sağlanabilir (formlabs.com, 16 Ocak 2018’de erişildi).

3.7.2.4. Dijital Işık İşleme (Digital Light Processing -DLP)

Bu teknoloji çoğunlukla sıvı fotopolimerlerin veya reçinelerin kullanılması ve ışıkla işlem yapılması sebebiyle SLA tekniğiyle bir kullanılmaktadır. Aralarındaki fark: parçanın inşasını SLA’nın bir lazer ile DLP’nin özel bir projektörle gerçekleştiriyor olmasıdır.

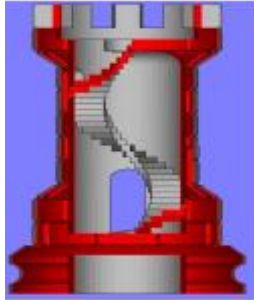
SLA teknolojisinde olduğu gibi DLP de dental uygulamalarda, hassas prototiplerde, endüstriyel tasarım ürünlerinde ve döküm uygulamalarında kullanılmaktadır.

3.7.2.5. Seçici Lazer Ergitme (Selective Laser Melting- SLM)

Genellikle SLS'nin bir alt kategorisi olarak kabul edilen SLM, yüksek güçte lazer ışınları ve metalik tozları kullanarak karmaşık geometride ürünlerin üretilebildiği teknolojidir. Uzay çalışmalarında ve tıbbi alanda yapılan uygulamalarda paslanmaz çelik, alüminyum, titanyum ve kobalt krom gibi malzemelerin kullanıldığı SLM üretim yöntemi, karmaşık geometrilerde, ince yapılarda, gizli kanallı veya boşluklu yapıda ürünleri üretmek için kullanılır (all3dp.com, 16 Ocak 2018'de erişildi).

Son dönemlerde SLM makinelerinin prototip anlayışını kırarak, doğrudan üretimde kullanıldığı görülmektedir (Sofu ve Delikanlı, 2006: 194-200). Burada önemli olan noktalardan biri: parçanın ne tür malzemedен yapılacağına karar vermektir, çünkü her malzeme ürüne farklı bir mekanik özellik sağlayabilir.

SLS ve SLM cihazları için önemli olan özelliklerden biri: geleneksel üretiminin izin veremediği parçaların üretilmesini mümkün kılmasıdır. SLM cihazlarıyla da SLS teknolojisinde olduğu gibi uzay, savunma sanayi veya fabrika üretim alanlarında gerekli parçaların üretimi gerçekleştirilir.



Şekil 26:Karmaşık Yapıdaki Parçaların Doğrudan Hızlı Prototipleme ile Üretimi

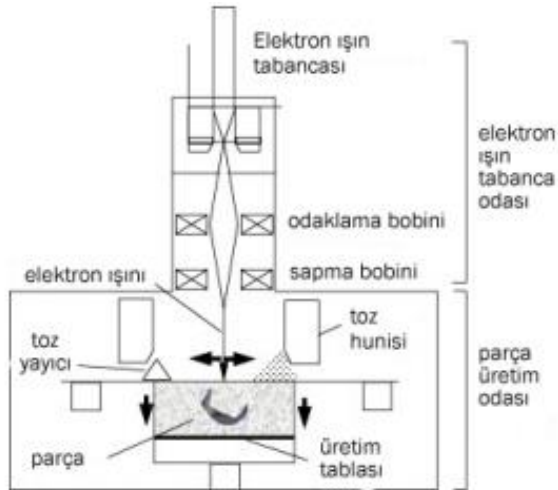
Kaynak: www.eos.info.

“Metal tozu SLS ve SLM cihazlarının üretici firmaları tarafından mekanik özelliklere göre veya kullanım alanlarına göre özel olarak hazır hazırlanmaktadır. Metal tozunun tane boyutu da (yaklaşık boyut 4µ) işlenebilirlik açısından da burada önem kazanmaktadır. Metal tozu seçiminden sonra makinenin kartuşunu bu toz ile doldurarak işleme başlanır” (Ódonnchadha ve Tansey, 2004: 28-34).

Seçici lazer ergitme (SLM), lazer çeşitleri ve kullanılabilen materyal türleri açısından SLS makineleri ile benzerlik gösterse de toz partiküllerinin birbirleriyle bağlanma şekli ve kullanılan lazerlerin gücü bakımından birbirinden farklıdır (Santos, Shiomi, Osakada, ve Laoui, 2006: 1459- 1468). SLM sistemleri, partiküllerin tamamen erimesi için daha yüksek enerjiye ihtiyaç duyduğundan bu tür yazıcılarla ortaya çıkan nesnelerin yoğunluğu daha yüksek olmaktadır (Kruth, Levy, Klocke, ve Childs, 2007: 730-759).

3.7.2.6. Elektron Işın Ergitme (*Electron Beam Melting- EBM*)

3 boyutlu yazıcı teknolojilerinden biri olan Elektron Işıklı Ergitme yöntemi, döküm ve dövme gibi geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha iyi malzeme özelliklerinde parçaların üretilmesine imkan sağlamaktadır (Çelik vd., 2013: 53-66). EBM toz yatağı sistemine dayanan ve yüksek vakum altında çalışan, çoğunlukla otomotiv, havacılık ve tıbbi uygulamalarda kullanılan ve yüksek yatırım gerektiren bir teknolojidir. Çalışma hızı bakımından incelendiğinde; ayna ve mekanik parçalara ihtiyaç duymaması sebebiyle SLM'ye göre hızlı bulunmaktadır (en.betch.com, 17 Ocak 2017'de erişildi). SLM'nin aksine, bu teknoloji 1000 C'e kadar yüksek sıcaklıkta metal tozları tamamen eritmek için, yüksek vakum altında bilgisayar kontrollü elektron ışınları kullanmaktadır (all3bp.com, 17 Ocak 2017'de erişildi). Yani güç kaynağı, elektromanyetik olarak eritmeyi kontrol eden elektron tabancasıdır.



Şekil 27:EBM Teknolojisinin Çalışma Prensibi

Kaynak: Çelik vd., 2013.

Özellikle titanyum ve bazı metallerle oluşturulan alaşımlarının yüksek mukavemetli, düşük yoğunluklu ve üstün korozyon dirençli olması ve ürünlerin doğrudan üretildikten sonra ilave bir işlem gerektirmeden kullanılabilmesi önemlidir (Çelik vd., 2013: 53-66).

3.7.2.7. Binder Jetting (BJ)

Çalışması için hem toz bazlı malzemeye hem de bir bağlama malzemesine ihtiyaç duyan, makine maliyetlerinin yüksek, üretim maliyetlerinin de orta seviyede olduğu, kumtaşı malzemesinin kullanıldığı ve kullanımının gerekli bilgi birikimine sahip olduktan sonra gerçekleştirilebileceği bir teknolojidir. Toz bazlı malzemenin kullanılıyor olmasından dolayı SLS tekniğiyle benzerlik gösterse de bu yöntemde lazer kullanılmamaktadır. BJ, genellikle karşımıza biblo, insan maketleri gibi hediyelik eşya sektöründe karşımıza çıkmaktadır.

“Şeker ve nişasta gibi toz formdaki gıda ham maddelerinden oluşan yazdırma platformu üzerine, birden fazla yazıcı başlığı olan sistemler aracılığı ile x ve y eksenleri boyunca sıvı uygulanarak şekiller oluşturulmaktadır. Ardından ikinci katmana geçilmekte ve katmanlar oluşturuldukça, yazdırma platformu –z ekseninde aşağıda doğru hareket etmektedir” (Southerland, Walters ve Huson, 2011: 819-822).

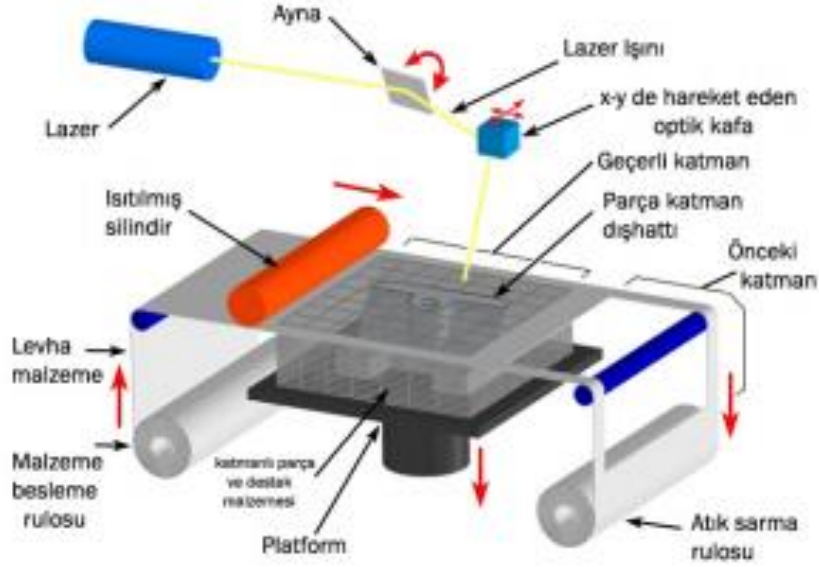
3b Systems firması tarafından gerçekleştirilen Sugar Lab projesinde diğer yöntemlere göre oldukça hızlı olan fakat, kurulum maliyeti de oldukça yüksek olan BJ prensibi ile şeker üretimi yapılmıştır (Sun vd., 2015: 1605-1615). Bu teknolojinin diğer teknolojilere nazaran üstünlüğü renkli basımlar (cam göbeği, magenta, sarı gibi pigmentler ekleyerek) yapabilmesi olurken; yapısal bütünlüğü çok iyi sağlamaması sebebiyle yüksek çözünürlüklü ürünler elde edilememesi dezavantajlı bir durumdur (all3bp.com, 17 Ocak 2017’de erişildi).

3.7.2.8. Tabaka Yapıştırma Tekniği (Laminated Object Manufacturing LOM)

“LOM, bilgisayar kontrollü bir lazer veya bıçak ile kesilerek şekillendirilen ve ısı ve basınç altında kaynaştırılan metal, plastik veya yapışkan kaplı kağıt tabakalarını kullanır. Bunları bazı zamanlar işleme ve sondaj işlemleri takip edebildiği gibi, işlem bitiminde parçalar zımparalanma, boyama gibi ek işlemlere de maruz kalabilir”.

“Bu teknolojiye, katmanlar, istenilen inşa hassasiyetine ve hızına bağlı olarak yeterince ince tabakalar halinde olan katı haldeki bir malzeme ile inşa edilmektedir. Tabaka

halindeki bu malzemenin çeperlerinin gerektiği gibi kesilmesi” (Özgüven, 2008: 167-183) gerekir. Bu teknoloji, katman katman inşa edilmesinden ötürü, bir önceki katmana yapıştırılma sırasına göre iki farklı gruba ayrılmıştır (Özgüven, 2008: 167-183).



Şekil 28:LOM Tekniğinin Çalışma Prensibi

Kaynak: Çelik cd., 2013.

3.7.2.8.1. Yapıştır + Kes (*Bonding + Cutting*)

Bu teknik, adından da anlaşılacağı gibi tabakaların birbiri üzerine katman katman yapıştırılıp, ardından lazer veya başka bir kesici ile kesilmesi işlemidir.

“Parçanın inşasında kullanılmayan diğer hammadde ise destek işlevi görmektedir. Böylece özel bir destek yapısına ihtiyaç duyulmaz, fakat inşa sırasında bu kısımların küçük parçalara bölünmesi gerekir. Aksi halde inşa sonrasında parçayı blok içinden çıkarmak mümkün değildir. Bu tekniğin uygulamalarında inşa malzemesi olarak çoğunlukla kâğıt kullanılmaktadır” (Özgüven, 2008: 167-183).

Destek malzemelere, eğer üretilmesi planlanan ürün fazla detaya sahipse, girintisi veya çıkıntısı fazlaca varsa, bu noktada ihtiyaç duyulabilir. Üretim gerçekleştikten sonra, elde edilen ürüne zarar vermeden ısı ya da çözücü bir sıvı ile ortamdan uzaklaştırılabilir.

3.7.2.8.2. Kes + Yapıştır (Cutting + Bonding)

Bu teknik adından da anlaşılacağı gibi, önce tabakaların kesilmesi ardından bir önceki katmana yapıştırılmasıyla gerçekleşir.

“Bu tekniğin dezavantajı ise, kesilen katmanların inşa halindeki yüzeye hassas bir şekilde konumlandırılarak yapıştırılabilmesindeki güçlüktür. Bu tekniği kullanan uygulamaların çoğunda, otomatik olarak kesilen tabakaların yapıştırılması manuel olarak gerçekleştirilir” (Özgüven, 2008: 167-183).

3.7.2.9. Malzeme Jetting (Material Jetting- MJ / Wax Casting)

Bu yöntem, sıvı veya eriyik balmumu türü malzemelerin hareketli bir mekanizma tarafından püskürtülmesi ve kürlenmesi işlemidir. Yöntemde hassas ve parlak yüzeyli ürünler üretilmesi avantajken, üretim sürelerinin uzun olması ve dayanıksız yapılarda olması da dezavantajlı bir durumdur.

“Bu işlemin odağı, parça materyalinin tamamının bir baskı kafasından dağıtıldığı malzeme jetleme (MJ) üzerine odaklanmaktadır. (...). Malzeme püskürtme prosesinin modelleri, akışkanın özellikleri için gerekli olan basıncı ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, bir baskı göstergesi ifadesi türetilmiş ve baskı koşullarını analiz etmek için kullanılmıştır” (Gibson vd., 2015: 43-61).

3.8. Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Teknolojilerin Karşılaştırılması

3 boyutlu ürün yazdırma prosesi için kullanılan üretim yöntemlerinin sınıflandırılması yukarıda yapılmıştır. Bazı üretim yöntemlerinin birbirlerine göre üstünlükleri olduğu gibi aynı zamanda birbirlerine göre dezavantajları da olabilir. Birbirlerine göre yarattıkları avantaj veya dezavantajlarla tercih edilebilirliği değişmektedir. Kullanıcılar için tercih etme öncelikleri değişiklik göstermektedir; bazı kullanıcılar için en önemlisi bütçe iken, bazı kullanıcılar yaptıkları işe veya sektöre göre yüksek yüzey kalitesini bekleyebilir. İşte bu noktada kullanıcılar, kendi beklenti ve amaçları doğrultusunda farklı yazıcıları tercih edebilir.

Tablo 13**SLS, SLA, FDM, LOM ve EBM Teknolojilerinin Karşılaştırılması**

Teknolojiler:	SLS	SLA	FDM	LOM	EBM
Destek İhtiyacı	Destek Gerektirmez	Destek Gerektirir	Destek Gerektirir	Destek Gerektirmez	Destek Gerektirmez
Mukavemet	İyi	Orta	İyi	Orta	İyi
Yüzey Kalitesi	Zayıf	İyi	Orta	Orta	İyi
Çözünürlük	Zayıf	İyi	Orta	Orta	İyi

*Tablo 12’de yer alan bilgiler 3bFab işletmesinden alınan bilgiler tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 12; 5 farklı üretim tekniğinin 4 farklı özellikte karşılaştırılarak oluşturulmuş şeklidir. Bunlardan 3 tanesi ürünün teknik özellikleri olan mukavemet, yüzey kalitesi ve çözünürlüktür. 3 farklı ürün özelliği, 3 farklı sınıflandırmaya tabi tutulmuştur: iyi, orta ve zayıftır. Bu farklı ürün özelliklerini iyi derecede sağlayabilen tek teknoloji elektron ışın ergitme tekniği (EBM)’dir. Bu 3 farklı bağlamda bir sonraki en iyi üretim tekniği de ışıkla kütleme (SLA) teknolojisi olarak tespit edilmiştir.

Tablo 14**SLA, FDM, SLS, DLP, BJ ve SLM Yöntemlerinin 6 Temel Özellik Açısından Karşılaştırılması**

Teknolojiler	SLA	FDM	SLS	DLP	BJ	SLM
Kullanım Kolaylığı	Kolay	Çok Kolay	Zor	Kolay	Orta	Zor
Tercih Edilme Düzeyi	Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Yüksek	Az	Düşük
Gerekli Bütçe	Düşük	Düşük	Çok Yüksek	Düşük	Yüksek	Çok Yüksek
Üretim Maliyetleri	Orta	Düşük	Çok Yüksek	Orta	Orta	Çok Yüksek
Kullanılan Malzemeler	Fotopolimer Reçineler	ABS plastiği, Polikarbonat (PC), Polifenilsülfen (PPSF), PET	Seramik Tozlar, Polistren, Alüminyum, Titanyum, Poliamid	Foto-polimer Reçineler	Kumtaşı	Paslanmaz Çelik, Kobalt Krom, Alüminyum vb. Metaller
Kullanım Alanları	Dental, Döküm, Sanayi (Üretim), hassaslık gerektiren ürünler	Tıbbi Uygulamalar, Maket- Mimarlık, Sanayi (Üretim)	Havacılık, Uzay Teknolojileri, Sanayi (üretim)	Dental, sanayi (üretim), hassaslık gerektiren ürünler	Hediyelik eşya (biblo vb.)	Otomotiv, havacılık, savunma sanayi

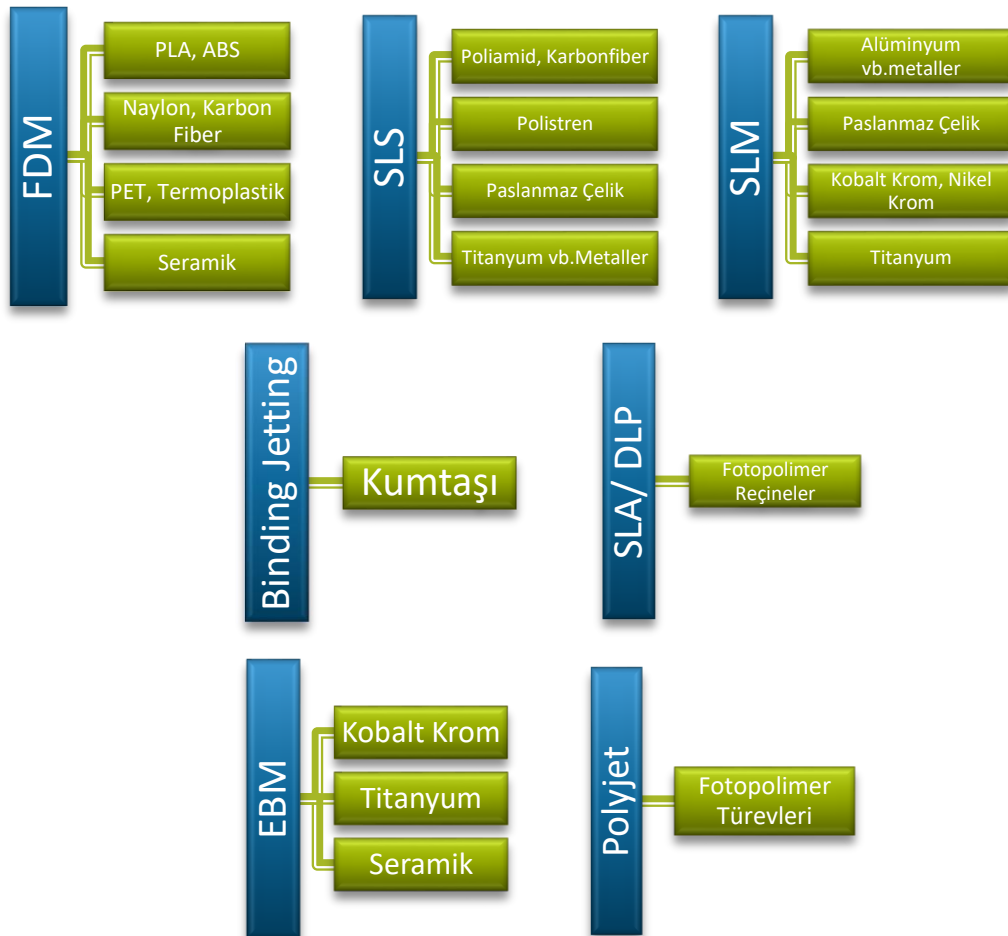
3.9. Üç Boyutlu Yazdırmada Kullanılan Malzemeler

Kullanılan teknolojilerdeki çeşitlilik, tercih edilen malzemelerin de çeşitlenmesine etki etmiştir. 3 boyutlu yazdırma teknolojisinde sadece plastik malzemelerin kullanılması gibi bir algı olsa da onlarca farklı materyal kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar karmaşık parçaların imalatında metal, seramik ve polimer gibi malzemeleri tek bir adımda kullanarak üretimi gerçekleştirmeyi amaçladı (Godoi, Prakash, ve Bhandari, 2016: 44-

54). Birden fazla malzemeye ihtiyaç duyularak üretilen karmaşık parçaların hem imalatı hem de malzeme tedariki bazı durumlarda güç olabilmektedir. Örneğin, bu yapıdaki bir parçayı imal etmek için gerekli herhangi bir malzemenin olmayışı o parçayı üretmeyi mümkün kılamaz. İstenen özellikte ürünün tek bir malzemedan üretiliyor olması, bazı durumlarda hem maliyetten hem üretim süreçlerinden hem de montaj işlerinden büyük kolaylık sağlayabilir. 3 boyutlu yazdırma teknolojilerine göre kullanılacak malzemeler değişiklik göstermektedir. Eklemeli imalat yöntemlerinin malzeme çeşitliliğine imkan vermesi açısından farklı özellikte ürünler üretilmektedir. 3b yazıcılar kullanılan üretim tekniklerine ve gerçekleştirilmesi istenen amaçlara göre çeşitli malzemelerin kullanılmasını desteklemektedir ve bu durum baskı teknolojisinin farklı sektörlerde kullanılmasına da imkan sağlamaktadır.

Tablo 15

3B Yazdırma Teknolojilerinde Kullanılan Malzemelerin Gruplandırılması



Bazı 3 boyutlu yazıcılar kişisel kullanıma uygunken; bazıları da sanayide farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Üretilmesi istenen nesnelerin prototipleri üretildiği gibi üretimde kullanılan herhangi bir makinenin içindeki önemli bir parça da olabilmektedir. Yani değişen durum koşullarından dolayı kullanılacak malzemeler de çeşitlilik gösterir. 3 boyutlu yazıcılarda metallerin, plastiklerin ve bunların alaşımlarının kullanıldığı kadar; plastik ve toz halindeki çamur malzemeler, seramik ve cam gibi malzemelerde üretimde tercih edilebilir (Sun vd., 2015:308-319). Üretim yöntemlerinden bazıları özellikle belirli grup materyali işlemek üzere çalışsa da birçok malzeme farklı eklemeli imalat yöntemleriyle işlenebilmektedir. Örneğin; seramik bir malzeme harç yığma, toz bağlama veya SLS yöntemi içinde kullanılabilir ve her bir farklı üretim tekniğiyle oluşan ürün özelliği de değişebilir (Sun vd., 2015:308-319).

İstenen yüzey kalitesinde ürünlerin üretilmemesi bu alanda çalışmalarını zorunlu kılmış olacak ki, bu eksiklik zamanla giderilmeye başlanmıştır. İstenen malzeme kalitesine yakın ürünler üretilmeye başlansa da (Şekil 29), ürün yüzeyinde tam olarak pürüzsüzlük sağlanması için çalışmalar devam etmektedir ve gelecekte bu teknolojiyle daha düzgün ürünlerin üretilmesi beklenmektedir (Sun vd., 2015:308-319).

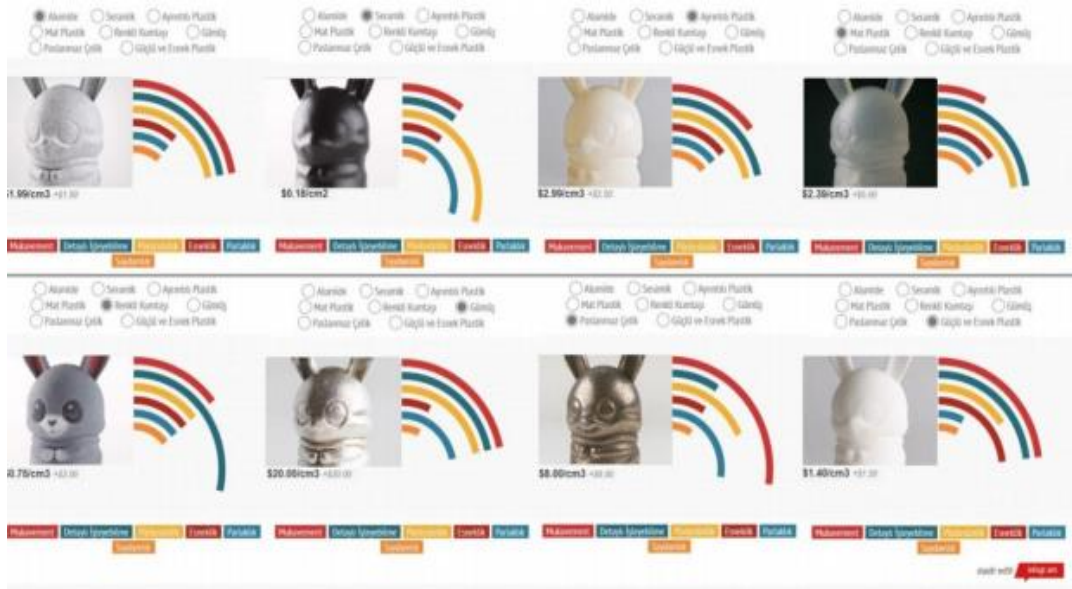


Şekil 29: Seramikten Elde Edilmiş 3boyutlu Yazıcıdan Çıkmış Ürünler

3 boyutlu yazıcılar gıda sektörü içerisinde de yerini almaya başlamıştır ve buna bağlı olarak bazı malzemeler kullanılmaktadır. Hidrojel yapıda olan peynir, humus ve çikolata gibi doğal olarak basılı olan malzemeler enjektörden düzgün şekilde ekstrüzyona tabi tutulurken, şekerler, nişasta ve püre patates karışımları üç boyutlu yazıcıda toz maddesi olarak test edilmiştir (Sun vd., 2015:308-319). Tercih edilen gıda malzemelerine göre istenen tatta, istenen besin değerinde ve istenen şekilde ürünlerin üretilmesi, o yazıcıyı

kullanıcıların insiyatifinde kalması açısından güzel bir çalışma olduğu söylenebilir. Elde edilen ürünlerle istenen durumlarda başka bir işleme de tabi tutulup veya farklı varyasyonların yapılması da mümkün olabilir.

3 boyutlu yazıcı kullanıcıları, farklı materyallerde ürünlerini üretmeyi isteyebilir. Müşterilerin farklı malzemeler kullanılarak üretilmiş ürün talepleri olabilir. Bir kullanıcının hem plastik bir malzemeye hem de titanyum alaşımlı bir malzemeye ihtiyacı olabilir. Gerek nihai ev kullanıcısı gerekse endüstriyel kullanıcılar daha fazla malzeme çeşitliliği talep edebilirler. Örneğin; bilgisayarda oluşturulan 3 boyutlu modeli yükleyerek ya da diğer kullanıcıların paylaştığı 3 boyutlu modelleri satın alarak (ürünlerin çıktılarının alınabileceği bir platform olan Shapeways.com); aynı görüntüdeki ürün için sekiz farklı malzemede çıktı alınması üzerine malzeme tercihlerini değiştirebilir (Şekil 30).



Şekil 30: 3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilen 8 Farklı Malzemedeki Ürün

Son yıllarda plastik dışındaki malzemelerin (titanyum, alüminyum, bronz, kobalt vb.) kullanımının artması çeşitli sektörlerde hizmet veren pratik ve farklı estetik özelliklerde ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Geleneksel üretimde metal veya plastik parçaların üretilmesi bazı durumlarda karmaşık süreçleri içerirken; gereksiz, boşa giden veya atık madde diye nitelendirdiğimiz çok fazla malzeme çıkmasına da sebep olmaktadır. Uçak, helikopter gibi büyük projelerde ve bu ürünleri meydana getiren bazı parçaların

üretiminde bu malzemelerin %80-90'u kesilebilir. 3 boyutlu baskı teknolojisi bu problemi ortadan kaldırarak, daha az atıkla beraber daha az kaynak kullanımını sağlayabilir. Özellikle 3 boyutlu baskı ile üretilmiş ürünler, işlenmiş parçaya kıyasla daha hafif olacağından havacılık sektörü için bu teknoloji daha tasarruflu olabilir. Ayrıca, katmanlı imalat ile üretilen metal parçalar, geleneksel olarak üretilen metal bileşenler kadar güçlü olabilir. 3 boyutlu yazıcı üreticisi 3bFab, doğrudan metal lazer sinterleme ile oluşturulan birçok parçanın dökme metal parçasına eşdeğer mekanik özelliklere sahip ve metallerin yoğunluk testinde standartların üstünde olduğunu söylemektedirler.

Siemens tedarikçilerden gerekli desteği sağlayarak 3b yazıcıları fabrikalarına dahil etme sonucunda 3 boyutlu baskılı bir bileşeni 16 haftalık bir zamanda üretmek yerine; aynı kalitede farklı bir malzemeyi bu teknolojiyle 1-2 hafta içinde üreterek, zaman ve maliyetleri düşürmeyi başarmışlardır (Ultimaker Gorup, 17 Temmuz 2017'de erişildi). İşletmenin 3 boyutlu yazıcıları üretimde kullanması, işletmeye belirlenen ürün için en az 10 hafta kazandırarak zaman konusunda tasarruf sağlamıştır. Ayrıca, Siemens pahalı aletlere yatırım yapmaya gerek duymadan hem bileşenlerini hem de ürün tasarımlarını deneyerek, prototip oluşturma imkanı elde eder (Ultimaker Group, 17 Temmuz 2017'de erişildi). Siemens başladığı küçük parçalarda bile yakaladığı zaman tasarrufunu geliştirmek üzere bir ekip kurup bu teknolojiyi geliştirmek üzere çalışıyor olması muhtemeldir. Şirket, tüm süreç zincirini göz önüne alarak müşterilere daha iyi hizmet vermek, yeni tasarımları çabuk bir şekilde hayata döndürmek ve maliyeti düşürmekle elde ettiği kazancı daha iyi yatırımlara harcayabilir. Ayrıca 3b baskı, işletmelerin müşterileriyle sürecin başında malzeme ve türevleri gibi konuları konuşarak birlikte karar vermeleri, müşteri odaklı bir yol izlemelerine olanak sağladığından; daha doğru ürünlerin üretilmesi adına stratejik bir avantaj sağlayabilir.

- **PLA** (Polilaktik Asit)

Bir çeşit bio plastik malzeme olan PLA, sağlığa zararlı olmaması ve geri dönüşümle gübre olarak kullanılması açısından kullanıcılar tarafından yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Kuyucu, 2016). PLA'nın mısır ve şeker kamışı gibi bitkisel ürünlerden elde ediliyor olmasından dolayı özellikle gıda ürünlerinin paketlenmesinde tercih edilmektedir. PLA, yapılan çalışmalarda 3 boyutlu yazıcılar içinde en çok tercih edilen malzeme olarak belirlenmiştir (Chhabra ve Singh, 2011: 328-350).



Şekil 31: 3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilen 8 Farklı Malzemeden Elde Edilmiş Ürün

Yazıcılar içinde kullanılması durumunda en ideal işlem görme sıcaklığı 180-220 santigrat derecesinde olan PLA'nın çok geniş bir renk seçeneği mevcuttur (3bortgen.com, 8 Temmuz 2017'de erişildi).

PLA'nın tercih edilme sebepleri aşağıdaki gibidir: (verbatim.com, 8 Temmuz 2017'de erişildi).

- *“Biyolojik olarak parçalanabilir ve çok fazla çok ince partiküller (UFC'ler) yaymaz.*
- *Ekstrüzyon esnasında nadiren fark edilen ancak oldukça hoş, şekerli bir koku çıkarır.*
- *Teknik özelliklere ve renge bağlı olarak, ekstrüzyon sıcaklığı 160 - 260 °C arasında değişir.*
- *PLA kullanılarak basılan parçalar ABS parçalarından daha serttir (ABS daha esnektir).*
- *Genel olarak, PLA kullanılarak basılan parçalar hafif parlak bir kaplamaya sahiptir.*
- *PLA bası sırasında daha az eğilir ve ABS'den daha "yapışkan"dır.*
- *PLA yaklaşık 60 °C'de dövülebilir hale gelir (ısı defleksiyon noktası).*
- *PLA'nın sürtünme katsayısı ABS'den daha fazla olduğundan ekstrüde edilebilmesi için biraz daha güç gerektirir”.*
- **ABS** (Akrilonitril Bütadien Stiren)

Temel olarak sağlam ve petrol bazlı bir termo plastik olan ABS baskılama işlemi için ısıtmalı bir taban platforma ihtiyaç duymaktadır (Kuyucu, 2016) Petrol bazlı olması

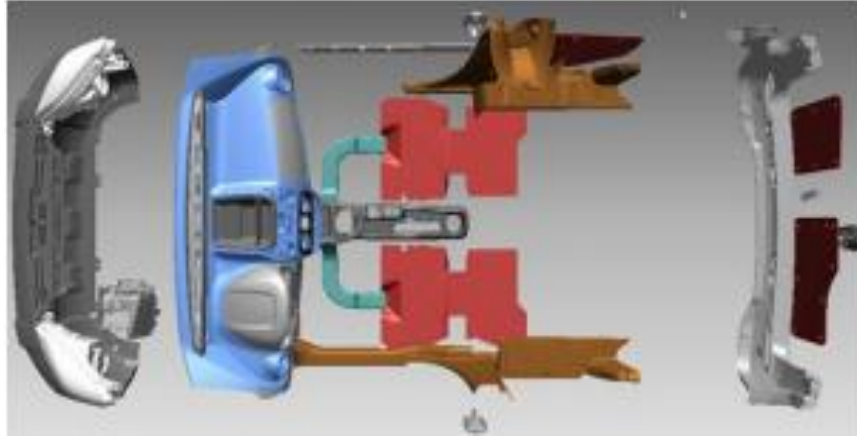
dolayısıyla, çevreye zarar veren ve gıda gibi ürünlerle birlikte kullanımı uygun olmayan bir malzemedir. ABS' ye verilebilecek en basit örnek çocukların sıkça oynadığı Legolardır. Sert bir termo plastik malzeme olan ABS (Akrilonitril Butadin Stiren), yüksek dayanım sağlaması dolayısıyla ve darbe direncine karşı gösterdiği güçten dolayı tercih edilebilir (N. Turner, Strong ve A. Gold, 2014: 192-204).



Şekil 32: ABS Ürünü

ABS'nin yazıcılar içinde kullanılması durumunda en ideal işlem görme sıcaklığının 250-260⁰ C olması (Kuyucu, 2016) onun daha yüksek sıcaklara dayanabildiğinin bir göstergesidir. ABS'nin tercih edilme nedenleri aşağıdaki gibidir (verbatim.com, 8 Temmuz 2017'de erişildi):

- *“PLA'ya kıyasla ABS UFC üretmeye daha yatkındır. Yeterince havalandırılması önerilir.*
- *Ekstrüzyon sırasında hafif bir 'yanık plastik' kokusu çıkarır.*
- *Teknik özelliklere ve renge bağlı olarak, ekstrüzyon sıcaklığı 220 - 260 derece Santigrat arasında değişir.*
- *ABS kullanılarak basılan parçalar "bükülür" ve PLA'dan daha hassastır.*
- *Genel olarak ABS kullanılarak basılan parçaların kaplaması PLA parçalarınınkinden daha parlaktır.*
- *ABS, yaklaşık 100 °C'de dövülebilir hale gelmeye başlar (bu, PLA'ya kıyasla ısıya daha dirençli hale getirir).*
- *ABS'nin sürtünme katsayısı PLA'dan düşüktür ve ekstrude edilmek için PLA'dan biraz daha az güç gerektirir.*
- *PLA'dan önce 3b baskı işlemlerinde kullanıldığından ABS, filamentin "eski" tipi olarak kabul edilebilir”.*

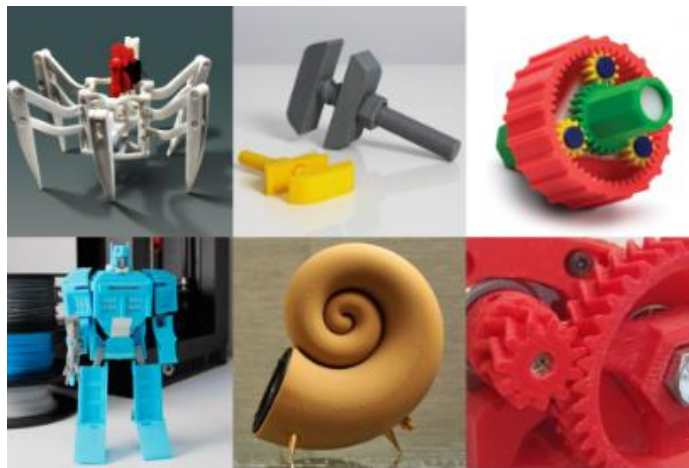


Şekil 33: Bir Araç Geliştirme Projesinde ABS Malzeme Kullanılarak Üretilen Plastik Prototiplerin Genel Görüntüsü



Şekil 34: ABS Malzemedен Üretilmiş Parçaların Kaynak Metodu Kullanılarak Bir Araya Getirilmesi

Kaynak: Delikanlı K., Sofu M. M. ve Bekçi U., 2005.



Şekil 35: 3b Yazıcılarda ABS Malzemesi Kullanılarak Oluşturulan Ürün Örnekleri

Kaynak: 3bFab

Tablo 16
PLA ve ABS'nin Özelliklerinin Karşılaştırılması

	PLA	ABS
Malzeme	Bitkisel ürünler (şeker- mısır vb.)	Petrol bazlı termoplastik
Isı Ayarları	180-220 ⁰ C	250-260 ⁰ C
Koku	Bitkisel hoş şekerli kokular	Ağır plastik kokusu
Esneklik	Daha kırılğan	Esneme ve bükme daha fazla
Sürtünme Katsayısı	Daha Yüksek	Düşük
Uygulanan Kuvvet	Sürtünme katsayısından dolayı daha fazla kuvvet	Daha az güç gerektirir.
Kaplamalar	Daha mat	Daha parlak
Yapışkanlık	Daha Yapışkan	Daha Az
Hassas Noktalar	Isınmalara, neme karşı hassasiyet- bozulmalar yoğun	Isınma, neme daha az hassasiyet ve kimyasal maddelere karşı daha dirençli
Baskı Kolaylığı	Daha kolay	Nispeten daha zor
Ürün Çeşitliliği	Daha fazla çeşitliliğe sahip	Nispeten daha az çeşitlilik
Geri Dönüşüm	Biyolojik olarak parçalanır. Doğaya daha az zarar veren bir plastik	Biyolojik olarak parçalanamaz. Doğada uzun sürede yok olur.

PVA (Polivinil Alkol): PVA filamentleri suda eriyebilmesiyle, karmaşık modelleri desteklemek amacıyla kullanılır; böylece üretim sonunda desteklerin manuel olarak elle sökülmesi gerekmez ve model zarar görmez (3bfab.com,8 Temmuz 2017'de erişildi). Bu malzeme genellikle tekstil ve mobilya gibi ürünlerin kaplamalarında kullanılmaktadır. Sarı saydam renkte bir malzeme olan PVA, ABS malzemesinin destekleri için kullanılır ve açıldıktan sonra kuru bir yerde saklanması önerilmektedir (3bfab.com, Temmuz 2017'de erişildi).

Ahşap Filamentler: Ahşap filamentler, ağaç lifleri ile PLA karışımı malzemelerin birleşiminden oluşmaktadır. Diğer termo plastik malzemelerde (ABS, PLA) olduğu gibi benzer işlem süreçlerine sahip ahşap filament malzeme, nesnelere gerçek bir ahşap görüntüsü kazandırabilir (3dportal.io, Temmuz 2017'de erişildi).



Şekil 36:3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilmiş Ahşap Nesnelere

Baskılama için gereken işleme ısısı 175-250 santigrat dereceyken, baskılama hızı ortalama 20mm/sn olmaktadır (3bportal.io, 8 Temmuz 2017’de erişildi).

PET – PETG: Kristalimsi ve renksiz bir hammadde olan PET, ısıtılma veya soğutulma işlemlerinde saydamlığı değişmektedir ve çeşitli modifikasyonlarla farklı özelliklerde varyasyonlara(PETG) sahip olabilir (3bportal.io, 8 Temmuz 2017’de erişildi).



Şekil 37:3 Boyutlu Yazıcıdan Elde Edilmiş Pet Nesne

Baskılama için gereken en uygun işleme ısısı 160-210 santigrat derece olup, havadaki suyu emebilme durumundan dolayı dışarıda muhafaza edilmesi önerilmemektedir (3bportal.io, 8 Temmuz 2017’de erişildi).

Sıvı Reçine (Resine): Özellikle SLA 3 boyutlu baskılama yönteminde tercih edilmekte olan sıvı reçineler, diğer kullanılan filamentlere göre yüksek fiyatta olmasına rağmen ayrıntı konusunda yüksek kaliteli ürünler vermesi sebebiyle oldukça tercih edilen bir malzemedir (3bortgen.com, 8 Temmuz 2017’de erişildi). Sıvı reçineler özellikle dental uygulamalarda ve mücevherle ilgilenen kişiler tarafından tercih edilir.

PC (Poli Karbonat): Sertlik, dayanıklılık ve ısıya direnç özellikleri nedeni ile başta otomotiv olmak üzere çok çeşitli sanayi dallarında yaygın olarak kullanılan PC, PC/ABS karışımıyla ABS’in üstün özellikleri ve PC’nin mükemmel mekanik ve ısıl dayanımı ile istenen bir kombinasyon oluşturmaktadır (Durgun ve Başaran, 2010). PC genel olarak tek başına kullanılmak yerine, PC/ABS karışımı şeklinde kullanılarak; özellikle otomotiv ve elektronik uygulamalarında yaygınca kullanılmaktadır.

PPSF (Polifenilsulfon): Yüksek ısı ve kimyasal dayanımı olan bir malzeme olan PPSF, petrol ürünleri ve bazı kimyasallarla yapılan testlerde kolay kullanım avantajı yaratmaktadır (Durgun ve Başaran, 2010). PPSF malzemesi özellikle sağladığı avantajlar dolayısıyla FDM teknolojisinde sıkça tercih edilen bir malzemedir.

Ultem 9085: FST (Alev, duman ve toksisite) sertifikasyonu, yüksek ısı ve kimyasallara dayanım özelliklerine sahip olan, ayrıca malzemeler içerisinde en yüksek çekme ve eğilme mukavemet değerlerine sahip olan Ultem9085; uçak, otobüs, tren ve tekne/gemi gibi taşımacılık uygulamalarında kullanım alanı bulur (Durgun ve Başaran, 2010).

Titanyum(Titanium): Titanyum ve türevleri, özellikle 3 boyutlu yazdırma teknolojilerinden SLS, SLM ve EBM'nin uygulamalarında karşımıza çıkan önemli bir malzemedir. Saf titanyumun hem güçlü hem de hafif olması sebebiyle 3 boyutlu baskıda tercih edilen metallere biridir. Genel olarak tıp endüstrisinde (kişisel protez yapımında), havacılık, otomotiv ve bir takım parça ve prototip yapımında kullanılmaktadır. Onun atmosferde argon gazı içinde veya vakumda 3b basılmasının nedeni; toz halindeyken patlayabilmesini sağlayan reaktif özelliğidir.

Paslanmaz Çelik Çok güçlü ve çok çeşitli endüstriyel alanlarında kullanılabilen paslanmaz çelik 3 boyutlu baskıda tercih edilen metallere biridir. Kobalt ve nikel içermesi sebebiyle bu çelik alaşımını kırmak çok zordur ve bu malzeme çok yüksek elastik özelliklere de sahiptir. Neredeyse büyük çoğunlukta endüstriyel uygulamalar içinde kullanılır.

Inconel (Krom- Demir Alaşımı): Nikel ve kromdan oluşan, yüksek sıcaklık direncine sahip olan Inconel, Özel Metal Birliği (*Special Metals Corporation*) işletmesi tarafından süper alaşım olarak üretilmiştir. Bu nedenle özellikle 3 boyutlu yazdırma teknolojisi içinde sanayi(üretim), otomotiv ve özellikle havacılık endüstrisinin uygulamaları için (uçak kara kutuları için) tercih edilmektedir.

Alüminyum (Aluminum): Hafifliği ve çok yönlülüğü nedeniyle, alüminyum ve farklı alüminyum alaşımları 3 boyutlu baskı uygulamaları içinde tercih edilen bir metaldir. SLS ve SLM teknolojisinin birçok uygulamasında alüminyum ve türevleri tercih edilmektedir.

Kobalt Krom (Cobalt Chrome): Çok yüksek bir özgül mukavemeti olan bu metal alaşımı genellikle türbinler, diş implantları ve ortopedik implantlarda kullanılmaktadır. Ayrıca metal olarak üretim gerçekleştiren tüm 3b yazıcı sektöründe de tercih edilebilir.

Bakır ve Bronze (Copper and Bronze): Bazı istisnalar dışında, bakır ve bronz çoğunlukla mum döküm proseslerinde kullanılır ve toz yatağı füzyon işlemlerinde o kadar fazla değildir. Bunun nedeni, endüstriyel uygulamalar için ideal olmaması ve daha çok sanat ve zanaatta kullanılmasıdır.

Demir: Özellikle manyetik demir, çoğunlukla PLA esaslı filamanlara bir katkı maddesi olarak 3 boyutlu basımlar için kullanılmaktadır.

Altın, Gümüş ve Diğer Değerli Metaller: Çoğu toz yatağı füzyon işletmede, altın, gümüş ve platin gibi kıymetli metaller 3b baskıda tercih edilmektedir. Burada önemli olan nokta: malzemelerin estetik özelliklerini hem korumalı hem de değerli toz yönetiminin optimize edildiğinden emin olunmalıdır. Kıymetli metaller takı, tıbbi ve elektronik uygulamalar içinde 3 boyutlu olarak tercih edilebilir.

3 boyutlu yazdırma teknolojisi içinde tercih edilen malzemelere yönelik bir patent çalışması yapılmış ve bu malzemelere yönelik veriler aşağıdaki tabloda yer almıştır. Alınan patent sayıları incelendiğinde plastikten, metallere, seramiklere kadar birçok farklı malzeme yer almıştır. Kullanım amaçlarına göre de değişen 3b yazıcılarda, bu doğrultuda kullanılan malzemeler değişiklik gösterebilir. Metal malzemelerin de kullanıldığı yüksek fiyatlı 3 boyutlu yazıcılar çoğunlukla büyük işletmeler tarafından tercih edilirken, plastik malzemeler genellikle düşük ücretli kişisel kullanımlı 3 boyutlu yazıcılar tarafından kullanılmaktadır (Chilson, 2013).

Tablo 17
3 Boyutlu Yazdırmada Kullanılan Malzemelerle İlgili Alınan Patent Sayıları
(2014 Verileri)

Malzeme	Adet
PPSF (Polifenil Sülfon)	11
Melamin	14
PLA (Polylactic Asit)	19
Paladyum	21
Polivinil Asetat	24
Kil	25
Naylon	33
Karbonfiber	37
Fotopolimer	38
Çelik	39
Paslanmaz Çelik	40
Polimid	40
ABS Plastik	44
Gümüş	56
Poliamid	63
Termoplastik	70
Bal mumu	80
Polikarbonat	82
Nikel	92
Titanyum	95
Epoksi	112
Kauçuk	114
Alüminyum	142
Plastik	183
Seramik	211

Kaynak: <https://ultimaker.com/en/explore/where-is-3b-printing-used/manufacturing>

*Yukarıdaki tabloda olmayan birçok farklı malzemelerle ilgili de patent sayıları da mevcuttur. Tablo sadece ismi çokça duyulan malzemelerden oluşturulmuştur.

3.10. Üç Boyutlu Yazıcıların Kullanım Alanları

3b yazıcıların gün geçtikçe gelişme göstermesiyle birçok alanda da tercih edilebilirliği arttırmıştır. Gıda sektöründen, diş implantlarına, tıp uygulamalarından hediyeelik eşya sektörüne, tekstil sektöründen yedek parça imalatına kadar uzanan çok çeşitli geniş bir ürün yelpazesi sunan bu teknolojinin çeşitli kullanım alanlarının gelişim süreçleri aşağıda yer almıştır.

3.10.1. Gıda Sektörü

İlk olarak malzeme üretimi alanında ortaya çıkan bu teknoloji, zamanla diğer alanlarda da uygulanmaya başlanarak, gıda üretiminde de gerçekleşmiştir (Değerli ve El, 2017: 592-599). 3 boyutlu yazıcılar içinde kullanılan malzemeler de bu orantı da farklı ihtiyaçlara cevap vermektedir. 3 boyutlu gıda yazıcılarında 3b olarak modellenmiş ürün tasarımları, örneğin küp şeklinde bir kurabiye, çok katlı veri (STL dosyası) formatına dönüştürülmekte, ardından bu verilerin desteğiyle yazıcı kartuş, platform ve başlıklarına uygun sinyaller gönderilerek yazdırma işlemi başlatmaktadır ve yazdırılan her katman için bu döngü tekrar etmektedir (Sun vd., 2015: 308-319). Bu teknolojinin özünde gelişen tüm süreç adımları değişmemekte; sektörün değişmesi veya kullanılan malzemelerin değişmesi bu işleyişi farklı kılmamaktadır. Aynı şekilde modeli oluşturulan ürünün dosyasının STL şeklinde kaydedilişiyle başlayan süreç, yöntemler farklılaşsa bile 3b yazıcıdan modellenen ürünün elde edilmesiyle tamamlanmaktadır. 2011 yılında Walters ve arkadaşları tarafından “Insect Au Gratin” projesinde, alternatif protein kaynağı olarak görülen böcekler ile çalışılmış ve toz haline getirilmiş hayvanlarla eritme peynir karıştırılarak yazdırılabilir kıvamda ve besleyici özelliği yüksek bir ham madde elde edilmiştir” (Sun vd., 2015: 308-319). Mevcut tarım uygulamaları ve gıda prosesleri sonucu ortaya çıkan atık maddelerden bir takım enzimler ve bazı aroma maddeleri elde edilerek yazdırılabilir materyal kaynağı oluşturulması da geleceğe yönelik başka bir çalışma konusu olarak ortaya çıkabilir. Bu konuda henüz çalışılmamış başta kuru baklagiller ve sebzeler olmak üzere birçok temel gıda bulunmaktadır (Değerli ve El, 2017: 592-599). Yapılan bir çalışmada, transglutaminaz enzimi ve agar ilavesi ile hindi etini yazdırılabilir forma getirilmiş ve yazdırma sonrası pişirme işleminde fiziksel yapıdaki bozulmaların en aza indiği gözlemlenmiştir (Cohen, Norén, ve Lipson, 2010: 809-815).

Fırıncılık Ürünleri: Yapılan ilk çalışma; tereyağ, yumurta sarısı ve şeker gibi bileşenlerin kullanım miktarı ham madde ve pişirme sonrası stabilite parametreleri açısından belirleyici olmuş ve bu çalışmada termal olarak kararlılığını koruyabilen kurabiye reçetesi oluşturulmuştur (Cohen, Norén, ve Lipson, 2010: 809- 815). Singapur Üniversitesi’nde gerçekleştirilen başka bir çalışmada, un, tereyağ, şeker ve yumurta beyazından oluşan temel içeriği ile bisküvi hamuru karışımı hazırlanmış ve 3b yazıcı ile

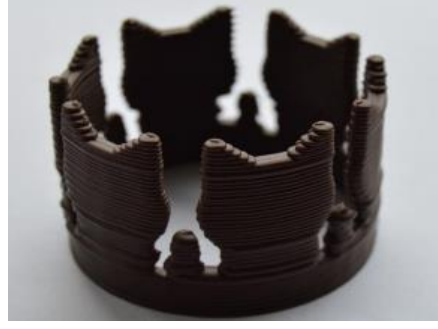
yazdırıldıktan sonra geometrik şeklini koruyabilen bisküvi hamurları geliştirilmiştir (Sun vd., 2015: 308-319; Değerli ve El, 2017: 592-599).

Makarna: 3b gıda yazıcılar için önemli firmalardan biri olan TNO (Hollanda) ve ünlü makarna üreticisi Barilla'nın ortak projesinden, geleneksel makarna tarifine uygun olacak şekilde yalnızca durum buğdayı irmiği ve su kullanılan makarna üretebilen, dakikada sadece 2 adet makarna üretebilen yazıcı geliştirilmiştir (Sol, Van Der Linden, ve Van Bommel, 2015). Bu yazıcının geliştirilmesi 2 patent ile korunmaktadır (Bocusini,2017; Linden, 2015: 1-36). Makarnanın insan beslenmesindeki temel gıdalardan biri olması nedeniyle, bu konuda yapılacak çalışmaların artması beklenmektedir. Bu eğilimle özellikle artan makarna üretimlerinde 3b gıda yazıcılarının tercih edilmesi öngörülmektedir.

Çikolata: İçeriğindeki kakao yağı nedeniyle kristallenme eğilimi gösteren çikolatada, yağ fazının sulu faz ile birlikte bir arada bulunabilmesi ve bu emülsiyon yapısının korunabilmesi, çikolata kalitesi açısından çok önemlidir (Rosales, Klinkesorn, ve Suwonsichon, 2017: 119-132). FDM sistemiyle elde edilen çikolatanın akışkanlık kazandığı sıcaklığın hemen üzerinde ekstrüde edildikten sonra platformda soğuyan çikolata yazdırıldığı şekli almakta ve bir sonraki tabaka bu soğuyan çikolatanın üzerine eklenmektedir (Periard, Schaal, Schaal, Malone, ve Lipson, 2007: 564-574). Bu başlangıç adımının ardından bazı bilim adamları çikolatanın 3b gıda yazıcıları ile yazdırılmasını etkileyen faktörleri incelemiş ve aynı bilim insanları tarafından da Exeter Üniversitesi bünyesinde kurulan ChocEdge Şirketi, 3b gıda yazıcılarını ticari bir ürün olarak piyasaya sunmuştur (Değerli ve El, 2017: 5912-599).



Şekil 38:Chocedge - Choc Creator 3b Gıda Yazıcısı



Şekil 39:Chocedge - Choc Creator 3b Gıda Yazıcısı ile Üretilmiş 3b Çikolata Örneği

Kaynak: Choc E., 2014 Introduces New Christmas 3b Printed Chocolate Design

Eritme Peynir, Soslar ve Kaplamalar: 3b yazıcı sistemi ile eritme peynir, yer fıstığı ezmesi ve pasta kaplama ürünleri denenmiştir. Eritme peynirlerde uygun akışkanlık sağlayan sıcaklıkta krakerlerin üzerine uygulanarak tekdüze ve başarılı sonuçlar alınmış, ayrıca aynı şekilde pasta kaplama şekerlemelerinde de el ile hazırlanması oldukça zor olan geometrik ve iç içe şekillerde çalışılarak başarılı sonuçlar alınmıştır (Periard vd., 2007: 564-574).

Food Ink. İşletmesi şeflerin, sanatçıların, tasarımcıların ve mühendislerin bir arada çalıştığı 3b yazıcılarla yemek elde edildiği dünyanın ilk 3b yazıcı restoranını 2017 yılında, Londra’da açtı (onaltiyildiz.com, 20 Temmuz 2017’de erişildi).



Şekil 40: 3 Boyutlu Yazıcı Restoranı

3.10.2. Sağlık Hizmeti

3b teknolojisinin ilk kullanıldığı alan sağlık endüstrisidir. Bugün birçok kişiye özel protezler ve milyonlarca diş kaplamaları 3b yazıcıların yardımıyla üretilmektedir. Bu yöntemle çok karmaşık geometriler bir takım detaylarla, tıpta kullanılabilir hale getirilmiştir. Ayrıca işitme aygıtları gibi araçlar her hastanın farklı fiziksel özelliğinden dolayı kişiye göre özelleştirilmek zorundadır bu sebeple bu ihtiyacı en iyi karşılayacak teknoloji 3b basma teknolojidir (Schubert vd., 2017). 3b yazıcılar, kişiye özel farklılık gerektiren bir takım ihtiyaçların karşılanması adına önemli bir buluştur. Fiziksel özelliklerden kaynaklı bu farklılık gerektiren bir takım aygıtların artık üretimi çok daha mümkün olabilir. Örneğin; başından rahatsızlanmış bireyin önce CpScan yardımıyla beyin tomografisi çekilir, 3b programların desteğiyle başın katı model datası oluşturulur, doktorun ve CAD teknisyenin desteğiyle ürünün tasarımı yapılır ve uygulamaya alınır (Yılmaz ve Koç, 2016: 1-8). 3 boyutlu baskı teknolojisi; anatomik yapısı ve fiziksel özellikleri farklı insanlara özel ürünler üretilmesini mümkün kılması açısından önemli bir teknoloji olduğunu söylemek doğru olacaktır. Bir başka açıdan CoCrMo alaşımının dişçilikteki uygulaması ve Ti alaşımının ortopedik gerçeklerdeki payının artması 3b yazıcılarda kişiye özel ürün üretilmesi açısından önemlidir (Yılmaz ve Koç, 2016: 1-8).

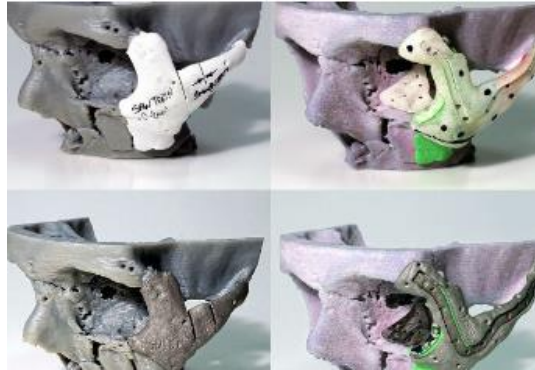
3 boyutlu baskının kullanılması için bu konuda yürütülen tıbbi uygulamalar hızla genişliyor ve sağlık sektöründe büyük yenilikler yapması bekleniyor (Schubert vd., 2014: 159-161). Gerçek ve potansiyel olarak 3b baskı için tıbbi kullanımlar birkaç geniş kategoride organize edilebilir: doku ve organ imalatı; özelleştirilmiş protezlerin, implantların ve anatomik modellerin oluşturulması gibi (Klein, Lu, ve Wang, 2013: 233-235). “Tıpta 3b baskı uygulaması, pek çok fayda sağlayabilir: tıbbi ürünlerin, ilaçların ve ekipmanın özelleştirilmesi ve kişiselleştirilmesi; maliyet etkinliği; üretkenliğin artması; tasarımın ve imalatın demokratikleşmesi ve işbirliğinin geliştirilmesi gibi” (Alton, 2015).

Sağlık hizmetleri her insanın ihtiyacı olduğu bir zaruri hizmettir, bu sebeple sağlık endüstrisinin diğer endüstrilerden daha fazla potansiyele sahip olduğunu söylemek kaçınılmazdır. Protez cihazlar, cerrahi modeller ve hatta canlı organları basmak için 3b baskı ile ilgili birçok öykü var. Bununla birlikte 3b baskıların modern sağlık hizmetlerine tamamen nüfuz etmesinden önce hala müşterilerin eğitimi ve etik sorunlar vardır. Yalnız, bu sektörün büyük bir potansiyeli olduğu da unutulmamalıdır.

Organ Üretimi: Günümüzde protez yapımında ciddi yenilikler mevcutken, protez organlar 3b yazıcılarla birlikte çoğaltılabilmektedir. 3b yazıcıların hassasiyetlerine göre tüm organların ilerideki yıllarda üretilmesi ve çoğaltılması için uygulamaların yaygınlaşması beklenmektedir. Organ bekleyen milyonlarda hastanın belki de çaresi 3b yazıcılar olacaktır. Örneğin, hastanın sol bacağı kopmuşsa sağ bacağının bire bir simetrisi dakikalar içinde 3b yazıcılarla taranıp, yazıcılardan basılarak kopyalanabilme durumuna sahip olacaktır. Diğer ürünlerin üretiminde olduğu gibi, sürece bilgisayar ortamında 3 boyutlu olarak organın tasarımıyla başlanır.

“Tasarım doğal organ veya dokunun sayısallaştırılmış görüntü rekonstrüksiyonu ile elde edilebilir. Görüntüleme verileri, insan vücudunun invaziv olmayan taramasını (örneğin, MRI veya bilgisayarlı tomografi) veya belirli organların seri bölümlerinin ayrıntılı bir 3B rekonstrüksiyonu da dahil olmak üzere çeşitli yöntemlerden türetilebilir” (Sun ve Lal, 2002: 93).

Bir motosiklet kazası sırasında ağır yaralanarak yüzü parçalananan Stephen Power isimli hastaya, 3b yazıcı teknolojisiyle İngiltere’de bir hastanede yeni bir yüz üretme çalışması gerçekleştirdiler. Bu teknoloji de sağlanan avantaj: kişiye özel bir yüz yapılmasıdır. Yüzünün yarısı parçalananan hasta için en uygun yüzün verebilmesi bir hayli zor olması sebebiyle, kafatası ve yüz yapısı taranarak birebir aynı ölçülerde yüz kemiklerinin yazdırılması zor da olsa sağlanmıştır. “Organ baskı, doku akışkanlığına dayanan, hızlı prototiplendirme teknolojisinin biyomedikal olarak önemli bir varyantıdır. Doğal malzemelerin (hücreler veya matris) bilgisayar yardımıyla depolanması ('baskı') belirli bir 3b form elde edilinceye kadar bir kerede bir kat yapılır” (Yang, Leong, Du, ve Chua, 2002): 1-11; Sodian vd., 2002: 12-16).



Şekil 41: CAD ile Oluşturulmuş Yeni Yüz Kemikleri

Yenilikçi bilimsel çalışmalara önem veren Cornell Üniversitesi, 3 boyutlu yazıcılara olan ilgisinden dolayı ahtapotlardan ilham alarak esnek bir kol kası üretimini gerçekleştirdi. Cornell Üniversitesi araştırmacıları “*Digital Mask Projection Stereolithography System*” olarak geliştirdikleri ahtapotun kollarını taklit eden doğrudan geniş hareket etme kabiliyetindeki kol kası baskısını, 3b yazıcılarda geliştirilen yeni üretim tekniğiyle elde ettiler (complet3b.com, 1 Ağustos 2017’de erişildi). “Farklı basınç değerindeki hava ile hareket edebilen kas, sabit üç boyutlu baskıların kullanılmadığı kas grupları için inanılmaz önemli bir adım olarak nitelendirildi” (complet3b.com, 1 Ağustos 2017’de erişildi).

Saç Üretimi: Bilim ve teknoloji ilerledikçe insanların problem yaşadıkları sıkıntılar da zamanla yok olmaktadır. Toplumun faydasını sağlayacak ve ihtiyaçları karşılayacak her türlü ürünün üretimi sağlanabilecek düzeye gelinmiştir. Saç problemi yaşayan insanlar kendi doğasını değiştiremediklerinden dolayı dış etkenlerle bu konuda çözüm bulabileceklerdir. Bunun için de bir takım yapay saç uygulamaları geliştirilmektedir. Sentetik saç, bir takım sentetik malzemelerden hazırlanan ve insan saçına benzeyen bir üründür. Genellikle kadınlar tarafından sentetik saçlar; farklı saç kesim şekilleri, saç renkleri ve uzunluk gibi farklı saç modelleri, bireyin kendi orijinalliğini bozmadan denemek için kullanılmaktadır.



Şekil 42: 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Yapay Saç

Carnegie Mellon Üniversitesi’nde 3 boyutlu yazıcı yöntemi ile oyuncak Troll kullanarak çalışmalarını gerçekleştiren uzmanlar, kolaylıkla şekil verilen ve uzayan yapay saç üretmeyi başardılar (complet3b.com, 2 Ağustos 2017’de erişildi). Yapılan çalışmalarda çeşitli uzunlukta, çeşitli kalınlıkta, farklı renklerde, farklı özelliklere sahip ve farklı sağlamlıkta saçların üretimi artık gerçekleşebilmektedir.

İmplant (Diş Uygulaması): Bu teknolojinin gelişmesiyle de başta sıvı reçine ve krom-kobalt gibi malzemelerle, kişiye özgü implant tasarımlarının oluşturulup üretilmesi muhtemel kılınmıştır. 3b yazıcılarda kullanılan malzemeye göre hastanın ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde farklı ürünler üretilmesi de sağlanabilir. Uygun malzeme belirlendikten sonra, hastanın ağız yapısına uygun şekilde 3 boyutlu tasarım programlarıyla modelleme yapılır. Bu modellerin bilgisayar ortamında hazırlanıyor olması, başka bir seferde aynı program üzerinden çalışabilmesine de olanak sağladığı için, bir sonraki işlemlerde hem hastaya hem de doktora kolaylık sağlayabilir. Geleneksel ölçü alma yöntemlerini ortadan kaldırması ve bekleme sürelerini kısaltması açısından, 3 boyutlu yazıcılarla üretim yapmanın avantajları söz konusudur (Kara, Buldum, Yılmaz ve Özkaya, 2016: 218). 3b yazıcılarda taranan veya çizilen parçaların modellemesinin yapılmasıyla üretim hazırlık işlemi tamamlanır. Yani geleneksel imalatta olduğu gibi makine ayarlama gibi ön hazırlık işlemleri gerçekleşmemektedir. Standart abutmentler yerine tamamen hastaya odaklı geliştirilen abutmentlerin üretilmesi, hastayla implant arasındaki uyumun artmasına ve hem estetik hem fonksiyonel faydasına katkı sağlamaktadır (Kara vd., 2016: 218).



Şekil 43: 3 Boyutlu Diş Tasarımı

Kişiye Özgü Kulaklıklar: Kişiye ait ürünlerin üretilmesine olanak sağlaması açısından avantajlı olan 3b yazıcı teknolojisi, geleneksel üretim yöntemleriyle elde edilen kişisel özel ürünlere göre daha uygun bütçelerle ve daha kısa sürede tamamlanmasına katkı sağlamaktadır. Üretilmesi planlanan her üründe olduğu gibi kulaklık üretilecek kişinin kulağı taranıp, bilgisayar ortamında modeli oluşturularak işleme başlanır. Hastanın işitme kabiliyetini azaltmaması ve hastanın hareketlerini kısıtlamaması önemli olduğundan, tamamlanan tasarımların SLS üretim yöntemiyle 3 boyutlu baskısı gerçekleştirilir ve dış

işlemlerle kulaklık üzerine kablo ve elektrotlar yerleştirilerek son ürün elde edilir (Yuan ve Silberstein, 2016: 259-266).



Şekil 44: 3 Boyutlu Yazıcılarla Elde Edilmiş Kişisel Kulaklık

3.10.3. Perakende

Modern alışverişte tüketicilerin satın aldıkları ürünleri özelleştirmek için güçlü bir istekleri vardır. Bazı tüketiciler kullandığı her ürünün sadece kendisi için özel üretilmiş olmasını isteyebilir. Bunu istemesi ve beklemesi bugüne kadar çok olası gözükmüyorken 3b teknolojiyle birlikte bu durum olası kılınmaktadır. Regent's University London'da öğretim görevlisi olarak çalışan Bryan Oknyansky, gelecek dönemler içinde 3 boyutlu baskı teknolojisinin geleneksel seri imalat ile rekabet edebileceğini şu şekilde ifade etmiştir:

“Modern imalat modelleri yüksek miktarda ürün üretmek için ölçek ve standart tasarım gerektirirken, yeni üreticiler hangi 3b baskı teknolojisinin kullanıldığına bağlı olarak bir defaya mahsus istedikleri ürünü özelleştirebileceklerini söylüyor. Sonuç, satın aldığımız ürünler için kendi beklenti ve istediklerimize göre ürünleri kendimiz özelleştirebileceğiz” (Alton, 2015).

Bryan vermiş olduğu eğitimlerde, bu yeni teknolojinin hem seri imalat içinde, hem de daha parti tipi üretim yapan işletmeler içinde de uygulanabilir olduğuna dair yeşil ışık yakmıştır. Hangi üretim tipleri için en uygunluğu hakkında hala bir muamma bulunsa da, hem seri imalatta hem özelleştirilen üretim sistemlerinde faaliyet gösterileceği konusunda fikirler sunulmaktadır.

3.10.4. Yedek Parça

Günümüzde hemen hemen teknolojik alet kullanmadığımız bir alan artık kalmamıştır. Her kullandığımız teknolojik aletin üretiminde, ürünün özelliklerine göre onlarca, yüzlerce veya binlerce parça kullanılabilir. Ürünün içindeki herhangi bir ufak parça bile kullanılan aletin çalışmamasına sebebiyet verirken bir de bunu üretim yapan fabrikalar da düşünüldüğünde, fabrikada ki en ufak işleyişi bile belki de ufak bir parça değiştirebilir. Üretim yapılan makinelerden birindeki bir arızalanma, o arızayı giderecek parçanın bulunamaması ve bu durumun 1 saat bile kayıp yaratması işletmede büyük zararlara yol açabilir. Böyle durumlarda işletmelerin ellerinin altında bunu üretecek bir makinenin varlığı işleyişi büyük oranda hızlandıracak ve bu teknoloji yedek parça üretimi konusunda son derece etkili hale gelecektir.

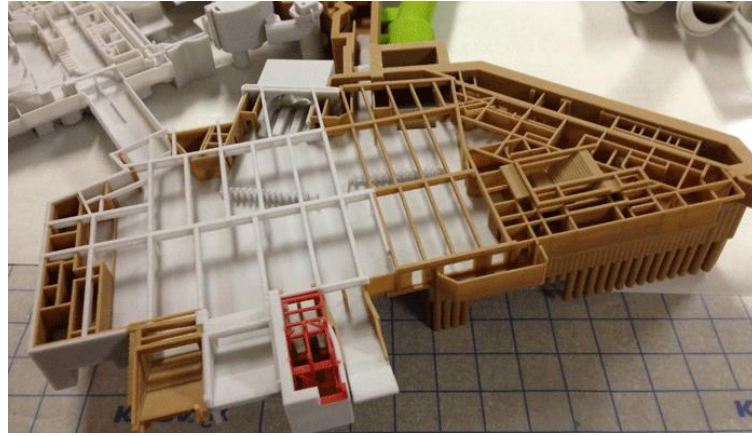
Başka bir açıdan değerlendirildiğinde; işletmeler sürekli mevcut parçalarla çalışmak yerine, özel tasarım parçaları üretmek isteyebilir. 3b baskı teknolojisinin en güzel taraflarından biri de özel tasarımları basmaya imkan veriyor olmasıdır. Mevcut ürünlerdeki parçaları değiştirirken bu son derece değerlidir. Mevcut ürün tasarımları, istenilen şekilde parçalarla desteklenerek yeni ürün haline dönüştürülebilir. Günümüzde hızlı tüketimden kaynaklı olarak kullanılan ürünler, cihazlar ve bunların içinde yer alan parçaların ekonomik ömürleri gittikçe kısalmaktadır. Özellikle teknolojik ürünlerde kullanılan parçalarda belli bir dönemden sonra yenisiyle değiştirilme ihtiyacı doğmaktadır ve bu ürünlere doğru zamanda ulaşılabilir olması çok önemlidir.

Yedek parçaların 3b yazıcılarla üretimi yapılarak cihazların ortalama ömrünün de artması sağlanacak, işletmelerin satamadıkları ürün/parça sorunu kalmayacak ve çoğu işletme talep geldikçe ve düşük hacimde üretim gerçekleştirebilecektir (techrepublic.com, 12 Ağustos 2017'de erişildi). Birçok işletme üretimlerini talebe bağlı olarak gerçekleştirebilecek güce sahip olduğundan, stoka da daha az ürün ayırabilecekler bu sayede stok maliyet kalemlerinde de düşüş sağlanabilecektir. Bir başka açıdan; ürünlerin ülkeler arası taşınmasına gerek duyulmayarak ulaşım ve taşıma maliyetleri düşecektir (techrepublic.com, 12 Ağustos 2017'de erişildi.).

3.10.5. Mimari ve İnşaat:

Artık günümüzde 3 boyutlu yazıcılarla ev bile inşa etmek mümkün olmaktadır. Çinli bir firmanın 3 boyutlu yazıcıları kullanarak düşük maliyetli ev inşa etmesi buna en güzel örnektir. Alan olarak büyük ürünlerin üretilebiliyor olması inşaat sektörü için büyük bir adım olmuş ve evlerin, köprülerin ve ofislerin basılması mümkün hale getirilmiştir. Çok karmaşık tasarıma sahip binaların basılması zamanla bu teknolojiyle de kolaylaşabilir. Bu durum, gerekli malzeme desteği ile 3 boyutlu yazıcılardan ihtiyaçlara yönelik birçok nesnenin üretilebildiğini göstermektedir. 3b yazıcıların inşa alanlarında kullanılması bazı avantajları da sağlayabilir. Örneğin; sadece gerekli ve yeterli malzeme kullanıldığı için inşaat maliyetinin düşmesine ve insandan kaynaklı iş kazalarının da önüne geçilmesini sağlayabilir.

Bu teknolojiyle üretilen evlerde “dayanıklılık” özelliği çok fazla gündeme getirilmiştir. Daha kısa sürede ve daha düşük bütçelerde inşa edilen evlerde engel olarak görülen dayanıklılık faktörü ile ilgili Avrupalı mühendisler, atık malzemelerle hızlı kuruyan beton karışımının birleşimiyle inşaların en az 150 yıl dayanabildiğini vurguladılar (complet3b.com, 13 Ağustos 2017’de erişildi).



Şekil 45:3b Yazıcılarla Oluşturulan Mimari Çalışma

Ayrıca, mimarlar çizdiği projeleri görmek amacıyla 3b yazıcıları maket üretiminde oldukça tercih etmeye başlamışlardır. Bu sayede mimarlar veya inşaat mühendisleri çizdikleri projelerin birebir aynısını 3b boyutlu tasarlayarak, müşterilerine sunma konusunda çok büyük avantaj sağlayabilirler.

3.10.6. Askeri

Teknoloji ile birlikte önemli bir güç unsuru olan askeri sistemler, teknoloji odaklı gelişme göstermekte ve bunların askeri alanda uygulamalarının artmasıyla, güvenlik ve savunmanın temelini teknoloji ve bilgi üstünlüğü yerleştirmiştir (Savunma Sanayii, 2016). Günümüz dünyasında sürdürülebilirlik ve üstünlük için tüm sektörler temelini bilgi ve teknolojiden yana oluşturmaktadır. Bu amaçla takip edilen politikalar ve gerçekleştirilen Ar-Ge çalışmaları, askeri üstünlük ve caydırıcılığın önemli bir göstergesi olmaktadır (Savunma Sanayii, 2016). 3b yazıcılar özellikle devletin savunma sanayi için önemli bir adım teşkil edebilir. İstenilen durumlarda ve zamanlarda silah üretimi gerçekleştirilmesini mümkün kılacaktır. Bir ihtimal de bu yazıcıya sahip herkesin kendi evinde silah ve savunma ekipmanlarını hazırlayabilecek olmasıdır, fakat tabii ki bu serbestleşme bir takım güvenlik önlemleri alınmasını da zorunlu kılacaktır. Silahlara ilgi duyan kişiler kendi çabalarıyla evlerinde bunların basımını gerçekleştirmesi açısından, son dönemlerde özellikle Amerika'da haberler çıkmıştır. Bunlardan biri, 9 kilo ağırlığındaki tamamı plastik malzemeden basılmış dev boyutlu ve karmaşık yapıya sahiptir ve ateş etme esnasında 3.000 kilo joule enerji üretebilmektedir (www.complet3b.com/3b-yaziciyla-uretilen-9-kilogramlik-dev-silah/, 13 Ağustos 2017'de erişildi).



Şekil 46: 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Silah

Bu silahta kullanılan grafit ve alüminyum malzemelerden üretilen mermiler saniyede 250 metre yol kat etse de, gerçek silahlar kadar zarar vermediği bilinmektedir (complet3b.com, 13 Ağustos 2017'de erişildi).

3.10.7. Taşımacılık (Uçak- Otomobil)

3 boyutlu yazıcılar karşımıza taşımacılık ve havacılık sektöründe de çıkmaktadır; hem otomobil hem de uçak gibi araçlar için gerekli parçalar bu şekilde temin edilebilir.

Otomobil: 3b yazıcılarda küçük hacimsel boyutlardaki ürünlerden farklılaşarak ürün yelpazesi genişlemiş ve daha büyük ebatlarda teknoloji ürünleri üretilmeye başlanmıştır. Çeşitli teknoloji fuarlarında bu alanda çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Kuzey Amerika'nın en önemli fuarlarından olan Detroit'de, dünyada ilk kez 3 boyutlu yazıcıdan bir otomobil üretimi gerçekleştirilmiştir. ABD'li Local Motors daha önce 3 boyutlu yazıcılarla prototipini ürettiğini 'Strati' isimi aracın büyük bir kısmını, fuarda herkesin önünde yazıcılarda basımını gerçekleştirdi (haberler.com, 14 Ağustos 2017' de erişildi). Bir otomobilin üretilmesi birçok aksamı ve parçayı gerektirdiğinden üretim süreci için detaylı çalışma ve plan gerekmektedir. Binlerce parçadan oluşan araçlar için malzemelerin bulunabilirliği de önemlidir. 3b yazıcılar bazı durumlarda, gerekli olan malzemelere daha çabuk ulaşılabilirliği sağlayabilir. 49 parçadan oluşan bu araçta, aracın motoru, elektrik aksamı, kablo ve tekerleri dışındaki tüm ara parçalar ve kaporta (toplamda 44 parça olacak şekilde) 3b yazıcıdan toplamda 44 saatte basılmıştır (haberler.com, 14 Ağustos 2017' de erişildi).



Şekil 47:Stati'nin Yapım Aşamasından Bir Görüntü



Şekil 48: Stati'nin Tamamlanmış Hali

Karbon fiber malzeme desteğiyle termo-plastik malzeme kullanılan yaklaşık 550 kg ağırlığındaki bu araç, 65km hıza ulaşabilmekte ve tek şarjla 193km yol alabilmektedir (haberler.com, 14 Ağustos 2017’de erişildi). Bu otomobil üretiminin gerçekleşmesi, diğer otomobil firmalarına da ilham vererek bu teknolojiye geçiş sürecini başlatmalarında etkili olmuştur. İşletmeler daha az maliyetli, daha kısa sürede ve daha kullanışlı araba üretimi üzerine çalışmaktadır. Mühendis Kevin Lo tarafından tasarlanan LM3b Swim olarak isimlendirilmiş aracın yaklaşık %75’i 3b yazdırılmış geri kalanı ise karbon fiber ve plastikten üretilmiştir. “(...) Ayrıca mevcut arabalardan daha güvenli olmaları amaçlanarak federal hasar testleri ve otoban sertifikaları üzerinde de çalışmaktadırlar” (www.complet3b.com/3b-yazici-ile-yapilmis-arabaniz-hazir/, 15 Ağustos 2017’de erişildi).



Şekil 49: 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Araç

Uçak: Havacılık sektöründe katmanlı imalat teknolojisinin büyük bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir. Yüz binlerce parçadan oluşan uçakların üretiminde, bu parçaların çoğuna 3b yazıcı teknolojisiyle destek verilmesi olasıdır. Dolayısıyla geleceğe yön vermesi adına bu alanda çalışmalar yürütölmeye başlanmıştır.

Boeing 10 farklı uçak projesinde kullanılması planlanan metal türevi olmayan 300 farklı parçadan yaklaşık 20.000 adet malzemeyi katmanlı imalat teknolojisi ile üretirken, ayrıca F/A-18 Super Hornet uçağında gövdenin ön kısmı için gerekli olan 150 farklı parçayı SLS yazıcı teknolojiyle yazdırmışlardır (Bae Systems, 2014). Bu alanda çalışmaların yapılıyor olması birbiriyle rekabet halinde olan Airbus ve Embraer gibi uçak üreticisi birçok firmanın da uygulama yapmasında etkili olmuştur.



Şekil 50: Stratasys Tarafından Katmanlı İmalat Örneği İHA

Kaynak: www.baesystems.com

“Katmanlı imalat teknolojisinin hava araçlarında kullanılan parça ve malzemelerin üretiminde efektif olmasının en temel nedenleri hız, ağırlık ve dayanıklılık olarak göze çarpmaktadır. Örneğin, GE tarafından üretilen yakıt enjektörünün 5 kat dayanıklı ve %25 daha hafif olduğu belirtilmektedir” (www.geaviation.com, 16 Ağustos 2017’de erişildi).

3.10.8. Giyim

Günümüzde tüketiciler sahip olduklarını uzun süre kullanmak yerine, en yeni olana karşı daha fazla ilgi göstermektedir. Ürünlerin ekonomik ömürleri ne kadar uzun olursa olsun, bu durum tüketicilerin satın alma eğilimlerini genelde değiştirmemektedir. Özellikle giyim sektörü bu alanlardan biridir. Müşteriler ihtiyaçtan ziyade modayı takip etme fikriyle veya kendilerini özel hissetme duygusuyla yeni varyasyonları denemek isterler.

İstenilen giysilerin üretilmesi için ön hazırlık aşamaları geleneksel yöntemlerde fazla zaman alıcı olmaktadır. Yaşanan bazı sıkıntılar hem üreticiye hem de tüketiciye farklı üretim şekillerine ihtiyaç duyurmaktadır. Bunun gibi ihtiyaçlardan dolayı 3 boyutlu yazıcıların tercih edilebilirliğinin arttığı söylenebilir. “3 boyutlu yazıcılarla tasarımcı modellerin vücudunda 30 nokta üzerinden ölçü alarak 3 boyutlu model (kalıp) oluşturur, ardından alınan ölçüler doğrultusunda en uygun model üzerinden, üretime imkan verecek şekilde üretim gerçekleşir” (Reilly, 2014). Bu durum sayesinde modellerin birebir vücut ölçülerine uygun şekilde ürünlerin tasarlanıp oluşturulması mümkün olur. Yenilikleri takip eden bazı modacılar özel koleksiyonlarında bu teknolojiyi kullanmışlardır. Örneğin, Londralı modacı Catherine Wales kıyafetlerin standart bedenlerde üretilmesine ve imalat

yöntemlerindeki kısıtlılıklara karşı; tasarımlarını kişinin fiziksel yapısına uygun şekilde modelleyip, SLS 3B yazıcıya gönderilerek ürünlerini üretmiştir (Wales, 2013).



Şekil 51: Catherine Wale Tarafından 3b Yazıcı Teknolojisi ile Projelendirilmiş Giysi Örneği

Danimarkalı tasarımcı Anouk Wipprecht akıllı arabadan ilham alarak yaptığı tasarımlarda, Audi A4 otomobillerde kullanılan aydınlatma, park algılayıcıları ve sensörleri giysilere yerleştirerek 3 boyutlu yazıcılarla kıyafetlerini hazırlamıştır (Dhuru, 2015). 3 boyutlu yazıcıların tekstil sektörüne girmesi, eski usul ‘terzi’ yönteminin yeni teknolojik yapısında karşımıza çıkmış şeklidir. 3b yazıcı teknolojisi, kullanıcıların kendilerine özel ve eşsiz ürünler talep etmesi gibi durumlarda çok önemli bir üretim yöntemidir.



Şekil 52:Anouk Wipprecht’ İn Audi İşbirliği İle 3B Yazıcı İle Hazırladığı Enteraktif Giysiler(2015)

3.10.9. Mücevher

3 boyutlu yazıcıların birçok sektörde kullanıldığını gösteren işlerden biri de mücevher üretimini sağlamasıdır. 3b yazıcılar içinde kullanılan malzemelere göre, ürün ve sektör yelpazesi de geniş bir yer almıştır. Fakat bu teknolojiyi kullananlar genelde değerli madenleri kullanmayı tercih etmemiştir. Lional T Dean isimli tasarımcı bu engeli ortadan kaldırmak isteyerek, koleksiyonunda altın gibi değerli madenleri özel olarak geliştirerek gereksiz madde oluşumunu engellemiş ve bu teknolojiye el ile tasarlanması mümkün olmayacak tasarımları bile üretmiştir (www.complet3b.com/mucevherin-gelecegi-3b-yazdirilmis-altin/, 18 Ağustos 2017'de erişildi). Böylelikle gereksiz değerli maden kullanımını azalmıştır. Tasarımcılar bu teknolojiyle tasarladıkları ürünler için daha az maliyete katlanmak zorunda kalmış ve hem ürünlerini istediklerini formatta üretirken hem de fazladan malzeme kullanımı için tasarruf sağlamışlardır.



Şekil 53: 3 Boyutlu Yazıcılarla Elde Edilmiş Mücevher

3.11. Üç Boyutlu Yazıcıların Kullanım Düzeyi ve Geleceği

3 boyutlu baskının kökeni 1970'li yılların sonlarına dayanmaktadır. Her ne kadar kökeni eskilere dayansa da, özellikle üretimde kullanılması Sanayi 4.0 ile gündeme gelmiş ve 2011 yılından itibaren daha fazla ilgi uyandırmıştır.

3 boyutlu baskı teknolojisi, işletmelerin üretimde kullanmak istediği amaçların çeşitlenmesine bağlı olarak üzerinde daha fazla çalışılmasını sağlamış ve eklenen fonksiyonel özellikler de yazıcıların daha yüksek yatırımlar gerektirmesine etki etmiştir. Bu teknoloji hem bireysel kullanıcıların hem de işletmelerin ilgisinde kalmaktadır. Teknolojiyi takip eden bir grup girişimci 3b yazıcıları daha çok hobi olarak kullanmaktadır ve bu grubun tercih ettiği makineler ortalamaya nazaran düşük bütçeler gerektirmektedir. Başka bir grup üretici ise, büyük yatırımlar gerektiren (ort. 30.000-

1.000.000\$) 3 boyutlu yazdırma teknolojisini, endüstriyel güç olarak hava araçlarının parçaları, üretimdeki makine parçaları, biyomedikal parçalar ve cihazların üretimi için kullanmaktadır (Yılmaz, Arar ve Koç, 2013).

3 boyutlu baskı teknolojisinin her geçen gün hem teknoloji meraklı girişimcilerin hem de kurumsal işletmelerin dikkatini çekmesi ve bu teknolojiye olan ilginin artması sonucunda teknolojinin gelişmesi kaçınılmaz olmuştur. Nitekim Wohlers raporu yaptığı çalışmada bunu gözler önüne sermiştir. Rapora göre; 2013 yılında 3 boyutlu baskı teknolojisi % 34,9 oranında büyümüş ve 3.07 milyar dolarlık pazar büyüklüğüne ulaşmıştır (Wohlers ve Caffrey, 2015). Eğer hız kaybetmeden daha fazla kurumsal işletme tarafından tercih edilirse; yeni 3 boyutlu teknolojilere de zemin hazırlayabilir. Bu konu da Wohlers raporu dışında dünyada bu konuda araştırma yapan birçok kurum da mevcuttur. Özellikle Amerika’da bu konu üzerine detaylı çalışmalar yürütülmektedir. Gartner kurumu bilgi teknolojileri üzerine araştırma yapması sebebiyle 2014 yılında 3b yazıcıların ne kadar tercih edildiği ve kullanıldığı üzerine hazırladığı raporda; 2013’e göre yaklaşık %60 oranında büyüyerek 108.151 adet 3b yazıcı dağıtıldığını ifade etmiştir (3boyutlu-yazici.com, 19 Ağustos 2017’de erişildi). Bu eksponansiyel büyümenin iki kat artarak devam edeceği, 2018 yılında bu yıllara göre 20 kat daha fazla olacağı ve 2.3 milyon adet kişisel 3 boyutlu yazıcı sevkiyatı gerçekleştirileceği beklenmektedir (3boyutlu-yazici.com, 19 Ağustos 2017’de erişildi). Eğer Gartner’ın rapor ettiği doğrultuda büyüme gerçekleşirse; bu denli bir büyüme yeni iş olanaklarına ve yeni çalışma alanlarına sebep olabilir.

3 boyutlu baskı teknolojisi dünyada hızlı şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojiyi kullanan işletmelerin bir kısmı teknolojiden memnun kalırken; bir kısmı bu teknolojiden çeşitli sebeplerden dolayı memnuniyetsizdir. “ABD’de 114 işletme ile yapılan bir araştırmaya göre işletmelerin üçte ikisinin 3 boyutlu yazdırma tekniklerini benimsedikleri ve onda birinden daha azının ise 3 boyutlu yazıcıları benimsemeyi düşünmedikleri ortaya çıkmıştır” (Pwc Group, 2017). İşletmeler açısından bu durum böyleyken, kişisel kullanımda tercih edilebilirlik değişebilir.

Tüketiciler açısından bütçe, malzeme gibi kısıtlayıcı faktörler söz konusu olabilir. Kullanım oranını arttırmak için bu kısıtlar üzerinde çalışmalar yapılıyor olması da çok muhtemeldir. 3 boyutlu yazıcılar için gerekli yatırım, elektrik kullanımı, içerisinde

kullanılacak malzeme maliyetleri ve yıl içerisinde istenecek ürünlerin satış fiyatları karşılaştırıldığında; 3 boyutlu yazıcıları almak (ABD'deki) tüketici için her geçen gün ekonomik olarak cazip hale geldiği söylenebilir (Wittbrod vd., 2013).

Dünyanın en önemli işletmelerden Deloitte Touche 3b yazıcı teknolojilerinin büyüklüğü üzerine en son yayınladığı raporda; 2020 yılında şu an sahip olduğu değer yaklaşık 5 katına ulaşılacağını duyurdu (3dyazicimag.com, 19 Ağustos 2017'de erişildi). Aynı şekilde önümüzdeki 3 yılda 3 boyutlu yazıcı teknolojisi için Pazar büyüklüğü tahminleri de yapılan araştırmalarda farklılıklar gösterebilmektedir.

“Fakat en kötü tahminler bile 3b yazıcı pazarının büyüklüğünün en az 3-4 kat büyüyeceğini gösteriyor. HP gibi büyük işletmelerin de 3b yazıcı sektörünün içine girmesiyle ve baskı materyal çeşitliliği, baskı hızı gibi parametrelerin geliştirilmesiyle 3b yazıcı pazarının büyümesi ivmeli olacaktır” (3dyazicimag.com, 19 Ağustos 2017'de erişildi).

Tablo 18
2020 Yılındaki 3b Yazıcı Market Büyüklüğü Tahminleri

Organizasyon	SmarTech	Canalys	Wohler	Smithers Pira	Context World
Tahmini değer (Milyar Dolar)	3.7	5.2	5.2	5.9	4.1

“Gelecekte tüketicilerin diğer tüketiciler ile etkileşimi sonucunda oluşturdukları yeniliklerin önem kazanması beklenebilir” (O’hern ve Kahle, 2013:22-30). Günümüzde bu teknolojinin özellikle yazılımların açık kodlu geliştirilmesiyle ve tüketicilerin birbiriyle olan iletişiminin artıyor olmasıyla daha fazla artacak olması beklenebilir. Bu teknolojide, kullanıcıların kendi yarattıkları modelleri birbiriyle paylaşmaları sonucunda işletmelerin ürün tasarım zamanlarında ve üretim süreçlerinde büyük kolaylık sağlamalarına katkı sağlayabilir. Ayrıca talep edilen ürünlere daha çabuk ulaşılmasına etki etmesi açısından da işletmeler ve bireysel kullanıcılar açısından büyük bir avantajdır.

3 boyutlu yazıcıların yaygınlaşması ile devletlerin vergi alımında istenen parçanın modeli oluştuğunda mı, üretim gerçekleştiğinde mi ödeme yapılacağı, kim tarafından

ödeneceğinin uygunluğu, nerede ve ne şekilde bir fiyatlandırma ile gerçekleşeceği konuları önem kazanacaktır (Cozmei ve Caloian, 2012:457-462) ve bu çerçevede pek çok soru ortaya çıkacaktır.

3.12. Üç Boyutlu Yazıcı Sektöründe Türkiye

3 boyutlu yazıcı teknolojisinin son dönemlerde dünya çapında genişlemesi, Türk girişimcilerin de doğmasına sebep olmuştur. Ülkemizde açık olan bu sektöre hizmet vermek için çalışan birçok işletme faaliyet sürdürmektedir. Bu alanda hem kişisel ürün üreten hem de kurumsal işletmelere hizmet veren farklı işletmeler mevcuttur. Her biri yalnızca 3b yazıcıyı değil aynı zamanda gerekli teknik desteği ve yardımcı parça desteğini de verebilmektedir.

Infotron: Türkiye'nin 3b yazıcılarla ilgili geçmişine baktığımızda bu konuda en köklü işletmelerden birisidir. Her bir müşterisinin ihtiyaç ve beklentileri değişiklik gösterebildiğinden çoğunlukla özelleştirilmiş kişisel ürünleri üretmekle karşımıza çıkar. Bu işletmenin çalışanları, hayal dünyasına göre 3 boyutlu oyuncaktan 3 boyutlu kıyafetlere kadar her türlü farklı sektöre göre ürün üretmeyi denemektedir (infoTRON, 2017). Dünya çapında farklı projelerde çalışan işletmenin İstanbul ve Ankara'da ofisleri, Münih'te iştiraki ve IMES Organize Sanayi Bölgesi'nde imalat atölyesi bulunmakta ve gerçekleştirdiği projelerde kaliteyi de ISO 9001:2008 belgeleriyle desteklemektedir (Erk, 2014).

3b Yazıcı Market: Bu alanda hizmet veren işletmelerden biri de Ankara'da faaliyet gösteren 3b Yazıcı Markettir. İşletme, sadece 3b yazıcıları değil; bu yazıcıların parçalarını, hammadde satışını ve ürün sonrası hizmet desteğini de sağlamaktadır. Bütün çalışmalar kendi bünyesinde yapıldığı için ARGE çalışmalarına büyük önem vermektedir. Hiçbir ürünlerini ithal etmemekte ve dışarıdan satın almamaktadır, böylelikle hem tasarımlarını hem de üretimlerini kendilerini gerçekleştirmektedir. Türkiye'deki diğer 3 boyutlu yazıcı satışı yapan işletmelerin büyük bir kısmında olduğu gibi; fiyatlarını düşük tutarak dünya pazarında hızla ilerlemektedir (3byazicimarket.com, 1 Eylül 2017'de erişildi).

3 Dörtgen: İşletme, teknolojiye ilgisi olan insanlara ve potansiyel kullanıcılara 3b yazıcı teknolojisini tanıtıcı bir vizyon edinerek, kafeyi andıran teknoloji konsept mağazasını

hizmete geçirdi. 3 Dörtgen, 3 boyutlu yazıcı teknolojilerini her kesimden insanın kolayca öğrenebilmesi ve kullanabilmesi için ücretsiz eğitimler vererek yeni konsept mağazaları kurmuş ve bu teknolojiyi her kesimden insanlarla tanıştırmayı hedeflemektedir. Atölyesindeki eğitimlere katılan insanlara 3 boyutlu teknolojilerini görmeyi, 3 boyutlu yazıcıları kullanmayı ve 3 boyutlu modelleme yapabilmeyi göstermektedir (3börtgen Ekibi, 2017).

3d CİNİ.com: Yaklaşık 4-5 yıl önce kurulan 3d Cini.com, geleneksel imalat yöntemleriyle üretiminde bir takım zorlukları olan ve üretim maliyetleri fazla olan ürünlere daha kolay ulaşılmalı amaç edinmiştir. İyi tasarım yapmanın iyi ürün ortaya çıkaracağı fikrini benimseyen işletme, gelişmekte olan 3b yazıcı teknolojilerini önemle takip ederek müşterilerine daha iyi bir hizmet vermeyi istemekte ve ayrıca ürünlerini de internet üzerinden satışa sunan bir e-ticaret sitesini işletmektedir (Erk, 2014).

3BFAB (3 Boyut Fabrikası): İsmi 3 Boyut Fabrikası'nın baş harflerinden alan işletme, müşterilerine hem ürün satışını hem de baskı ve tarama hizmetini verdiği gibi, işletmelere bununla ilgili eğitim ve destek hizmetleri de sağlamaktadır. 3b yazıcı satışında lider işletmelerden Makerbot'un Türkiye ayağı olarak çalışan işletme, ayrıca Amerika kökenli 3 boyutlu tarama sektörünün önemli işletmelerinden Artec 3b'nin de Türkiye ayağıdır (Erk, 2014). 3 boyutlu yazıcılara internetle erişim sağlanarak ve wireless özellikleriyle her türlü değişikliklerde gerekli düzenlemeleri mümkün kılarak yazıcılarını geliştirmektedir. Ürünlerinde çözünürlük, baskı alanları, renk skalası ve hassasiyet gibi özellikler farklılık gösterebilmektedir; her ölçekte işletmeye hitap eden ürünleri mevcuttur. Son dönemde geliştirdikleri yeni entegre kartuş sistemiyle, kullanıcılar reçineleri kendileri doldurmak zorunda kalmamakta ve bu durum da reçinenin bulunduğu tankın ömrünü uzatmaktadır (3BFab Ekibi, 2017: a).

Protosis: Dünyaca tanınan 3b Systems'in Türkiye'deki bağlantılarından biri olan işletme, 3 boyutlu yazıcıya ek olarak 3b tarayıcılarla da ilgili çalışmalar yapmaktadır. Kullanım amacına göre kişisel, profesyonel ve üretim de kullanılmak üzere 3 farklı segmente hitap ederek yazıcı desteği sağlamakta ve bu teknolojiye sahip olmayanlar için de 3 boyutlu basım hizmetini gerçekleştirip sunmaktadır.

Fibilo: 2013 yılında Trabzon'da faaliyet göstermeye başlayan işletme, genellikle ürün yelpazesini 3b yazıcılarla üretilen özelleştirilmiş ürünlerden oluşturmaktadır. Birbirinden

farklı tasarımları, yeni fikirleri ve hayal gücünde canlandırılan nesnelere üretme imkanı yaratan ve tamamen müşteri odaklı çalışan bir işletmedir. Özellikle, kişiye özel hediyelik eşya sektöründe lider firmalardan biri olduğunu söylemek doğru olacaktır.

Şenertek 3b Yazıcı: İşletme ülkemizdeki en eski faaliyet gösteren ilk FDM teknolojili yazıcıyı üretmiştir. Şenertek son 7 yıldaki birçok projeye (Tübitak, KOSGEB vb.) destek vererek; 3-4 yıl süren ARGE çalışmaları sonucunda piyasada yer almayan 10 mikron hassasiyetteki makineleri üretme gücüne sahip olmuştur. Mücevher üretimden, medikal alanlara, otomotivden, yedek parça sanayisine kadar onlarca sektöre hitap eden ve tamamı yerli üretim olan ülkemizdeki en deneyimli işletmedir (Şenertek Grup, 2017).

ZAXE: Yerli 3b yazıcı üreticisi olan işletme yüksek kullanım kolaylığı sağlayan, farklı müşteri ihtiyaçlarına hizmet eden ve merkezine geleceğe yönelik düşünceyi oturtan önemli bir firmadır. Gittigidiyor.com ve uzmantv.com gibi birçok önemli işletmenin kurulmasına yardımcı olan ve ekibin başında yer alan Aydonat Atasever, işletmenin stratejik işlemleriyle ilgilenmektedir. Ekibin diğer üyeleri de bu alanda yenilikçi çalışmalar ortaya koymaktadır. İşletme 150'den fazla eğitim kurumuna 3b yazıcı teknolojinin kurulmasını yaptığını ifade ederken, ayrıca bunlarla ilgili eğitimler de vermektedir. Hedefleri arasında, dünyanın birçok yerine 3b yazıcı ihracatı yapmak yer almaktadır.

BÖLÜM 4: 3 BOYUTLU YAZICILARIN ÜRETİMDEKİ YERİ

4.1. 3 Boyutlu Yazıcıların Üretim Üzerine Etkileri

Üretim sektöründe çalışan işletmeler, çağı yakalamak için sürekli gelişme göstermek zorundadır. Çağ değiştikçe, yeni icatların ortaya çıkmasıyla ve bilim ve teknolojinin öneminin her geçen gün artmasıyla; insanların beklentileri hızla değişmektedir. Bilim ucu bucağı olmayan bir dünyadır; hiçbir zaman keşfi bitmeyecek ve yeniliklere doymayacaktır. İnsanlığın değişmesiyle teknolojiye olan ilgi artmaktadır ve bilimle uğraşan insanlar mevcut durumlarla tatmin olmamaktadır; işte bu tatminsizlik yeni icatların ve yeni teknolojilerin süregelir olmasına katkı sağlar. İnsanlık çağı yakalarken de beraberinde her nesle yön verecek somut yenilikler sunmaktadır. Sonradan sahip olduğumuz her şey, üretimin birer parçasıdır. Üzerimize giydiğimiz kıyafetten, gözümüze taktığımız gözlüğe, elimizde tuttuğumuz telefondan, içtiğimiz suya kadar her biri üretimin bir parçasıdır. Büyük birçoğunun üretim hatları, hammaddeleri, malzemeleri veya tasarımları farklı olsa da her biri üretimin bir parçası olup, benzer üretim süreçlerine sahiptir. Bu sebeple üretim hayatımızın her noktasındayken, üretimi verimli kılmak için kaynakları az kullanıyor olmak kaçınılmazdır. Bu kaynaklar sadece malzeme olarak değil temelde zaman ve para olarak da düşünülmelidir, bu sebeple zamanı ve parayı az kullanmak için her geçen gün yeni teknolojiler denenmektedir.

Yaklaşık 100 yıl kadar önce Henry Ford, hareketli bir montaj hattıyla motorlu taşıt üretmeye başladı. Henüz o yıllarda birbirine bağlantılı üretim hattından çıkan herhangi bir ürün bulunmamaktaydı. Ford'un icatı yeni bir çağ başlattı ve getirdiği bu başarı tüm dünyayı etkisi altına aldı. 1980'li yıllara gelindiğinde; temelini Ford'dan almış ve sürekli akış hatlarına sahip Toyota adı verilen bir üretim sistemi doğdu. Bu yeni üretim sistemi, malzemelerin doğru yerde olması, ürünlerin doğru zamanda teslim edilmesi ve üretimde hataları düşürecek çalışmaların yapılması temelli yeni tekniklerin doğmasına etki etti. Aslında bir icat birçok yeniliği de beraberinde getirdi ve her yapılan yeni gelişme başka bir gelişmenin basamağı oldu.

Üretim değişikliklere ve gelişmelere açık ve hala eksikleri olan başlı başına bir dünyadır. Bu dünyada keşfedilmemiş yerleri bulmak meseledir. Sanayi 4.0'ın yayılmasıyla birlikte dünya sanayi sistemini değiştirecek yenilikler de beraberinde gelmiş ve gelmeye de

devam etmektedir. Bunların en önemli alanlarından biri 3 boyutlu yazıcılara olan ilginin ve kullanımının artıyor olmasıdır.

Obama'nın 'geleceğin sanayi devrimini yaratacak' dediği 3 boyutlu yazıcı teknolojisine yatırım yapılması konusunda çalışmalar başlatıldığını söylemesi bile, aslında bu teknolojinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Üretim basamaklarında, tasarımcı ile tüketici arasındaki bütün aracıları kaldırması; bu teknolojinin getirilerinde başlı başına şahane bir durum olmaktadır. 3b yazıcı teknolojisi Sanayi 4.0'la birlikte daha da geliştirilmeye başlanarak birçok fayda vaad etmektedir. Bunlardan bazıları: hammadde ve enerjiyi daha etkin kullanmak, karışık tasarımları oluşturmak için ek maliyet gerektirmemek ve birçok farklı malzeme ve tasarımdaki ürünlerin üretilmesine imkan sağlamak gibidir.

3 boyutlu yazıcıların faaliyet alanlarını ve avantajlarını gören işletmeler bu teknolojiye olan bakış açılarını değiştirmiştir. İşletmelerin 3 boyutlu yazdırma teknolojisini kullanmaya eğilimli olma durumunda ilk olarak, bu alanda tam anlamıyla detaylı çalışmalar yürütmek gerekir. Üretim maliyetlerinin uygunluğu, ürünlerin doğru tasarlanması ve doğru üretilmesi, tasarlanana uygunluğu, ürünlerin dayanıklılığı ve sağlamlığı gibi konular üzerine çalışmaların devam etmesi, teknolojinin kullanımını da şüphesiz arttıracaktır. 3 boyutlu yazıcıların baskı altında kırılma veya zedelenmelere yol açmaması için dayanıklılık konuları ve malzemelerin mukavemet, boyutsal kararlılık, direnç, ısı ve nem gibi konularda çeşitli iyileştirmelerin yapılması gereklidir (Sherman, 2009: 35-42). Yeni teknolojilerin hayata girmesi ve kullanılması birçok değişimi beraberinde getirdiği için bu teknolojilerin sorunsuz bir şekilde çalışarak ihtiyaçlara düzgün cevap vermesi beklenir. Özellikle yeni teknolojilerin daha çok yaygınlaşması veya yeni teknolojilerinin kullanımına olanak sağlanması için tasarlanan ve geliştirilen bu makinelerin de sürekli değişime ve gelişmeye ihtiyacı olduğu unutulmamalıdır. Dünyadaki birçok ülkede 3 boyutlu basımın yaşama getirdiği katkıların farkında olmasıyla; bu makinelerin dayanıklılığı, verimliliği ve kalitesi üzerine çalışmaların da artıyor olması beklenir.

3 boyutlu yazdırmanın ve ürün tasarımının birbiriyle son derece bağlantılı olduğu bir gerçeği vardır. Ürün tasarımı açısından modelleme işlemi olmadan bu teknolojinin kullanılması mümkün değildir. Yeni teknolojilerle ilgilenen işletmelerin veya girişimcilerin sayısının artıyor olması; birçok yeniliği beraberinde getirip üretim üzerine

adaptasyonu sağlayacak çalışmaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir. 3 boyutlu yazıcı teknolojisiyle ve bu teknolojiye hizmet eden yazılımlarla ilgilenenlerin artıyor olması da gün geçtikçe bu teknolojinin yayılmasını sağlamaktadır. “İnternetin kullanımı ve herkes tarafından adaptasyonu kolaylıkla sağlandığı için kullanıcılar CAD-CAM kütüphanelerinden tasarımlara da ayrıca kolaylıkla ulaşabilir ve kolaylıkla indirilerek buradan örnek tasarımları inceleme olanağına sahiptirler” (Berman, 2012: 161). Birçok işletme CAD yazılımına dayanan parçaların tasarımını yapan, yedek veya direk parçaların 3 boyutlu resimlerini oluşturan Ür-Ge veya Ar-ge tabanlı işletmelerle sözleşme yapabilir. Ayrıca gerektiğinde bu resimleri kopyalayarak, istenilen takdirde aynı ürünü üretebilme gücüne de sahip olabilir. Böylelikle işletmeler istenilen zamanda o ürüne sahip olduğu için gereksiz stok alanlarına ve maliyetlerine katlanmak zorunda kalmayabilir. Eski tasarımları kullanmak, işletmeye gereksiz maliyet yüklenmelerinden ve gereksiz zamandan kurtarabilir.

Bütün gelişmelere bakıldığında ve yenilikler takip edildiğinde işletmelerin lehinde olabilecek birçok çalışmanın devam ettiği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, sektörün yakın zamanda önemli bir büyüme gerçekleştireceği tahmin edilmektedir. 3 boyutlu baskının dokunduğu her endüstriyi değiştirmesi ve geleneksel imalatın yerini alması beklenirken bu doğrultuda sanayileşmenin yakın zaman önemli bir değer yakalayacağını ve 3 boyutlu baskı teknolojisinin 2020 yılına kadar 5.2 milyar dolar yükseleceği tahmin edilmektedir (Thomson, 2016). 3b baskının, üretimi son kullanıcıya ve/veya tüketiciye daha yakın hale getirme potansiyeline sahip olması; mevcut tedarik zinciri sürelerinde azaltma potansiyeline de etki eder. 3b baskı talep üzerine küçük üretim grupları üretme yeteneğine sahip olup, tüketici ihtiyaçlarına daha çabuk cevap vererek, tüketicilerin daha fazla ilgisini çekebilir.

3 boyutlu baskı birçok bilim insanı tarafından 100 yılın buluşu olarak da gösterilmektedir. “3 boyutlu baskı, son iki yüzyıl boyunca derin jeopolitik, ekonomik, sosyal, demografik, çevresel ve güvenlik etkileri ile tasarım ve üretim yaklaşımlarının sona erebileceği devrim yaratan bir teknolojidir” (Campbell vd., 2011). 3 boyutlu baskı teknolojinin üretimde kullanılması ve buna adaptasyon süreci daha önce yaşanan buluşlarda kolay olmadığı gibi, bu teknolojinin yayılmasının da belirli bir zaman alması muhtemeldir.

Birçok işletme yarı otomasyona veya tam otomasyona geçiş yapmasına rağmen insana duyulan ihtiyaç bitmemiştir.

Çin’de ki iş gücü ücretlerinin yükselmesiyle, seri üretim hatlarında kullanılan robotların yanına 3 boyutlu yazıcılar da konumlandırılmaya başlanmıştır. Global tedarik zincirleri kısaltıldığı için, patronlar ürünlerin yerel müşterilerin taleplerine göre uyarlanabilmesi için katkı imalatı kullanmayı tercih etmesi yakın gözükmetedir (economist.com, 1 Ekim 2017’de erişildi).

3b yazıcıların bir kısmının küçük ebatlarda olması bu yazıcıların daha kolay taşınmasını sağlar. Bu teknoloji sayesinde kullanıcılara yakın yerlerde üretimin gerçekleşmesiyle işletmeler lojistik maliyetlerinde büyük tasarruf sağlayabilir. “Ayrıca; birçok şirket, var olan ürünleri sayısallaştırarak veya yeni dijital ürünler geliştirerek müşterilerine dijital sunumlarını güçlendireceklerini umuyor” (Geissbauer; Vedso ve Schrauf).

3b yazıcı teknolojisinin özellikle malzeme maliyeti, değişen maliyet hesaplamaları ve ürün fiyatlandırma stratejilerindeki değişimler ile birlikte üreticilerin iş yapma biçimleri üzerinde önemli bir etkisi olması muhtemeldir. Pazar geliştikçe ve 3 boyutlu yazıcı maliyetleri düştükçe; yeni pazarlara, yeni rakiplere yol açacak ve yeni ürünler için prototiplerin imal edilmesi daha az maliyetli ve daha az riskli olabileceğinden yenilikçi ürünlerin ortaya çıkmasını muhtemel kılacaktır. “Üretim boyutunda makinelerin fiyatlarının düşmesi ve her birinden çok sayıda farklı ürün üretebilmenin mümkün olması dolayısıyla piyasaya giriş engelleri azalacaktır” (Snyder, Cottelear ve Kotek, 2014). Pazara giriş engellerinin azalıyor olması, rekabet eden işletmelerin sayısının artmasına neden olacaktır. Rekabet ortamının olması, üreticilerin daha iyi bir hizmet vermesini gerekli kılp; işletmelerin pazardaki mevcut konumlarını korumaları ve daha iyi bir pazar payı elde etmeleri açısından önemli bir gelişme olacaktır. “3 boyutlu baskı için en uygun malzemenin maliyet açısından incelemesi yapılırken tipik enjeksiyon kalıp termoplastiklerden 10 veya 100 kat daha fazla çalışma yapmak gerekebilir” (Sherman, 2009: 35). 3 boyutlu baskı için en uygun malzeme, renk ve yüzey seçimi bitişleri tipik seri üretim proseslerinden daha fazla sınırlı kalacaktır. Yüksek malzeme maliyetleri mevcut üretim yöntemlerine göre dezavantajlı olmasından dolayı 3 boyutlu basım kullanımını sınırlayacaktır.

Mevcut teknoloji düzeyinde 3 boyutlu basım, milimetrenin 10’da biri hassasiyeti ile plastik, reçine ve metallerle çalışabilme imkanı vermektedir (Sherman, 2009: 35-42). Bazı kullanıcılar için bu düzeyde bir hassaslıkla çalışmak uygun olsa da, kullanılan

sektörlerin farklılaşması ve farklı amaçlar için tercih edilme durumundan dolayı bazı kullanıcılar için yeterli olmamaktadır.

3b yazdırma teknolojisi, açık kaynaklı tasarımlar ve bu tasarımlar üzerinde değişiklik yapılmasına imkan sağlayacak olan kullanıcı dostu yazılımların öne çıkması açısından farklılık yaratır (Forrest ve Cao, 2013: 66-70). Böylelikle; geleneksel üretimde yapılan hatalarda telafi süreci, ürünün yeniden tasarlanması, planlanması ve üretilmesi çok zaman alırken; bu yeni teknolojide var olan tasarımlar üzerinden istenen ölçüde değişikliklere daha kısa zamanda ve maliyetsiz bir şekilde ulaşılabilir. “Gelecekte tüketicilerin diğer tüketiciler ile etkileşimi sonucunda oluşturdukları yeniliklerin önem kazanması beklenebilir” (O’hern ve Kahle, 2013:22-30). Hem farklı sektördeki kullanıcılar arasında hem de aynı sektörün kullanıcıları arasında ortak model geliştirme, geliştirilen model üzerinde çalışmalar yapma veya mevcutta var olan modellerdeki değişikliklerle farklı kullanım alanları yaratma gibi çalışmalar yeni teknolojilerin gelişmesini de sağlayabilir.

3 boyutlu yazıcı teknolojisinin üretimi çok merkezli hale getireceği, küçük işletmelerin potansiyelini arttıracığı, depo ihtiyaçlarının ve lojistik maliyetlerinin azaltacağına dikkat çekmektedir. Dolayısıyla bu durum üretim ilişkilerinin yeniden değerlendirilerek üretimin küresel olarak yayılmasını, çevresel etkisini ve enerji maliyeti yüksek olan geleneksel üretime dayalı sanayinin konumunu ve bu anlayışa dayanan ülkelerin geleceğini tartışmalı hale getirmektedir. Fabrika işçisinin olmadığı, enerji tüketiminin düşürüldüğü ve lojistik maliyetlerinin büyük oranda düştüğü artık Çin’e üretim yaptırmanın gereksiz görüleceği bu zamanlarda, üretimde büyük ses getirecek 3b basım teknolojisinin Türkiye’de yayılması kesinlikle şart olarak görülmelidir.

İstenen bir ürün için, bazı işletmeler yeni ürünün kalıplanmasını dışarıdaki tedarikçilerden beklerken, 3b yazıcı teknolojisine sahip işletmeler kendi fabrikasında daha düşük bütçede ve daha kısa zamanda kalıp çıkartıp üretim süreçlerini sağlayabilecektir. 3 boyutlu yazıcılar üretilmesi istenen nesnelere için, üretimin çok önemli iki aşaması olan tasarım süreciyle imalat sürecini birbirine kaynaştırma yeteneğine sahip olacaktır. 3 boyutlu yazıcılar, tasarımı ve üretimi birbirine entegre ederek birbiriyle ilişkili halinde olan bir sürü yeniliği beraberinde getirebilir. Bu sayede farklı ölçekteki işletmeler yeni fikirleri ve yeni girişimleri daha kolay deneyerek öncelik sağlayabilir.

İşletmelerde yer alan karışık planlamalar, özel makineler ve gelişmiş şekilde tasarlanan tedarikçi ağları ile desteklenen üretimin 3b yazıcı teknolojisinde daha basit ve daha sade olması beklenmektedir. Üretimin mevcut geleneksel yöntemlerden sıyrılarak daha basit planlamalara ve daha kolay sağlanan tedarik ağlarına sahip olması üretimi geliştiren bir yön yaratacaktır. Tek bir 3 boyutlu yazıcı yardımıyla izin verilen malzeme miktarında birçok farklı parça basılabilecek, farklı ürünlerin basılması istendiğinde geleneksel yöntemde ihtiyaç duyulan ön hazırlık işlemleri (makineyi üretime hazırlamak için gerekli ayarlamalar yapılması, makinelere gerekli başlıkların takılması) neredeyse yok olacak ve makineler de çalışan operatörlere olan gereksinim azalacaktır.

İşletmeler merkezlerine tüketici beklentilerini karşılamayı almalarından dolayı pazarlama faaliyetlerinin de karmaşıklaşması beklenebilir. 3b yazdırma teknolojisinde, geleneksel üretim hatlarında çokça ihtiyaç duyulan kalıplara, destek alınan yan sanayilere ve sayıca fazla operatörlere ihtiyaç duyulmaması beklenmektedir. Bunun yerine işletmeler müşterilerin beklentilerini sorunsuzca karşılayabildikleri ürün tasarımlarına ve bunu sağlayacak bilgisayar destekli tasarım hizmetlerine ihtiyaç duyacaktır. 3b yazıcı teknolojisi işletmelerin, odağına müşteriyi alarak ortak çalışmalar yapmasına imkan sağlamaktadır. Tasarımcılar, müşterileriyle tasarımlarını ortak bir şekilde gerçekleştirebilirler.

3 boyutlu baskı teknolojisinin gelişmesi ve yaygınlaşması yeni iş alanlarının, farklı sektörlerin ve yeni meslek dallarının ortaya çıkmasına sebep olabilir. Özellikle bu teknolojinin kurulumu için işletmelerde gelişmiş bir bilişim alt yapısının oluşturulması gerekmektedir. Bu gereklilik, bilişim sektörüne ve bu alanda çalışacak elemana olan ihtiyacı da beraberinde getirecektir. Bu teknolojiyle ayrıca; malzeme çeşitliliği yaratma veya yeni materyaller deneme gibi malzeme bilen insan ihtiyacını da daha fazla arttırmaktadır.

Katmanlı imalat teknolojisinde ucuz geri dönüşümlü malzemelerin kullanılıyor olması, pahalı ithalat maliyetlerini düşürülebilir (Pırjan ve Petroşanu, 2015: 360-370). 3 boyutlu yazıcıların yüksek bütçeli olması işletmelerin tercih edilebilirliği düşürse de, geri dönüşümlü malzeme ile en azından prototip veya deneme çalışmalarında ilave bir ücrete katlanmak zorunda kalmayacakları için tercih edilebilir.

3b yazdırma teknolojisi özellikle ürünlerin prototipini elde etmek için yoğun olarak kullanılmaktadır. Prototip olarak üretmede bu teknolojiyi tercih eden işletmelerin farklı sebepleri olabilir. Ürün optimizasyonunu sağlaması, üretim proseslerini azaltması, fire maliyetlerini düşürmesi, kalıptan çıkması zor olan parçaların üretilebilmesi, ürünlerin tasarım sürelerini azaltması veya modülerliği desteklemesi gibi nedenlerden dolayı (3BFab Ekibi, 2017) ilk ürün olarak üretme avantajlı olarak gözükmektedir.

Nesneler frezeleme, tornolama, talaşlı imalat gibi malzemelerin eksildiği geleneksel üretim yöntemlerinde elde edildiği gibi; enjeksiyonla üretme veya döküm gibi kalıpların şeklini alan malzemelerin akıtıldığı yöntemlerle de üretilebilir. Geleneksel üretim süreçlerinde malzemenin kesilmesi veya delinmesi gibi işlemler olduğunda önemli malzeme kayıpları yaşanabilir. Bu teknikler yüz yıllardır kullanılan tekniklerdir ve bu geleneksel yapı içinde istenen ürün elde edilinceye kadar malzemenin genelde %80-%90'ı hurdaya ayrılabilir. Bu yeni teknolojilerde tasarlananın aynısı katman katman üretileceği için ıskartaya ürün çıkması beklenmez. Katmanlı imalatta (AM) katman katman işlem yapılması ve gereken kadarıyla inşaat malzemesi katılması sebebiyle; ortaya çıkan atık neredeyse sıfırdır ve üretim sırasında sadece nihai nesneyi elde edebilecek şekilde malzeme kullanılır (Pirjan ve Petroşanu, 2015: 360-370). Bu durum üretimde ki en büyük problemlerden biri olan hammadde israfını engelleyebilecek potansiyele sahiptir ve gereksiz hammadde atıklarının yerine ihtiyaç kadar kullanılacaktır. Böylelikle israfın önüne geçilerek işletme içi verimliliğin artması da beklenecektir. Özetle, 3b baskı teknolojisi üreticilerin istenilen parçaları üretmesi için asgari hammaddeye ihtiyaç duyacak ve boşa gidecek hurda olarak nitelendirilen çıktıları sebebiyet vermeden gerektiği kadarını bünyesinde tutup kullanacaktır.

Geleneksel kitlesele imalatın olmazsa olmazlarından olan montaj ve kalıplar, 3 boyutlu yazdırma teknolojileri ile zorunlu olmaktan çıkmaktadır. Geleneksel imalatta ihtiyaç duyulan büyük kapasiteli depolar, geniş üretim sahaları, maliyeti yüksek kalıplar ve iyi planlanan tedarik sistemleri 3b yazdırmada gerekmemektedir. 3b yazıcılar daha etkin tasarım ve imalat imkanları doğurarak, işletmelerin verimlilik konularında iyileştirme yaşamasına olanak tanıyacaktır.

Geleneksel imalat yöntemleriyle bazı ürünlerin üretilmesi, ya mümkün olmamaktadır ya da üretilmesi çok zordur. Bu ürünlerin boyut olarak küçük olması veya yapılarındaki

karmaşıklık üretim süreçlerini zorlamaktadır. “Nano ölçekli yani bir kum tanesinden bile küçük, minicik nesnelere en ince ayrıntısına kadar üç boyutlu olarak basılabiliyor. Bilgisayarda çizilen model ile yazıcıdan çıkan model birbirinin tamamen aynı oluyor” (Ekici, 2012). Üretilen nesnenin fazla detaya sahip olması veya et kalınlığının düşmesi; 3b baskıda üretimi de o derece zorlaştıracak ve üretim süresini de arttıracaktır.

3 boyutlu yazıcıların sağlayacağı önemli katkılardan biri de yedek parçaların kolay şekilde ve istenen zamanda üretilmesini sağlamaktır. 3b yazıcılar talebe bağlı olarak belirlenen zaman diliminde ürün üretebilme potansiyeline sahiptir. “Yedek parçaların üç boyutlu yazıcılarla üretilmesiyle cihazların ortalama ömrünün de uzaması sağlanacaktır. Ayrıca firmaların elinde satamadıkları ürün kalma sorunu olmayacak, zira her firma talep üzerine ve düşük sayılarda üretim yapabilecektir” (Çalışkan, 2015). Stoklama problemi çeken, stoklama maliyetine katlanmak istenmeyen veya ürünlerinin bekledikçe işlevinin kaybetmesini göz ardı edemeyen işletmeler için bu teknoloji önemli olabilir. 3b yazdırma teknolojisinin işletmelerde doğru zamanda ve doğru yerde doğru ürünün bulunabilirliğini vaad etmesi, bu teknolojinin uygulanabilirliğini arttırabilir. Özellikle bu yazıcıların gelişmesi ve metal veya benzeri malzemelerin de kullanılmasıyla işletmelerin hem stok sıkıntısını azaltabilir hem de parça bulunabilirliğini kolaylaştırabilir. Bu sayede üretim daha verimli hale gelebilir 3b yazıcı teknolojisinin yedek parça bakımından kolay ulaşılabilirlik sağlaması; işletmenin dış müşterilerine hızlı cevap vermesini ve müşterilerin tatmin düzeyini arttırmasına sebep olabilir. Ayrıca bu teknoloji yedek parçaların vaktinde sağlanmasıyla içeriden kaynaklı problemlerde de üretimde işleyişi bozmadan; süreci daha az olumsuz etkileyen bir çözüm yaratabilir.

İşletmeler müşterilerin değişen ihtiyaçlarına cevap vermek üzere farklı ürün çeşidinde üretim yapmayı tercih edebilirler. Geleneksel montaj hattı işlemlerinde sipariş üzerine özel bir ürün üretileceği zaman; kullanılacak makineler, takımlar, aletler ve malzemeler her bir iş için çoğunlukla değişmek zorunda kalacak ve her bir müşteri ve ürün için yeniden programlanacaktır. 3 boyutlu baskı ile hazırlık sürelerinin neredeyse kalmaması ve montaj hattı sürecinde esneklik sağlaması sebebiyle; her gelen farklı siparişte belirli takım veya malzemeyi barındıracak en uygun dönüşüm sağlanabilecek ve sonuç olarak 3 boyutlu yazıcılar daha hızlı ve daha yüksek kapasite hizmeti sunacaktır (Thomson, 2016). 3b yazıcıların makine-tehizat bakımından ön hazırlık gerektirmemesi; önceden

tasarlanmış 3 boyutu oluşturulmuş ürünlerin üretimini ard arda bekletmeden yapma imkanı sunmuştur.

Bu teknolojinin sağlayacağı avantajlara rağmen birçok üretici; 3b baskı üretimini son üründe kullanmak yerine genellikle bir prototip üretme aracı olarak görmektedir. Üretimde kullanılmasının uygun olmayacağını düşünen araştırmacılar çeşitli nedenleri ortaya koymaktadır. Özellikle araştırmacıların büyük bir kısmı üretim hızının yavaş olmasından kaynaklı olarak baskı sürelerinin uzun olması, üretimde kullanılmasına hazır olmadıkları yönünde ortak fikirdedir. Yılmaz ve arkadaşları 3b baskının üretimde kullanıma hazır olmamasını şu şekilde ifade etmiştir: “Bunun; seri üretime göre yavaş olması, değişen kalite ve standartsızlık ve bazı karmaşık yapıları üretmenin zorluğu gibi üç nedeni vardır. En önemlisi de detay gereken üretimlerde süreç yavaş olabilmektedir” (Yılmaz, Arar ve Koç, 2013).

3b baskı teknolojisi zamanla birçok işletmenin ve girişimcinin dikkatini çekmeye başlamıştır. Bu teknolojinin gelişim göstermesinde ve yayılmasında birçok farklı etken mevcuttur. Bunlardan bazıları: üç boyutlu yazıcı maliyetlerinin uygun fiyatlara düşmesi, girişimci işletmelerin birbirleriyle bilgi paylaşımı yapması, açık modellerin sayısının artmasıyla işletmelerin tasarım maliyetlerini azaltması, prototip çıkarma maliyetlerinin azalması ve birçok farklı modelin kolaylıkla denenebilmesidir. Bu açıdan bakıldığında üç boyutlu yazıcıların icat yapma potansiyelini de çok arttıracığına inanılmakta ve özellikle fikri olup, onu nasıl hayata geçireceği konusunda zorluklar yaşayan işletmeler için kurtarıcı nitelikte olacağı tahmin edilmektedir (Foreman, 2014). Üretimde kullanılan bir 3b yazıcının başlangıç maliyeti bir milyon doların üzerinde olabilirken; bu teknolojiyi kullanacak üreticinin de artan birim maliyetlerini önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğu gerçeği vardır. 3b yazıcıda basılması planlanan bir parçanın, geleneksel imalat prosesleri yoluyla tamamlanan maliyetten çok daha azına mal olması bu teknolojiyi tercih edilebilir kılabilir.

Hem üreticiyi hem de tüketiciyi ortak payda da toplayan beklentilerden biri de hızdır. Üretici birim üretim sürelerinin düşmesini veya birim zamanda daha fazla ürün ortaya çıkmasını isteyecektir. İşletmelerin bu iki önemli olayı yapabilmesi için üretimde ‘hız’ lı olması gerekir. Tüketici açısından olaya baktığımızda, tüketici istediği ürüne istediği zamanda ulaşmak isteyecektir; istediği ürün başka bir işletmede hali hazırda varsa

beklemeyi tercih etmeyip o işletmeyi tercih edebilir. İşte bu noktada, üretici kendi maliyetini düşürmek, etkinliğini arttırmak, verimliliğini üstte tutmak ve müşteriye kaybetmemek için hızlı olmak zorundadır. Bu yüzden üretim hatlarına sürekli iyileştirme taleplerinde bulunur. Gerçekte üretim alanlarında en çok zaman harcanan işlem genellikle montajdır ve ürünün üretilmesi için montaj hatlarında yapılan bir iyileştirme üreticiyi mutlu edecektir. Eğer 3 boyutlu yazıcılar yüksek üretim hızı ve düşük üretim süreleri konularında kendilerini geliştirirse; son teknolojiyi takip eden işletmeler için bu değişim kaçınılmaz olabilir.

İlerleyen zamanlarda, bu teknoloji ile ilgili çeşitli uygulamalar geliştirilmesi gerektiği de beklenen bir durumdur. Basılan ürünlerin daha yüksek kalitede, daha iyi bir çözünürlükte, daha sağlam veya daha esnek gibi özelliklerde olması istenecektir. Bu teknolojiyi kullananların sayısının artması için mevcut olan yapı üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Yazıcıların daha yüksek hassasiyet veya daha büyük ürünlerle uyum sağlayabilecek duruma gelmesi, makine ve malzeme maliyetlerinde önemli düşüşler yaşanması, mukavemet, ısıya ve neme olan direnç sebebiyle malzemelerin uygunluğunun artması gibi sebepler bu teknolojinin kullanımını daha da artacaktır. (Berman, 2012: 161-162).

Özellikle son on yıla bakıldığında imalat sanayinde 3 boyutlu baskının etkisinin giderek artması, mevcut üretim iş modellerini dönüştürmesine etki etmiştir (advancedmanufacturing.org, 11 Ekim 2017’de erişildi). 3 boyutlu yazıcıların yeni üretim teknolojilerini geliştireceği çok net gözükmemektedir. Bu durum mevcut üretim tekniklerini ortadan kaldırmayıp, başka bir alternatif olarak düşünülebilecektir. İşletmelerin yeni bir teknoloji alımından sonra buna hemen adapte olması beklenemez; o teknolojiyi nasıl kullanacakları, nasıl bir yenilik getireceği ve mevcut duruma göre nasıl bir farklılık yaratacağı da merak konusudur. Yeni bir teknolojinin tercih edilmesi için mevcut yapıdan daha iyi olması ya da başka bir alternatif olarak tercih edilmesi beklenir. 3 boyutlu yazıcıların neler yapabildiği ve üretime olan etkisi tartışılrsa da mevcut üretim hatlarının yerini tamamen almayacağı da birçok bilim insanı tarafından öngörülmektedir. 3b yazıcı teknolojisinin geleneksel imalata rakip olmaktan ziyade onu tamamlayıcı ve destekleyici işlev gördüğünü düşünmek doğru olacaktır.

4.2. 3 Boyutlu Yazıcıların Üretim Sistemleriyle Olan İlişkisi

3 boyutlu yazıcı teknolojisi hem seri üretimde hem kesikli üretimde hem de proje üretim sistemlerinde faaliyet göstermektedir. Her bir üretim sisteminde 3 boyutlu yazıcı teknolojisi bazı üreticiler tarafından desteklenirken; bazı üreticiler eksikliklerinin giderilmesi durumunda destekleyebileceklerini ifade etmektedir. Bir grup üretici ise bu teknolojiyi kullanmaya sıcak bakmadıklarını ifade etmiştir. Aşağıda yer alan üretim sistemlerinin başlıklarında bu konular detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

4.2.1. Seri Üretimde Üç Boyutlu Baskı

Eklemeli imalat (AM) teknolojileri geleneksel imalat süreçlerine kıyasla kritik avantajlar sunarken; her üretim alanında kullanılabilmesi için bir takım kısıtlamalar mevcuttur. Günümüzdeki düzenlemelerinde eklemeli imalat prosesleri, seri üretim amaçları için sınırlıdır. Geleneksel imalatta karşılaşılan problemlerden biri olan takım tezgahı ayarlama sürelerinin eklemeli imalatta ortadan kalkacağı söylenebilir. Üretimin tek bir merkezde toplandığı yüz binlerce ürün üreten bir fabrikadan ziyade; dünya çapında talep kaynağı yakınında bulunan yüz yazıcıda binlerce üretim yaparak yüz binlerce seri üretime ulaşılabilir (Campbel vd., 2011). Seri üretim yapan işletmelerde her ne kadar ürün çeşidi sınır olsa da farklı bir çeşitte ürünün üretilmesi gereken durumlarda, bu dönüşüm 3b yazıcılarda daha kolay programlanabilir.

İngiltere Sheffield Üniversitesi'nde bir akademisyen olan Neil Hopkinson, 3 boyutlu yazıcılarla ilgili "insanlar yüksek hacmin potansiyelini görmeye başlıyor" diyerek en büyük direncin parçanın maliyeti olduğunu ve bu potansiyelin kullanılabilmesi için gerekli maliyetlerin düşürülmesi üzerine çalışmaların yapılmasını gerekli görmüştür (Campbel vd., 2011). Birçok araştırmacı da 3b yazıcılarla ilgili bütçe sıkıntısının aşılması durumunda bu teknolojinin gelişeceğine dikkat çekmektedir. Günümüz ekonomisinde işletmelerin var olması ve ayakta kalabilmesi için ürünlerden elde ettikleri kar marjının yüksek olması önemlidir ve bu durum işletmelerin yeni yatırımlar yapmasına katkı sağlamaktadır. Başka bir durum yazıcılardaki üretim hızının artırılması gerekliliğidir. Baskı yazdırma oranının ortalama 4 ile 10 kat daha hızlı noktaya alınması durumunda, birçok araştırmacı 3b yazıcıların mevcut üretim teknolojileriyle rekabet edebilir duruma geleceğini ve böylelikle eski usul geleneksel üretimden kurtulabileceğini ifade etmektedir (Campbel vd., 2011). 3 boyutlu yazıcıların geliştirilmesi üretim süresinin

düşmesini, üretimin hızlanmasını ve birim süre başına daha fazla nesne üretilmesini sağlayabilir. Böylelikle 3b yazıcılar seri üretime yaklaşıma başlayabilir.

“Kitlesel üretim için 3 boyutlu baskı çok fazla duyulmamasına rağmen, geçen yıl Hyproline’s Print Valley sistemi ilk yüksek hızlı metal üretim sağlayan 3 boyutlu teknoloji olmuştur. Wazp’ın CEO’su Shane Hassett’in belirttiği gibi, seri üretilen ürünler endüstrisi, metotları ve teknikleri için birçok araştırmacı tarafından uzunca üzerine çalışıldı ve hızla seri üretimde 3b baskısı artmaya başladı” (Saunders, 2017).

3b basım teknolojisinin seri imalatta kullanılabilirliğini arttırmak adına birçok bilim insanı tarafından çalışmalar yürütülmektedir. 3 boyutlu yazıcılarda genellikle tek malzemedeki üretim gerçekleştirilmektedir. Bu konuda çalışma yürüten bazı bilim insanları çoklu başlıklarla aynı parça üzerinden farklı malzemeleri işleyebilen tasarımlar yapmış ve birden fazla malzeme kullanımını sağlamışlardır. “Farklı malzemeleri işleyebilen çoklu ekstrüzyon başlıkları ile 3b baskılı yazıcılar ileri bir rekabet ortamı oluşturmaktadır” (Yılmaz, 2013). 3 boyutlu baskı üretim tekniklerinin, 2030’lu yıllarda geleneksel üretimdeki kalıplama veya talaşlı imalat gibi üretim yöntemlerinin de yerini alabileceği söylenmektedir (Yılmaz, 2013). Tek bir 3 boyutlu yazıcı, aynı ürün üzerindeki farklı yerleri farklı malzemelerle ilave bir işlem gerekmeden işleyerek; karmaşık parçaların üretilmesine imkan sağlayabilir. Bu durum mevcut üretim sistemlerine göre önemli bir avantaj yaratabilir.

3b yazdırma teknolojisini geliştirmek adına birçok sanayi ve üniversite iş birliğiyle çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Örneğin; yakın zamanda Teksas Üniversitesi ve Oak Ridge işletmesinin ortak yürüttüğü bir proje mevcuttur. Bu projede, gelecek 10 yıl içinde 3b yazıcılarda elektronik sistemlerin ve birbirinden farklı materyallerin birleştirildiği ürünlerin basılmasının devam etmesiyle; 2030 yılına kadar dövme veya talaşlı imalat gibi geleneksel üretim yöntemlerinin yerine geçebileceği söylenmektedir (Yılmaz, Arar ve Koç, 2013). 3b yazıcıların seri üretimde kullanılabilmesi hakkında bazı araştırmacılar, bu zamanın çok yakın tarihlerde olduğunu iddia etmişlerdir. Özellikle ilk prototip olarak tercih edilen 3 boyutlu yazıcılar, zamanla son ürün olarak da karşımıza çıkmaktadır. 3b yazıcılarla üretilen nesnelerin 2016 yılında %50’si son ürünken, 2020 yılında bu değer %80’i aşacağını; fakat prototip üretimdeki avantajdan dolayı bu değer %100 olmayacağı da iddia edilmektedir (Yılmaz, 2013).

3 boyutlu yazıcıların seri üretimde kullanılmasının avantajlarından biri yeni ürün çeşitlerini üretebilme konusunda esneklik sağlamasıdır. İşletmeler üretime devam ettiği ürün çeşidinde talebin gelmemesi, o ürüne olan ilginin azlığı veya beklenen verimi vermemesi gibi çeşitli durumlardan dolayı yeni bir ürün çeşidinde üretim yapmayı planlayabilir. 3b yazdırma teknolojisi, tasarımı yapılan yeni ürünlerin geleneksel üretim yöntemlerindeki ön hazırlık gerektiren takım değiştirme gibi başka işlemlere gerek duymadan; üretilmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca, yazıcıların üretim kapasitesinde kesinti olmadan daha fazla yığın eklenerek tek bir çalışmada ürün sayısı da değişebilir.

Seri imalat ile üretimin yapıldığı alanlardan biri otomobil sektörüdür. Binlerce parçaya sahip olan otomobillerin üretiminde bu teknolojiyi kullanmak yerine; içinde yer alan özelleştirilmiş parçaların üretiminde kullanılması daha mümkün gözükmemektedir. Örneğin; Formula 1 yarış otomobillerinin motor parçaları doğrudan metal lazerle sinterleme kullanılarak imal edilmiştir (Campbel vd., 2011). Bu yeni teknolojinin uygulama alanı şu an kısıtlı olduğundan, farklı sektörlerdeki farklı ürünlerin seri imalatta kullanılabilirliği de değişiklik gösterebilir. Bu teknolojinin kullanılan alanlarına göre uygulamasının hızı ve verimliliği şüphesiz farklılık gösterecektir. Ürünlerin kütle şeklinde üretilmesi için geleneksel yöntemler 3b yazıcı teknolojisine nazaran daha ucuz olabilir ayrıca üreticilerin bu yeni sürece geçmesiyle rekabet üstünlüklerini kaybetmelerine ve çeşitli üretim alanlarında devrilmesine sebep olabilir (Campbel vd., 2011).

Bazı durumlarda işletmeler kalıplara ve makinelere büyük yatırım yapmadan, pazarı test etmek amaçlı 3 boyutlu yazıcılarla üretilen küçük parçaları hızla piyasaya sürmüştür. Bunun özünde yatan sebepler; işletmelerin diğer rakip işletmelere karşı pazar payını kaybetmek istememeleri, pazar paylarını koruma arzusu veya pazarda büyük pay dilimine sahip olmak istemeleri olabilir. Birçok seri imalat yapan işletme günümüzde düşük hacimli üretimlerde 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanırken; çoğu şirket maliyetlerin yüksek olması sebebiyle seri üretimde bu teknolojiyi şuan ki düzeyinde kullanmayı düşünmemektedir (Stadler, 2015). Bu noktada, fabrikaların böyle bir değişime ne kadar hazır olduğu da ayrıca önemli bir konudur. Fabrikaların bu değişim için düzgün bir planlamayla doğru bir alt yapı oluşturması kaçınılmaz olacaktır. İşletmelerin bu yeni üretim teknolojisine geçmeden önce kendileri için en uygun üretim stratejilerini

belirlemesi önemlidir; geleneksel yöntemlerle mi üretime devam etmeli yoksa yeni teknolojiye geçmeleri mi onlar için avantajlı olacağı üzerine detaylı çalışılmalıdır. Örneğin işletmenin birim zamanda ürettiği ürün sayısı, bir ürünün üretimi için gerekli kaynak kullanımı veya makine kullanım oranları geleneksel üretimde mi yoksa katmanlı üretimde mi avantajlı olacağı üzerine çalışmalar yürütülmelidir.

Birden fazla parçaya sahip karmaşık ürünler için, bazı parçaların ayrı olarak basıldığı ve daha sonra geleneksel bir tarzda birleştirildiği görülmektedir. Yaşanan durumun 3b yazdırma teknolojisinde değişebildiği görülmektedir. 3b baskı teknolojisi, basılacak ürün için gerekli işlem sayısını düşürmesini ve daha az sayıda ayrı parçanın birleştirilecek olmasını mümkün kılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Eğer eklemeli imalat teknolojisiyle yapılan çalışmalar başarılı olursa, üretim maliyetleri önemli ölçüde düşebilir, tedarik zincirleri basitleşebilir ve kısalsabilir (Campbel vd., 2011). 3 boyutlu yazıcılarda ürünleri oluşturan malzemelerden tasarruf sağlanması amaçlanarak, aynı işleve sahip ürünlerin daha az malzeme sayısı ve çeşidiyle üretilmesi muhtemel olabilir. Böylelikle işletmelerde önemli ölçüde organizasyon ve planlama işleri basitleşecek, ürün ağaçları sadeleşebilecek ve malzeme maliyetlerinde önemli iyileştirmeler yaşanabilecektir.

Bu alanda çalışma yürüten bilim insanlarının büyük bir çoğunluğu 3b yazdırma teknolojisinin seri imalatta kullanılabilmesi için birçok engelin olduğunu düşünerek bu teknolojiye sıcak bakmamaktadır. 3b yazdırma teknolojisinde imalat sürelerinin geleneksel üretim yöntemlerine göre daha fazla zaman alması, teknolojinin seri imalatta kullanılmaması gerektiği yönünde fikirleri arttırmıştır. Bu fikre sahip bilim insanlarının ve araştırmacıların büyük bir kısmı özelleştirilmiş ürünlerde, maliyetin öneminin az olduğu noktalarda ve küçük hacimlerdeki üretimlerde 3 boyutlu baskının alternatifsiz en iyisi olduğunu savunmaktadır. Araştırmacılar mevcut teknoloji düzeyinde 3b yazıcıların seri imalatta kullanılmasının büyük bir darboğaza sebep olacağını ve ek maliyet getireceğini düşünmüşlerdir, fakat bu zaman problemini yenmeleri durumunda bu teknolojinin seri imalata kullanılmasının vazgeçilmez olacağına da değinmişlerdir (Yılmaz vd., 2013).

3b yazıcılarda seri imalatın daha maliyetli olduğu açık bir şekilde ortadadır. İşletmeler için önemli bir konu olan maliyetin bu teknolojinin kullanımının yaygınlaşması için,

bütçelerine uygun hale getirilmesi önemlidir. 3b yazıcıların ücretlerinin yüksek olması belki de bu teknolojinin henüz yaygınlaşmamasında temel sebeplerden biri olabilir. Birçok işletme bu konu üzerine detaylı çalışmalar yapıp, bu ücretlerin önümüzdeki yıllarda büyük düşüş yaşanacağını öngörmektedir (Erk, 2017). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde sıklıkla karşılaşılan problemlerden biri olan telif hakları konusu da dikkate alınırsa üç boyutlu yazıcılarda pek çok ürünün daha ucuz şekilde üretilebilir hale gelmesi mümkün olacak ve geleneksel seri üretim sistemine ciddi etkilerinin olacağı aşikârdır (Karaganis, Flynn, Primo, ve Lloyd, 2011).

3b yazıcıların maliyet faktörü dışında ürün kalitesindeki yetersizliği, kısıtlı malzeme çeşidine imkan sağlaması ve standartların tam olarak oturmaması konularından dolayı geleneksel seri üretimle karşılaşıldığında daha az ekonomik olmaktadır (Karaarslan, 2015: 193-211). Standartlaşma konusunda mevcut bir çalışma yürüten ASTM (Amerikan Malzeme ve Test Cemiyeti) bu problemi ortadan kaldırma amacıyla 3 boyutlu baskıda kullanılan üretim tekniklerine standart getirmek için çalışmaktadır (Yılmaz, 2013).

3b basım teknolojisi ürünün geleneksel imalata göre tasarlanana daha uygun şekilde üretilmesi ve ürünün fiziksel ve teknik özelliklerinin kolaylıkla test edilmesi gibi sebeplerden dolayı büyük avantaj sağlasa da hacimsel artışta yerini dezavantaja dönüştürebilir. “Örneğin beysbol topu büyüklüğünde ve düzgün hatlara sahip bir ürün üretmek 6 ile 8 saat alacağı için, binlerce adet ürünü üretmek yıllar alacaktır” (Yılmaz, Arar ve Koç, 2013). Fakat 3b baskı teknolojisinin tek bir ürün tasarımıyla ve tek bir makine kullanımıyla birçok parçanın basılmasına imkan sağlaması açısından seri üretimde avantaj sağlayabilir.

3b yazıcıların seri üretimde kullanılmasına engel teşkil eden konulardan biri ürün kalitesidir. 3b yazdırma teknolojisinin kısıtlı malzeme kullanımına sahip olması, istenen her malzemede üretim yapılamamasına etki eder. Bu sebeple üretilecek ürün için o malzemeye ikame edebilecek başka malzemelerin kullanımı zorunlu olabilir bu da istenen kalitede ürünlerin üretilmesini çoğu zaman engelleyebilir. Diğer bir açıdan kullanılacak üretim tekniklerine bağlı olarak, ürünlerde esneklik, sertlik, dayanım veya mukavemet gibi özellikler değişiklik gösterebilir. İstenen özelliklerde ürünlerin üretilebilmesi için farklı üretim yöntemleri uygulanan 3b yazıcıların doğru tercih edilmesi gerekmektedir. Çünkü farklı üretim yöntemlerinin sunabileceği özellikler de farklı olacağı için yanlış

yapılan seçime bağlı olarak kalite problemleri yaşanabilir. Yılmaz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda genel olarak 3b yazıcılarla elde edilen ürünlerin dökümden daha iyi, dövmeye de yakın kalitede ürünlerin ortaya çıkabileceğini göstermiştir (Yılmaz, Arar ve Koç, 2013). Kaliteyi geliştirmek üzere yapılan çalışmalarda geliştirilecek özellikler, yazıcıların seri üretimde kullanımını güçlendirebilecektir.

Otomotiv sektöründe hakim işletmelerden biri olan BMW seri imalatta 3 boyutlu yazıcıların kullanımı için çalışmaktadır, bunun için ciddi bir bütçe ayırmış ve ARGE çalışmalarına başlamıştır. BMW'nin '*i Ventures*' adlı girişim departmanında söz konusu otomobillerde yer alan bazı metal parçaların seri üretiminin 3 boyutlu yazıcılarda basılması üzerine hazırlanan projede, 2017 yılı içinde yaklaşık olarak 45 milyon dolarlık yatırım yapılmıştır (Öğretmenoğlu, 2017). Eğer bu proje başarılı olursa; 3 boyutlu yazıcıların seri üretimde kullanılmasını engel olarak gören birçok işletmede farkındalık yaratması söz konusu olabilir ve sanayi devriminin ardından yeni bir döneme geçileceğine yeşil ışık yakılabilir. Örneğin Boeing, Airbus ve Ford gibi kurumsal işletmeler mevcut sistemde 3 boyutlu baskıyı bazı seri üretim hatlarında yer yer kullanmaktadır ve 2018 yılı içinde Airbus, ayda 30 ton gerektiren yüksek maliyetli bazı parçalarını 3b baskı teknolojisiyle üretmeyi planlamıştır (Keerns, 2017).

Seri imalatın kişiselleştirilmesi fikri her ne kadar zor gibi gözükse de 3b yazıcılarla mümkün olması üzerine tartışmalar yapılmaktadır. Kitlesele kişiselleştirme olgusu, birbirinin özdeşi olan parçaların büyük hacimlerde üretilmesi olan kitlesele üretim ve üretilen her ürünün tamamen müşteriye özgü olarak imal edilmesi veya sipariş üzerine üretimin yapılması kavramalarının birleşmesiyle oluşmaktadır (Davis, 1989: 16-21). Kişiselleştirilmiş kitle üretim ve kitle üretim, birbirinin zıttı veya birbirine alternatif olarak görülmesinin yerine; her gün farklılaşan pazar şartları içinde, birbirinden farklı iki yaklaşım olarak değerlendirilmelidir, ancak bazı durumlarda bir yaklaşım diğere tercih edilebilir (Radder ve Louw, 1999:36). Birçok bilim insanı kişiselleştirilmiş kitlesele üretimin getirileri üzerine çalışmalar yapmıştır. Pine kişiselleştirme kavramını; ürün veya hizmetlerin seri imalat hatlarında üretildiği ve özel kişisel talepler doğrultusunda gerçekleştiği yeni bir işletmecilik stratejisi olarak ifade etmiştir (Joseph, II, Victor, ve Boynton, 1993).

Stanley Davis kitlesel bireyselleştirme'nin "endüstriyel ekonomilerin kitlesel pazarlarıyla aynı sayıdaki müşteriye ulaşılması ve sanayi öncesi ekonomilerde ki gibi müşterilere bireysel olarak davranılması" olduğunu ifade etmiştir. "Kitlesel kişiselleştirme, bireyselleştirme'nin yüksek fiyatlarla gerçekleştiği zanaat döneminin en iyi özelliğini; makul fiyatlarda fakat yüksek derecede standartlaştırılmış ürünlerin üretildiği kitlesel üretimin en iyi özelliğiyle birleştirmektedir" (Tomaş, 2012:15; Yıldırım, 2016: 31). Kişiselleştirilmiş ürünlerde müşteri istek ve arzuları temel teşkil ederken, kitlesel üretimde önemli olan yüksek üretim hacimlerinden düşük maliyetli ürün üretmektir. İşte bu noktada kitlesel kişiselleştirme iki üretim şeklinin bir karmasıdır. Bu üretim anlayışında bazı zorluklar bulunabilir. İşletmeler açısından bilgi toplamak (bireysel bilgilerin), kişisel talebe uygun üretim yapmak ve bunu müşterilerine sunma hususunda aksaklıklar olabilir. Gelişen bu üretim anlayışı, 3 boyutlu yazıcıların desteğiyle gelişme göstermiştir. 3b yazıcılarda her farklı müşteri segmentine uygun olarak tasarlanan ürünleri üretmek daha kolay olabilir. Ayrıca 3b yazıcılarda, önceden tasarımı yapılan ürünler basıldıktan sonra başka bir hazırlık gerektirmeden ufak değişikliklerle aynı ürünün diğer talebi de kolaylıkla karşılanabilir.

Hollanda Uygulamalı Bilimsel Araştırma Örgütü TNO, modern tüketicilerin kitlesel özelleştirme talebini karşılamak üzere ürünleri uygun fiyatta bulma arzusu ve farklı çeşitte ürünlerin yüksek üretim rakamlarıyla birleştirilmesi gerekliliğiyle "*Hiproline*" geliştirdi (pc-control.net, 24 Kasım 2017'de erişildi). Yüksek hızda geliştirilen bu sistemin 3 boyutlu baskı işlemlerini, genel sürecin ayrılmaz bir parçası yaparak ürün çeşitliliği ve kalitesini de arttırması beklenmektedir. PrintValley konseptini temel alan "hibrit imalat", 100 farklı ürün çeşidini yüksek hızda basmayı ve hassas işlemin kombinasyonunu da olası kılmaktadır (pc-control.net, 24 Kasım 2017'de erişildi). Özelleştirilmesi talep edilen ürünlerin her biri, özel istekler doğrultusunda şekillendirilmesine ve ona uygun üretim prosedürleri geliştirilmesine etki eder. Bazı işletmelerin bu tarz üretim anlayışına sahip olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Hızlı prototiplemenin düşük hacimli imalata dönüşmesiyle, bu işletmeler için adreslenebilir pazarın işletme büyüklüğüyle orantılı büyümesi beklenmektedir ve özellikle hızlı prototipleme yapan işletmelerin, kitlesel özelleştirme trendinden faydalanmak amacıyla iyi konumlandırıldığı söylenebilir (Smartechpublishing.com, 24 Kasım 2017'de erişildi).

4.2.1.1. Seri İmalat İçinde Enjeksiyon Üretim ve Katmanlı Üretim Karşılaştırılması

Katmanlı imalat teknolojisinde yaklaşık olarak 1 saatte 1.5 inçlik bir küp oluşturulabilirken; öte yandan bir enjeksiyon kalıplama makinesi, aynı parçayı birkaç dakikada yapabilir. Katmanlı imalat prosesleri hızla artmaya devam ederken, kalıplama teknolojileri kadar hızlı parça üretebilecekleri olasılığı düşüktür. Günümüzde 3 boyutlu basım teknolojisinin, geleneksel imalatta sıkça kullanılan enjeksiyon kalıplama işlemleriyle rekabet edebileceği bir hız seviyesinde olmadığı tespit edilmiştir (Campbel vd., 2011). İki üretim yöntemi birbiriyle kıyaslandığında; katmanlı imalat özel parçaların üretilmesine veya seri üretimden ziyade düşük hacimli üretim çalışmalarının yapılması gerektiğinde tercih edilen süreç olduğu ortadadır. “Enjeksiyon kalıplama gibi geleneksel teknikler, ürünlerin seri imalatı için uygun maliyetli olabilir ancak katmanlı üretim, nispeten küçük miktarlarda parçalar üretilirken daha hızlı, daha esnek ve daha ucuzdur” (Aydın ve Küçük, 2014).

Hopkinson bir tabakanın diğer bir tabakanın üzerine lazerle kaynaştıran bir yöntem olan lazer sinterlemenin, tüm sürecin dar boğazı olduğunu ve çok küçük veya çok büyük parçalar işlenecekse bu yöntemin süreci engelleyici bir şekilde yavaş ve maliyetli olacağını ifade etmiştir. Teknolojinin bu konuda engel teşkil etmesi üzerine Hopkinson çalışmalarını devam ettirerek daha farklı bir yaklaşım sunmuştur: “Baskı yatağının boyutuna ve cismin boyut ve karmaşıklığına bağlı olarak Hopkinson Yöntemi mevcut lazer sinterleme teknolojisinden 10 ile 100 kat daha hızlı olma potansiyeline sahiptir” (Abrahms, 2015). Hopkinson, amacına böylelikle kendi geliştirdiği yöntemle ulaşmıştır. Hız arttıkça ve maliyet düştükçe, eski usul teknolojileri kullanmaya devam eden geleneksel imalatçılar da 3b baskı teknolojisini kullanmayı tercih edebilir ve üretim yöntemlerini bu teknolojiye dönüştürebilir.

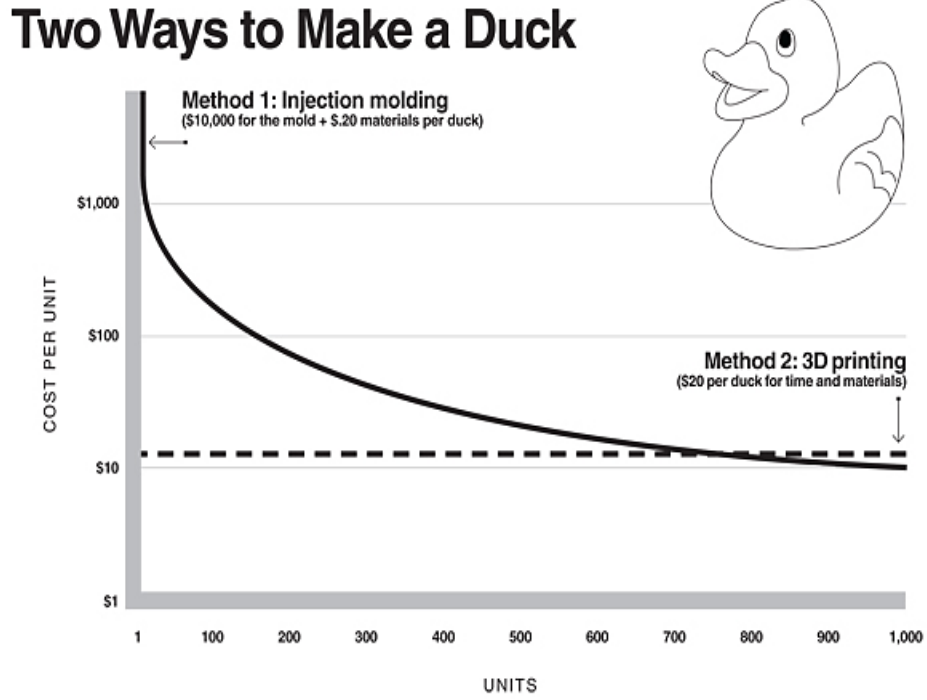
İki üretim teknolojisinin birbirine karşı sağladığı bir takım üstünlükler elbette vardır. Örneğin 5000 birim plastik bir ürün üretmek istenildiğinde; 3 boyutlu yazıcı ile üretmenin bazı konularda avantaj bazı konularda da dezavantaj sağladığı söylenebilir. Bu birçok kitlesel üretim yapan üreticilerin karşılaştığı büyük bir sorundur. Enjeksiyon kalıplamayla birlikte tek bir kalıptan çok sayıda ürün elde edilebilmesi ve bu sayede kalıbın amortize edilmesini sağlaması açısından 3 boyutlu yazıcılara göre avantaj sağlayabilir. Enjeksiyon kalıplama işlemi döner bir plastikleştirme vidasının, plastik ham maddeleri sıcaklık

etkisiyle eritmesi ve eriyen plastik kütlenin vida ucuza doğru taşınmasıyla sağlanır. Yüksek basınç altında eksen hareketleriyle içi boş olan başka bir aletin içine aktarılır ve soğutma işlemleriyle kalıptan bu parçaların ayrılması olayıdır. İşte burada kalıbın genişliğine ve hacmine bağlı olarak istenen sayıyı amortize ederek, tek bir kalıptan birçok bitmiş ürün elde edilebilir.

İki farklı teknolojinin zıtlığı konulardan birisi de maliyet etkisi olacaktır. Enjeksiyon kalıplamada tek bir kalıpta ortaya çıkan ürün adetinin fazla oluşu birim bazında maliyeti düşürmektedir. 3 boyutlu baskı teknolojisinde ürünlerin katman katman eklenmesinden dolayı adetin artması, birim başına ürün maliyetine etki etmez ve her ürünün ürün maliyeti aynı olur (Anderson, 2014). Üretim maliyetlerine ayrıca tasarım için gereken süre, baskı süresi ve hazırlık süresi gibi maliyete etki eden faktörleri de dahil etmek gerekecektir. İki farklı üretim yöntemi içinde en uygun olana karar vermek için “Başabaş Nokta Analizi” kullanılabilir. İlk olarak X eksenine üretim hacmi, Y eksenine üretim maliyetleri yerleştirilir ve bir grafik oluşturulur. X ve Y noktalarının kesiştiği noktadaki üretim hacmi, iki üretim yöntemindeki üretim maliyetlerinin eşit olduğu noktayı verecektir. Bu noktanın aşağısındaki veya yukarısındaki üretim hacmi için analiz yapılması gerekecektir. Chris Anderson’un kitabından bu konuyla ilgili bir örnek problem verilmiştir (Anderson, 2014: 559-576).

Tablo 19

Seri Üretimde Enjeksiyon Kalıplama ve 3B Baskı Teknolojinin Başaşa Nokta Analiz ile Karşılaştırılması Grafiği



Eğri geleneksel üretim yöntemini göstermektedir. Kalıbın başlangıç maliyetinin 10\$ olduğu ve birim üründe malzeme maliyetinin 0.20\$ olduğu verilen bilgiler arasındadır. Bu maliyetler içinde makine ve zaman maliyeti yer almamaktadır. Yatay çizgi, 3 boyutlu yazdırmayı temsil etmektedir, zaman ve malzeme maliyeti birim üründe 20\$'dır. Bu maliyetin içinde 3 boyutlu yazıcının maliyeti yer almaz.

Eğer büyük miktarda ördeklerin seri bir üretimi varsa yani kütle üretimi gerçekleşecekse method 1(kalıplama) yöntemi seçilecektir; ancak üretilecek ördek sayısı daha sınırlıysa veya daha düşük hacimlerde üretim gerçekleşecekse 3 boyutlu yazdırma yöntemini kullanarak üretim yapmak daha avantajlı olacaktır (Anderson, 2014: 559-576). Üç boyutlu yazıcılarda ilk ördek 20\$'a üretilirken; binlerce ördek üretmek istenildiğinde ölçek arttıkça maalesef bu teknolojiyle üretim ekonomik olmayacaktır. Eğer ördek üretimi enjeksiyonla gerçekleşecekse; ilk kalıp 10,000\$'a mal olurken bundan sonraki her üretim, başlangıç harcamasını amortize edecektir. Örneğin bir milyon ürünün üretimi

yapıldığında, hammadde için birer kuruş ödenecektir. Büyük üretim hacimleri için eski usul üretim yöntemi en uygunu olacaktır (Anderson, 2014: 559-576).

4.2.1.2. Seri Üretimde 3B Baskı Teknolojisini Kullanan İşletme Örnekleri

Dünyada 3 boyutlu baskı teknolojisine sıcak bakan ve seri üretim yapan büyük kurumsal işletmelere rastlamak mümkündür. 3b yazıcı teknolojisini kullanan işletmelerden bazılarını örnekleriyle aşağıda yer verilmiştir.

- **IKEA**

Güzel mobilyalarla döşenmiş odalar, odaları zenginleştiren aksesuarlar, lambalar ve banyo tasarımları derken labirent gibi tasarlanmış gezme deneyimleriyle birçok insanı cezbeden bir mağaza zinciridir.

3 boyutlu baskının yaygınlaşmasıyla da bu teknoloji, mobilyalar ve ev dekorasyon ürünlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Ikea' da bu yeni teknolojiyi yakından takip eden işletmelerden biri olmuştur. 2017 yılında yayınladığı koleksiyonda 3b yazıcı teknolojisıyla ürettiği ürünlere yer vermiştir. Şimdi de IKEA, seri üretim olarak 3 boyutlu baskılı ev objelerini üretmektedir. Yenilikçi bir işletme olan IKEA'nın yeni teknolojileri keşfetmesi ve ürünlerini yeni teknolojilerle üretmesi diğer rakip işletmeler için de bir adım niteliğinde olabilir.



Şekil 54: 3b Yazıcı ile Üretilen IKEA Ev Aksesuarları

Yukarıdaki koleksiyon kafesten esinlenerek insan elinin daha karmaşık halinde hazırlanmıştır. Ürünün tasarımı bilgisayar ortamında 3 boyutlu oluşturularak, basıma hazırlanmış ve üretimi seri olarak sağlanmıştır. Eğer üretim enjeksiyon kalıplama gibi

geleneksel üretim yöntemleri tercih edilerek gerçekleşseydi, muhtemelen maliyeti daha fazla olacaktı.

- **ADIDAS**

Yeni teknolojileri kullanmaya eğilimli olan ve yeni teknolojileri takip eden işletmelerden biri olan Adidas, yakın zamanda üç boyutlu yazıcılarla üretilen bir modeli piyasaya sundu. Adidas 'Futurecraft 4d' adını verdiği bu yeni tasarımını seri üretime sokmaya hazırlanmaktadır. Piyasaya çıkan en rakipsiz ve en iddialı model olarak gösterilen ayakkabı, sıvı polimer reçineden yapılan tabanın daha önce hiç görülmemiş bir rahatlığı sunduğu iddia edilmektedir. Ayrıca bu ürünün baştan aşağı karmaşık ve ilham verici bir tasarıma sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 55: 3b Yazıcı Teknolojiyle Üretilmiş Ayakkabı Taban Tasarımı

Adidas ilk olarak küçük üretim hacimleri için veya ürünlerin prototiplerini üretmek için 3b yazıcı teknolojisini tercih ederken; ilerleyen zamanlarda büyük hacimler için seri üretimde bu teknolojiyi tercih edeceklerini duyurdular. Çalışmalarını 3b yazıcı teknolojisinin liderlerinden Carbon ile yürüten marka, fikir ilk ortaya çıktığında ürünün üretimi için yaklaşık 1 saat 20 dakika harcarken; sıvı malzemeyi ışıklı sertleştirme yöntemini geliştirerek bu süreyi 20 dakikaya düşürmeyi başarmış ve bu sayede büyük kazanç elde etmişler (habertürk.com, 2 Eylül 2017'de erişildi).

Seri imalatta birim başına üretim süresinin azalıyor olması, toplam üretim sürelerinin iyileşmesine katkı sağlayarak kapasitenin daha etkin kullanılmasını sağlayacaktır. Adidas bu özel ürünün ilk üretimine geçtiğinde 300 çift üretirken, 2017 yılında bu değer 5000

çift, 2018 yılında tam anlamıyla üretim hacmini arttırıp 100 bin Futurecraft ayakkabı üretmeyi hedeflemektedir (habertürkcom, 2 Eylül 2017’de erişildi).



Şekil 56: 3b Teknolojiden Yararlanılarak Üretilen Adidas Futurecraft Ayakkabısı

- **NEW BALANCE**

Sektörde bir firmanın öncelik etmesiyle, diğer rakip birçok firmanın da benzer çalışmalarına hız katması olasıdır. New Balance spor markası, tercih ettiği bir ayakkabı modelinin seri üretilmesi için 3b yazıcı teknolojisini tercih etti. Adidas’ın önderlik ettiği 3b yazıcı destekli ayakkabısını New Balance’ın da takip etmesi önemli bir adım oldu. ‘Zante Generate’ adı verilen bu sınırlı sayıda üretilen ayakkabılar, son gözde teknolojilerden biri olan 3b yazıcılardan üretilmektedir.



Şekil 57: 3b Yazıcı ile Üretilen Ayakkabı Tabanları

New Balance, 3b Systems ile ortak bir proje yürüterek, toz ve yırtılmalara dayanıklı, kauçuk esaslı elastomerik DuraForm Flex malzemeyi ayakkabı tabanlarında kullanarak bu yazıcılarda üretimi gerçekleştirdiler (onedio.com, 1 Eylül 2017’de erişildi). Marka yeni malzeme desteğiyle ayakkabının taban yastığının optimum denge, esneklik,

dayanıklılık ve hafifliği sağladığını söyleyerek; ayakkabıların koşuculara maksimum konforu sağlayacağının altını çizmişler (onedio.com, 1 Eylül 2017’de erişildi).

- **ARÇELİK**

Arçelik, üretim hatlarında kullandığı çoğu plastik parçayı kalıplama yöntemleri ile elde etmektedir. Fakat küçük veya karmaşık plastik parçaların üretimi sırasında sıklıkla karşılaşılan bir takım zorluklar mevcuttur. Kalıplama yönteminde elde edilemeyen küçük ve/veya karmaşık parçaların birçoğu, dışarıdan yabancı ülkelerden tedarik edilmek zorunda kalınmaktadır. Bunun farkında olan mühendis ve tasarımcılar, bu parçaların 3b yazıcı teknolojisiyle üretmenin mümkün olabileceği üzerine çalışmalar yaptıklarını söylemektedir. Arçelik’in teknik koordinatörü Metin Bilgili, özellikle plastik malzeme sektöründe 3b yazıcıların kullanılmasının önemli olduğunu söylemiş ve kalıplı plastik tekniği ile üretimde birçok parçanın üretilmesine rağmen, bu yöntemle üretilmesi zor olan parçaların da 3 boyutlu yazıcı teknolojisini kullanarak elde ettiklerini ifade etmiştir (Dirim, 2015).

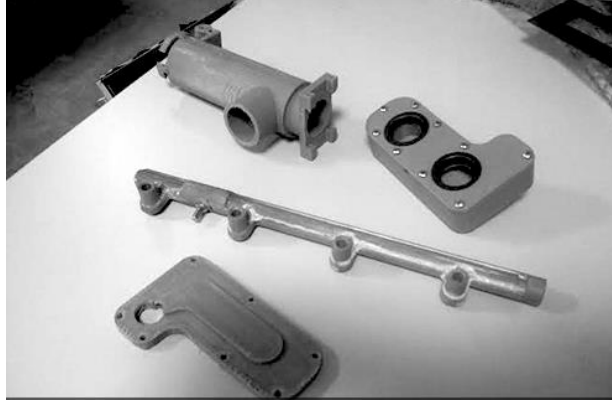
İşletme kendi bünyesindeki kalıp hanede imal ettiği kalıplara ek olarak ihtiyacının %40’ını dışarıdan yaptırmaları sebebiyle, 3 boyutlu yazıcılardan kalıp üretiminde yararlanmış ve böylelikle daha kısa sürede daha hassas kalıpları üretebildiklerini görmüşlerdir (3bers.org, 3 Kasım 2017’de erişildi). 3b yazıcılar için çeşitli kalıp tasarımları yapılarak tasarlanan kalıpların istenen özellikleri sağlayabilmesi üzerine, hem daha hassas hem de daha çabuk kalıp üretmenin mümkün olabileceği gösterilmektedir. Öncelikle bir parçanın üretimine geçilmeden önce o parçanın kalıbının oluşturulması, elde edilen parçaların tolerans sınırı içinde kalıp kalmadığının incelenmesi, kalıpların güvenilirliğinin test edilmesi ve gereklilik durumlarında kalıp tasarımlarının revize edilmesi gerekliliği vardır. İşte bu noktada 3b yazdırma teknolojisini kullanmak, tüm dataları kendinin girdiği bir programla kalıbın ve parçaların üretilmesinin mümkün hale gelebilmesine katkı sağlamaktadır.

Arçelik plastik endüstrisinde bulunan bazı şirketler de 3 boyutlu baskının potansiyel faydalarını gördükten sonra bu teknolojiyi kullanmaya başladıkları gerçeği vardır. Mevcut kalıplama proseslerini ana üretim kaynağı olarak kullanan işletmeler, faydaları fark etmeye başlamış ve kendi imalatı için 3b baskı süreçlerine doğru kaymıştır (3bers.org, 5 Kasım 2017’de ulaşıldı).

- **VESTEL**

Türkiye'nin %100 yerli temasıyla üretim devlerinden olan işletme, teknolojiyi yakından takip ederek 3boyutlu yazıcıların sağladığı avantajların farkına varmakta geç kalmamış ve hızlı prototiplemeyi kullanmaya başlamışlardır. Böyle büyük işletmeler, büyük hacimlerde üretime başlamadan önce ürünlerin prototipini üretmek onlar için bir zorunluluk olmaktadır.

Vestel ilk olarak 3b yazıcıları, bulaşık makinesi içindeki biberon yıkama aparatlarının üretiminde tercih ettiler; fakat bununla kalmayıp kulp üretimleri ve bir takım montaj aparatlarını da üretir duruma geldiler. Vestel ARGE yöneticisi Can İmer, 3b yazıcıları üretime geçmeden önce 3b yazıcıları ürünlerin prototiplerini üretmede ve ürünlerin kabı, kulbu veya knob vb aksesuarları üretmede kullandıklarını ancak teknoloji ilerledikçe kullanım alanlarını genişleteceklerini söylemiş ve 3b baskı teknolojisine sıcak baktıklarını dile getirmiştir.



Şekil 58: Vestel 3b Yazıcılardan Ürettikleri Bazı Prototip Örnekleri

4.2.2. Kesikli Üretimde 3 Boyutlu Yazıcı Kullanımı

Kesikli imalat seri üretime nazaran daha küçük hacimlerinde üretim yapan, farklı tip üretim olanaklarına imkan sağlayan ve farklı ürün çeşitlerine izin veren bir üretim tipidir. Kesikli üretime sahip işletmeler, genellikle sipariş usulü çalışan ve gelen kesikli talepleri karşılamak üzere faaliyet gösteren işletmelerdir. Bu durumda üç boyutlu yazıcıların kesikli üretimde önemli bir üstünlüğü olabilir. Örneğin 3b yazıcıların talebe uygun, kişiye özel ve sınırsız çeşitlilikte ürün imal etme imkânı sağlaması, kesikli üretim için önemli bir özelliktir. Tüketiciler kitle üretim yapan firmaların kendilerine sağlayamadığı farklı

çeşitte ve benzersiz ürünlere, üç boyutlu yazıcılar sayesinde ulaşılma gücüne sahip olurlar.

Bazı türde ürünler ülkeden ülkeye göre çeşitli varyasyonlarla değişiklik gösterebilir. Tüm dünyada tercih edilen bazı markaların ürün çeşitliliği bile farklı ülkelerdeki talebe göre değişebilir. Farklı çeşitte ürün üretebilen işletmelerde, farklı birimlerden gelen taleplerin olması sebebiyle değişik ürünlerin üretilmesine imkan sağlanır. Farklı türdeki ürünleri tek bir merkezde üretmek yerine; talebe yakın yerlerde 3b basım merkezleri oluşturulup üretimi bu noktalarda gerçekleştirme sonucunda büyük avantajlar elde edilebilir. Kurulan merkezlerin çevrelerinden alınan talebe göre üretim yapmak, hem zamanında üretim yapılmasını sağlayabilir hem de merkezi birimlerden nakil olacağı için lojistik faaliyetlerini kolaylaştırmaya katkı sağlayabilir. Aynı zamanda, belirli bir ürün tüketiciye daha yakın noktalarda üretildiği için çok daha az sayıda baskı yapmaya ihtiyaç duyulup bu üretim platformundan talep üzerine fayda sağlanması mümkün olabilir (Campbel vd., 2011). Büyük fabrikaların kurulmasından ziyade, talebin yoğun olduğu noktalarda merkezi birimlerin kurulması talebin istenilen şekilde karşılanmasına fırsat verebilir. Özellikle 3 boyutlu yazdırma teknolojisi ile lojistik faaliyetlerinin önemli ölçüde kolaylaşması ve lojistik maliyetlerinde de hatırı sayılır bir iyileştirme olması beklenmektedir.

Tek bir 3b yazıcı yardımıyla birçok farklı nesnenin basılması ve bunun için yeni hazırlık süreçlerine sahip olmayışı (kalıp takma, makinenin ayarlarını değiştirme vb.) açısından kesikli üretimde avantaj yaratabilir (Karaarslan, 2015: 193-211). Böylelikle makinelerin başındaki operatörlere kısıtlı durumlarda ihtiyaç duyulabilir.

Bu teknolojinin kesikli üretim yapan işletmeler tarafından kullanımını bazı araştırmacılar olumlu görüp desteklerken, bazı araştırmacılar da bunun olumsuz etkiler yaratacağını ifade eden çalışmalar yapmıştır. Ekici(2012), 3 boyutlu yazıcıların kullanımının küçük ölçekte üretim gerçekleştiren işletmelerde güç kaybetmelerine neden olacağını söylerken; büyük ölçekteki işletmelerin ise güçlerini arttırmaya sebep olacağını altını çizmiştir. Örneğin büyük ölçekli kurumsal işletmelerin neredeyse tamamına destek veren ve bazı tür parçaların veya kalıpların üretilmesine yardımcı olan birçok küçük-orta ölçekli işletme vardır. Büyük ölçekli kurumsal işletmeler 3b yazıcı desteği ile dışarıdan tedarik

ettiği parçaları dış kaynaklara ihtiyaç duymadan kendi bünyesinde üretebilir. Bu durum, kendilerine destek veren küçük ölçekli işletmelerin piyasadan silinmesine neden olabilir.

Bazı kesikli üretim yapan işletmeler, siparişe göre çalıştığı ve çok farklı çeşitte ürünleri üretebildiği için seri üretimden oldukça uzak bir üretim anlayışına sahiptir. Kesikli üretim yapan işletmeler seri üretim yapan büyük kurumsal şirketlere göre daha küçük hacimlerde üretim gerçekleştirdiği için bazı işletmelerde 3b yazıcı teknolojisini kullanmak dezavantajlı olurken, bazı işletmeler 3b yazıcı teknolojisinin getirilerini avantaja dönüştürebilir. Birçok işletme yeni ürün denemelerinde veya belirli bir partiyi üretme konusunda 3 boyutlu yazıcılara başvurmaktadır. Örneğin Ford 3 boyutlu yazıcı teknolojisinden yararlanarak belirli bir partinin kalıplarını üretmiş ve bu sayede normalden 4 5 ay daha kısa sürede ve yüz binlerce dolar maliyetten tasarruf sağlamıştır (Smith, 2015). Ford'un elde ettiği bu başarı diğer rakip firmaların da dikkatini çekmiştir. Bu avantajı fark eden birçok işletmenin belirli partideki ürünleri üretmesi ve bu partiler üzerinde çalışarak yeni varyasyonları test etmesi sonucunda kendileri için en uygun ve en farklı ürüne ulaşmalarına katkı sağlamıştır. Smith (2015) yaptığı çalışmalarda, artık eski endüstriyel sürecin kısıtlamaları ile bağdaşmayan mühendislerin düzinelerce varyasyon keşfedebileceğine, hepsini test edebileceğine ve en uygun ayarlamayı yapabileceğini dikkat çekmiştir.

Birçok araştırmacı, kesikli üretim yapısındaki işletmelerin düşük hacimlerde üretim yapması sebebiyle; 3b yazıcıların bu üretim sistem tipine sahip işletmelerde kullanılabilir olduğunda ortak fikirdedir. Bu teknolojinin kesikli üretimde kullanılmasının avantajlı olduğunu düşünen araştırmacılardan Smith, yaptığı çalışmalarda 3b yazıcıların özellikle maliyet konusunda sağlayacağı avantajlara dikkat çekmiştir. Smith (2015), bir parti veya bir sipariş için 1000'den az ürün üreten çoğu işletmede bu teknolojinin uygun maliyetli bir alternatif olacağını söyleyerek; 3 boyutlu baskı üretimi için fiyatların %95 veya daha fazla düşeceğine dikkat çekmiştir. Ayrıca 3b yazıcı teknolojisi hakkında çalışan araştırmacılardan biri olan Nadin (2016), bu teknolojinin tartışmasız avantajlı olduğu üzerine vurgu yapmıştır. 3b baskı, üreticilerin seri üretim yapan işletmelere nazaran daha küçük, daha az kurumsal olduğu, daha küçük partilerde üretim yaptığı, özellikle bir defalık partide ürünlerini ürettiği ve karmaşık parçaların üretimini sağladığı durumlarda çok güzel avantajlar yaratmaktadır (Nadin, 2016). Bununla birlikte işletmelerin daha fazla

risk almasına, ürünü isteğe göre özelleştirmesine ve yeni bir ürün portföyünü de kolaylıkla piyasaya sürmesine imkan sağlayabileceği düşünülmelidir.

İletişim teknolojilerinin artmasıyla tüketicilerin her alanla bilgi sahibi olmaları, onların istek ve ihtiyaçlarını daha fazla şekillendirmekte ve değiştirmektedir. Tüketiciler özellikle son yıllarda, standart ürünlerden ziyade kişiselleştirilmiş ürünlere de ilgi duymaya başlamıştır. Üretim zamanla basitleşmesi ve tüketici beklentilerinin farklılaşmasından dolayı işletmeler odaklarını üretimden pazarlamaya dönüştürmektedir. Günümüz dünyasında insan ihtiyaçları kişiden kişiye farklılık gösterebildiği için, bu hizmeti veren işletmelere de ihtiyaç duyulması kaçınılmaz olmuştur. Birçok araştırmacı, mevcut durumda işletmelerin 3b yazıcıları, kişiye özel üretimde veya üretim hacmi çok küçük olan birimlerde daha fazla kullanmaya eğilimli olduğunu söylemektedir.

“3 boyutlu yazdırma teknolojilerinin üretim hatları gibi yan sanayilere, kalıplara, operatörlere ihtiyaç duymadığı için eskisi kadar önemli olmayacaktır. Ancak işletmelerin yazılım destekli tasarım hizmetlerini sunmalarındaki etkililikleri ve tüketici beklentilerine uygun geliştirdikleri tasarımları çok daha önemli olacaktır” (Karaarslan, 2015: 193-211).

Her bireyin farklı fiziksel özelliklere sahip olmasından dolayı kişisel kullanımlı birçok makinede tam otomatikleşme sağlanamamıştır. Örneğin; traş makinelerine veya saç kurutma makinelerine insan müdahalesiyle yön verilmektedir. Bu yüzden kullanılan makinelerde standartlaşma olsa da insan müdahalesi gerektirerek kullanıldığı için bu makinelerde tam otomatikleştirme söz konusu olmamaktadır. Bu yüzden 3b yazıcıların kişiye özel ürün üretme potansiyeline sahip olması açısından önemi büyüktür. 3b yazdırma teknolojisi daha hassas yapıdaki özelleştirilmiş ürünlerin daha kısa sürede basılmasını sağlayabilir.

3b yazıcılarda özelleştirilmiş ürünlerin en çok basıldığı alanlardan biri medikal uygulamalardır. 3b yazıcıların medikal uygulamalarda kullanılmasının sebeplerinden biri de kişiye özel üretime imkan vermesidir. “Günümüzde yüzlerce kişiye özel protezler, milyonlarca diş kaplamaları ve işitme aygıtları her hastanın farklı fiziksel yapıdan kaynaklı olmasından dolayı 3b yazıcıların kullanımıyla elde edilmektedir” (Schubert vd., 2017). Örneğin, trafik kazasında ağır şekilde başından yaralanmış bir hastanın önce beyin tomografisi çekilir ve 3b medikal programlar kullanılarak katı model datası oluşturulur. Ardından CAD programı kullanabilen bir tasarımcı ve ilgili doktorla parça tasarımı

yapılır ve uygun malzeme ile üretime geçilebilir. Her kişinin anatomik yapısının farklı olmasından dolayı bu teknolojiyle kişiye özel üretilen ürünler, hastaların hayatı kolaylaştırarak yaşam kalitesini arttırabilir.

3 boyutlu yazıcıların sağladığı en büyük avantajlardan biri de esnek üretimdir (Erk, 2017). Üç boyutlu yazıcıların üretimde esneklik sağlaması, seri üretimli işletmelere nazaran daha küçük ölçekte üretim yapan üreticilerin özel amaçlı kullanımına imkan vermesi ve müşteriye özel üretimi kolaylaştırması gibi fonksiyonları sunmaktadır (Campbell vd.,2011). Bu durumda daha küçük hacimli imalat yapan kesikli üretim yapısındaki işletmeler, 3b yazıcıları kullanmanın avantajını yeni müşteri portföyü elde ederek yaratabilirler. Çünkü tüketicilerin kişisel ürünleri talep etmesi ve kendini özel hissetmek gibi durumlara sahip olma durumu, 3b yazıcılara sahip küçük ölçekli ve kesikli üretim yapan işletmelerin önünü açabilir.

3b yazıcıların kesikli üretim yapan işletmeler tarafından kullanılabilmesi değerlendirildiğinde; 3b yazdırma teknolojisinin kullanıcılara sunduğu avantajlardan biri **bulut tabanlı üretim** gerçekleştirmeyi sağlamasıdır (Erk, 2017). Bulut tabanlı üretim, herhangi bir insana ihtiyaç duymadan siparişlerin internet ortamından çekilerek otomatik bir şekilde gerekli makinelerle bildirilmesini ve üretim emirlerini vermesini sağlayabilir. İşletmeye gelen bir sipariş üretildikten sonra, eğer sistem üzerinden başka siparişler gelmeye devam ediyorsa aynı şekilde makinelerle üretim emirleri verilerek bir sonraki işe geçiş yapılır ve işlemleri tamamlanan siparişler hazır konuma gelir.

Teknolojinin kesikli üretim yapan işletmeler tarafından kullanılabilmesine dair son dönemlerde birçok araştırma yapılmıştır. İlk olarak Kasım, 2016 Formnext Fuar'ında 3b yazıcı teknolojisinin bütün bu bulut tabanlı işlemleri otomatik bir şekilde gerçekleştirebildiği gelen katılımcılar tarafından görülmüştür (Erk, 2017). Hızlı prototip teknolojisinin gelişmesi birçok şirket için de fırsata dönüşmektedir. Sadece bu teknolojiyi kullanan işletmeler değil; ayrıca buna destek sağlayan veya servis hizmeti gören işletmeler de kurulmaya başlamıştır. Örneğin İngiltere Sainsburys'te açılan bir 3b yazıcı mağazası, hem bu teknolojiyi satmakta hem de kullanıcıların karşılaştığı problemleri çözüp ürünlere katma değer katacak işler sunmaktadır (Smartechpublishing.com, 24 Kasım 2017'de erişildi).

Geleneksel üretim anlayışında farklı çeşitte ürünlerin üretilmesi için ayrı kalıplara ihtiyaç duyulabilirken, farklı ürünlerin 3b yazıcılarda basılması için hiçbir şekilde kalıba ihtiyaç duyulmaz ve bu da işletmenin tasarım maliyetlerini düşürebilir. Örneğin 2014 yılının başlarında BAE Systems, BAE 146 bölgesel uçaklarının belirli bir partideki havalandırma borularını, katmanlı imalattan yararlanarak üretmiştir. Plastik havalandırma borusu, kabin pencerelerindeki buğulanmayı önlemek amacıyla 3b yazıcılarda üretilmiş ve üretilen bu parça EASA'dan onay almıştır. İşletme daha öncesinde bu plastik boruların enjeksiyon kalıp yöntemi ile üretilmekte olduğunu; fakat mevcut üretim hattının artık kullanılabilir olmadığını ve yeni bir üretim hattının kurulması için çok kısa bir sürede ve daha az maliyetle katmanlı imalat teknolojisini tercih ettiklerini ifade etmiştir (STM Danışmanlık, 2016:18).

Orta ölçekli alüminyum kapı ve pencere üreten ve siparişe göre çalışan bir işletmenin yaşamış olduğu problemin değerlendirilmesi aşağıda yer almıştır. Üretim hattının başında kesilen alüminyum profiller gerekli montaj işlemlerinden geçerek paketlenmekte ve süreç bu şekilde ilerlemektedir. Bu üretim hatlarında benzer türde ürünlerin (kapı ve pencere) üretilmesine rağmen, ürünler her müşteri için ayrı ayrı özelleştirilmektedir. Ürünlerin standartlaşmamasından ötürü değişiklik gösteren bir takım malzeme farklılıkları da olmaktadır. Bu sebeple diğer üretim sistemlerinde olduğu gibi hat, gerekli malzemelerle sürekli desteklenmekte ve hatta gerekli olan malzemelerin miktarsal durumu kontrol edilmektedir. Yaşanan bir kontrolsüzlük sonucu hem hatta hem de işletmede gerekli malzemenin zamanında bulunamaması, hattın bekletilmesine ve o hattaki tüm siparişlerin gecikmesine yol açtı. Bu gecikmenin sebebi, eksik olan parçaların yurt dışından tedarik edilmesi ve fabrikaya geliş sürelerinin uzun olmasıydı. Yaşanan sipariş gecikmeleri, özellikle yabancı distribütörleri rahatsız ettiği için fabrikanın büyük cezalar almasına sebep oldu. Olaydan sonra işletme 3b yazdırma teknolojisini getirileri üzerine analizler yaparak, 3 boyutlu bir yazıcıyı satın aldı. Fabrika çalışanları beklenmeyen bir aksaklıkta, durumun aciliyetine göre parçaların dışarıdan gelmesini beklemek yerine; fabrikada üreterek zamansal kayıpları ortadan kaldırmayı amaçladı. İşletme 3b yazıcı teknolojisini sadece aciliyet gerektiren durumlarda değil aynı zamanda parça iyileştirmelerinde ve kalıp imalatında da kullanmaya başladı.

BÖLÜM 5. SANAYİ 4.0 ve 3B YAZICILAR ÜZERİNE BİR ANKET ÇALIŞMASI VE BULGULARIN ANALİZİ

5.1. Araştırmanın Amacı

Çalışma, seri imalat ve kesikli imalat yapan işletmelerin Sanayi 4.0 ve 3b yazıcı teknolojisine dair genel bilgi düzeylerini, bu teknolojilere olan algılarını, bakış açılarını, ilgi ve yakınlığını belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. İşletmelere uygulanan anket sorularıyla da iki farklı üretim sistem tipine sahip olan işletmelerin bu yeni sanayileşme sürecine ve 3b yazıcı teknolojisine olan algılarını ve bakış açılarını hem kendi içlerinde hem de birbirlerine karşı inceleyebilmek de amaç edinilmiştir. İki farklı üretim sistem tipindeki işletmelerin bu kavramlara olan yakınlık derecelerinin, yaşamayı düşündükleri zorlukların, yeni sanayileşmeden ve 3b yazıcılardan beklentilerinin, geliştirilmesi düşünülen özelliklerin ikili kıyaslamalara girerek değerlendirmesini doğru yapabilmek önemlidir. Araştırma sonucunda, işletmelerin bu teknolojileri kullanması durumunda yaşayacağını düşündükleri zorlukların, elde edebileceğini düşündükleri avantajların, bu teknolojilere sahip olma konusundaki kısıtların, bu teknolojilerden olan beklentileri ile ilgili bakış açılarının ve algıların ortaya konması amaçlanmıştır.

5.2. Araştırmanın Önemi

Hazırlanan tez konusunun Türkiye’de daha önce çalışılmamış bir konu olması ve 3 boyutlu yazıcılarla ilgili bir anket uygulamasının yapılmamış olması bu çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Sanayi 4.0’ın ortaya çıkmasıyla geçen 7-8 yılda, farklı üretim sistem tipine sahip imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin, Sanayi 4.0’a ve 3b yazıcı teknolojisine uyum sağlayabilecek olma durumunu kısmen ölçmekte ve geleceğe yönelik yapılan çalışmalara bir zemin olabileceği düşünülmektedir. Uygulama sonucunda elde edilecek verilerle geleceğe dönük 3b yazıcı teknolojisinin kabul edilebilirliğini araştırmak üzere yapılacak çalışmalarda kullanabilmek, geliştirilebilecek bir ölçek için temel oluşturmak, bu teknolojiyi üreten veya pazarlayan işletmeler için yazıt oluşturmak ve araştırmanın sonunda ortaya çıkacak algıların değişmesi için gerekli düzenlemelere gidilerek bir eylem haritası çizilebilmek adına önemlidir.

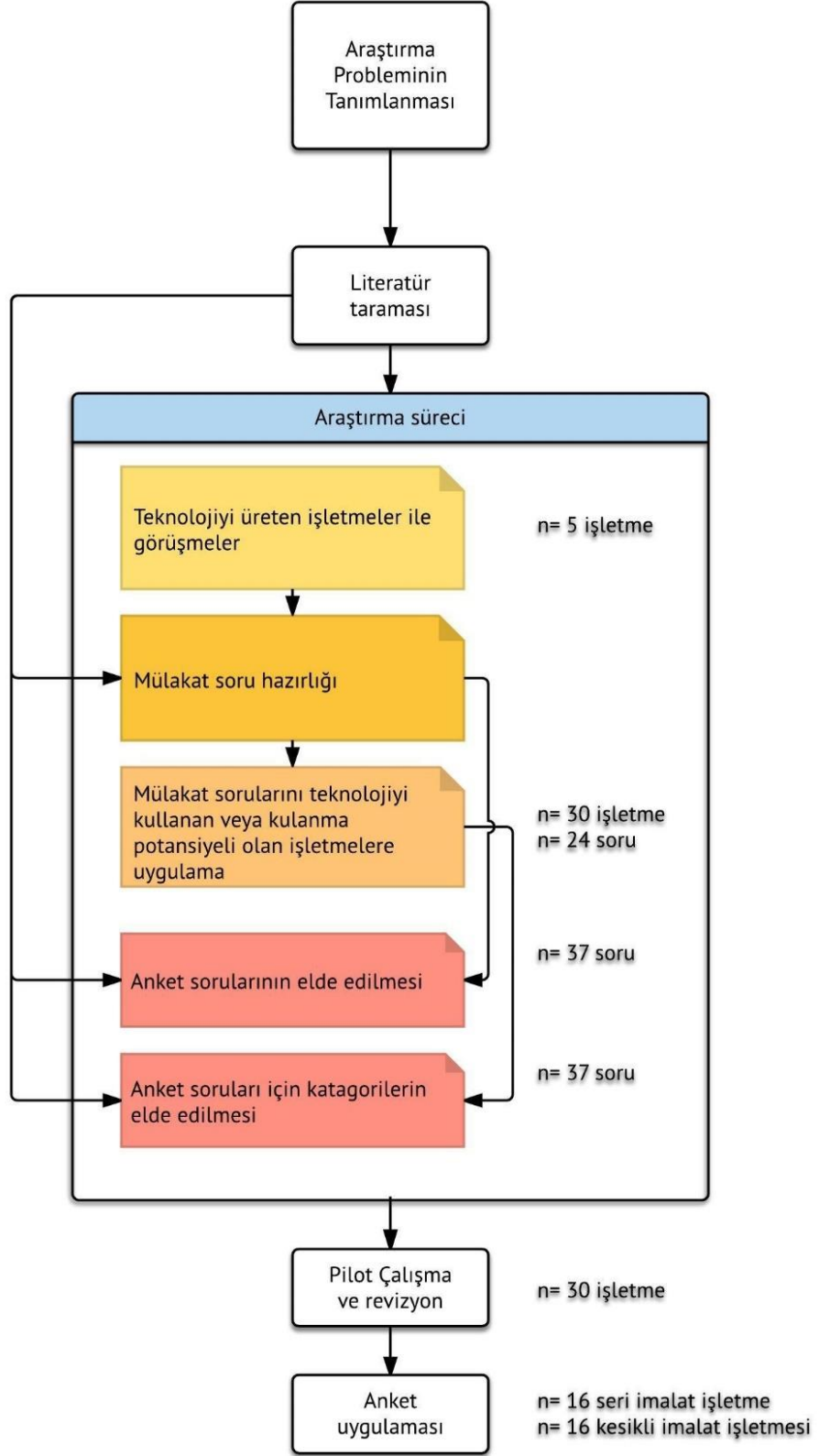
5.3. Araştırma Süreci ve Tasarımı

Bilimsel araştırmaların, teoriye bir katkı yapma, uygulamada bir problemin çözümünü sağlama veya her ikisini gerçekleştirmeye yönelik bir amaçla yürütüldüğü (Altunışık vd., 2007:22) düşünüldüğünde, yapılan çalışmanın teorik ve uygulamalı alanda bir katkı sağlayacağı iddia edilmektedir.

Araştırma sürecinin başında, ilk olarak Sanayi 4.0 konusunun genel hatlarıyla araştırılması ve daha sonra konunun daraltılarak 3 boyutlu yazıcılar konusuna indirgenmesi ile başlamıştır. Asıl cevaplanması gereken sorular: bu yenilikçi üretim anlayışında işletmelerin 3b yazdırma teknolojisini ne derece sahipleneceği, hangi özelliklerinden yararlanmak istediği veya bu teknolojiye olan olumlu ve olumsuz gördükleri temaların neler olduğudur.

3b yazıcı teknolojisi ile ilgili daha önce herhangi bir ölçeğin geliştirilmemiş olmasından dolayı, çalışmaya mülakat soruları (EK'te) hazırlanarak başlanmıştır. Mülakat sorularının hazırlanmasının amacı, ankette kullanabilmek için katılımcılardan alınacak cevapları belirli standartta kategoriler haline dönüştürebilmektir. Mülakat sorularının hazırlanması için hem literatür taranmış hem de sanayi 4.0 ile ilgili daha önce yapılan anket çalışmaları incelenmiştir; çalışmanın 3b yazıcı teknolojisiyle ilgili kısmında da hem literatür taranmış hem de 3b yazıcı teknolojisini üreten veya pazarlayan işletmelerle bire bir görüşmeler yapılmıştır. Bu teknolojiyi kullanan veya kullanmaya yatkın aynı zamanda mülakat sorularını cevaplama potansiyeli olan 30 farklı işletme tespit edilmiş ve her bir işletmeyle birebir mülakat yapılmıştır. Gerçekleştirilen mülakatlarda alınan cevaplar bir nevi içerik analiziyle standart hale getirilerek anket sorularının kategorilerinin oluşturulmasına literatür desteğiyle katkı sağlamıştır. Anket soruları da işletmelere sorulan mülakat sorularının revize edilmesiyle ve doğru anlaşılır olması için pilot çalışmalar yapılmasıyla son halini almıştır. Anketin uygulanacağı grubun belirlenmesi için birçok araştırma yapılmıştır. Katılımcılar Sanayi 4.0 ve 3b yazıcıları genel olarak bilen ve bu teknolojiyi kullanmayan fakat kullanma potansiyeli olan seri veya kesikli üretim yapan işletmeler olarak belirlenmiş ve katılımcılara hazırlanan anketler ulaştırılmıştır.

Bir sonraki sayfada bütün bu anlatılan bilgilerin şematize edilmiş hali yer almaktadır.



Şekil 59: Araştırmanın Tasarım Süreci

5.4. Araştırmanın Kapsamı

Çalışmanın 1. Aşamasında, işletmelerin Sanayi 4.0 hakkındaki genel bilgi düzeyi ölçülmek amacıyla sorular (1.-14. soru) sorulmuştur.

Çalışmanın 2. Aşamasında, kendi işletmelerini Sanayi 4.0'a hazır bulma düzeyini belirlemek amacıyla sorular(15.-22. soru) yöneltilmiştir.

Çalışmanın 3. Aşamasında, 3b yazıcı teknolojisine kendi işletmelerini hazır bulma durumu ve bu teknolojiye olan bakış açıları ölçülmek üzere sorular (23.-37.soru) sorulmuştur.

Ortaya çıkan bulgular da 3 kısımdan oluşmaktadır. İlk bulgular kesikli imalatta faaliyet gösteren 16 işletme yöneticisinden elde edilmekte, ikinci bulgular seri imalatta faaliyet gösteren 16 işletme yöneticisinden elde edilmekte ve son bulgular da iki farklı üretim sistem tipine sahip işletmelerden elde edilen verilerin karşılaştırılmasıyla tespit edilen sonuçları içermektedir.

5.5. Araştırmanın Kısıtları

Literatürde bu konunun detaylı çalışılmamış olması elde edilen her bilgiye şüpheli yaklaşılmasına neden oldu. Karşılaşılan en büyük sıkıntı anketi uygulayacak katılımcıların bulunma noktasında yaşanmıştır. Sanayi 4.0 ve 3b yazıcı teknolojisini genel çerçevede bilen Türkiye merkezli işletmelere ulaşmak konusunda büyük engellerle karşılaşmıştır. Ülkemizde bu teknolojiye olan bilgi ve ilgi eksikliği sebebiyle birçok küçük/orta ölçekli işletmenin anket sorularını cevaplayamama durumuyla karşı karşıya kaldı. Özellikle küçük ölçekli işletmelerin sanayi 4.0 ve 3b yazıcılar hakkındaki bilgi eksikliği, çoğu işletme sahibinin 3b yazıcı teknolojisinin ismini dahi duymayışı çalışmayı kısıtlayan durumlardan olmuştur. Bu sebeple çalışmanın evrenini daraltmak durumunda kalınarak, anketin sadece orta ölçekli işletmeler üzerinde uygulanmasına karar verilmiştir. İlk araştırma kitlesi için kesikli imalat yapan 30 işletmeye, sanayi 4.0 ve 3b yazıcı teknolojisiyle ilgili genel bilgilerinin olma durumu sorulduğunda, sanayi 4.0'ı bilse dahi 3b yazıcı teknolojisi hakkındaki bilgi eksikliği katılımcı sayısını 16'ya düşürmüştür. Çalışmanın, hem seri hem de kesikli üretim yapan birbirinden farklı işletmelerde bu teknolojinin uygulanabilme durumu inceleneceği için, farklı illerdeki farklı sektörlerde

üretim yapan işletmelere ulaşılması noktasında özellikle zaman olarak bir takım engellerle karşılaşmıştır.

5.6. Araştırma Evreni

Çalışmada görüşme yapılacak kişi: profesyonel yönetici statüsünde bulunan, işletmenin karar vericisi olarak görülen, işletmenin genel müdürü veya üretim direktörleri olarak belirlenmiştir. Araştırma soruları işletme yöneticilerine detaylandırılmadan önce, “Sanayi 4.0 kavramı, stratejileri ve uygulamalarına dair genel bir bilgiye sahip misiniz?” ve “3b yazıcıları genel çerçevede biliyor musunuz?” sorularına ‘*Evet*’ cevabı veren katılımcılar üzerine uygulanmıştır.

Araştırmanın kurumsal evrenini, Türkiye’de farklı sektörlerde faaliyet gösteren 32 adet **orta ölçekli** işletme oluşturmaktadır. Çalışma, işletmelerin üretim direktörleri veyahut üretimden sorumlu genel müdürleriyle görüşme yapılarak oluşturulmuştur. Katılımcılar, 3 boyutlu yazıcı teknolojisine sahip olmayanlar ve buldukları sektör dolayısıyla bu teknolojiyi kullanması mümkün olan işletmeler olarak seçilmiştir. Ayrıca ankete cevap verilebilmesi için genel bilgi düzeyi gerekli olduğundan küçük ölçekli işletmelerin bilgi yetersizliği ve büyük ölçekli işletmelerin de bu teknolojilere daha yakın olması sebebiyle aynı sınıflandırmamaya almamak için çalışma sadece orta ölçekli işletmeler üzerinde uygulanmıştır.

“Araştırmanın Kısıtları” kısmında da ifade edildiği gibi Sanayi 4.0’ı ve 3b yazıcıları genel düzeyde bilme durumu ilk olarak 30 adet kesikli üretim yapan işletme yöneticisine sorulmuş ve 14 adet işletme yöneticisinden “Hayır” cevabı alınmıştır. Yöneticilerin bilgi eksikliği yüzünden anketi cevaplayacak katılımcı sayısı dolayısıyla 16’ya düşmüştür. İki farklı üretim sisteminin ayrı ayrı karşılaştırılması yapılacağı için durumu dengelemek adına seri üretim yapan işletme sayısı da 16 olarak sınırlandırılmış ve toplamda 32 işletme üzerinde anket uygulanmıştır.

5.7. Verilerin Toplama Aracı ve Verilerin Analiz Edilmesi

Anket cevapları işletmelerle birebir görüşme gerçekleştirilerek veya online olarak birincil kaynaklardan bilgi toplanarak alınmıştır. Bilgiler, farklı sektörlerde faaliyet gösteren ve farklı arka plana sahip olduğu öngörülen yönetici isimler belirlenerek toplanmıştır. Yöneticilerle birebir görüşme yapmak için telefonla veya elektronik posta yoluyla

randevu alınmış ve belirlenen tarihlerde ziyaretler gerçekleştirilmiştir. Diğer cevaplar ise işletme yöneticilerinden internet ortamı üzerinden online görüşme yapılarak alınmıştır. Katılımcılara 37 sorudan oluşan anket formu uygulanmadan önce, 30 kişi üzerinde ön test uygulanmış ve ortaya çıkması muhtemel anlaşmazlık, belirsizlik ve sorunlar tespit edilerek form yeniden revize edilmiştir. Bu çalışmada, katılımcıların yaşayacağı düşünülen anlaşmazlıkları çözümlenebilmek adına yüz yüze veyahut internet aracılığıyla bir araya gelinerek karşılıklı bilgilendirme sonucunda gerekli veriler toplanmıştır.

Tablolardaki işletme kodları X ile başlamakta ve her yönetici bir sayıyı simgelemektedir: X1,X2...,X16. N(n) sorudaki o temada seçim yapan işletme yöneticilerinin sayısını belirtmekte olup temanın frekansını göstermekte; % kısmı o temada seçim yapan katılımcıların toplam katılımcı oranını ifade etmektedir. Özetle, her soru için ayrı oluşturulan tablolar; temalardan, işletme kodlarından, o temada seçim yapan katılımcı sayılarından (n) ve bu katılımcıların genele oranından oluşmaktadır.

5.8. Kesikli Üretim İşletmelerinden Elde Edilen Bulgular ve Bulguların Yorumlanması

Soru 1: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0’a (uygulamalarına, yeniliklerine teknolojilerine, hedeflerine vb.) ne derece hakim olduğunuzu düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 20’de sunulmuştur.

Tablo 20

İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0’a Kavramını Hakimiyeti (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
İyi	X1,X3,X4,X5,X7,X9,X10,X11,X12	9	56
Orta	X13,14,X15,X16	4	25
Sınırlı	X2,X6,X8	3	19

Bu soru: kesikli üretim yapan işletme yöneticilerinin Sanayi 4.0 sürecine dair kendilerini bilgi olarak nerede konumlandıklarını öğrenmek amacıyla sorulmuştur.

Araştırmaya katılan işletme yöneticilerinin **%56’sı** Sanayi 4.0’ın uygulamaları, sağlayacağı yenilikler, gerektirdiği teknolojiler ve hedefleri gibi konularda **iyi derecede** bilgi sahibi olduğunu düşünürken, **%25’i** kendini bu konuda **orta derecede** yeterli görmekte ve kalan katılımcılar da (**%19’u**) bu sanayileşme süreciyle alakalı **sınırlı** bilgiye sahip olduğunu belirtmektedir.

Soru 2: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0’den önce bilinmesine rağmen birçok teknolojinin ismini bu sanayileşme süreciyle daha fazla duymaya başladık. Aşağıda yer alan teknolojilerin etkileri ve uygulama alanları konusunda genel anlamıyla bilgiye sahip olduğunuzu düşünüyorsunuz?’’ sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 21’de sunulmuştur.

Tablo 21
İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 İçinde Yer Alan Teknolojilere Hakimiyeti
(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Robot Teknolojisi	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X9,X10, X11,X12,X13,X15,X16	13	81
Bulut Teknolojisi	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X9,X10, X11,X12,X13,X14,X15	13	81
RFID (Radyo Frekans Tanımlama Sistemi)	X1,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X11, X12,X13,X15,X16	12	75
Gerçek Zamanlı Veri Toplamak	X1,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X10, X12,X13,X16	12	75
Sistem Entegrasyonunun Uyumu	X1,X3,X5,X7,X8,X9,X12,X13 ,X15	10	63
Gömülmüş IT	X1,X4,X5,X7,X9,X10,X11,X12, X14,X15	10	63
Siber Güvenlik	X1,X4,X5,X7,X9,X12,X14,X16	8	50
Simülasyon	X1,X2,X3,X4,X7,X9,X14,X16	8	50
Arttırılmış Gerçeklik	X1,X3,X4,X5,X7,X9,X10,X11	8	50
IOT(Nesnelerin İnterneti)	X1,X4,X5,X9,X10,X11,X12,X16	8	50
M2M (Makineden Makineye iletişim araçları)	X1,X3,X5,X7,X10,X11,X12,X16	8	50
Giyilebilir Teknolojinin Üretimdeki Yeri	X3,X4,X5,X9,X11,X15	6	38
Big Data	X1,X3,X4,X5,X10,X16	6	38
RTLS (Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri)	X3,X4,X5,X7,X8,X10	6	38

Bu soru ile görüşme yapılan yöneticilerin son dönemlerde daha fazla gelişme gösteren modern imalat teknolojilerine olan bilgileri ölçülmek istenmiştir. Katılımcıların **%81’i** tarafından en çok **bulut teknolojisine ve robot teknolojisine** dair bilgilerinin olduğu tespit edilirken; en az bilgilerinin olduğu alanların ise katılımcıların **%38’i** tarafından **giyilebilir teknolojinin** üretimdeki yeri, **Big Data** ve **RTLS** olduğu tespit edilmiştir. Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri (RTLS), özellikle RFID sistemiyle çok fazla karıştırılması görüşme yapılan birçok yönetici tarafından belirtildi. Bu yöndeki bilgi

eksiklikleri için ayrı bir yönelim gösterilmesi ve bilgi düzeyinin artırılması gerekliliği ortadadır.

Katılımcıların **% 63'ü sistem entegrasyon** uyumu ve **Gömülmüş IT** 'de, **% 50'si de siber güvenlik teknolojileri, simülasyon, artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti ve M2M** (Makineden makineye iletişim araçları) teknolojilerinde detaylı bilgiye sahip olduğu düşüncesindedir.

Görüşme yapılan yöneticiler tarafından en az bilinen (katılımcıların **%38'i**) temalar: **giyilebilir teknolojinin** üretim sistemlerindeki yeri, **big data**lar ve **RTLS** olarak tespit edilmiştir.

Soru 3: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0 ile ilgili işletmeniz dışında seminer, kongre veya fuarlara katılma gibi bir imkanınız oldu mu?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 22’de sunulmuştur.

Tablo 22

İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 ile İlgili Etkinliklere Katılma Durumu(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, katılmadım.	X2,X6,X7,X8,X10,X12,X13,X14,X16	9	56
Evet, katıldım.	X1,X3,X4,X5,X9,X11,X15	7	44

Katılımcıların **%44'ü** Sanayi 4.0 ile ilgili seminer, kongre veya fuarlara katılma imkanına sahip olurken; **%56'lık** kısmı bu alanla ilgili herhangi bir etkinliğe katılmadıklarını ifade etmişlerdir. Günümüzde hala işletmelerdeki imalattan sorumlu direktörlerin %56'sının böyle etkinliklere katılmamış olması büyük bir eksiklik ve bu tarz etkinliklerin sayısının artırılması ve katılımın mümkün hale getirilmesi önemlidir.

Soru 4: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0'ın uygulamalarının **mevcut düzende küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz?**” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 23’de sunulmuştur.

Tablo 23
Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmelere Uygulanabilirliği
(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, uygulanamaz.	X2,X5,X6,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X16	11	69
Evet, uygulanabilir.	X1,X3,X4,X7,X15	5	31

Katılımcıların **%31'i**, Sanayi 4.0'ın **mevcut haliyle** küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünmekte; **%69'u** da uygulanamayacağı yönünde ortak fikirdedir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğunun uygulanamayacağını düşünmelerine etki yaratan birçok farklı sebep mevcuttur. Anketin devamında, hem uygulanabilir olduğunu düşünen hem de uygulanamayacağını savunan katılımcıların böyle düşünmelerinde etkili olan faktörler tespit edilecektir.

Soru 5: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sizce küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulama alanlarının genişlemesi durumunda Sanayi 4.0'ın getirdiği uygulamalara geçiş yapma hususunda zorluklar yaşayabilir mi?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 24'de sunulmuştur.

Tablo 24
Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Karşılaşabileceği Düşüncesi(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, karşılaşılabilecektir.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, karşılaşılmayacaktır.		0	0

Katılımcıların **her biri**, Sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanması sonucunda birçok zorlukla karşılaşacağı yönünde ortak fikirdedir. Her ne kadar Soru 4'de katılımcıların **%31'i** küçük/orta ölçekli işletmelerde Sanayi 4.0'ın uygulanabileceğini savunsa da, yine de bu uygulama sırasında bir takım zorluklarla karşılaşılacağını da iddia etmektedir.

Soru 6: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sizce küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 ile ilgili uygulamalara geçiş yapma hususunda aşağıda yazan hangi nedenlerden dolayı zorluklar yaşanabileceğini düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 25’de sunulmuştur.

Tablo 25
Yöneticilerim Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0’a Geçişinde Yaşanılacağı Düşünülen Zorluklar(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Yeterli bilgiye sahip olmamak	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9, X11,X12,X13,X14,X15,X16	14	88
Gerekli Bütçenin Olmayışı	X1,X2,X4,X6,X7,X8,X9,X10,X11, X12,X13,X14,X15,X16	14	88
Teknolojik alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X1,X2,X3,X6,X7,X8,X9,X10,X11, X13,X14,X15,X16	13	81
Senkronize Çalışmama Durumu (Makinelerin, İnsanların vb. Ortak Çalışmaması)	X1,X3,X4,X6,X7,X8,X9,X11,X12, X13,X14,X16	12	75
Yazılım –donanım alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X1,X2,X3,X6,X7,X9,X10, X11,X13,X14,X15,X16	12	75
Entegrasyon Zorlukları	X2,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13, X14,X15,X16	12	75
Geçiş süreci planlamalarını tam yapamamak	X1,X2,X4,X5,X6,X8,X11, X12,X14,X15	10	63
Kalifiye elemanı kolay bulamamak	X1,X2,X4,X5,X6,X11,X12, X14,X16	9	56
Zamansal Yetersizlik (Dönüşüm için)	X2,X3,X5,X7,X10,X11,X12,X15	8	50
Verilerin güvenliğinin kolay sağlanamayacak olması	X3,X4,X6,X7,X11,X15,X16	7	44
Yönetici-Çalışan Bariyerleri	X1,X2,X8,X9,X11,X13,X16	7	44
Dışarıdan Destek Yapılarını Sağlayamaması	X2,X5,X6,X7,X13,X14,X15	7	44
Devlet Desteğini Alamamak	X2,X5,X9,X10,X13,X14,X15	7	44

Katılımcıların hepsi küçük/orta ölçekli işletmelerin birtakım zorluklar yaşayabileceği fikri içinde olduğu için, her bir katılımcı küçük veya orta ölçekli işletmeler tarafından karşılaşacağını düşündüğü temalarda seçim yapmıştır. Katılımcılar en çok (**%88'i**) **yeterli bilgiye sahip olunmaması** ve **gerekli bütçenin** olmayışını Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapma hususundaki en büyük engel olarak görmektedir. İşletmelerin ilk olarak Sanayi 4.0 ve uygulamaları hakkındaki bilgilendirme ihtiyacı işletmeler tarafından da kabul gördüğünü çıkan verilen ortaya koymuştur. Bütçe hususunda küçük veya orta ölçekli işletmelerin yıllık kazancının genelde düşük olması, katılımcılara işletmelerin yeni sanayileşme sürecine geçiş yapmakta zorlanacaklarını düşündürmüş olması muhtemeldir.

Katılımcıların **%81'inin** işaretlediği **teknolojik alt yapısındaki** eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması, Sanayi 4.0'a geçiş yapma konusunda en fazla zorluk yaşanacağı düşünülen üçüncü kategori olarak tespit edilmiştir. Bu eksikliklerin kolay giderilemeyecek olmasını düşüncelerinde bütçe olarak yetersiz kalmaları, yeni teknolojilere uyum sağlayamamaları veya teknolojileri kullanılmayacak olmaları gibi alt kategoriler yer alabilir.

Sanayi 4.0'ın doğru uygulanabilmesi için makinelerden gelen bilgilerin ve insanlarla uyumlu çalışabilecek iyi yazılımların olması gereklidir. Özellikle küçük veya orta ölçekli işletmelerin büyük bir kısmında hala yazılım ve donanım olarak birçok eksik mevcuttur. Katılımcıların **%75'i**, **yazılım alt yapısındaki** eksikliklerin kolay giderilemeyecek olmasını düşünmektedir. Bilişsel anlamda yenilikler için düzgün yapıların kurulması gerekliliğinden dolayı her 4 katılımcıdan 3'ü işletmelerde bu yapının kolay sağlanamayacağı fikri içindedir. Katılımcıların yine **%75'i** yeni teknolojilerin kurulmasına dair entegre olma problemleri (**entegrasyon zorlukları**) ve bu yeni teknolojilerin işletmeye dahil edilmesiyle hem makinelerin hem ürünlerin hem de insanların senkronize problemi (**senkronizasyon problemleri**) yaşayacağı düşüncesindedir. Başka bir tema olarak belirtilen entegre olma zorlukları; işletmeye dahil edilen yeni bir sistemin veya ekipmanın işletmenin var olan düzenine entegre etme konusunda bir takım problemler yaşanabileceğini ifade etmektedir. Özetle katılımcılar, bu yeni sanayileşme sürecine, küçük veya orta ölçekli işletmelerin kolaylıkla adapte olamayacağı kanaatindedir.

Katılımcıların **%63'ü** sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapma hususunda, küçük/orta ölçekli işletmelerin **geçiş süreci planını** doğru yapamayacakları düşüncesine sahiptir. Sanayi 4.0 ve uygulamalarının adaptesi için öncelikle planlamanın doğru yapılması gerekmektedir. Alınacak teknolojilerin, bunu kullanacak kafiyeye elemanların, işletme içindeki senkronizasyonun ve sistemlerin birbirine entegre olup çalışmasının sağlanması için doğru ve eksiksiz bir şekilde planlama yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda katılımcıların yarısından fazlası, bu ölçekteki işletmelerin geçiş süreci planını doğru yapamayacağı fikrindedir. Bu yönde kararı olmayan diğer katılımcıların farklı düşünceleri olabilir. Örneğin, işletmelerin ölçekleri itibarıyla daha küçük olmasından kaynaklı olarak planlamanın daha kısa süreceğine böylelikle yeni sürece geçişte problem yaşanmayacağı fikrine sahip olabilirler.

Katılımcıların **%56'sı** da **kalifiye eleman** bulamama konusunda zorluk yaşayacağı düşüncesindedir. Sanayi 4.0 ile birlikte kalifiye elemana duyulan ihtiyaç artmakta ve daha da artacağı düşünülmektedir. Yeni teknolojileri kullanabilecek elemanların belirli bir yatkınlıkta ve yetkinlikte olma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Özetle katılımcıların yarısından fazlası kalifiye iş gücünün kolay bulunabilirliği konusunda zorluklar yaşanabileceğini onaylanmaktadır.

Sanayi 4.0'ın uygulanması için işletmelerin teknoloji, yazılım ve işgücü gibi konularda yenilik ve düzenlemelere ihtiyacı vardır. Yaşanacak her bir dönüşüm için belirli bir zaman ve para gerekir. Katılımcıların **%50'si** küçük veya orta ölçekli işletmelerin dönüşüm sürecinde zaman olarak bir takım sıkıntılar yaşayabileceği fikrindedir. Diğer **%50'lik** kısım, işletmelerin küçük veya orta ölçekli olması sebebiyle, bu dönüşüme daha kolay cevap verebileceği fikrindedir.

İşletmelerde yapılacak bir takım düzenlemeler, farklılıklar, adaptasyon ve yenilik gerektirecek işler, çoğu zaman işletme çalışanlarının ters tepkisine yol açabilir. Birçok çalışan yaptığı işin yapılış düzenine alışkın olması sebebiyle, yaşanabilecek bir değişikliği reddedebilir. Katılımcıların **%44'ü** sanayi 4.0'a geçme konusunda böyle bir zorlukla karşılaşabileceğini düşünmektedir. Yine katılımcıların **%44'ü** dışarıdan destek yapılarının sağlanamayacak olma konusunda ortak fikirdedir. Bu kategori, işletmeye dışarıdan birtakım teknolojiler alındığında sonradan yaşanacak problemlerde işletmelerin muhattap bulamayacakları için seçilmiştir. Aynı şekilde katılımcıların **%44'ü** de küçük veya orta ölçekli işletmelerin bu yeni sanayileşme sürecini uygulayabilmesi için devlet tarafından destek alınamayacağı kanaatindedirler.

Sanayi 4.0 ile birlikte makinelerin, insanların ve nesnelerin hem bağımsız olarak çalışması hem de birbiriyle entegre çalışması daha çok verinin taşınacağına neden olmaktadır. Dolayısıyla işletmeler sahip olduğu verilerin güvenliğini de sağlamak zorundadır. Bu veriler, işletmenin beyni rolündedir. Verilerin gerçek ve doğru olması işletmenin bir sonraki adımda doğru işler yapmasına ve doğru stratejiler geliştirmesine katkı sağlayacaktır. Bu sebeple sahip olunan her verinin güvenliğinin de sağlanabiliyor olması için bir takım çalışmaların ve yazılımların da desteklenmesi gerekebilir. Katılımcıların yine **%44'ü** küçük/orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 ile birlikte verilerin güvenliğini kolay sağlayamayacakları yönünde hemfikirdir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğu bu verilerin güvenliğinin kolay sağlanabileceğini düşünmektedir.

Katılımcıların büyük bir çoğunluğunun veri güvenliğinin kolay sağlanabilecek olmasını düşünmelerinde, işletmelerin daha küçük olması dolayısıyla daha az veriye sahip olunacağı ve bu verilerin işlenmesi için de daha az bilginin ve sürenin gerekli olunacağı fikri yer alabilir.

Soru 7: Genel Bilgiler Başlığı altında “Küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapmasıyla mevcut durumuna nazaran aşağıda yer alan hangi avantajları elde edebileceğini düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 26’da sunulmuştur.

Tablo 26
Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0’a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Yenilikçi Üretim Anlayışı	X1,X2,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	15	94
İşletmede Katma Değersiz İşlerde İyileşme	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X16	14	88
Kurumsallaşmaya Yardım Etmek	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14,X15,X16	14	88
Daha Kaliteli Ürünlerin Ortaya Çıkması	X2,X3,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14,X15,X16	13	81
Üretim Sürelerinin Kısılması(birim üründe)	X1,X3,X4,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14,X15,X16	12	75
Üretim Kapasitesinin Artması	X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X12,X13,X15,X16	11	69
Daha Az İş gücü Kullanımı	X1,X4,X6,X7,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	11	69
Üretimde Hataların Azaltılması	X1,X2,X4,X5,X8,X10,X11,X12,X13,X15,X16	11	69
Ürünlere ve Süreçlere Daha Fazla Hakim Olmak	X1,X3,X4,X5,X7,X9,X12,X13,X14,X15,X16	11	69
Küresel Rekabet Edebilme Gücü	X3,X4,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14,X15	11	69
Daha Az Hammadde Kullanımı	X1,X3,X5,X7,X9,X10,X11,X12,X14,X16	10	63
Üretimde Esneklik Sağlamak	X1,X3,X4,X7,X8,X12,X13,X14,X15,X16	10	63
Düşük Maliyetli Üretim Yapmak	X1,X3,X4,X9,X10,X11,X12,X13,X14	9	56
Enerji Tasarrufunun Bir Ölçüde Sağlanması	X3,X6,X9,X11,X12,X14,X15,X16	8	50
Makine Kullanım Oranlarının İyileşmesi	X3,X6,X8,X9,X12,X13,X14,X15	8	50
Daha Sade İş Akışlarının Oluşması	X1,X3,X7,X8,X9,X13,X14,X15	8	50
Kalifiye Eleman Sayısında Artış	X1,X3,X4,X9,X11,X12,X13,X15	8	50
İnovatif Ürünlerin Üretilmesi	X2,X4,X7,X9,X10,X11,X14	7	44
Gereksiz Beklemelerin Azalması (Parça Eksikliği, makine arızaları vb.)	X3,X6,X8,X9,X12,X14,X15	7	44
Stok Optimizasyonunu İyileştirmesi	X3,X7,X8,X9,X10,X12,X16	7	44
Yüksek Katma Değerli Ürünlerin Üretilmesi	X1,X4,X7,X9,X13	5	31

Katılımcılar küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 kapsamında bir takım zorluklar yaşayacağını düşünse de, birçok anlamda avantaj kazanabileceğini de düşünmektedir. Katılımcıların **%94'ü** tarafından sanayi 4.0'dan en fazla avantaj sağlayacaklarını düşündüğü kategori **yenilikçi üretim anlayışına sahip** olmaları olarak belirlenmiştir. Katılımcıların **%88'i**, yani çok büyük bir çoğunluğu sanayi 4.0 ile küçük veya orta ölçekli işletmelerin **katma değersiz işlerinde** iyileştirme olabileceğini, yani bu sanayileşme süreciyle ürüne değer katmayan işlerin azalacağını düşünmüşlerdir. Katılımcıların yine **%88'i** sanayi 4.0'ın küçük/orta ölçekli işletmelerin **kurumsallaşmasına** fayda sağlayacağı fikrindedir. Bunun sebebi, yeni sanayi devriminin ve uygulamalarının daha sistemli, daha kontrollü ve daha planlı akışa ve yönetime sahip olması olabilir. Katılımcı yöneticilerin **%81'i** (her 5 kişiden 4 'ü), işletmelerin sanayi 4.0'a adapte olmaları sonucunda daha kaliteli ürünler üretebileceği düşüncesindedir.

Üretim sistemlerinde insan gücünün etkisi azaldıkça, son teknoloji ürünleri mevcut sistemlere dahil edildikçe ve üretimde iş yapma yöntemi insan gücünden makine gücüne geçtikçe üretim süreleri kısalmaya başlamıştır. Sanayi 4.0 uygulamaları bu anlamda, son teknolojileri ve üretimde hız'ı vaad ettiği için üretim sürelerinin kısalması beklenen bir durumdur. Birçok küçük veya orta ölçekli işletmede katma değersiz işler, gereksiz beklentiler ve arıza problemleri çok sık yaşanan durumlardır. Bunların her biri işletme için bir zaman kaybıdır. Katılımcıların **%75'i** (her 4 katılımcıdan 3'ü) Sanayi 4.0 ile birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerde üretim sürelerinin kısılacağını düşünmüştür.

Katılımcıların **%69'u**; küçük/orta ölçekli işletmelerin sanayi 4.0 ile birlikte **üretim kapasitesini** arttıracığını düşünmektedir. Durum değerlendirildiğinde, ürün imalat sürelerinin düşmesi üretim kapasitesini arttıran bir etki olabilir. Fakat ürünlerin üretim sürelerinin düşmesi her üretim kapasitesinin artacağı anlamına gelmeyebilir. İşletmelerde üretim sürelerinin düşmesi işletmeye zaman kazandırmaktadır. Bu sebeple bunu fırsata çeviren işletmeler, ürünlerine katma değer yaratan başka işlemlerin uygulanmasını mümkün kılabilir. Fakat elbette, ürün üretim süresinin düşmesi üretim kapasitesini de arttırıcı bir etki olabilir.

Ayrıca, katılımcıların **%69'u** işletmelerde **daha az işgücünün** gerekli olacağını düşünmektedir. Gerçekte de sanayi 4.0'ın gelecekte işgücünü düşüreceği söylenmektedir. Fakat bu noktada bilinmesi gereken, kalifiye olmayan işgücüne olan ihtiyaç azaldıkça,

kalifiye elemana duyulan ihtiyacın da bir o kadar gerekli olmasıdır. İmalat hatlarının başında her ne kadar işçi sayısının düşeceği beklense de, arka planda bu üretimi ekrandan takip eden, akışı kontrol eden veya kodları yazan elemanlara da daha fazla ihtiyaç duyulacağı beklenmektedir. Anket yapılan katılımcıların **%69'u işgücünün azalacağını** desteklerken, **%31'i** bu yönde bir etki yaratacağını düşünmemektedir veyahut görüşme yapılan işletme yöneticilerinin bunu bir avantaj olarak görmemiş olması da ihtimaller dahilindedir. Katılımcıların yine **%69'u üretimdeki hataların azalacağını** düşünmektedir. Sanayi 4.0 daha planlı ve daha sistemli çalışmayı vaad ettiği için dolayısıyla üretimde daha az hata olmasının beklenmesi de normaldir. Çünkü sanayi 4.0 ve uygulama alanlarının planlı bir işleyişe sahip olacağı düşüncesiyle; bu sistem, fabrikada yaşanacağı düşünülen problemlerin önceden tespit edilip önlem alınmasını sağlayabilir. Ayrıca işgücüne daha az ihtiyaç duyulması insandan kaynaklı oluşan üretim hataların azalmasına da etki edebilir. Katılımcıların **%69'u** yeni sanayileşme ile birlikte gelen birçok yeniliğin sonucunda küçük/orta ölçekteki işletmelerin **küresel anlamda rekabet etme gücüne sahip olacağını** düşünmüşlerdir. Sanayi 4.0'da kullanılan makineler, ekipmanlar ve bilgisayarlar, işletmelerin üretimde hakimiyetini arttırıcı bir rol üstlenebilirler. Çünkü, her türlü veriye istenen zamanda ve istenen yerde ulaşılabilir olması, stratejilerin ve akışın doğru belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda, katılımcıların **%69'u**, sanayi 4.0 ile birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerin **ürünlere ve süreçlere daha fazla hakim olunacağını** desteklemişlerdir.

Üretimde esneklik sağlama kavramı birçok anlamda düşünülebilir. Örneğin, işletme mevcut düzenini bozmadan farklı çeşitte ürünleri üretmek için değişikliğe gidebilir veya aynı tezgahta birden farklı çeşitte ürünün üretilmesini mümkün kılabilir. Bir ürün çeşidi üretildikten sonra yeni ayarlamalar yapılarak, işletme farklı ürün çeşidini üretecek bir yapıya bürünebilir. Bunların her biri üretimde esneklik sağlamasına katkı sağlar. Katılımcıların **%63'ü** küçük/orta ölçekli işletmelerde sanayi 4.0 ile birlikte **üretimde esneklik** sağlanabileceğini düşünmektedir.

Yine katılımcıların **%63'ü** sanayi 4.0 sayesinde işletmelerin ürünlerini üretmek için **daha az hammaddeye ihtiyaç** duyacağını düşünmektedir. Bu yeni sanayileşme dönemi, üretim akışında etkili olan birçok süreçte optimizasyonu vaad etmektedir. Örneğin, geleneksel üretimde çok fazla hurdaya ayrılan veya boşa giden malzeme olmaktadır, oysa

Sanayi 4.0'ın sunduğu yeni teknolojik makinelerde istenen ölçülerde istenen şekilde malzemelerin kesilmesi mümkün olacağı için fazladan malzeme kaybı ortadan kalkacaktır.

Katılımcıların **%56'sı** sanayi 4.0 ile birlikte küçük veya orta ölçekli işletmelerin daha **düşük maliyette üretim** yapacağını düşünmektedir. Küçük/orta ölçekteki işletmelerde, daha önce de söylendiği gibi; katma değersiz işlere çok zaman ayrılması, iş gücüne çok fazla ihtiyaç duyulması ve teknolojik aletlerin yeni ve güncel olmayışı gibi sebepler üretim sürelerinin uzamasına çoğu zaman yol açmaktadır. Bu bilgi ve birikimde olan katılımcıların **%56'sı**, yeni sanayileşme döneminin küçük veya orta ölçekli işletmelerin düşük maliyette üretim yapmasına katkı sağlayacağını düşünmektedir. Küçük/orta ölçekteki işletmelerde sanayi 4.0'ın üretim zamanını kısaltmayı vaad etmesi; işletmelerin büyümesini ve yenilenmesini de sağlayabilir.

Katılımcıların **%50'si** küçük veya orta ölçekli işletmelerde sanayi 4.0 uygulamalarının **enerji tasarrufunu, kalifiye eleman sayısını, daha sade iş akışlarının oluşmasını ve makine kullanım oranlarını** arttıracığını düşünmektedir. Malzemelerin eksik oluşu, ekipmanların istenen yerde olmayışı, makine arızaları veya ürün için hazırlık zamanlarının gereksiz uzaması gibi etkenler makine kullanım oranlarını etkilemektedir. Bu soru ayrıca, katılımcıların anket sorularını ne kadar tutarlı cevapladığının da ufak bir göstergesi olabilir. Çünkü bu soruda yer alan temalardan biri gereksiz zamanların azalması yönünde yazılmıştır. Fabrika içinde makinelerin olduğu hatlardaki gereksiz boşa geçen zamanların azalması çoğu zaman makine kullanım oranlarını da etkileyecek ve iyileştirecektir. Yine katılımcıların **%50'si** sanayi 4.0 sayesinde küçük/orta ölçekli işletmelerde daha sade iş akışlarının oluşacağını düşünmektedir. Bu durum birçok farklı yönden incelenebilir. Sanayi 4.0 sayesinde yalın üretim anlayışının birçok metodolojisinin uygulanması iş akışlarında yalınlığa neden olabilir. Örneğin, sanayi 4.0 ile birlikte belirli bir ürün çeşidinin üretilmesi için daha az çalışana ihtiyaç duyulması, malzeme veya ürünlerin insan gücü yerine daha kısa zamanda mekanik sistemler üzerinde taşınması gibi nedenler fabrikadaki iş akışının sadeleşmesini sağlayabilir.

Katılımcıların **%44'ü** küçük veya orta ölçekli işletmeler üzerinde sanayi 4.0 uygulamalarının, **inovatif ürünlerin** üretilmesinde, **gereksiz beklemlerin** azalmasında, **yenilikçi üretim anlayışını** getirmesinde, **üretim kapasitesini** arttırmasında ve **stok**

optimizasyonunu iyileştirmesinde etkili olacağını düşünmektedir. İnovasyon, fikirlerle başlayan teknolojiyle bütünleşen süreçlerden meydana gelmektedir. İnovatif ürünler, yeni ve iyileştirilmiş ürünler olarak da ifade edilebilir. Küçük veya orta ölçekli işletmelerin üretimde son teknolojileri kullanması, ürünü üretme şekillerini, kullandıkları malzemeleri, ürünün montaj şekillerini, paketlenmesini, tasarımındaki farklılıkları değiştirebilir. Katılımcıların %44'ü de sanayi 4.0 ile birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerin daha fazla **inovatif ürün** üreteceğini düşünmüştür. Diğer bir tema olan **stok optimizasyonu** Sanayi 4.0'ın vaadleri arasındadır. Sanayi 4.0'ın ve yalın imalatın birçok noktada kesişmesi ve birleşmesi sebebiyle, bu yeni sanayi devrimi tam zamanında üretim anlayışını da destekler niteliktedir. Sanayi 4.0'ın istenen ürünlere doğru zamanda ve doğru şekilde ulaşmayı mümkün kılması, işletmelerin fazladan ürünü stoğa yığmasını da engelleyebilir.

Katılımcılar tarafından en az işaretlenen kategori: **yüksek katma değerli ürünlerin** üretilebilecek olmasıdır. Katılımcıların yalnızca **%31'i**, Sanayi 4.0 ile birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerin katma değeri yüksek ürünler üretebileceği düşüncesindedir.

Soru 8: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0'ın büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 27'de sunulmuştur.

Tablo 27

Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Uygulanabilirliğini Düşünme Durumu(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, uygulanabilir.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11, X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, uygulanamaz.	-	0	0

İşletme yöneticilerinin hepsi, sanayi 4.0 uygulamalarının büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğu fikrindedir. Hiçbir katılımcı büyük ölçekli işletmelerde sanayi 4.0'ın uygulanamaz olduğu düşüncesinde değildir.

Soru 9: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sizce büyük ölçekli işletmeler (mali bilançosu 40 milyon TL'den fazla) Sanayi 4.0'a geçiş yapma hususunda zorluklar yaşayabilir mi?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 28' de sunulmuştur.

Tablo 28
Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Yaşayabilme Düşüncesi (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Kısmen zorluk yaşanabilir.	X2,X3,X5,X7,X8,X9,X11,X12, X13,X14,X15,X16	12	75
Evet, çok fazla zorlukla karşılaşılacaktır.	X1,X4,X10	3	19
Hayır, hiçbir zorluk yaşamazlar.	X6	1	6

Katılımcıların her biri, büyük ölçekli işletmeler tarafından Sanayi 4.0'ın uygulanacağını düşünse de, %19'u işletmelerin bu süreçte çok fazla zorlukla karşılaşacağını düşünmekte, %75'i ise işletmelerin kısmen de olsa bir takım zorluklar yaşayabileceğini düşünmektedir. Hiçbir zorluk yaşanmayacağı fikrinde olan katılımcıların oranı da %6 olarak tespit edilmiştir.

Soru 10: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sizce büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'ın getirilerinden olan teknolojik gelişmeleri işletmelerinde uygulama hususunda aşağıda yazan hangi eksikliklerden dolayı zorluklar yaşanabilir?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 29'da sunulmuştur.

Tablo 29
Görüşme Yapılan Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişte Yaşayacağını Düşündükleri Zorluklar (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n (N=15)	%
Zamansal Yetersizlik (Dönüşüm için)	X2,X3,X5,X8,X12,X13,X15,X16	8	53
Entegrasyon Zorlukları	X1,X4,X7,X8,X10,X11,X12,X16	8	53
Senkronize Çalışmama Durumu (Makinelerin, İnsanların vb. Ortak Çalışmaması)	X1,X4,X7,X8,X9,X10,X11	7	44
Verilerin güvenliği için gerekli yapının sağlanamayacak olması	X2,X3,X4,X7,X9,X12	6	40
Yönetici-Çalışan Bariyerleri	X1,X3,X5,X10,X11,X13	6	40
Geçiş süreci planlamalarını tam yapamamak	X1,X2,X7,X9,X13	5	33
Yazılım alt yapısında yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X4,X7,X14,X15,X16	5	33
Yeterli bilgiye sahip olmamak	X7,X9,X11,X13	4	27
Kalifiye eleman bulamamak	X1,X5,X14,X15	4	27
Teknolojik alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X7,X8,X16	3	20
Yatırım Yapılacak Bütçenin Ayrılmayacak Olması	X7,X12,X16	3	20
Devlet Desteğini Alamamak	X4,X10,X14	3	20

Katılımcılardan yalnızca biri büyük ölçekli işletmelerin hiçbir zorluk yaşamayacağı kanaatinde oldukları için, N=15 üzerinden oranlar çıkartılmıştır.

Katılımcıların **%53'ü** tarafından büyük ölçekli işletmelerin karşılaşacağı en büyük zorluklardan biri işletmeye yeni sistemlerin, teknolojilerin vb. dahil edilmesiyle işletmelerin **entegrasyon zorlukları** yaşaması olarak tespit edilmiştir. Büyük ölçekli işletmeler tarafından karşılaşacağı öngörülen bir diğer zorluk: süreci aksatmayacak şekilde değişim ve dönüşümler için ihtiyaç duyulan **zamanın yetersiz** olması olarak belirlenmiştir.

Büyük ölçekli işletmelerin en çok karşılaşacağı öngörülen 3.zorluk, katılımcıların **%40'ı** tarafından işaretlenen **senkronize çalışmama durumudur**. Senkronizasyondan yaşanan her bir hata; ürünün gecikmesine, siparişlerin ertelenmesine, ürün üretim süresinin uzamasına, hatalı üretimlere veya akışa olan hakimiyetin kaybedilmesi gibi problemlere yol açabilir.

Katılımcıların **%40'ı** sanayileşme sürecinde büyük ölçekli işletmelerin **yönetici-çalışan bariyerleriyle** (özellikle beyaz yaka- mavi yaka arası iletişim) karşılaşacağı fikrindedirler. Sanayi kuruluşlarında ölçek ne olursa olsun, mavi yaka personelin büyük bir kısmının yeniliğe ve değişime açık olmayışından dolayı, büyük ölçekli işletmelerin yeni üretim dönemine geçme sürecinde yönetici-çalışan bariyeriyle karşılaşması muhtemel bir durumdur.

Katılımcıların yine **%40'ı**, **verilerin güvenliğini** sağlama konusunda büyük ölçekli işletmelerin sıkıntı yaşayacağını düşünmektedir. Büyük ölçekli işletmelerin büyük birçoğunda, IT birimlerinin ayrı olarak kurulması ve bu birimlerde kalifiye elemanların çalışıyor olması da unutulmamalıdır.

Katılımcıların **%33'ü** büyük ölçekli işletmelerin bu yeni sanayileşme sürecinin getirdiği yeni teknolojileri ve uygulamaları işletmeye dahil etme kararında **geçiş süreci planlamalarını** tam yapamayacağı kanaatinde. Öncelikle işletme ölçeği ne olursa olsun, her işletmenin yeni alınan bir makineyi üretime dahil etmeden önce; doğru bir plan çizmesi ve tüm hesaplamalarını bu plana göre oluşturması gerekmektedir.

*Katılımcıların %27'si (yaklaşık olarak her 4 katılımcıdan 1'i) büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'a geçişinde **yeterli bilgiye** sahip olmaması ve **kalifiye eleman** bulma konusunda zorluklar yaşayabileceğini düşünmektedir.

Katılımcılar tarafından en az karşılaşılan zorluk olarak (%20'si) **teknolojik alt yapısındaki** eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması, **yatırım yapılacak bütçenin olmayışı** ve bu ölçekteki işletmelerin yeterli **devlet desteğini** alamaması olmuştur. Yani katılımcıların büyük bir çoğunluğu, devletin bu süreçte büyük ölçekli işletmelerin yanında yer alacağı hususunda ortak karardadır.

Soru 11: Genel Bilgiler Başlığı altında "Eğer bu yeni sanayileşme sürecinin uygulanabilir olduğunu düşünüyorsanız sizce büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapmasıyla mevcut durumuna nazaran aşağıda yer alan hangi avantajları elde edebilirler?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 30'da sunulmuştur.

Tablo 30
Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Kurumsallaşmaya Destek Vermek	X1,X2,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14,X15,X16	14	88
Üretim Sürelerinin Kısalması (br. üründe)	X1,X2,X3,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14,X15	13	81
İşletmede Katma Değersiz İşlerde İyileşme	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X14,X15	13	81
Küresel Rekabet Edebilme Gücü	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14	13	81
Daha Yenilikçi Bir Üretim Anlayışı	X1,X3,X4,X7,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	12	75
Üretim Kapasitesinin Artması	X1,X2,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X13,X15,X16	12	75
Daha Az İş gücü Kullanımı	X2,X3,X5,X6,X7,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	12	75
Makine Kullanım Oranlarının İyileşmesi	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X12,X13,X14,X15	12	75
Stok Optimizasyonunu İyileştirmesi	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X11,X12,X13,X14,X15	12	75
Daha Kaliteli Ürünlerin Ortaya Çıkması	X1,X2,X4,X6,X7,X9,X11,X13,X14,X15,X16	11	69
Ürünlere ve Süreçlere Daha Fazla Hakim Olmak	X1,X4,X5,X6,X7,X9,X12,X13,X14,X15,X16	11	69
Yüksek Katma Değerli Ürünlerin Üretilmesi	X1,X4,X5,X7,X9,X10,12,X13,X15,X16	10	63
İnovatif Ürünlerin Üretilmesi	X3,X4,X7,X9,X10,X12,X13,X14,X15,X16	10	63
Düşük Maliyetli Üretim Yapmak	X1,X3,X4,X5,X8,X10,X11,X12,X13,X14	10	63
Üretimde Hataların Azaltması	X1,X2,X5,X7,X8,X10,X11,X12,X13,X16	10	63
Daha Az Hammadde Kullanımı	X1,X2,X5,X9,X10,X11,X12,X14,X16	9	56
Enerji Tasarrufunun Bir Ölçüde Sağlanması	X2,X3,X5,X9,X11,X12,X13,X15,X16	9	56
Kalifiye Eleman Sayısında Artış	X2,X3,X6,X7,X9,X11,X12,X13,X15	9	56
Gereksiz Beklemelerin Azalması (Parça Eksikliği, makine arızaları vb.)	X2,X6,X7,X8,X10,X11,X12,X15	8	50
Üretimde Esneklik Sağlamak	X2,X4,X5,X6,X10,X12,X13,X15	8	50
Daha Sade İş Akışlarının Oluşması	X2,X5,X7,X8,X12,X13,X14,X15	8	50

Katılımcılar Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekteki işletmelerin bir takım avantajlar elde edeceğini düşünmektedir. En fazla sağlayacağı düşünülen avantaj katılımcıların **%88'i** tarafından işaretlenen **kurumsallaşmaya destek vermesidir**. Aynı katılımcı grubun yine **%88'i** sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde de kurumsallaşmaya destek vereceğini ifade etmişti.

Katılımcıların **%81'i**, Sanayi 4.0'ın büyük ölçekli işletmeler üzerinde birim ürün için **üretim sürelerinin** kısaltacağını, işletmede **katma değersiz işlerde** iyileşmelerin yaşanacağını ve **küresel rekabet edebilme gücünü** arttıracığı yönünde fikre sahiptir. Aynı katılımcı grubun **%75'i**, sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde birim üründeki üretim süresini kısaltacağını, **% 88'i** işletmedeki katma değersiz işlerin iyileştirebileceğini, **%69'u** küresel rekabet edebilme gücünü arttırabileceğini düşünmekteydi. Birim üründeki üretim süresinin ve rekabet edebilme gücünün, küçük veya orta ölçekli işletmelere nazaran, büyük ölçekli işletmelerde daha büyük bir kazanç sağlayacağı, katılımcılar tarafından ifade edilmektedir.

Katılımcıların **%75'i** Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde daha **yenilikçi bir üretim anlayışı** olacağını, **üretim kapasitesinin** artacağını, daha **az iş gücü kullanılacağını**, **makine kullanım oranlarının** gelişeceğini ve **stok optimizasyonunun** iyileşeceğini düşünmektedir. Aslında, bu her 4 katılımcıda 3'ünün bu anlamda avantajlar yaşanacağını düşünmesiyle dikkate değer bir sonuçtur. Daha önce küçük veya orta ölçekli işletmelerde çıkan sonuçlarla karşılaştırıldığında, katılımcılar daha yenilikçi bir üretim anlayışı dışında bu etkilerin büyük ölçekli işletmelerde daha fazla avantajlı olunacağı fikrindedirler. Çünkü aynı katılımcı grubun **% 69'u**, bu sanayileşme sürecinin küçük veya orta ölçekli işletmelerde üretim kapasitesini arttıracığını ve daha az işgücünün gerekli olacağını düşünmüştür. Katılımcıların **%50'si** bu sanayileşme sürecinin küçük veya orta ölçekli işletmelerde, makine kullanım oranlarını arttıracığını, **%44'ü** de stok optimizasyonunu iyileştireceği düşüncesindedir. Yani katılımcılar büyük ölçekli işletmelerde bu etkilerin daha avantajlı olacağı düşüncesine sahip olmuşlardır. Sadece, katılımcıların **%94'ü** küçük ölçekli işletmelerin daha yenilikçi bir üretim anlayışına sahip olacağı fikrindedir. Katılımcıların, büyük ölçekli işletmelerde belirli bir seviyede yenilikçi üretim anlayışına sahip olduğunu kabul ederek, küçük/orta ölçekli işletmelerde daha fazla etki yaratacağını düşünmüş olmaları muhtemeldir.

Katılımcıların **%69'u** Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde; **daha kaliteli ürünlerin** ortaya çıkacağını ve **ürünlere ve süreçlere daha fazla hakim** olacağını düşünmektedir. Aynı katılımcı grubun %81'i, küçük veya orta ölçekli işletmelerde Sanayi 4.0 ile daha kaliteli ürünler üretilebileceğini düşünmekteydi. Katılımcıların, mevcut yapıda zaten büyük ölçekli işletmelerin belirli bir kalite seviyesinde ürün üretebildiğini düşünmesinden kaynaklı olarak, yeni sanayileşme süreciyle küçük veya orta ölçekli işletmelerde daha fazla etki yaratacağını düşünmeleri muhtemeldir.

Katılımcıların **%69'u** Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde, **yüksek katma değerli** ürünlerin üretileceğini, **inovatif ürünlerin** üretileceğini, daha **düşük maliyetlerde** üretim yapılacağını ve **üretimde hataların azalacağını** düşünmektedir. Bu grup yine aynı oranda (%69) küçük/orta ölçekli işletmelerde üretim hatalarının azalacağı yönünde ortak fikirde olmuştu. Katılımcılar düşük maliyetli ürün üretmek konusunda, orta veya küçük ölçekli işletmelerin büyük ölçekli işletmelere nazaran daha az başarılı olacağını düşünerek, %56'sı düşük maliyette ürün üretilebileceği fikirde olmuştu. Aynı katılımcı grubun sadece %31'i Sanayi 4.0 ile birlikte küçük veya orta ölçekli işletmelerin yüksek katma değerli ürünler üretebileceğini, %44'ü de inovatif ürünlerin üretilebileceğini düşünmüştür.

Katılımcıların **%56'sı** sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde **daha az hammadde kullanılacağını, enerji tasarrufunun** bir ölçüde sağlanabileceğini ve **kalifiye eleman sayısında** artış olacağını düşünmektedir. Küçük/orta ölçekli işletmeler için verilen cevaplara bakıldığında, katılımcıların %63'ü sanayi 4.0 ile birlikte daha az hammadde kullanımının olacağını düşünmüştü. Orta veya küçük ölçekli birçok işletmenin teknolojiyi daha kısmi kullanması ve birçok optimizasyon programlarından uzak olma düşüncesi kullanıcıların böyle düşünmesinde etkili olmuş olabilir.

Katılımcıların **%50'si**, büyük ölçekli işletmelerde Sanayi 4.0'ın **kalifiye eleman sayısını** arttıracığını ve **enerji tasarrufunu** büyük ölçüde sağlayabileceğini düşünmektedir. Ayrıca, sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanması sonucunda kalifiye eleman sayısının artacağını ve enerji tasarrufunun sağlayacağını düşünen katılımcı oranı da yine %50 olarak belirlenmişti.

Yine katılımcıların **%50'si** Sanayi 4.0 uygulamalarının, büyük ölçekli işletmelerde **gereksiz beklmeleri azaltması, üretimde esneklik sağlaması** ve daha **sade iş**

akışlarının oluşması konularında avantajlı olacağını düşünmektedir. Her 2 katılımcıdan biri büyük ölçekli işletmelere bu anlamda fayda sağlayacağı düşüncesindedir. Katılımcıların %50'si küçük veya orta ölçekli işletmelerde de daha sade iş akışları olacağı hususunda ortak fikre sahipken, %63'ü büyük ölçekli işletmelere nazaran küçük veya orta ölçekli işletmelerde üretimde daha çok esneklik sağlanabileceği fikrindedir. Katılımcıların %44'ü ise, küçük veya orta ölçekli işletmelerde gereksiz beklemelerin azalacağını düşünmektedir.

Soru 12: Genel Bilgiler Başlığı altında “Türkiye ekonomisinin, teknoloji ve bilişim alt yapısının, organizasyonel yapısının tümünün entegre bir şekilde bu yeni sanayileşmeye genel olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 31’de sunulmuştur.

Tablo 31
Yöneticilerin, Türkiye’yi Sanayi 4.0’a Hazır Görme Durumu(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değil.	X2,X4,X5,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X14,X15,X16	12	75
Kısmen, hazır.	X1,X3,X6,X13	4	25
Evet, hazır.	-	0	0

Katılımcıların **%25’i**, Türkiye’nin bu yeni sanayileşme sürecine ekonomik yapısının, teknolojik alt yapısının, bilişim alt yapısının ve organizasyonel yapısının birbirleriyle entegre bir şekilde çalışabilir olacağını düşünerek Türkiye’yi Sanayi 4.0’a **kısmen** hazır görmekte, **%75’i ise** bu sürece hazır olmadığını düşünmektedir.

Hiçbir katılımcının Türkiye’yi yeni sanayi devrimine tam olarak hazır bulmaması da önemli bir noktadır.

Soru 13: Genel Bilgiler Başlığı altında “Türkiye’nin bu yeni sanayileşme yapısına genel olarak hazır olması için İLK olarak öncelik verilmesi gerektiğini düşündüğünüz 5 kategori nedir?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 32’de sunulmuştur.

Tablo 32
Yöneticilerin Türkiye’yi Sanayi 4.0’a Hazırlamak İçin Öncelik Verilmesi
Düşünülenler (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Teknoloji alım öncesi destek yapılarının geliştirilmesi (teknik donanım, ücret, dışarıdan tedarigi vb.)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X13,X14,X15,X16	15	94
Yazılım-donanım, bilişsel alanda hizmet kolaylığı	X2,X3,X5,X6,X7,X8,X10,X11,X12,X13,X15,X16	12	75
Devlet teşvik planlarının, yasal düzenlemelerin yapılması (Vergi indirimi vb.)	X2,X6,X7,X9,X11,X12,X14,X15,X16	9	56
Yeni teknolojiler için ürün sonrası kaliteli hizmet destek yapılarının kurulması	X1,X2,X4,X5,X7,X8,X9,X13,X14	9	56
Geleceğe yönelik düşünce yapısı	X1,X3,X4,X9,X10,X13,X14,X16	8	50
Okul içi eğitimler(bilinçlendirme çalışmaları)	X1,X3,X7,X9,X11,X12,X13,X15	8	50
Kalifiye eleman yetiştirilmek üzere programların açılması	X2,X4,X5,X6,X10,X14,X15,X16	8	50
Şirket içi eğitimler	X3,X4,X8,X11,X12	5	31
Sanayi-Üniversite iş birliğine gitmek	X6,X8,X12	3	19
Bu alanda faaliyet gösteren platformların artması	X1,X5,X10	3	19

Hiçbir katılımcının Türkiye’yi bu yeni sanayi devrimine tam olarak görmemesinden dolayı, bütün katılımcılar geliştirilmesinin veya yapılmasının gerekli olduğu birçok temada seçim yapmışlardır. Katılımcılara Türkiye’nin bu dönüşüm sürecine tam olarak hazır olması için önemli gördükleri ilk 5 tema sorulduğunda; katılımcıların neredeyse tamamı (%94’ü) ilk olarak **teknolojiyi** işletmelerine dahil etmek için birtakım **destek yapılarının** oluşturulmasını gerekli görmüşlerdir. Kurulacak destek yapıları, işletmeye en uygun maliyetli ürünleri ve teknolojileri sunacak, bu teknolojilerin işletmeye uygunluğunu saptayacak, teknolojiler için teknik donanımları oluşturabilecek, eğer gerekliyse yazılım desteği kurabilecek ve bulduğu teknolojiyi daha uygun fiyatlarda tedarik edecek imkanları yaratabilecektir.

Katılımcı işletmelerin %75’i, Türkiye’nin bu sanayileşme yapısını sağlayabilmesi için en çok işletmelere gerekli **yazılım- donanım alanlarında** yani bilişim teknolojilerinde hizmet kolaylığı sağlanmasını gerekli görmüştür. Üçüncü ve dördüncü olarak katılımcıların %56’sı, vergi indirimi, yasal düzenlemeler gibi imkanları sağlayan **devlet teşvik planlarının** yapılmasını ve **ürün sonrası kaliteli hizmet** verebilecek yapıların kurulmasını gerekli görmüşlerdir.

Son olarak da işletmelerin **%50'si**, yani katılımcıların yarısı, **geleceğe yönelik düşünce** yapısının gelişmesinin, **okul içi eğitimlere** (bilinçlendirme çalışmaları) öncelik verilmesinin ve **kalifiye eleman** yetiştirecek **programların açılmasının** gerekli olduğunu vurgulamışlardır.

Belirlenen ilk 5 tema dışında ayrıca katılımcıların **%25'i**, Türkiye'nin bu sürece hazır olması için yapılması gereken gelişmelerden birinin ülke olarak **sanayi-üniversite** işbirliğine gitmek olduğunu ifade etmiştir. Katılımcılar tarafından (**%19**) en az önem verilmesi gereken kategori olarak, bu alanda faaliyet gösteren **platformların artması** olmuştur.

Sonuç olarak, katılımcılar tarafından ilk 4'de önem verilmesi gerekenler sırasıyla, teknoloji alım öncesi destek yapılarının oluşturulması, yazılım-donanım hizmet kolaylığının sağlanması, devlet teşvik planlarının oluşturulması ve ürün sonrası kaliteli hizmet veren yapıların kurulmasıdır. 5. Kategori içinde üç tema yer alarak: geleceğe yönelik düşünce yapısının gelişmesi, okul içi eğitimler(bilinçlendirme çalışmaları) ve kalifiye eleman yetiştirecek programların açılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Soru 14: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0 stratejilerini uygulamaya başlayan Türkiye'nin diğer ülkelerle rekabet edebilme gücü açısından nasıl bir etki yaratacağını düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 33'de sunulmuştur.

Tablo 33

Türkiye'nin Sanayi 4.0'a Geçiş Yapmasının Diğer Dünya Ülkeleriyle Rekabet Edebilmesi (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Güçlendiren yönde etki eder.	X1,X3,X4,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15	11	69
Kararsızım.	X2,X5,X6,X7,X16	5	31
Zayıflatan yönde etki eder.	-	0	0

Türkiye'nin Sanayi 4.0'ı uygulamaya başlaması sonucunda birçok işletme bu dönüşümün farklı yönde etkileri üzerinde durdu. Görüşme yapılan katılımcıların hiçbiri Türkiye'nin sanayi 4.0 stratejilerini uygulaması sonucunda diğer ülkelerle rekabet edebilme gücünü zayıflatacağını düşünmemiştir. Katılımcıların **%31'i** bu konuda **kararsız** kalmıştır. Katılımcıların bu konuda bilgilerinin olmaması veya Türkiye'nin hazır olduğunu

düşünmemesi gibi sebeplerden dolayı çekimser kalmış olması muhtemeldir. Bu noktada daha önceki **12. Sorunun** verilerine bakıldığında nitekim bu görülmektedir. Kararsızlığı işaretleyen işletmelerin hepsi, ülkenin Sanayi 4.0'a hazır olmadığını düşünen işletmeler arasındadır.

Ankete katılan işletme yöneticilerinin **%69'u**, Sanayi 4.0'ın uygulanması sonucunda Türkiye'nin diğer dünya ülkeleriyle rekabet edebilme gücünü arttıracığını düşünmektedir.

Soru 15: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a işgücü olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz? sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 34'de sunulmuştur.

Tablo 34

Yöneticilerin Kendi İşletmelerini İşgücü Açısından Hazır Bulması(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değiliz.	X2,X6,X8,X10,X11,X12,X14,X16	8	50
Kısmen hazırız. Bazı departmanlar için destek gerekmektedir.	X3,X7,X9,X13,X15	5	31
Evet, hazırız.	X1,X4,X5	3	19

Katılımcıların, yalnızca **%19'u** işletmelerini sanayi 4.0'a işgücü açısından hazır bulurken, **%31'i** kısmen hazır olduğunu ifade etmekte ve gerekli desteklerle (eğitim vb.) bu açığı kapatabileceklerini düşünmektedir. Yani, her 2 katılımcıdan biri kendi işletmelerini işgücü açısından bu yeni sanayi devrimine "hazır değil" olarak görmemektedir. Katılımcıların **%50'si** de kendi işletmelerini iş gücü açısından hazır bulmamaktadır.

Soru 16: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında "Sanayi 4.0 uygulamaları çok fazla olan, birçok farklı teknolojik imkanları sunabilen, farklı alanlarda farklı üretim birimlerinde farklı çalışmalara imkan sağlayan bir süreçtir. Sanayi 4.0'a tam anlamıyla adapte olmak şuan zor gözükse de, işletmelerin bir noktadan başlamaları gerekebilir. İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a bütçe olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 35'de sunulmuştur.

Tablo 35**Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Bütçe Açısından Hazır Bulması(Kesikli)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değiliz.	X2,X6,X7,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	11	68.75
Kısmen, hazırız.	X3,X4,X5	3	18.75
Evet, hazırız.	X1,X8	2	12.5

Görüşme yapılan yöneticilerin yaklaşık olarak **%13**'ü Sanayi 4.0 uygulamalarına maddi olarak hazır olduğunu düşünürken, **%19'u** kısmen hazır olduğunu düşünmektedir. Totalde bakıldığında kesikli imalat yapan işletme yöneticilerinin yaklaşık olarak **%32'si** işletmelerini gerekli bütçe noktasında "hazır değil" olarak görmemektedir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğu, yaklaşık **%69'u** bütçe olarak bu yeni sanayileşme dönemine geçiş yapma konusunda kendi işletmelerini hazır görmemektedir.

Soru 17: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında "İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a üretim süreci (ürün akış rotaları vb.) olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 36'de sunulmuştur.

Tablo 36**Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Üretim Süreci Açısından Hazır Bulması (Kesikli)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değiliz.	X2,X3,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12	9	56
Kısmen hazırız.	X1,X4,X13,X14,X15,X16	6	38
Evet, hazırız.	X5	1	6

Bu soru, işletmede üretilen ürünlerin sanayi 4.0'ın getirdiği birtakım yenilikler ve uygulamalara karşı adapte olabilme durumunu belirlemek ve ürünlerin yeni üretim süreçlerine hazır olma durumu hakkında yöneticilerin ne düşündüklerini ölçmek amacıyla sorulmuştur. İşletmelerdeki bazı ürünlerin, üretim akışı olarak mevcut yapı dışında farklı bir teknolojiye veya yapıda üretilmesi mümkün olmayabilir. Bazı ürünlerde de üretim akışlarında bir takım sadeliklere gidilerek üretim süreç yapısı değişebilir.

Katılımcıların **%6'sı** kendi işletmelerinin Sanayi 4.0'a geçiş yapmasını; üretim süreci olarak (ürünün işlem sırası, cinsi vb. gibi özellikler) hazır bulmakta, **%38'si** ise işletmelerini kısmen hazır olarak görmektedir. Sonuca bakıldığında, katılımcıların

%56'sı sanayi 4.0'a geçiş yapma durumunda üretim süreci olarak hazır olmadıklarını ifade etmişlerdir.

Soru 18: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında "İşletmelerin Sanayi 4.0 stratejilerini uygulayabilmeleri için gelişmiş bir bilişim alt yapısına sahip olmaları gerektiğini söylenebilir. İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a bilişim alt yapısı (sahip olunan yazılım-donanım programları, makinelere entegre edebilme özelliğine sahip olma vb.) olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 37'de sunulmuştur.

Tablo 37

İşletmelerin, Kendi Bilişsel Alt Yapılarını Hazır Bulması (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değiliz.	X2,X3,X6,X8,X10,X11,X12,X13,X15,X16	10	63
Kısmen, bazı noktalarda hazırız fakat bazı noktalarda geliştirmeliyiz.	X4,X7,X9,X14	4	25
Evet, hazırız.	X1,X5	2	13

Bu soru, kesikli üretim yapan işletmelerin, sanayi 4.0'a adapte olabilmesi için gereken bilişim alt yapısına karşı işletmelerini hazır bulma durumunu belirlemek amacıyla sorulmuştur. Ayrıca **soru 13'de** Türkiye'nin bu sanayileşme sürecine hazır olmasıyla ilgili öncelik verilmesi gereken konularda, yazılım-donanım hizmet kolaylığı isteyen tüm kesikli işletme yöneticileri, bu soruda kendilerini bilişsel alt yapı olarak da hazır görmemektedir. Bu soru bir yönden cevaplayanların ankete hakimiyetini kontrol edebilmek adına da önemli olmuştur. Sonuç olarak, kendilerini bilişsel anlamda yetersiz gören tüm katılımcılar, Türkiye'nin de bu sürece hazır olması için bilişim teknolojilerine öncelik verilmesini gerekli görmüşlerdir.

Uygulamaya katılan katılımcıların **%13'ü** Sanayi 4.0'ı işletmelerinde uygulayabilmeleri için gerekli gelişmiş bir bilişim alt yapısına sahip olduklarını ifade ederken, **%25'i de** kısmen hazır olduklarını ve bir takım desteklerle bu yapıların geliştirilebileceğine dikkat çekmektedir. Sonuçta genel çerçevede **%38'lik** bir kısım kendilerini bilişim teknolojileri olarak "hazır değil" görmemektedir. Katılımcı işletmelerin **%63'ü** bilişim alt yapısı olarak kendi buldukları işletmelerini **hazır bulmamaktadır**.

Bu cevaplar kesikli üretim yapan işletme yöneticileri tarafından cevaplandığı için, kendi işletmelerini buna hazır bulmamaları, kesikli üretim yapan işletmelerdeki bilişsel alt yapı

eksikliğini de ortaya koymuştur. Her geçen gün tüm üretim süreçleri dahi internet üzerinden takip edilebiliyorken, bu işletmelerin geride kalmaması için kendi işletmeleri bünyesinde bilişim alt yapı çalışmalarına başlaması ihtiyacını da göstermiştir.

Soru 19: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında “Sanayi 4.0’la birlikte birçok yeni stratejinin geliştirilip, uygulama alanlarının genişlediği söylenebilir. Sizin işletmenizde, aşağıda yer alan teknolojilerinden hangileri son 5 yıldır aktif olarak kullanılmaktadır?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 38’de sunulmuştur.

Tablo 38

Görüşme Yapılan İşletmelerde Son 5 Yılda Kullanılan Teknolojiler (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Sensör Teknolojisi	X1,X2,X3,X5,X6,X9,X11,X12, X13,X14,X16	11	69
Bulut Teknolojisi	X1,X4,X7,X8,X9,X11	6	38
Robot Teknolojisi	X1,X2,X3,X5,X12	5	31
Gömülmüş IT	X1,X5,X7,X10,X14	5	31
Gerçek Zamanlı Veri Toplayan Elemanlar	X1,X3,X4,X7,X10	5	31
RFID (Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemi)	X1,X3,X5,X8	4	25
Geliştirilmiş Siber Güvenlik Teknolojileri	X4,X5,X7	3	19
RTLS(Gerçek Zamanlı Konum Belirleme)	X3	1	6
Üretimde Giyilebilir Teknoloji	X3	1	6
IOT (M2M vb.)	X5	1	6

Görüşme yapılan işletmelerin son 5 yıldır aktif olarak kullandığı en fazla teknoloji, sensör teknolojisi olarak tespit edilmiştir. Katılımcıların **%69’u** işletmelerinde **sensör teknolojisi**ni kullanmaktadır. Katılımcı işletmelerin **%38’i** tarafından en çok kullanılan ikinci teknoloji **bulut teknolojisidir**. Üçüncü sırada, işletmelerin **%31’i** tarafından **robot teknolojisi, gömülmüş IT** sistemleri ve **gerçek zamanlı veri toplamayı** sağlayan elemanlar olarak tespit edilmiştir. **RFID** sistemleri, her 4 işletmeden 1’i tarafından kullanılmakta olup, işletmelerin **%19’u** da geliştirilmiş siber güvenlik teknolojilerini kullanmaktadır.

Görüşme yapılan işletmelerin son 5 yılda daha az yer verdikleri teknolojiler, kullanıcıların **%6’sı** tarafından **RTLS(gerçek zamanlı konum belirleme sistemleri), giyilebilir teknoloji** ve **IOT** olarak tespit edilmiştir. Özellikle işletme yöneticilerinin büyük bir kısmı, RTLS ve RFID teknolojileri arasındaki farkı bile bilmemektedir. Bu sebeple, katılımcılara bunlarla ilgili bilgi verilmesi ihtiyacı doğmuştur. IOT(nesnelerin interneti) teknolojisinin yeni gelişmeye başlamasından dolayı çıkan rapor şaşırtmamıştır.

Giyilebilir teknolojinin tercih edilmeme sebebi, bu teknolojinin ihtiyaç olarak görülmemesinden kaynaklı olabilir.

Soru 20: İşletme İçi Başlığı altında “Sanayi 4.0’a geçiş yapma imkanınız olsa, bu yenilikçi teknolojilerin işletmenizin mevcut durumuna nazaran avantajlı bir durum olacağını düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 39’da sunulmuştur.

Tablo 39

Yöneticilerin Sanayi 4.0’ile Birlikte Yeni Teknolojileri Kendi İşletmelerine Katma Durumu(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, faydalı olacağını düşünüyorum.	X1,X3,X4,X5,X7,X9,X11,X12,X13,X15	10	62.5
Kararsızım.	X2,X6,X8,X10,X14,X16	6	37.5
Hayır, faydalı olacağını düşünmüyorum.	-	0	0

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin **%37.5’i** Sanayi 4.0’a geçiş yapabilecek imkana sahip olması durumunda, Sanayi 4.0’ın işletmelerindeki mevcut duruma göre avantajlı olma konusunda kararsız kalmaktadır. Bu yeni sanayi dönemine geçilmesinin işletmelerine büyük fayda yaratacağını söyleyen katılımcıların oranı da **%62.5** olmuştur. Hiçbir katılımcı, bu sürecin işletmelerinde faydasız olacağı kanısında da olmadığı çıkan raporda gözükmemektedir.

Soru 21: İşletme İçi Başlığı altında “İşletmenizin gelecek 5 yılda yapacağı yatırımlarda ve stratejik planlarda Sanayi 4.0 uygulamaları yer alıyor mu?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 40’da sunulmuştur.

Tablo 40

İşletmelerin Gelecek 5 Yıl İçinde Sanayi 4.0 Uygulamalarına Yer Verme Durumu (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet	X1,X3,X4,X5,X7,X9,X11,X14	8	50
Hayır	X2,X6,X8,X10,X12,X13,X15,X16	8	50

Görüşme yapılan yöneticilerin **%50’si** işletmelerinin gelecek 5 yıl içindeki yatırım planlarında Sanayi 4.0 uygulamalarına yer verdiklerini, diğer %50’sinin stratejik planlarında bu yeni sanayileşme sürecinin uygulamalarının yer almadığı belirlenmiştir.

Kesikli üretim yapan işletme yöneticilerinin her 2 tanesinden 1'i gelecek dönem planlarında yeni sanayileşme sürecine açık olduğunu ortaya koymuştur. Genel çerçevede bakıldığında, kesikli imalat yöneticilerinin bu yeni sanayileşme sürecine geçiş yapma noktasında çok da sıcak olmadığı (kararsız kaldığı) verilerden ortaya çıkmıştır.

Soru 22: İşletme İçi Başlığı altında “Sanayi 4.0 uygulamalarının, işletmeler üzerinde birçok farklı yeniliğin ve iyileştirmelerin habercisi olacağı düşüncesindeyim. Aşağıdaki tabloda işletmelere sağlanabileceği düşünülen birtakım etkiler yer almaktadır. Sanayi 4.0’ın getirdiği yeniliklerden ve uygulama alanlarından hangilerinin sizin işletmenizdeki mevcut yapınızı geliştirecek yönde büyük önem arz etmektedir?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 41’de sunulmuştur.

Tablo 41

İşletmelerin Sanayi 4.0’ın Getirilerinden Önem Arz Eden Faktörler (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Üretim Maliyetlerinde İyileşme	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8, X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Üretim Zamanlarında İyileşme	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11,X12,X13, X14,X15,X16	15	94
Gerçek Zamanlı Verilere Ulaşma-Yönetme	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X11, X12,X13,X15	12	75
Yüksek Kaliteli Ürünler	X1,X2,X4,X6,X7,X8,X9,X10,X11, X12,X13,X16	12	75
Üretimde Hız Yaratma Potansiyeli (kapasite artışı)	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X11,X13, X14,X15,X16	12	75
İnsan Kaynaklı Üretim Hatalarını Kaldırması	X2,X4,X5,X6,9,X10,X11,X12,X13, X14,X15	11	69
Önleyici Bakım Faaliyetleri	X1,X2,X5,X6,X8,X10,X12,X13,X15,X16	10	63
Müşterinin Üretim Süreçlerine dahil edilmesi	X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X12,X13,X14,X16	10	63
Üretim Kontrol Yapılarının Geliştirilmesi	X1,X2,X4,X5,X9,X10,X12,X13,X14,X15	10	63
İş Akışının Sadeleşmesi (Yalın Üretim)	X1,X2,X4,X5,X6,X8,X10,X13,X14,X15	10	63
Esnek İmalat Hücreleri	X2,X4,X6,X7,X9,X12,X14,X15	8	50
İleri Analiz Teknikleri	X1,X3,X5,X9,X10,X12,X13	7	44
Bilgi Güvenliğini Sağlayan Sistem Ağları	X1,X4,X5,X7,X9,X13,X15	7	44
Makineler Arasındaki Senkronizasyon	X3,X5,X6,X9,X10,X12,X15	7	44
Kalifiye İşgücünü Arttırması	X4,X7,X9,X10,X12	5	31
Yüksek Katma Değerli Ürünler	X7,X10,X12	3	19

Tablonun sol sütununa, Sanayi 4.0’ın uygulama ve stratejik yapısının işletmeler üzerinde değer yaratabileceği ve katkı sağlayacağı düşünülen bir takım kategoriler yazılmıştır. İşletmelere yazan kategorilerden hangilerinin işletmeleri için çok büyük önem arz edeceği sorulduğunda, bazı işletme yöneticilerinin bir takım kategorileri işaretlemekten kaçındıkları görülmüştür. Bunun sebebi sorulduğunda, işletmelerin mevcut yapılarında

bir sıkıntı ve problemle karşılaşmadıklarını ve o alanlarda geliştirmeye açık olmadıklarını ifade ederek o kategorileri işaretlemekten kaçındıklarını söylemişlerdir.

Katılımcıların tamamı (%100), sanayi 4.0 ile birlikte işletmelerin mevcut yapılarına göre en fazla önem arz ettiğini düşündükleri kategoriyi, **üretim maliyetlerinde** iyileştirme yapması olarak belirlemiştir. İkinci sırada; katılımcıların %94'ü tarafından önemli olan Sanayi 4.0'ın **üretim zamanları** üzerinde iyileştirmeler yapmasıdır. Zaten bakıldığında ilk iki kategori birbirini tamamlar niteliktedir. Üretim zamanlarında yaşanacak olan bir iyileşme üretim maliyetlerine de büyük bir ihtimalle katkı sağlayacağı olgusuyla denkleşmektedir. Katılımcıların %75'i tarafından büyük önem arz eden kategorilerinden diğerleri, **gerçek zamanlı verilere** ulaşma noktasında imkan sağlaması, **yüksek kalitede ürünler** verebilecek olması ve **üretimde hız yaratma potansiyeline** (üretimde **kapasite artışı**) sahip olması olarak tespit edilmiştir. Her 4 katılımcıdan 3'ü, işletme kapasitesini arttırmanın yani işletmenin daha büyük hacimlerde ürün üretebilmesinin önemli olduğunu ifade etmiştir.

Görüşülen yöneticilerin %69'u, mevcut duruma göre **insan kaynaklı üretim hatalarını** azaltması hususunda, %63'ü de Sanayi 4.0'ın **önleyici bakım faaliyetlerine** imkan vermesinin, **üretim kontrol yapılarını** geliştirmesinin, **iş akışını sadeleştirmesinin** (yalın üretim anlayışı) ve **müşterinin üretim süreçlerine dahil edilmesinin** önemli olduğunu belirtmiştir. Kesikli üretim yapan işletmelerde müşterinin süreçlere dahil edilmesinin önemli olduğu da çıkan oranda görülmektedir. Kesikli üretim yapan işletmelerin bazıları ürünlerini özel olarak üretebilmektedir, bazılarında ise kesikli olmasını küçük partiler halinde aynı ürünü üretmesi sağlayabilmektedir.

Katılımcıların %50'si Sanayi 4.0'ın **esnek imalat hücrelerine** imkan vermesi seçeneğini işaretleyerek işletmeleri için önemli olduğunu ifade etmektedir. Katılımcıların %44'ü tarafından Sanayi 4.0'ın mevcut yapıyı geliştireceğini düşündükleri kategoriler: işletmelere **ileri analiz** yapabilme imkanı yaratması, **bilgi güvenliğini** sağlayan sistem ağları ve **makinelere arası senkronizasyonu** geliştirmesi olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların %31'i tarafından önemli görülen kategori: işletmedeki **kalifiye işgücünü** arttıracak olmasıdır. Bazı işletme yöneticilerinin kalifiye elemanın artmasını olumlu bir durum olarak görmemesi veya işletmelerinde zaten yeterli sayıda kalifiye elemana yer verdiklerini düşünmesi sebebiyle temanın düşük önemde görülmesi muhtemeldir.

Katılımcılar tarafından (yalnızca %19'u) en az önemli olarak görülen kategori: işletmelerin yüksek **katma değerli ürün** üretebilmesi olarak ortaya çıkmıştır. Bu durum kesikli üretim yapan işletmelerin katma değerli ürün üretme gereksinimi duymamasından, tek düze üretim yapma istediğinden veya bunu talep edecek bir müşteri kitlesinin olmamasından kaynaklanabilir.

Soru 23: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcıların aşağıda yer alan faktörlerden hangilerine dair bilginiz vardır?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 42 ‘de sunulmuştur.

Tablo 42

Yöneticilerin 3b Yazıcılara Dair Bilgilerinin Olması (Kesikli)

Tema/Kategori	-	İşletme Kodları	n	%
Çalışma Prensipleri	Kısmen Biliyorum	X1,X2,X6,X8,X9,X10,X12,X15,X16	9	56
	Biliyorum	X3,X4,X5,X7,X11	5	31
	Bilmiyorum	X13,X14	2	13
Sağladığı Faydalar	Kısmen Biliyorum	X2,X5,X6,X8,X12,X13,X14,X15,X16	10	62.5
	Biliyorum	X1,X3,X4,X9,X10,X11	6	37.5
	Bilmiyorum		0	0
Uygulamaları	Kısmen Biliyorum	X2,X3,X6,X8,X9,X10,X12,X13,X14	10	63
	Biliyorum	X1,X4,X5,X11,X15	5	31
	Bilmiyorum	X16	1	6

Anket çalışmasının, 3b yazıcı teknolojisini duymuş ve genel hatlarıyla bilgi sahibi olanlar üzerinde uygulandığı unutulmamalıdır. Görüşmeye başlamadan önce 3b yazıcı teknolojisini duymamış veya bilmeyen birçok katılımcı elenerek ankete dahil edilmemiştir. Bu doğrultuda, görüşme yapılan işletmelerin %31’i 3b yazıcı teknolojinin çalışma prensiplerini tam anlamıyla bildiğini ifade ederken, %56’sı bu konuda kısmi bilgiye sahip olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak katılımcıların %87’si 3b yazıcıların çalışma prensipleri hakkında genel bir bilgiye sahipken, %13’ünün bu konuda bir fikri bulunmamaktadır.

Katılımcılara 3b yazıcı teknolojisinin sağlayacağı faydaları bilme durumu sorulduğunda, katılımcıların %36.5’u tam anlamıyla bildiğini düşünürken, %62.5’inin kısmen de olsa bir bilgisi olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Hiçbir katılımcı sağlayacağı faydalar noktasında bilgisiz olduğunu düşünmemektedir.

Katılımcılara, 3b yazıcı teknolojiyle bugüne kadar yapılmış uygulamalar sorulduğunda, katılımcıların %6’sı bu konu hakkında hiçbir bilgisi olmadığını ifade etmiştir. Katılımcıların %63’ü, 3b yazıcıların uygulama alanlarını kısmen de olsa bildiğini ve %31’i de tam anlamıyla bilgisinin olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak katılımcıların

%94'ü tarafından 3b yazıcıların uygulama örnekleri genel anlamda bilinmektedir. Bu sonuçla da 3b yazıcı teknolojisine dair genel olarak en çok bilindiği düşünülen tema: 3b yazıcıların uygulama örnekleri noktasında olmuştur.

Soru 24: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Daha önce bir 3b yazıcıyı deneme amaçlı olsa dahi kullanma imkanınız oldu mu?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 43’de sunulmuştur.

Tablo 43

Yöneticilerin 3b Yazıcıyı Bireysel Olarak Kullanma Durumu (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Kullandım	X3,X4,X5,X7,X11	5	31
Kullanmadım	X1,X2,X6,X8,X9,X10,X12,X13,X14,X15,X16	11	69

Katılımcıların **%69’unun** hiçbir şekilde 3b bir yazıcıyı kullanmadıkları, sadece **%31’inin** 3b yazıcıları kullandığı yapılan çalışma sonucu ortaya çıkmıştır.

Soru 25: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcı teknolojisi hem seri üretim yapan işletmelerde hem de kesikli üretim yapan üretim hacmi seri üretime nazaran düşük olan işletmelerde tercih edilmektedir. İki farklı üretim tipine sahip işletmelerin 3b yazıcıları kullanım amacı ve şekli de değişiklik gösterebilir. Örneğin, işletmeler bu teknolojiyi yalnızca ürün tasarımı aşamasında kullanmayı tercih edebileceği gibi yalnızca ürün imalat aşamasında da kullanmayı tercih edebilir. Siz bu 3b yazıcı teknolojisinin GENEL çerçevede hangi tip üretim sistemlerine sahip işletmelerde kullanılmasının daha uygun olduğunu düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 44’de sunulmuştur.

Tablo 44

Yöneticilerin 3b Yazıcıların Kullanımı için Uygun Gördükleri Üretim Sistem Tipi (Kesikli)

Tema/Kategori	Kodlar	n	%
Seri İmalat	X7,X10	2	12.5
Kesikli İmalat	X1,X2,X6,X8,X9,X13,X14	7	43.75
İki üretim tipi için de aynı uygunluktur.	X3,X4,X5,X11,X12,X15,X16	7	43.75

Görüşme yapılan yöneticilerin yaklaşık olarak %13'ü 3b yazıcı teknolojisinin seri imalatta kullanılmasının daha uygun olduğunu düşünmektedir. Yöneticilerin bir kısmı (%43.75'i) her iki üretim sistemi için de farklı amaçlar doğrultusunda 3b yazıcıların kullanılabileceğini söyleyerek belirli tipte üretim sisteminde kullanılması için bir ayırım yapmamıştır. Kesikli üretim sistem tipine sahip işletme yöneticilerinin %43.75'i de, 3b yazıcı teknolojisinin kesikli imalat yapan işletmeler için daha uygun olduğunu düşünmektedir.

Soru 26: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcı teknolojisinin birçok avantajı olduğu kadar, hala günümüzde geliştirilmesi gereken bazı noktaların da olduğu söylenebilir. Sizin bu teknolojiye sahip olmanız durumunda, 3b yazıcıları işletmenizde kullanmayı ister misiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 45’de sunulmuştur.

Tablo 45

Yöneticilerin İşletmelerinde 3b Yazıcıyı Tercih Etme Durumu (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, fakat geliştirildikten sonra kullanmayı isteriz.	X1,X3,X5,X7,X10,X11,X12, X13,X14,X15	10	63
Evet, mevcut durumda kullanmayı isteriz.	X2,X4,X6,X8,X9,X16	6	37
Hayır, kullanmayı istemiyoruz.		0	0

Katılımcıların %63'ü 3b yazıcı teknolojisine sahip olma durumunda, teknolojiyi mevcut haliyle kullanmak yerine bir takım geliştirmelerden sonra kullanmak istediklerini, %37'si de 3b yazıcı teknolojisinin mevcut durumuyla da bu teknolojiyi kullanabileceklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların hiçbiri, bu teknolojiye sahip olma güçleri olması durumunda kullanmak istememe fikrine sahip olmamışlardır.

Soru 27: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Piyasada birçok farklı amaçlar için tercih edilebilecek 3b yazıcılara rastlamak mümkündür. Siz 3b yazıcıları gerekli şartlar sağlandıktan sonra işletmenizde aşağıda yazan hangi amaç/amaçlar için kullanmayı tercih edersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 46’da sunulmuştur.

*Birden fazla kategori seçimi yapabilirsiniz.

Tablo 46**İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanma Amaçları (Kesikli)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Ürün tasarımına destek sağlamak (Ürün prototipi, kalıbı vb. için)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Yardımcı parçaların (yedek parça, ara parça vb.) üretimini gerçekleştirmek	X2,X3,X5,X6,X8,X9,X14,X16	8	50
Doğrudan ürün imalatını gerçekleştirmek	X2,X4,X6,X8,X13,X14	6	38

Görüşme yapılan yöneticilerin **%38'i** 3b yazıcı teknolojisini gerekli şartların sağlanması (bütçe, işgücü vb.) durumunda doğrudan ürün imalatında kullanabileceklerini düşünmektedir. 3b yazıcılarla doğrudan ürün imalatını gerçekleştirmek, işletmenin ürettiği bitmiş nihai ürünü (örneğin, otomobil, telefon, su bardağı vb.) doğrudan 3b yazıcılarla üretilmesi demektir. Katılımcıların **%50'si** de bu teknolojiyi ürünü oluşturan destek parçaların, yedek parçaların veya üretimde kullanılan makinelere ve ekipmanlara destek veren yan parçalar gibi yardımcı parçaların üretiminde kullanabileceği üzerine işaretleme yapmışlardır.

Görüşme yapılan bütün yöneticiler (**%100**) 3b yazıcı teknolojisini ürün tasarımında kullanabilecekleri yönünde seçim yapmıştır. Katılımcılar 3b yazıcıları gerek prototip ürünlerin üretiminde gerekse geleneksel ürün tasarımı için gerek duyulan kalıpların üretiminde kullanabileceklerini ifade etmiştir. Ürün tasarım işlemleri, yeni piyasaya sürülecek bir ürünün doğru dizaynına karar vermek için gereken denemeleri, üretilen prototipleri ve basılan kalıpları içermektedir. Aslında ürün tasarımına destek sağlarken de, 3b yazıcılarla bir üretim gerçekleşmektedir, bu gerek ürünün prototipinin üretimi gerek ürün kalıbının üretimi gerekse de doğru tasarıma karar vermek için ürünlerin üretimi olabilir.

Görüşmeye katılanların **%31'i** (4 işletme: X1,X7,X10,X11,X15) sadece ürün tasarımında bu teknolojiyi tercih edip, doğrudan ürün imalatında veya yardımcı parçaların üretiminde bu teknolojiden destek almayı düşünmedikleri üzerine seçim yapmıştır.

Soru 28: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenizde bu teknolojiyi hangi departman/birimlerde kullanmayı tercih edersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 47’de sunulmuştur.*Birden fazla kategori seçimi yapabilirsiniz.

Tablo 47**İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanmayı Tercih Edecekleri Departmanlar (Kesikli)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
ÜRGE (Ürün-Geliştirme)- Ürün Tasarım Departmanı	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9 X11,X12,X13,X14,X15,X16	15	94
ARGE (Araştırma- Geliştirme)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9 X11,X12,X13,X14,X15	14	88
İmalat Departmanı (yedek parça, aksesuar, son nihai ürün)	X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9,X13, X14,X16	10	63

Katılımcıların %94'ü 3b yazıcı teknolojisini Ürün Geliştirme Departmanı'nda(bazı işletmelerde ürün tasarım departmanı olarak da geçmektedir) kullanabileceğini ifade ederken, %88'i bu teknolojiyi ARGE departmanında kullanmayı tercih etmektedir. Katılımcıların %63'ü de gerek nihai ürün gerekse de yedek parça üretiminin yapıldığı imalat departmanında bu teknolojiye yer verebileceklerini belirtmiştir.

*Bu soru, bir önceki sorunun devamı niteliğindedir, ayrıca katılımcıların dikkat düzeyini ölçmek için bir kontrol sorusu olarak da görülebilir. Bir önceki soruda, doğrudan ürün imalatını ve yedek parça vb. gibi imalat işlemlerini bu teknolojiyle yapmak isteyen işletmelerin, bu soruda imalat departmanı işaretlemesi beklenmektedir. Nitekim, **soru 26'da** imalat işlemlerinde 3b yazıcı teknolojisini kullanmayı tercih eden 10 işletmenin her biri bu soruda da imalat departmanı seçeneğini işaretlemiştir.

İşletmelerin %62.5'i (10 işletme: X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X13,X14) yukarıda yazan 3 farklı departmanda da bu teknolojiye yer verebilecekleri üzerine işaretleme yapmışlardır.

Soru 29: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında "3b yazıcılara sahip işletmelerden bazıları son ürünü yazıcıyla yazdırmak yerine son ürün içinde yer alan bazı parçaları üretmek, bazı parçaların yedek parçasını üretmek veya plan dışında gelişen o an ihtiyaç duyulan bazı parçaları elde etmek amaçlı üretim süreçlerine destek olabilir. Bazen de bazı işletmeler son nihai ürünün kendisini yazıcıda üretmeyi tercih ederler. Siz işletmenizde 3b yazıcıları sürecinizin bir parçası olması mı, sürecinizin tamamını gerçekleştirmek üzere son nihai ürünün yazdırılmasını mı istersiniz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 48'de sunulmuştur.

Tablo 48**İşletmelerin 3b Yazıcının Süreçlere Hakim Olma Tercihi (Kesikli)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Üretim sürecimize bazı alanlarda destek vermesini isteriz.	X1,X3,X5,X7,X9,X10, X11,X12,X15,X16	10	62.5
Her iki seçeneğin de olmasını isteriz.	X2,X4,X6,X8,X13,X14	6	37.5
Doğrudan nihai ürünün üretilmesini isteriz.	-	0	0

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin %62.5'i, 3b yazıcı teknolojilerini nihai ürünün üretilmesinde değil bir ürünün üretilme sürecindeki bazı noktalarda destek vermesini tercih etmektedir. Katılımcıların %37.5'i de hem doğrudan ürünlerin üretilmesinde (tüm süreçte) hem de bazı durum koşullarına göre üretim süreçlerine destek vermesi amacıyla kullanabileceğini işaret etmiştir. Hiçbir katılımcı sadece nihai ürünün üretilmesinde (tüm sürecin 3b yazıcılarla üretilmesi) 3b yazıcıları tercih etmemektedir.

*Bu sorunun da önceki 2 soruda (**soru 27** ve **soru 28**) verilen cevaplarla eşleşmesi, katılımcıların sorular konusundaki hakimiyetini ve sorulara verilen cevapların güvenilirliğini arttıracaktır. **Soru 27'de** hiçbir katılımcı, 3b yazıcıları kullanma amaçları bakımından sadece nihai ürünleri üretmekle sınırlı kalmayacağını işaretledikleri cevaplardan göstermiştir. Yine **Soru 27'de** hiçbir katılımcı 3b yazıcı teknolojisini sadece üretim departmanında kullanmakla sınırlı kalmayacağını da belirtmiştir.

Soru 30: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenizde sadece üretim sürecinize destek amaçlı 3b yazıcı teknolojisini kullanma şansına sahip olsanız. Süreçlerinizi buna göre organize edip teknolojiyi sürekli olarak mı, sadece özel ihtiyaç gerektiren(beklenmedik zamanda ürün içindeki bir ara parça stoğunun bittiğinin fark edilmesi gibi) durumlarda mı kullanmayı tercih edersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 49'da sunulmuştur.

Tablo 49**İşletmelerin 3b Yazıcıları Tercih Etme Durumunda Kullanma Sıklığı (Kesikli)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n(N=10)	%
Sürekli kullanmayı tercih ederiz.	X1,X3,X7,X9,X10,X11, X12,X15	8	80
Sürekli olmayıp, sadece özel durumlarda tercih ederiz.	X5,X16	2	20

Bu soru, bir önceki soruda işletmelerinde 3b yazıcı teknolojisini üretim süreçlerine destek amaçlı kullanmayı tercih eden yalnızca 10 işletmeye yöneltilmiştir. 3b yazıcıları üretim süreçlerine destek amaçlı kullanmayı isteyen katılımcıların %80'i sürekli kullanmayı

tercih ederken, %20'si beklenmedik bir anda gelişen durumlarda veya acil parça ihtiyacı olduğu özel durumlarda kullanmayı tercih etmektedir.

Soru 31: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenizde bu teknolojiyi tercih ettiğiniz amaçlar doğrultusunda kullanılmasının, mevcut yapınıza nazaran işletmenize ne türlü avantajlar yaratmasını istersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 50’de sunulmuştur.

Tablo 50
Yöneticilerin 3b Yazıcılardan Beklentileri (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Ürün veya parça tasarım süresini kısaltmak	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9, X11,X12,X13,X14,X15,X16	15	94
Ürün veya parça tasarım maliyetini düşürmek	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9, X10,X11,X12,X13,X15,X16	14	88
Dışarıya bağıllığı azaltmak (kendi içlerinde kalıbı, makine, ekipman parçası üretebilmek vb.)	X1,X2,X3,X5,X6,X7,X9,X10, X11,X12,X13,X14,X15,X16	14	88
Daha az hatalı üretim yapmak	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X10, X11,X12,X13,X15,X16	13	81
Toplam imalat süresini kısaltmak *Eğer, Doğrudan ürün veya parça imalatında Kullanacaksanız cevaplayınız. N=10	X2,X4,X6,X8,X9,X13,X14, X16	8/10	80
Üretimde daha düşük imalat maliyeti *Eğer, Doğrudan ürün veya parça imalatında Kullanacaksanız cevaplayınız. N=10	X2,X4,X6,X8,X9,X13,X14, X16	8/10	80
Müşteri odaklı kişiselleştirilmiş ve/veya özelleştirilmiş ürünleri üretme de kolaylık sağlamak	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9, X12,X13,X14,X16	12	75
Farklı tasarımda ürünleri kolaylıkla üretebilmek	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9, X11,X12,X15,X16	12	75
Üretimde mevcut durumda kullanılan ekipman -makine, ekipman sayısını azaltması	X1,X2,X4,X5,X6,X8,X13,X14, X15	9	56
Elektronik dizayn ile fiziksek dizayn arasındaki uygunluğu mevcuda göre arttırmak	X1,X3,X4,X7,X9,X11,X12,X14, X15	9	56
Daha ergonomik ürünlerin üretilmesi	X2,X4,X7,X8,X9,X11,X12,X15	8	50
İş hazırlama faaliyetlerini kolaylaştırmak	X2,X4,X6,X8,X10,X13,X14, X15	8	50
Pazara hızlı ürün sunmak	X1,X4,X7,X8,X9,X11,X12	7	44
Ürün bileşen sayısını azaltmak (adet veya kullanılan malzeme cinsi)	X2,X5,X6,X13,X14,X15	6	38
Stoğa yapılan üretimi azaltmak	X4,X5,X8,X13	4	25

Bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), daha önceki sorularda 3b yazıcı teknolojisini nihai ürününü üretmede veya yedek parça, ara parçalar gibi bir takım parçaları üretmede kullanmayı talep edenler için sorulmuştur. Bu sebeple, kategorilerden iki soru sadece 10 katılımcının cevaplayabildiği sorulardır. 3b yazıcıları üretim departmanlarında kullanmayı isteyen katılımcıların %80'i 3b yazıcı teknolojisinden **toplam imalat süresini** kısaltmasını ve birim başına **imalat maliyetlerini** düşürmesini beklemektedir.

Görüşme yapılan yöneticilerin 3b yazıcı teknolojilerini işletmelerinde kullanmaları durumunda, işletmelerine fayda sağlamasını istediği bazı kategoriler yer almaktadır. Katılımcılar tarafından en çok istenen durum, katılımcıların **%94'ü** tarafından 3b yazıcıların **ürün tasarım süresini** kısaltması noktasında olmuştur. Bu cevap daha önceki sorulardan (**Soru 27**) alınan veriler doğrultusunda beklenen bir durumdur. Çünkü işletme yöneticilerinin tamamı 3b yazıcıları ürün tasarımına destek vermesi amacıyla kullanmak istediklerini daha önceki sorularda belirttiler.

Katılımcıların yine büyük bir çoğunluğu (**%88'i**), 3b yazıcıları işletmelerinde kullanmalarıyla **ürün tasarım maliyetlerinde** iyileştirmelerin yaşanmasını ve işletmelerin **dışarıya olan bağıllığını** azalmasını istemektedir. Aynı katılımcı grubun **%81'i** de 3b yazıcıları kullanma durumunda mevcut yapılarına göre **daha az hatalı ürün** üretebilme imkanı yaratmasını istemektedir. Geriye kalan **%19'luk** katılımcı topluluğunun, işletmelerinde ya hatalı ürün üretmemesi ya da dikkate alabilecekleri veya talep edebilecekleri anlamda hatalarla karşılaşmıyor olması muhtemeldir.

Katılımcıların **%75'i** işletmelerinde 3b yazıcıların müşteri odaklı **kişiselleştirilmiş-özelleştirilmiş ürün** üretme de kolaylık sağlamasını istemektedir. Katılımcılara bu konuda verilen bilgilerle özelleştirme vurgusunu, ürün üretmek için, aldıkları farklı bir siparişin özel tasarımının kontrolü için veya ürünün üretilebilir olma durumunu denemek için farklı amaçlarla kullanabileceği ifade edilmiştir. Kişiselleştirme ve özelleştirmenin sadece tasarım olarak değil bazı durumlarda imalatta farklılaştırmayla da sağlanabileceği açıklanmıştır. Ayrıca **Soru 22'de** işletmelerin sanayi 4.0 için önem arz ettiği konular arasına müşterinin üretim süreçlerine dahil edilebilmesini ekleyen tüm işletmeler, bu soruda yazan kişiselleştirilmiş- özelleştirilmiş ürünleri üretebilmeyi işaretlemiş olmaları da önemli bir nokta olmuştur.

Yine katılımcıların **%75'i**, 3b yazıcı teknolojisini kullanmak için **farklı tasarımlarda ürün** üretebilmeyi beklemektedir. Üreticiler gelebilecek farklı tasarımlarda siparişlere karşı ürün üretmek için, pazarda farklı ürünlerle pay elde etmek için veya değişen ihtiyaçlara cevap vermek için farklı tasarımlarda ürün üretme ihtiyacına sahip olabilir.

Görüşme yapılan yöneticilerin **%56'sı**, bu teknolojiyi kullanmaları durumunda, bir ürün için ihtiyaç duyulan **birçok farklı makinenin** işini, tek bir 3b yazıcının yapmasını istemekte ve **elektronik dizayn ile fiziksel arası dizaynda** daha fazla uyum sağlaması

konusunda avantajlı olmasını beklemektedir. Elektronik ortamda tasarımı yapılan ürün ile fiziksel (somut) olarak üretilen ürünün birbirinin aynısı olma gerekliliği doğru ürün üretimi için gereklidir.

Görüşme yapılan yöneticilerin **%50'si** de, 3b yazıcıların kullanılmasıyla, daha **ergonomik ürünleri** üretebilmeyi (tasarımla alakalı olarak- insana uygun tasarımların yapılması) ve **iş hazırlama faaliyetlerinde** kolaylık sağlamasını istemektedir.

Katılımcıların **%44'ü** 3b yazıcıları kullanarak **pazara hızlı ürün** sürmeyi; **%38'i** (Yaklaşık olarak her 5 katılımcıdan 2'si), bir ürün için gerekli **bileşen sayısının** (farklı malzemeler yerine tek bir malzemeyle aynı ürünü üretebilmeyi (aynı mekanik vb. özelliklerde)) düşmesini ve **%25'i** de **stoğa daha az üretim** yapmayı istemektedir.

Bu soruda ürün bileşen sayısının azalmasını, makine-ekipman sayısının düşmesini ve stoğa daha az üretim yapılmasını isteyen işletmelerin hepsi **soru 22'de**, sanayi 4.0'ın önem arz ettiği konularda iş akışının sadeleşmesinin (yalın üretim anlayışı) işletmeleri için önemli olduğunu belirtmişti.

Soru 32: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Birçok işletme 3b yazıcı teknolojisine karşı önyargılı yaklaşabilmektedir. Bunun altında bu teknolojiye olan güvensizlik ve bir takım endişelerin de yattığı söylenebilir. Sizin mevcut üretim yapınıza göre bu teknolojiye olan güvensizliğiniz varsa, 3b yazıcı teknolojisini istediğiniz amaçlar doğrultusunda kullanma noktasında, ne türlü endişeleriniz vardır?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 51'de sunulmuştur.

Tablo 51**İşletmelerde 3b Yazıcıların Kullanılması Durumundaki Endişeleri(Kesikli)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Ürün veya parça imalatı için harcanan süresinin artması (N=10) *Eğer, doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayın	X2,X3,X4,X6,X8,X9 X11,X13,X14,X16	10	100
Ürün veya parça tasarımı için harcanacak maliyetinin artması	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9 X10,X11,X12,X13,X15,X16	13	81
Ürün veya parça imalatı için harcanacak maliyetinin artması(N=10)*Eğer, doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayın	X2,X4,X6,X8,X9,X13, X14,X16	8	80
İstenilen teknik özelliklerde üretim yapamamak (mukavemet, dayanım, sertlik, kırılabilirlik, esneklik vb.)	X2,X3,X4,X5,X6,X8, X9,X11,X12,X13,X15	11	69
İstenilen ölçü hassasiyetinde üretim yapamamak	X1,X3,X5,X7,X9,X11, X12,X13,X14,X15,X16	11	69
Ürün veya parça tasarımı için harcanacak sürenin artması	X1,X3,X5,X8,X9,X11 X13,X15	8	50
Teknik desteği istenilen zamanda alamamak	X2,X6,X7,X9,X10,X12, X15,X16	8	50
Her malzemeyi kullanamamak	X3,X5,X6,X9,X11,X15,X16	7	44
Yüksek yatırım gerektirdiği için diğer daha gerekli görülen yeni teknolojileri ertelemek	X2,X7,X9,X12,X13,X16	6	38
Çok küçük/büyük ebatlarda üretim yapamamak	X1,X5,X7,X14,X15,X16	6	38
İstenilen yüzey kalitesinde üretim yapamamak	X1,X2,X4,X5,X9,X12	6	38
Birim zamanda fazla adet üretim yapamamak	X4,X6,X8,X13,X14	5	31
İş gücü bulamamak (üretim veya tasarımda)	X6,X8,X11,X16	4	25
Üretim sonrası ek işlere fazla gerek duyması	X4,X9	2	13

Bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), daha önceki sorularda 3b yazıcı teknolojisini nihai ürününü veya yedek parçaları ve ara parçaları gibi bir takım parçaların üretiminde kullanmayı talep edenler için sorulmuştur. Bu sebeple, kategorilerden iki soru sadece 10 katılımcının cevaplayabildiği sorulardır.

Nihai ürünün, ara parçaların veya yedek parçaların **imalatı**(doğrudan 3b yazıcılardan üretilmesi) için **harcanacak sürenin** artacak olması 3b yazıcıları imalatta kullanmayı isteyen katılımcılar(**%100**) tarafından endişe duyulmaktadır. Ayrıca 3b yazıcıları imalatta kullanmayı talep eden katılımcıların **%80'i** de **imalatta harcanacak maliyetin** artacak olması konusunda endişesi vardır.

3b yazıcı teknolojisini kullanma durumunda kalan bütün işletme yöneticileri, bir takım sıkıntıların yaşanacağı fikri içindedir. Katılımcılar eğer yazan kategorilerle sıkıntı yaşamayacaklarını düşünüyorlarsa (yazanların aksine gelişmelerin yaşanacağı fikrindeyse) veya süreçlerinde aksine olumlu yönde katkı sağlayabileceği fikrindeyse yazan kategorileri işaretlemekten kaçınmıştır. Görüşülen yöneticiler 3b yazıcıları kullanma durumunda en çok (**%81'i**) **ürün tasarımı için harcanacak maliyetin**

artabilmesi noktasında endişe duymaktadır. Kalan %19'luk katılımcı grup, bu teknolojinin kullanılmasının maliyetlerini arttırmayacağı yönünde fikre sahip veya harcanacak maliyet işletmeler için göz ardı edilebilecek noktada olabilir. Bu temada seçim yapan tüm işletmeler **Soru 31'de** 3b yazıcı teknolojisinin ürün veya parça tasarım maliyetini düşürmesi noktasında talepleri olduğunu ifade etmişti.

Katılımcıların **%69'ı** 3b yazıcıların kullanılması durumunda istenilen **ölçü hassasiyetinde** üretim yapılamayacağı konusunda ve **istenen teknik özelliklerde** ürün (prototip ürün için, kalıp için veya nihai ürünün üretimi için geçerli olabilir) üretmemesi konusunda tedirginlik yaşanmaktadır. Bir ürünün teknik özelliği; mukavemet, dayanım, kırılabilirlik veya esneklik gibi farklı fonksiyonel yapıya sahip olma durumudur. Katılımcıların **% 50'si**, 3b yazıcıların kullanılması durumunda **ürün tasarımı için harcanacak sürenin** artabilmesine ve **teknik desteğe** istenilen zamanlarda ulaşamama noktasında sıkıntılar yaşayabileceği fikrindedirler. Bu soruda nihai ürün, yedek parçalar, prototip veya kalıp gibi ürünlerin tasarımına ayrılacak sürenin artması endişesini taşıyan işletme yöneticilerinin hepsi **Soru 31'de** 3b yazıcılardan ürünlerin ve parçaların tasarım süresini kısaltmasını beklemişlerdir.

Görüşme yapılan yöneticilerin **%44'ü**, **her malzemeyi** 3b yazıcılarda kullanamayacakları noktasında sıkıntı yaşayabilecekleri kanısındadır. Katılımcıların **%38'i**, 3b yazıcıları kullanmaları durumunda **çok küçük/büyük ebatlarda ürünlerin** üretilmeyeceği noktasında problemlerle karşılaşacaklarını, istenilen **yüzey kalitesinde** üretim yapılamayacağını ve 3b yazıcıların maliyetli olmasından kaynaklı, **diğer teknolojileri ertelemek** zorunda kalacaklarını düşünmektedir.

Katılımcıların **%31'i** de 3b yazıcılarda **birim zamanda fazla adet** üretim yapamayacakları endişesini taşımaktadır. Her ne kadar görüşme yapılan işletmelerde kesikli üretim yapılırsa da ve bu üretim tipinde büyük üretim hacimlerine ihtiyaç duyulmasa da katılımcılar mevcut durumlarına nazaran birim zamanda daha az ürün üretme noktasında sıkıntılar yaşayacaklarını düşünmektedir. Diğer katılımcıların bu konuda endişe duymamalarının sebebi, yüksek hacimlerde üretilecek ürünlere ihtiyaç duymaması veya bu teknolojiyi daha büyük hacim gerektiren üretimlerde kullanmayı tercih etmeyecek olması muhtemeldir.

Ayrıca görüşme yapılanların **% 25'i** hem tasarımda hem de üretimde 3b yazıcı teknolojisini kullanabilecek **işgücüne** ihtiyaç duyulması sebebiyle sıkıntı

yaşayabileceklerini söylemektedir. En az katılımcı (yalnızca %13'ü) üretim sonrası boya, zımpara gibi **ek işlemlere** mevcuttan daha fazla gereksinim duyulacağı konularında sıkıntılar yaşayabilecekleri doğrultusunda seçim yapmıştır.

Soru 33: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında, “3b yazıcı teknolojisi birçok işletme tarafından kullanılmaktadır, işletmeler bu teknolojiyi bir takım amaçlar doğrultusunda kullanmayı tercih etse de geliştirilmesi gerektiğini düşündüğü birçok nokta vardır. **Genel çerçevede** bu teknolojinin ülkemizde kullanılabilirliğini arttırmak amaçlı teknik açıdan nelerin geliştirilmesinin gerekli olduğunu düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 52’de sunulmuştur.

Tablo 52

3b Yazıcılarda Geliştirilmesi Gereken Teknik Durumlar(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Yazıcı çalışma hızının artırılması (Üretim hızının artırılması)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11, X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Toplam üretim süresinin (imalat + tasarım+ hazırlık) düşmesi	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11, X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Ürün(yazıcı) ve hizmet fiyatının düşürülmesi	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11, X12,X13,X14,X16	15	94
Ürün imalat maliyetlerinin düşmesi	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9 X10,X11,X13,X14,X16	13	81
İstenilen teknik özelliklerde üretim yapmak (mukavemet, dayanım, sertlik, kırılgenlik, esneklik...)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9, X11,X12,X13,X14,X15	13	81
İstenilen ölçü hassasiyetinde ürünlerin üretilmesi	X1,X3,X5,X7,X8,X9,X11,X12,X13,X14, X15,X16	12	75
Yazıcı kapasitesinin artırılması	X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9,X12,X13,X14,X16	11	69
Çok karmaşık geometride olan parçaların üretilebilmesi	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X11,X12,X15,X16	11	69
Ürün yüzey kalitesinin daha yüksek olması	X1,X2,X4,X5,X7,X8,X9,X10,X11,X12	10	63
Çok büyük/küçük parçaların hassasiyetle üretilebilmesi	X1,X4,X5,X7,X11,X14,X15,X16	8	50
Daha farklı çeşitte malzemenin kullanımına imkan vermesi	X3,X5,X6,X9,X11,X15,X16	7	44
Kullanımının basitleşmesi (fazla kalifiye gerektirmemesi)	X2,X6,X8,X11,X16	5	31
Fazla son işleme(boya, cila vb.) fazla gerek duymaması	X4,X7,X9	3	19

Bu soru genel çerçevede sorulmuş bir sorudur. Katılımcılara 3b yazıcı teknolojisini sadece kendi işletmelerinde kullanmak için nelerin geliştirilmesi gerektiğini değil, Türkiye’de kullanımını arttırmak için ne yapılması gerektiğinin tespit edilmesi adına önemli bir sorudur. **Soru 32’de** 3b yazıcı teknolojisinde yaşayacakları sorunları belirten katılımcılardan, bu soruda da benzer kategorilerin geliştirilmesi gerektiğini düşünmesi beklenmektedir. Yalnız, **Soru 32’de** katılımcılar, bu teknolojiyi kendi işletmelerinde kullanma noktasında endişe duymadıkları kategorileri, bu teknolojinin gelişimi için gerekli olduğunu düşünüp bu soruda seçim yapabilirler.

Soru 32 ve **Soru 33** birçok kategori bakımından birbiriyle ilişkilidir. **Soru 32’de** yer alan kategorilerden endişesi olan katılımcıların, bu soruda da geliştirilmesi gerektiğini düşündüğü kategoriler arasına onları dahil ederek, cevaplarında tutarlı olması beklenmektedir. Nitekim bu durum bu şekilde gerçekleşmiştir.

Görüşme yapılan yöneticilerin (**%100’ü**) tamamı, **3b yazıcıların çalışma hızının** geliştirilmesi dolayısıyla üretim hızının iyileştirilmesi gerekliliğine dikkat çekmiştir. Yine katılımcıların tamamı 3b yazıcılarda harcanan imalat, hazırlık ve tasarım için gerekli **toplam üretim süresini** düşürecek bir takım gelişmelerin olması gerekliliği konusunda hem fikir olmuştur. İkinci olarak katılımcıların **% 94’ü yazıcı - hizmet fiyatının** geliştirilmesini düşünmekte, **% 81’i de ürün imalat maliyetlerinin** düşürülmesi ve **istenilen teknik özelliklerde** (istenen dayanım gücünde, istenen esneklikte vb.) ürün üretilebilmesini sağlayan gelişmelere ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir. **Soru 32’de** istenilen teknik özelliklerin olması yönünde endişesi olan tüm katılımcılar, bu soruda geliştirilmesi gereken kategoriler arasına istenilen teknik özellikte ürün üretmeyi de ekleyerek tutarlılık göstermiştir.

Katılımcıların **%75’i** 3b yazıcılarla **istenilen ölçülerde** ürün üretilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. **Soru 32** ile karşılaştırılma yapıldığında, 3b yazıcıları kullanma durumunda ölçü hassasiyetini yakalayamama endişesini duyan 11 işletmenin hepsi, bu soruda istenilen ölçü hassasiyetinde ürün üretebilme konusunda gelişmelerin olması gerektiğini düşünmüştür. Yapılan çalışmanın bu noktada verilen cevaplarla eşleşiyor olması, tezdeki tutarlılığının en büyük göstergelerinden biridir.

Görüşülen yöneticilerin **%69** ‘u 3b yazıcılarda **karmaşık geometrilerde** ürün üretebilme gücünün ve **yazıcı kapasitesinin** artması yönünde çalışmaların gerekliliğini ortaya koymuştur. **Soru 32’de** birim zamanda fazla adet üretim yapamama konusunda sıkıntı yaşayacağını düşünen tüm işletme yöneticileri (5 katılımcı), bu soruda çalışma hızının artırılması temasında seçim yapmıştır. Ayrıca 3b yazıcılarda karmaşık geometrilerde ürün üretebilmesinin geliştirilmesi gerektiğini düşünen yöneticilerin hepsi, **Soru 31’de** farklı tasarımlarda ürün üretebilme gücüne de sahip olmak istemiştir.

Görüşme yapılan yöneticilerin **%63’ü** 3b yazıcılarda üretilen nihai ürün, yedek parça veya ürün kalıbı gibi herhangi bir ürünün daha **yüksek yüzey kalitesinde** üretilmesi için gelişmelerin olması gerektiği yönünde seçim yapmışlardır. Güvenirlilik açısından kategoriye bakıldığında, **Soru 32’de** 3b yazıcıların kullanımıyla ürün kalitesinden

endişen duyan tüm katılımcılar, bu soruda ürün kalitesinin geliştirilmesi gerektiğine dikkat çekmiştir.

Katılımcıların %50'si 3b yazıcılarda **çok küçük/büyük parçaların** üretilebilmesini, % 44'ü bu teknolojinin gelişmesi için **daha farklı malzemelerin** kullanılabilmesini ve %31'i de işlerin **fazla kalifiye** gerektirmemesi konularında iyileştirmelerin olmasını belirtmiştir. **Soru 32'de** 3b yazıcıları kullanma durumunda yazan temalarda (işgücü bulma, küçük-büyük parçaların üretimi, her malzemeyi kullanamama) sıkıntı yaşayabileceğini düşünen bütün katılımcılar, bu soruda da 3b yazıcı teknolojisinde geliştirilmesi gereken temalar arasına bunları eklemiştir. Son olarak, görüşülen yöneticilerin %19'u da 3b yazıcılarda biten ürünlerde boya veya cila gibi **ek işlere** ihtiyaç duyulmama konusunda gelişmeler yaşanması gerektiğini belirtmiştir.

Soru 34: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında "3b yazıcı teknolojinin kullanımı için üretilmesi planlanan ürünlerin tarayıcılarla taranması veya bilgisayar ortamında ürünlerin CAD tabanlı programlarla tasarımın yapılması gerekmektedir. Bu teknolojinin kullanılmasını sağlayan bu tür bilgisayar programlarına sahip misiniz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 53'de sunulmuştur.

Tablo 53

İşletmelerin CAD Tabanlı Bilgisayar Programlarına Sahip Olma Durumu(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, sahibiz.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12, X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, sahip değiliz.		0	0

Görüşme yapılan işletmelerin tamamı (%100'ü) 3b yazıcı teknolojisini kullanmak için gerekli olan CAD tabanlı tasarım programlara sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu 3b yazıcı teknolojisinin olmaza olmaz kilit noktasıdır. Görüşme yapılan tüm kesikli üretim sistem tipine sahip işletmelerin mevcut yapılarında bu programların bulunuyor olması önemlidir.

Soru 35: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında "3b yazıcı teknolojisinin kalifiye işgücü gerektirdiğini söylemek doğru olacaktır; hem planlanan ürünlerin ürün tasarımı aşamasında, hem üretim kodların yazılmasında, bu kodların kontrolünde, bu teknolojiyi anlayıp hazırlık gerektiren durumları yapıp kullanılmasında ve üretimin kontrolünde bilgili ve kalifiye işgücüne ihtiyaç vardır. İşletmeniz bu teknolojiyi kullanabilecek

kalifiye iş gücüne sahip misiniz? Bunu eğitimle sağlayabileceğinizi düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 54’de sunulmuştur.

Tablo 54

İşletmelerin Kalifiye İşgücüne Sahip Olma Durumu(Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, sahibiz.	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X12 X13,X14,X15,X16	12	75
Hayır, sahip değiliz. Bu eğitimle sağlanabilir.	X6,X8,X11,X16	4	25
Hayır, sahip değiliz. Bu eğitimle de sağlanamaz		0	0

Görüşme yapılan işletme yöneticilerin % 75’i 3b yazıcı teknolojisini kullanabilecek iş gücüne sahip olduğunu belirtmekte, % 25’i de kalifiye işgücüne sahip olmadıkları halde bunu gerekli eğitimlerle sağlayabileceklerini belirtmişlerdir. Hiçbir katılımcı kalifiye işgücüne sahip olmasa dahi, 3b yazıcıları kullanmak için gerekli işgücünü eğitimle kazandıramayacağı düşüncesinde değildir. Bu soruda “işgücüne sahip değiliz” cevabını işaretleyen tüm katılımcılar, **Soru 33’de** 3b yazıcıları kullanabilmek için “kalifiye gerektirmemesi” noktasında gelişmelerin olması gerektiğine dikkat çekmiştir. Ayrıca aynı katılımcı grup 3b yazıcıları kullanmaları için duydukları endişelere; işgücünü bulma temasını eklemişlerdir (**soru 32**).

Soru 36: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenize 3b yazıcı teknolojisini satın almak için ilk 5 kısıtınız aşağıda yazanlardan hangileri olduğunu belirtir misiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 54’de sunulmuştur.

Tablo 55

İşletmelerin 3b Yazıcıları Satın Alması İçin ilk 5 Kısıt (Kesikli)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
*Ürün veya parça imalat zamanı (N=10)	X2,X3,X4,X6,X8,X9,X13,X14,X16	9	90
*Birim ürün veya parça için imalat maliyeti(N=10)	X2,X4,X6,X8,X9,X13,X14,X16	8	80
Bu teknolojinin gerektirdiği bütçe	X2,X4,X6,X7,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X16	11	69
Ürün tasarım için gerekli maliyet	X1,X2,X3,X5,X6,X7,X10,X11,X12,X15,X16	11	69
Ürün tasarımı için harcanacak toplam zamanı	X1,X3,X4,X5,X8,X10,X11,X12,X13,X15	10	63
Ürünlerin(nihai, prototip, kalıp vb.) ölçü hassasiyetine uyma durumu	X1,X3,X5,X7,X11,X12,X13,X14,X15,X16	10	63
Ürün (nihai, prototip, kalıp vb.) yüzey kalitesi	X1,X4,X9,X12	4	25
İstenilen malzeme kullanımı	X3,X5,X9,X15	4	25
Planlanan ürün (nihai, prototip, kalıp vb.) boyutunun engele takılmama durumu	X5,X7,X14,X15	4	25
Ürün sonrası destek hizmetleri	X2,X7,X10	3	19
Gerekli işgücünü bulma	X6,X8,X11	3	19
İş hazırlama faaliyetleri için iş yükü	X8,X10	2	13
İstenilen renk skalasında ürün üretmek	-	0	0
Kurum genel bilgi düzeyi	-	0	0

Öncelikle bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), 3b yazıcı teknolojisini nihai ürün, yedek parça veya ara parça gibi bir takım parçaların üretiminde kullanmayı talep eden yöneticiler için sorulmuştur. Bu sebeple, kategorilerden iki soruyu sadece 10 katılımcının cevapladığı bilinmelidir. Bu soru 3b yazıcıların satın alınması için işletmelere öncelikli olarak gördükleri ilk 5 kısıtın öğrenilmesi amacıyla sorulmuştur. İşletmelerin bu teknolojiye sahip olmak konusunda verdikleri cevaplar ile anketteki diğer sorulara verilen cevaplar arasında tutarlılık olması önemlidir.

3b yazıcı teknolojisini satın almak için en önemli görülen kısıt (yalnızca ürün imalatında tercih edenlerin(*) **%90'ı imalat zamanı** olarak belirlenmiştir. İkinci olarak en önemli görülen kısıt (yalnızca ürün imalatında tercih edenlerin(*) **%80'i imalat maliyetleri** olarak tespit edilmiştir. Üçüncü ve dördüncü önemli görülen kısıt sıralamaya bakılmaksızın (katılımcıların **%69'u** tarafından) bu teknoloji için gereken **bütçe** ve ürün **tasarımı için harcanacak maliyet** olarak belirlenmiştir. Belirlenen 5. Kısıt ise: **ürün tasarımı için harcanacak toplam süre** ve ürünlerin (nihai, prototip vb.) **ölçü hassasiyetine** uyma durumu olarak tespit edilmiştir.

Katılımcıların hiçbiri bu teknolojiyi almak noktasında, ilk 5 önceliğine; istenilen renkte ürünü üretebilmek ve kurum bilgi düzeyinin varlığını almamıştır.

Soru 37: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Gerekli destekler (devlet desteği, işgücü vb.) sağlandığı takdirde bu teknolojiyi işletmenizde kullanır mısınız?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 55’de sunulmuştur.

Tablo 56

İşletmelerin Gerekli Desteklerle Bu Teknolojiyi Kullanma Durumu (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, kullanırız.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11 X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, kullanmayız.	-	0	0
Kararsızım.	-	0	0

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin tamamı devletten vergi indirimi, teknolojik bütçe desteği veya dış kaynaklardan işgücü desteği gibi bir takım eksikleri giderecek desteğin verilmesiyle, 3b yazıcıları şüphesiz kullanabilecekleri konusunda seçim yapmıştır. Hiçbir katılımcı, gerekli devlet desteği aldıktan sonra bu teknolojiyi kullanma noktasında ne kararsız kalmış ne de kullanmamayı seçmiştir.

5.9. Seri Üretim İşletmelerinden Elde Edilen Bulgular ve Bulguların Yorumlanması

Soru 1: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0’a (uygulamalarına, yeniliklerine, teknolojilerine, hedeflerine vb.) ne derece hakim olduğunuzu düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 57’de sunulmuştur.

Tablo 57

İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0’a Kavramını Hakimiyeti (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
İyi	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X9,X11,X13,X15	10	69
Orta	X7,X8,X10,X12,X16	5	25
Sınırlı	X14	1	6

Bu soru: seri üretim yapan işletme yöneticilerinin Sanayi 4.0 sürecine dair kendilerini bilgi olarak nerede konumlandıklarını öğrenmek amacıyla sorulmuştur.

Araştırmaya katılan işletme yöneticilerinin **%69’u** Sanayi 4.0’ın uygulamaları, sağlayacağı yenilikler, gerektirdiği teknolojiler ve hedefleri gibi konularda **iyi derecede** bilgi sahibi olduğunu düşünürken, **%25’i** kendini bu konuda **orta derecede** yeterli görmekte ve kalan katılımcılar da (**%6’sı**) bu sanayileşme süreciyle alakalı **sınırlı** bilgiye sahip olduğunu belirtmektedir.

Soru 2: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0’dan önce bilinmesine rağmen birçok teknolojinin ismini bu sanayileşme süreciyle daha fazla duymaya başladık. Aşağıda yer alan teknolojilerin etkileri ve uygulama alanları konusunda detaylı bir bilgiye sahip olduğunuzu düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 58’de sunulmuştur.

Tablo 58

İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 İçinde Yer Alan Teknolojilere Hakimiyeti (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Robot Teknolojisi	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Bulut Teknolojisi	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11,X12,X13,X14,15,X16	16	100
RFID (Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemleri)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X13, X15,X16	12	75
Gerçek Zamanlı Veri Toplamak	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9,X10, X11,X13,X15	12	75
IOT(Nesnelerin İnterneti)	X1,X2,X3,X5,X6,X9,X11,X12,X13, X15	10	63
Gömülmüş IT	X2,X3,X5,X6,X7,X9,X11,X13,X14, X15	10	63
M2M (Makineden Makineye iletişim araçları)	X1,X2,X3,X4,X5,X9,X11,X13,X14, X15	10	63
Siber Güvenlik	X1,X2,X3,X5,X6,X7,X9,X13,X15	9	56
Simülasyon	X2,X3,X4,X5,X7,X10,X13,X15,X16	9	56
Sistem Entegrasyonunun Uyumu	X2,X4,X5,X6,X9,X11,X13,X15,X16	9	56
Big Data	X1,X2,X4,X5,X6,X9,X11,X13,X15	9	56
RTLS (Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri)	X1,X2,X3,X4,X6,X8,X9,X13,X15	9	56
Arttırılmış Gerçeklik	X2,X3,X5,X6,X9,X11,X12,X15	8	50
Giyilebilir Teknolojinin Üretimdeki Yeri	X2,X3,X5,X6,X8,X9,X14,X15	8	50

Bu soru ile görüşme yapılan yöneticilerin son dönemlerde daha fazla gelişme gösteren modern imalat teknolojilerine olan bilgileri ölçülmek istenmiştir. Katılımcıların tamamının (%100'ü) robot teknolojisine ve bulut teknolojilerine dair bilgilerinin olduğu tespit edilirken; en az bilgilerinin olduğu alanların ise katılımcıların %50'si tarafından arttırılmış gerçeklik ve giyilebilir teknolojinin üretimdeki yeri olduğu tespit edilmiştir.

Katılımcıların %75'i RFID ve Gerçek zamanlı Veri Toplama Teknolojileri, % 63'ü IOT (nesnelerin interneti), gömülmüş IT ve M2M (makineden makineye iletişim araçları) teknolojilerinde detaylı bilgiye sahip olduğu düşüncesindedir. Katılımcıların %56'sı da siber güvenlik, simülasyon, sistem entegrasyonunun uyumu, Big Data ve RTLS (Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri) teknolojilerinin getirileri, faydaları ve kullanımları hakkında detaylı bilgiye sahip olduğunu düşünmektedir.

Soru 3: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0 ile ilgili işletmeniz dışında seminer, kongre veya fuarlara katılma gibi bir imkanınız oldu mu?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 59’da sunulmuştur.

Tablo 59

İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 ile İlgili Etkinliklere Katılma Durumu(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, katıldım.	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X11,X13,X15	11	69
Hayır, katılmadım.	X6,X10,X12,X14,X16	5	31

Katılımcıların **%69’u** Sanayi 4.0 ile ilgili seminer, kongre veya fuarlara katılma imkanına sahip olurken; **%31’lik** kısmı bu alanla ilgili herhangi bir etkinliğe katılmadıklarını ifade etmişlerdir. Günümüzde hala işletmelerdeki imalattan sorumlu direktörlerin %31’inin böyle etkinliklere katılmamış olması büyük bir eksiklik ve bu tarz etkinliklerin sayısının artırılması ve katılımın mümkün hale getirilmesi önemlidir.

Soru 4: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0’ın uygulamalarının mevcut düzende küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 60’da sunulmuştur.

Tablo 60

Yöneticilerinin Sanayi 4.0’ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmelere Uygulanabilirliği (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, uygulanabilir.	X2,X4,X5,X9,X13,X15	6	37.5
Hayır, uygulanamaz.	X1,X3,X6,X7,X8,X10,X11,X12,X14,X15,X16	10	62.5

Katılımcıların **%37.5’i**, Sanayi 4.0’ın **mevcut haliyle** küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünmekte; **%62.5’i** de uygulanamayacağı yönünde ortak fikirdedir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğunun uygulanamayacağını düşünmelerine etki yaratan birçok farklı sebep mevcuttur. Anketin devamında, hem uygulanabilir olduğunu düşünen hem de uygulanamayacağını savunan katılımcıların böyle düşünmelerinde etkili olan faktörler tespit edilecektir.

Soru 5: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sizce küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulama alanlarının genişlemesi durumunda Sanayi 4.0’ın getirdiği uygulamalara geçiş

yapma hususunda zorluklar yaşayabilir mi?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 61 ‘de sunulmuştur.

Tablo 61
Yöneticilerin Sanayi 4.0’ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Karşılaşabileceği Düşüncesi(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, karşılaşılabilecektir.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, karşılaşılmayacaktır.	-	0	0

Katılımcıların **her biri**, Sanayi 4.0’ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanması sonucunda birçok zorlukla karşılaşacağı yönünde ortak fikirdedir. Her ne kadar **Soru 4’de** katılımcıların **%37.5’i** küçük/orta ölçekli işletmelerde Sanayi 4.0’ın uygulanabileceğini savunsa da, yine de bu uygulama sırasında bir takım zorluklarla karşılaşılacağını da iddia etmektedir.

Soru 6: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sizce küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 ile ilgili uygulamalara geçiş yapma hususunda aşağıda yazan hangi nedenlerden dolayı zorluklar yaşanabileceğini düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 62’de sunulmuştur.

Tablo 62
Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0’a Geçişinde Yaşanacağı Düşünülen Zorluklar(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Gerekli Bütçenin Olmaması	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X14,X16	15	94
Geçiş süreci planlamalarını tam yapamamak	X2,X4,X6,X8,X9,X10,X12,X13,X14,X15,X16	12	75
Yeterli bilgiye sahip olmamak	X1,X2,X4,X5,X6,X7,X8,X10,X11,X12,X16	11	69
Teknolojik alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X1,X2,X3,X4,X6,X7,X8,X12,X13,X15,X16	11	69
Yazılım-donanım alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X1,X2,X3,X4,X6,X8,X9,X10,X13,X15,X16	11	69
Entegrasyon Zorlukları	X1,X2,X3,X4,X6,X7,X8,X9,X10,X12,X14	11	69
Senkronize Çalışmama Durumu (Mak.,İnsanların Ortak Çalışmaması)	X1,X2,X3,X4,X5,X8,X9,X10,X12,X14,X16	11	69
Kalifiye elemanı kolay bulamamak	X2,X3,X6,X8,X9,X11,X12,X14,X16	9	56
Dışarıdan Destek Yapılarını Sağlayamaması	X1,X2,X3,X4,X8,X9,X10,X11,X12,X14	10	63
Yönetici-Çalışan Bariyerleri	X5,X7,X8,X11,X13,X14,X16	7	44
Devlet Desteğini Alamamak	X1,X4,X5,X6,X11,X12,X14	7	44
Zamansal Yetersizlik (Dönüşüm için)	X3,X5,X6,X7,X10,X14,X15	7	44
Verilerin güvenliğinin kolay sağlanamayacak olması	X1,X2,X4,X6,X13,X16	6	38

Katılımcıların hepsi küçük/orta ölçekli işletmelerin birtakım zorluklar yaşayabileceği fikri içinde olduğu için, her bir katılımcı küçük veya orta ölçekli işletmeler tarafından karşılaşacağını düşündüğü temalarda seçim yapmıştır. Katılımcılar en çok (**%94'ü**) **gerekli bütçenin** olmayışını Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapma hususundaki en büyük engel olarak görmektedir. Katılımcıların **% 75'i** de küçük/orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'a **geçiş süreci planını** düzgün ve doğru bir şekilde yapamayacaklarından dolayı problemlerin olacağı fikrindedirler. Sanayi 4.0 ve uygulamalarının adaptesi için öncelikle planlamanın doğru yapılması gerekmektedir.

Seri imalat yöneticilerinin **%69'u** küçük/orta ölçekli işletmelerin **yeterli bilgiye** sahip olmayacakları, **teknolojik alt yapısındaki** problemlerin çabuk gideremeyecek olması, **yazılım alt yapısındaki** problemlerin hızlı bir şekilde çözümleyemeyecek olması, **entegrasyon problemleri** ve sistemlerin **senkronize çalışamayacak** olmasından dolayı sıkıntılar yaşayabileceği fikrindedirler.

Katılımcıların **%56'sı** küçük/orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapma noktasında, **kalifiye eleman** bulmayla ilgili problem yaşayacağı fikrindedir. Sanayi 4.0 ile birlikte kalifiye elemana duyulan ihtiyaç artmakta ve daha da artacağı düşünülmektedir. Yeni teknolojileri kullanabilecek elemanların belirli bir yatkınlıkta ve yetkinlikte olma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Katılımcıların **%44'ü** dışarıdan **destek yapılarının** sağlanamayacak olma konusunda endişe duymaktadır. Bu kategori işletmelerin yazılım, donanım, teknolojik veya işgücü alanlarında danışmanlık veya rehberlik verebilecek platformların olmayışının düşünülmesi üzerine işaretlenmiş olabilir.

Teknolojik anlamda yaşanacak her bir dönüşüm için belirli bir zaman ve para gerekmektedir. Katılımcıların **%44'ü** küçük veya orta ölçekli işletmelerin dönüşüm sürecinde zaman olarak bir takım sıkıntılar yaşayabileceği fikrindedir. Son olarak katılımcıların **%38'i veri güvenliğinin** sağlanamayacağını düşünürken, daha büyük bir çoğunluk bu konuda sıkıntı yaşanacağını düşünmemektedir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğunun veri güvenliğinin kolay sağlanabilecek olmasını düşünmelerinde, işletmelerin daha küçük olması dolayısıyla daha az veriye sahip olunacağı ve bu verilerin işlenmesi için de daha az bilginin ve sürenin gerekli olunacağı fikri yer alabilir.

Soru 7: Genel Bilgiler Başlığı altında “Küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapmasıyla mevcut durumuna nazaran aşağıda yer alan hangi avantajları elde edebileceğini düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 63’de sunulmuştur.

Tablo 63
Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0’a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Daha Kaliteli Ürünlerin Ortaya Çıkması	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13X14,X15	14	88
Ürünlere ve Süreçlere Daha Fazla Hakim Olmak	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13,X14,X15,X16	14	88
Yenilikçi Üretim Anlayışı	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X12,X15,X16	13	81
İşletmede Katma Değersiz İşlerde İyileşme	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X10,X11,X13X15,X16	13	81
Kurumsallaşmaya Yardım Etmek	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X12,X13,X14	13	81
Üretimde Hataların Azaltılması	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X12,X14,X15,X16	12	75
Üretim Kapasitesinin Artması	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13,X15	11	69
Küresel Rekabet Edebilme Gücü	X2,X3,X5,X6,X8,X9,X10,X11,X12,X15,X16	11	69
Daha Az İş gücü Kullanımı	X1,X2,X5,X6,X9,X10,X12,X14,X15,X16	10	63
Üretim Sürelerinin Kısılması (birim üründe)	X1,X3,X4,X5,X6,X8,X9,X10,X12,X13,X16	10	63
Düşük Maliyetli Üretim Yapmak	X2,X4,X5,X8,X9,X13,X14,X15,X16	9	56
Üretimde Esneklik Sağlamak	X2,X3,X4,X6,X7,X8,X10,X14,X15	9	56
Stok Optimizasyonunu İyileştirmesi	X1,X2,X4,X6,X7,X8,X10,X13,X15	9	56
Kalifiye Eleman Sayısında Artış	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X12,X14	9	56
İnovatif Ürünlerin Üretilmesi	X1,X3,X5,X9,X13,X14,X15,X16	8	50
Daha Az Hammadde Kullanımı	X1,X2,X4,X5,X7,X9,X15,X16	8	50
Makine Kullanım Oranlarının İyileşmesi	X1,X2,X3,X8,X9,X10,X11,X14	8	50
Gereksiz Beklemelerin Azalması (Parça Eksikliği, makine arızası vb.)	X1,X3,X7,X8,X9,X13,X15	7	44
Enerji Tasarrufunun Bir Ölçüde Sağlanması	X1,X3,X4,X6,X10,X15,X16	7	44
Daha Sade İş Akışlarının Oluşması	X2,X4,X5,X7,X8,X9,X15	7	44
Yüksek Katma Değerli Ürünlerin Üretilmesi	X2,X5,X10,X13,X15,X16	6	38

Katılımcılar küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 kapsamında bir takım zorluklar yaşayacağını düşünse de, birçok anlamda avantaj kazanabileceğini de düşünmektedir. Katılımcıların **%88’i** tarafından küçük/orta ölçekli işletmelerin sanayi 4.0’dan en fazla avantaj sağlayacaklarını düşündüğü kategoriler; **daha kaliteli ürünlerin**

ortaya çıkması ve işletmelerin ürünlerine ve **süreçlerine daha fazla hakim** olmaları olarak belirlenmiştir. Katılımcıların **%81'i**, Sanayi 4.0 ile küçük/orta ölçekli işletmelerin daha **yenilikçi üretim anlayışına** sahip olacaklarını, işletmelerdeki **katma değeri olmayan işleri iyileştirebileceklerini** ve **kurumsallaşmalarına** destek vereceği yönünde ortak fikirde olmuştur.

Görüşme yapılan yöneticilerin **%75'i** (her 4 katılımcıdan 3'ü), Sanayi 4.0 uygulamalarıyla birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerdeki **üretim hatalarının** azalacağını düşünmektedir. Katılımcıların **%69'u**; küçük/orta ölçekli işletmelerin sanayi 4.0 ile birlikte **üretim kapasitesini** arttıracığını ve işletmelerin **küresel anlamda rekabet** edebilme gücünü elde edeceğini düşünmektedir.

Katılımcıların **%63'ü** işletmelerde **daha az işgücünün** gerekli olacağını ve daha az üretim zamanıyla üretim yapılacağını düşünmektedir. Gerçekte de sanayi 4.0'ın gelecekte işgücünü düşüreceği söylenmektedir. Fakat bu noktada bilinmesi gereken, kalifiye olmayan işgücüne olan ihtiyaç azaldıkça, kalifiye elemana duyulan ihtiyacın da bir o kadar gerekli olmasıdır. Ayrıca, üretim sistemlerinde insan gücünün etkisi azaldıkça, son teknoloji ürünleri mevcut sistemlere dahil edildikçe ve üretimde iş yapma yöntemi insan gücünden makine gücüne geçtikçe üretim sürelerinin kısaltmaya başladığı bir gerçek vardır.

Katılımcıların **%56'sı** Sanayi 4.0 ile birlikte küçük veya orta ölçekli işletmelerin daha **düşük maliyette üretim** yapacağını düşünmektedir. Küçük/orta ölçekteki işletmelerde, daha önce de söylendiği gibi; katma değersiz işlere çok zaman ayrılması, iş gücüne çok fazla ihtiyaç duyulması ve teknolojik aletlerin yeni ve güncel olmayışı gibi sebepler üretim sürelerinin uzamasına çoğu zaman yol açmaktadır. Yine katılımcıların **%56'sı** küçük veya orta ölçekli işletmeler üzerinde sanayi 4.0 uygulamalarının, **üretimde esneklik** sağlamasında, **kalifiye elemanlarda artış** olmasında ve **stok optimizasyonunu** iyileştirmesinde etkili olacağını düşünmektedir. Bir ürün çeşidi üretildikten sonra yeni ayarlamalar yapılarak, işletme farklı ürün çeşidini üretecek bir yapıya bürünebilir. Bunların her biri üretimde esneklik sağlamasına katkı sağlar.

Görüşme yapılan yöneticilerin yarısı (**%50**), Sanayi 4.0 uygulamalarıyla birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerde daha fazla **inovatif ürünlerin** üretilebileceğini, **daha az hammadde** kullanılacağını ve **makine kullanım oranlarının** iyileşeceğini

düşünmektedir. İşletmelerin Sanayi 4.0'a geçiş sürecinde mevcut makinelerin yerini daha verimli çalışabilen ve daha yüksek hıza sahip makinelerin alması, bu kaynakların doğru kullanılmasına ve makinelerde harcanan gereksiz zamanların engellenmesine de sebep olacaktır.

Katılımcıların %44'ü Sanayi 4.0 ile birlikte küçük veya orta ölçekli işletmelerdeki **gereksiz beklentilerin** azalacağını, **enerji tasarrufunda iyileştirmelerin** olacağını ve **daha sade iş akışlarının** olacağını düşünmektedir. Katılımcılar tarafından en az işaretlenen kategori: **yüksek katma değerli ürünlerin** üretilebilecek olmasıdır. Katılımcıların yalnızca %38'i, Sanayi 4.0 ile birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerin katma değeri yüksek ürünler üretebileceği düşüncesindedir.

Soru 8: Genel Bilgiler Başlığı altında "Sanayi 4.0'ın büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 64'de sunulmuştur.

Tablo 64
Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Uygulanabilirliğini Düşünme Durumu(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, uygulanabilir.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12, X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, uygulanamaz.	-	0	0

İşletme yöneticilerinin hepsi, sanayi 4.0 uygulamalarının büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğu fikrindedir. Hiçbir katılımcı büyük ölçekli işletmelerde sanayi 4.0'ın uygulanamaz olduğu düşüncesinde değildir.

Soru 9: Genel Bilgiler Başlığı altında "Sizce büyük ölçekli işletmeler (mali bilançosu 40 milyon TL'den fazla) Sanayi 4.0'a geçiş yapma hususunda zorluklar yaşayabilir mi?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 65'de sunulmuştur.

Tablo 65
Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Yaşayabilme Düşüncesi (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Kısmen zorluk yaşanabilir.	X1,X4,X5,X6,X7,X9,X10,X11,X12,X14	10	62.5
Evet, çok fazla zorlukla karşılaşılacaktır.	X2,X3,X8,X13,X15,X16	6	37.5
Hayır, hiçbir zorluk yaşamazlar.		0	0

Katılımcıların her biri, büyük ölçekli işletmeler tarafından Sanayi 4.0'ın uygulanacağını düşünse de, %37.5'i işletmelerin bu süreçte çok fazla zorlukla karşılaşacağını düşünmekte, %62.5'i ise işletmelerin kısmen de olsa bir takım zorluklar yaşayabileceğini düşünmektedir.

Soru 10: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sizce büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'ın getirilerinden olan teknolojik gelişmeleri işletmelerinde uygulama hususunda aşağıda yazan hangi eksikliklerden dolayı zorluklar yaşanabilir?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 66'da sunulmuştur.

Tablo 66
Görüşme Yapılan Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişte Yaşayacağını Düşündükleri Zorluklar (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n (N=16)	%
Geçiş süreci planlamalarını tam yapamamak	X1,X2,X3,X6,X9,X14,X15,X16	8	50
Zamansal Yetersizlik (Dönüşüm için)	X2,X3,X4,X6,X8,X13,X15,X16	8	50
Entegrasyon Zorlukları	X2,X5,X8,X9,X10,X12,X14,X16	8	50
Senkronize Çalışamama Durumu (Makinelerin, İnsanların vb. Ortak Çalışamaması)	X3,X4,X5,X9,X10,X11,X13,X16	8	50
Yazılım alt yapısında yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X3,X4,X5,X7,X8,X12,X13	7	44
Kalifiye eleman bulamamak	X4,X8,X12,X13,X15	5	33
Teknolojik alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	X4,X7,X8,X11,X14	5	33
Verilerin güvenliği için gerekli yapının sağlanamayacak olması	X1,X2,X8,X14,X15	5	33
Yönetici-Çalışan Bariyerleri	X1,X6,X11,X13,X16	5	33
Devlet Desteğini Alamamak	X5,X6,X8,X11,X12	5	33
Yatırım Yapılacak Bütçenin Ayrılmayacak Olması	X6,X11,X12,X16	4	27
Yeterli bilgiye sahip olmamak	X2,X3,X5	3	19

Katılımcıların **%50'si** büyük ölçekli işletmelerin bu yeni sanayileşme sürecinin getirdiği yeni teknolojileri ve uygulamaları işletmeye dahil etme kararında **geçiş süreci planlamalarını** tam yapamayacağına, dönüşüm için **zaman sıkıntısı** yaşayacağına, tüm sistemlerin birbiriyle **senkronize** çalışamayacağına ve birbirine **entegre olma** zorlukları yaşanacağına dikkat çekmişlerdir.

Katılımcıların **%44'ü** sanayileşme sürecinde büyük ölçekli işletmelerdeki **yazılım-donanım alt yapısındaki** eksiklerin kolay giderilemeyecek olmasını düşünmektedir. Katılımcıların **%33'ü** ise, büyük ölçekli işletmelerin bu süreçte **kalifiye eleman** bulmada, **teknolojik alt yapısındaki eksiklikleri** gidermede, **verilerin güvenliği** için gerekli yapıları sağlamada, **yönetici- çalışan bariyerlerini** sorunsuzca halletmede ve **devlet desteği** almada sıkıntılarla karşılaşacağını düşünmektedir.

Görüşme yapılan yöneticilerin **%27'si**, büyük ölçekli işletmelerin bu sanayileşme sürecine yapılacak yatırım için gerekli **bütçenin** olmayışı konusunda sıkıntı yaşayacaklarını düşünmektedir. Katılımcıların **%19'u** da (yaklaşık olarak her 5 katılımcıdan 1'i) büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'a geçişinde **yeterli bilgiye** sahip olmaması konusunda zorluklar yaşayabileceğini düşünmektedir.

Soru 11: Genel Bilgiler Başlığı altında "Eğer bu yeni sanayileşme sürecinin uygulanabilir olduğunu düşünüyorsanız sizce büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapmasıyla mevcut durumuna nazaran aşağıda yer alan hangi avantajları elde edebilirler?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 67'de sunulmuştur.

Tablo 67
Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını
Düşündükleri Avantajlar(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
İşletmede Katma Değersiz İşlerde İyileşme	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13,X14,X15,X16	14	88
Küresel Rekabet Edebilme Gücü	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13,X14,X15,X16	14	88
Daha Yenilikçi Bir Üretim Anlayışı	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X14,X15,X16	13	81
Daha Kaliteli Ürünlerin Ortaya Çıkması	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X13,X15	13	81
Ürünlere ve Süreçlere Daha Fazla Hakim Olmak	X1,X2,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13,X15,X16	13	81
Yüksek Katma Değerli Ürünlerin Üretilmesi	X2,X3,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X13,X15,X16	12	75
Üretim Kapasitesinin Artması	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X13,X15,X16	12	75
Daha Az İş gücü Kullanımı	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X15,X16	12	75
Kurumsallaşmaya Destek Vermek	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X12,X14	12	75
Düşük Maliyetli Üretim Yapmak	X1,X3,X4,X5,X6,X8,11,X12,X13,X14,X16	11	69
Üretim Sürelerinin Kısalması (br. üründe)	X1,X2,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X14	11	69
Üretimde Hataların Azaltılması	X1,X2,X4,X5,X7,X8,X9,X11,X12,X15,X16	11	69
İnovatif Ürünlerin Üretilmesi	X1,X2,X3,X5,X7,X8,X10,X14,X15,X16	10	63
Stok Optimizasyonunu İyileştirmesi	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X13,X15	10	63
Gereksiz Beklemelerin Azalması (Parça Eksikliği, Makine arızaları vb.)	X1,X3,X4,X7,X8,X10,X12,X14,X15	9	56
Daha Az Hammadde Kullanımı	X1,X4,X5,X6,X7,X9,X12,X13,X16	9	56
Enerji Tasarrufunun Bir Ölçüde Sağlanması	X2,X4,X6,X7,X9,X10,X13,X15,X16	9	56
Daha Sade İş Akışlarının Oluşması	X2,X3,X5,X7,X8,X9,X12,X13,X14	9	56
Makine Kullanım Oranlarının Artması	X1,X3,X4,X6,X9,X10,X11,X13,X14	9	56
Kalifiye Eleman Sayısında Artış	X1,X5,X7,X8,X10,X11,X12,X14	8	50
Üretimde Esneklik Sağlamak	X2,X4,X5,X6,X13,X15	6	38

Katılımcı işletme yöneticilerinin her biri, sanayi 4.0 uygulamalarının büyük ölçekli işletmeler tarafından uygulanabilir olduğunda hem fikirdir. Katılımcılar, sanayi 4.0 ile birlikte, büyük ölçekteki işletmelerin bir takım avantajlar elde edeceğini düşünmektedir. En fazla sağlayacağı düşünülen avantajlar katılımcıların **%88'i** tarafından işaretlenen işletmelerde **katma değersiz işlerin** iyileşmesi ve işletmenin **küresel rekabet edebilme** gücü elde etmesidir. Aynı katılımcı grubun %81'i sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli

işletmelerde katma değersiz işleri iyileştireceğini, %69'u da küresel rekabet etme avantajını elde edeceğini düşünmekteydi.

Katılımcıların **%81'i**, Sanayi 4.0'ın büyük ölçekli işletmeler üzerinde **daha kaliteli** ürünlerin üretileceğini, işletmelerin **yenilikçi bir üretim anlayışı** kazanacaklarını ve ürünlere/süreçlere daha fazla hakim olacağı yönünde fikre sahiptir. Aynı katılımcı grubun %88'i, sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde daha kaliteli ürünlerin üretilmesini sağlayacağını ve işletmelerin ürünlere/süreçlere daha fazla hakim olacağını düşünmekteydi.

Katılımcıların **%75'i** Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde **yüksek katma değerli** ürünlerin üretileceğini, daha **az iş gücü kullanılacağını, üretim kapasitesinin** artacağını ve **daha fazla kurumsallaşmasına destek vereceğini** düşünmektedir. Aynı katılımcı grubun %38'i, Sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde yüksek katma değerli ürünlerin üretileceğini, % 63'ü daha az iş gücü kullanılacağını ve %81'i de kurumsallaşmaya destek vereceğini düşünmekteydi. Sonuç olarak, katılımcılar Sanayi 4.0 ile yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesinin ve daha az iş gücü kullanılmasının büyük ölçekli işletmelerde daha fazla avantaj sağlayacağı fikrindedir.

Katılımcıların **%69'u** Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde daha **düşük maliyetlerde** üretim yapılacağını, birim ürün için **üretim sürelerinin** kısılacağını ve **üretimde hataların azalacağını** düşünmektedir. Aynı katılımcı grubun %56'sı sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde daha düşük maliyetlerde üretim yapılacağını, % 63'ü birim ürün için üretim sürelerinin kısaltacağını, %75'i üretimde hataların azalacağını düşünmektedir. Sonuç olarak, katılımcılar Sanayi 4.0 ile düşük maliyetlerde üretim yapılmasının, üretim sürelerinin düşmesinin ve üretimdeki hataların azalmasının büyük ölçekli işletmelerde daha fazla avantaj sağlayacağı fikrindedir.

Katılımcıların **%63'ü** Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde **inovatif ürünlerin** üretileceğini ve **stok optimizasyonun** büyük ölçüde sağlanacağını düşünmektedir. Katılımcıların %56'sı ise bu süreçle büyük ölçekteki işletmelerde **gereksiz beklemlerin** azalacağını, **daha az hammadde** kullanılacağını, **enerji tasarrufunun** sağlanabileceğini, **makine kullanım oranlarının** gelişeceğini ve daha **sade iş akışlarının** oluşacağını düşünmektedir. Aynı katılımcı grubun %44'ü sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde gereksiz beklemleri azaltacağını, %50'si daha az hammadde kullanılacağını, %44'ü enerji tasarrufunun önemli ölçüde

sağlanabileceğini ve daha sade iş akışlarının oluşacağını düşünmektedir. Sonuç olarak, katılımcılar Sanayi 4.0 ile burada yazan temaların büyük ölçekli işletmelerde daha fazla avantaj sağlayacağı fikrindedir.

Katılımcıların **%50'si** sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde **kalifiye eleman sayısında** artış olacağını düşünmekte, **%38** ise üretimde esneklik sağlayabileceğini düşünmektedir. Aynı katılımcı grubun %56'sı da sanayi 4.0'ın küçük veya orta ölçekli işletmelerde kalifiye eleman sayısında artış olacağını ve üretimde esneklik sağlayacağını düşünmektedir. Sonuç olarak, katılımcılar Sanayi 4.0 ile burada yazan temaların büyük ölçekli işletmelerde daha fazla avantaj sağlayacağı fikrindedir.

Soru 12: Genel Bilgiler Başlığı altında “Türkiye ekonomisinin, teknoloji ve bilişim alt yapısının, organizasyonel yapısının tümünün entegre bir şekilde bu yeni sanayileşmeye genel olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 68'de sunulmuştur.

Tablo 68

Yöneticilerin, Türkiye'yi Sanayi 4.0'a Hazır Görme Durumu(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değil.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X12,X14,X16	13	81
Kısmen, hazır.	X10,X13,X15	3	19
Evet, hazır.	-	0	0

Katılımcıların **%19'u**, Türkiye'nin bu yeni sanayileşme sürecine ekonomik yapısının, teknolojik alt yapısının, bilişim alt yapısının ve organizasyonel yapısının birbirleriyle entegre bir şekilde çalışabilir olacağını düşünerek Türkiye'yi Sanayi 4.0'a **kısmen** hazır görmekte, **%81'i ise** bu sürece hazır olmadığını düşünmektedir.

Hiçbir katılımcının Türkiye'yi yeni sanayi devrimine tam olarak hazır bulmaması da önemli bir noktadır.

Soru 13: Genel Bilgiler Başlığı altında “Türkiye'nin bu yeni sanayileşme yapısına genel olarak hazır olması için İLK olarak öncelik verilmesi gerektiğini düşündüğünüz 5 kategori nedir?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 69'de sunulmuştur.

Tablo 69
Yöneticilerin Türkiye’yi Sanayi 4.0’a Hazırlamak İçin Öncelik Verilmesi
Düşünülenler (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Teknoloji alım öncesi destek yapılarının geliştirilmesi (teknik donanım, ücret, dışarıdan tedarigi vb.)	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X16	12	75
Yazılım-donanım, bilişsel alanda hizmet kolaylığı	X1,X2,X3,X5,X6,X7,X9,X10,X11,X12,X14,X16	12	75
Devlet teşvik planlarının, yasal düzenlemelerin yapılması (Vergi indirimi vb.)	X1,X3,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X13,X16	10	63
Yeni teknolojiler için ürün sonrası kaliteli hizmet destek yapılarının kurulması	X2,X4,X5,X6,X7,X8,X11,X12,X13,X15	10	63
Geleceğe yönelik düşünce yapısı	X1,X2,X4,X8,X9,X13,X15,X16	8	50
Şirket içi eğitimler	X6,X7,X10,X12,X14,X15,X16	7	44
Kalifiye eleman yetiştirilmek üzere programların açılması	X3,X5,X8,X11,X13,X14	6	38
Okul içi eğitimler(bilinçlendirme çalışmaları)	X1,X3,X4,X12,X14,X15	6	38
Sanayi-Üniversite iş birliğine gitmek	X1,X4,X5,X14,X15	5	31
Bu alanda faaliyet gösteren platformların artması	X2,X9,X10,X13	4	25

Hiçbir katılımcının Türkiye’yi bu yeni sanayi devrimine tam olarak görmemesinden dolayı, bütün katılımcılar geliştirilmesinin veya yapılmasının gerekli olduğu birçok temada seçim yapmışlardır. Katılımcılara Türkiye’nin bu dönüşüm sürecine tam olarak hazır olması için önemli gördükleri ilk 5 tema sorulduğunda, katılımcıların **%75’i** tarafından en çok gerekli **destek yapılarının** kurulmasını ve **yazılım-donanım** bilişim anlamında hizmet kolaylığı sağlamasını gerekli gördüklerini ifade ettiler. Kurulacak destek yapıları, işletmeye en uygun maliyetli ürünleri ve teknolojileri sunacak, bu teknolojilerin işletmeye uygunluğunu saptayacak, teknolojiler için teknik donanımları oluşturabilecek, eğer gerekliyse yazılım desteği kurabilecek ve bulduğu teknolojiyi daha uygun fiyatlarda tedarik edecek imkanları yaratabilecektir.

Üçüncü ve dördüncü olarak katılımcıların **%56’sı**, **devlet teşvik planlarının** yapılmasını ve **ürün sonrası kaliteli hizmet** verebilecek yapıların kurulmasını gerekli görmüşlerdir. Son olarak da işletmelerin **%50’si**, yani katılımcıların yarısı, **geleceğe yönelik düşünce** yapısının gelişmesinin gerekli olduğunu vurgulamıştır.

Soru 14: Genel Bilgiler Başlığı altında “Sanayi 4.0 stratejilerini uygulamaya başlayan Türkiye’nin diğer ülkelerle rekabet edebilme gücü açısından nasıl bir etki yaratacağını düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 70’de sunulmuştur.

Tablo 70
Türkiye'nin Sanayi 4.0'a Geçiş Yapmasının Diğer Dünya Ülkeleriyle Rekabet Edebilmesi (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Güçlendiren yönde etki eder.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X10,X11,X13,X15	11	69
Kararsızım.	X8,X12,X14,X16	5	31
Zayıflatan yönde etki eder.	-	0	0

Türkiye'nin Sanayi 4.0'ı uygulamaya başlaması sonucunda birçok işletme bu dönüşümün farklı yönde etkileri üzerinde durdu. Görüşme yapılan katılımcıların hiçbiri Türkiye'nin sanayi 4.0 stratejilerini uygulaması sonucunda diğer ülkelerle rekabet edebilme gücünü zayıflatacağını düşünmemiştir. Katılımcıların **%31'i** bu konuda **kararsız** kalmıştır. Katılımcıların bu konuda bilgilerinin olmaması veya Türkiye'nin hazır olduğunu düşünmemesi gibi sebeplerden dolayı çekimser kalmış olması muhtemeldir. Bu noktada daha önceki **12. Sorunun** verilerine bakıldığında nitekim bu görülmektedir. Kararsızlığı işaretleyen işletmelerin hepsi, ülkenin Sanayi 4.0'a hazır olmadığını düşünen işletmeler arasındadır. Ankete katılan işletme yöneticilerinin **%69'u**, Sanayi 4.0'ın uygulanması sonucunda Türkiye'nin diğer dünya ülkeleriyle rekabet edebilme gücünü arttıracığını düşünmektedir.

Soru 15: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a işgücü olarak hazır olduğunuzu düşünüyor musunuz? sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 71'de sunulmuştur.

Tablo 71
Yöneticilerin Kendi İşletmelerini İşgücü Açısından Hazır Bulması(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değiliz.	X3,X5,X6,X8,X11,X12,X16	7	44
Kısmen hazırız. Bazı departmanlar için destek gerekmektedir.	X1,X7,X9,X10,X13,X14	6	37
Evet, hazırız.	X2,X4,X15	3	19

Seri üretim yapan işletme yöneticilerinin **%19'u**, işletmelerini sanayi 4.0'a işgücü açısından hazır bulurken, **%37'si** kısmen hazır olduğunu ifade etmekte ve gerekli desteklerle (eğitim vb.) bu açığı kapatabileceklerini düşünmektedir. Yani katılımcıların **%53'ü**, kendi işletmelerini kendi işletmelerini işgücü açısından bu yeni sanayi devrimine "hazır değil" olarak görmemektedir. Katılımcıların **%44'ü** de kendi işletmelerini iş gücü açısından hazır bulmamaktadır.

Ayrıca kendilerini işgücü olarak hazır görmeyen tüm işletmeler, **soru 13**'de Türkiye'nin bu sürece hazır olması için işgücü desteğini alması gerektiğini belirtmişti.

Soru 16: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında “Sanayi 4.0 uygulamaları çok fazla olan, birçok farklı teknolojik imkanları sunabilen, farklı alanlarda farklı üretim birimlerinde farklı çalışmalara imkan sağlayan bir süreçtir. Sanayi 4.0'a tam anlamıyla adapte olmak şuan zor gözükse de, işletmelerin belirli alt yapıları kurarak başlamaları gerekebilir. İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a bütçe olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 72'de sunulmuştur.

Tablo 72

Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Bütçe Açısından Hazır Bulması(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, hazır değiliz.	X3,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X16	10	62.5
Kısmen, hazırız.	X1,X4,X13,X14	4	25
Evet, hazırız.	X2,X15	2	12.5

Görüşme yapılan yöneticilerin yaklaşık olarak **%13**'ü Sanayi 4.0 uygulamalarına maddi olarak hazır olduğunu düşünürken, **%25**'i kısmen hazır olduğunu düşünmektedir. Totalde bakıldığında seri imalat yapan işletme yöneticilerinin yaklaşık olarak **%38**'i işletmelerini gerekli bütçe noktasında “hazır değil” olarak görmemektedir. Katılımcıların yaklaşık **%63**'ü bütçe olarak bu yeni sanayileşme dönemine geçiş yapma konusunda kendi işletmelerini hazır görmemektedir.

Soru 17: : İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında “İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a üretim süreci (ürün akış rotaları vb.) olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 73'de sunulmuştur.

Tablo 73

Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Üretim Süreci Açısından Hazır Bulması (Seri)

Tema/Kategori	Kodlar	n	%
Evet, hazırız.	X2,X4,X13,X15	4	25
Hayır, hazır değiliz.	X1,X5,X10,X11,X12	5	31
Kısmen hazırız.	X3,X6,X7,X8,X9,X14,X16	7	44

Bu soru, işletmede üretilen ürünlerin sanayi 4.0'ın getirdiği birtakım yenilikler ve uygulamalara karşı adapte olabilme durumunu belirlemek ve ürünlerin yeni üretme

süreçlerine hazır olma durumu hakkında yöneticilerin ne düşündüklerini ölçmek amacıyla sorulmuştur. İşletmelerdeki bazı ürünlerin, üretim akışı olarak mevcut yapı dışında farklı bir teknolojiye veya yapıda üretilmesi mümkün olmayabilir. Bazı ürünlerde de üretim akışlarında bir takım sadeliklere gidilerek üretim süreç yapısı değişebilir.

Katılımcıların %25'i kendi işletmelerinin Sanayi 4.0'a geçiş yapmasını; üretim süreci olarak (ürünün işlem sırası, cinsi vb. gibi özellikler) hazır bulmakta, %44'ü ise işletmelerini kısmen hazır olarak görmektedir. Sonuca bakıldığında, katılımcıların %25'i sanayi 4.0'a geçiş yapma durumunda üretim süreci olarak hazır olmadıklarını ifade etmişlerdir.

Soru 18: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında "İşletmelerin Sanayi 4.0 stratejilerini uygulayabilmeleri için gelişmiş bir bilişim alt yapısına sahip olmaları gerektiği söylenebilir. İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a bilişim alt yapısı (sahip olunan yazılım-donanım programları, makinelere entegre edebilme özelliğine sahip olma vb.) olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 74'de sunulmuştur.

Tablo 74
İşletmelerin, Kendi Bilişsel Alt Yapılarını Hazır Bulması (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, hazırız.	X2,X5,X15	3	19
Kısmen, bazı noktalarda hazırız fakat bazı noktalarda geliştirmeliyiz.	X3,X4,X8,X9,X13	5	31
Hayır, hazır değiliz.	X1,X6,X7,X10,X11,X12,X14,X16	8	50

Bu soru, seri üretim yapan işletmelerin, sanayi 4.0'a adapte olabilmesi için gereken bilişim alt yapısına karşı işletmelerini hazır bulma durumunu belirlemek amacıyla sorulmuştur. Ayrıca **soru 13'de** Türkiye'nin bu sanayileşme sürecine hazır olmasıyla ilgili öncelik verilmesi gereken konularda, yazılım-donanım hizmet kolaylığı isteyen tüm seri işletme yöneticileri, bu soruda kendilerini bilişsel alt yapı olarak da hazır görmemektedir. Bu soru bir yönden cevaplayanların ankete hakimiyetini kontrol edebilmek adına da önemli olmuştur. Sonuç olarak, kendilerini bilişsel anlamda yetersiz gören tüm katılımcılar, Türkiye'nin de bu sürece hazır olması için bilişim teknolojilerine öncelik verilmesini gerekli görmüşlerdir.

Uygulamaya katılan katılımcıların **%19'u** Sanayi 4.0'ı işletmelerinde uygulayabilmeleri için gerekli gelişmiş bir bilişim alt yapısına sahip olduklarını ifade ederken, **%31'i de** kısmen hazır olduklarını ve bir takım desteklerle bu yapıların geliştirilebileceğine dikkat çekmektedir. Sonuçta genel çerçevede **%50'lik** bir kısım kendilerini bilişim teknolojileri olarak “hazır değil” görmemektedir. Katılımcı işletmelerin **%50'si** bilişim alt yapısı olarak kendi işletmelerini **hazır bulmamaktadır**.

Soru 19: İşletme İçi Genel Sorular Başlığı altında “Sanayi 4.0'la birlikte birçok yeni stratejinin geliştirilip, uygulama alanlarının genişlediği söylenebilir. Sizin işletmenizde, aşağıda yer alan teknolojilerinden hangileri son 5 yıldır aktif olarak kullanılmaktadır?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 75'de sunulmuştur.

Tablo 75

Görüşme Yapılan İşletmelerde Son 5 Yılda Kullanılan Teknolojiler (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Sensör Teknolojisi	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9, X10,X13,X14,X15,X16	14	88
Robot Teknolojisi	X1,X2,X3,X4,X5,X8,X9,X10,X13,X15	10	63
Bulut Teknolojisi	X1,X2,X3,X4,X5,X9,X10,X13,X15,X16	10	63
Gerçek Zamanlı Veri Toplayan Elemanalar	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X13,X15	9	56
RFID (Radyo Frekans Tanımlama Sistemi)	X2,X3,X6,X7,X8,X9,X13,X15,X16	9	56
Gömülmüş IT	X2,X3,X4,X5,X8,X9,X15	7	44
RTLS(Gerçek Zamanlı Konum Belirleme)	X2,X3,X4,X6,X8,X15	6	38
Geliştirilmiş Siber Güvenlik Teknolojileri	X2,X3,X5,X15	4	25
IOT (M2M vb.)	X2,X5,X15	3	19
Üretimde Giyilebilir Teknoloji	X2	1	6

Görüşme yapılan işletmelerin son 5 yıldır aktif olarak kullandığı en fazla teknoloji, sensör teknolojisi olarak tespit edilmiştir. Katılımcıların **%88'i** işletmelerinde **sensör teknolojisini**, **%63'ü** en çok **bulut teknolojisini** ve **robot teknolojisini** kullanmaktadır. Katılımcıların **%56'sı** tarafından en fazla kullanılan teknolojiler de **RFID** ve **gerçek zamanlı veri toplamayı** sağlayan elemanlar olarak belirlenmiştir. Görüşme yapılan işletmelerin **%44'ü** **gömülmüş IT**, **%38'i** **RTLS(Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri)**, **%25'i** geliştirilmiş **siber güvenlik** teknolojilerini ve **%19'u** da **IOT'u**(Nesnelerin İnterneti) son 5 yılda kullanmaya başlamıştır.

Görüşme yapılan işletmelerin son 5 yılda daha az yer verdikleri teknoloji, kullanıcıların **%6'sı** tarafından üretimde kullanılan **giyilebilir teknoloji** olarak tespit edilmiştir.

Soru 20: İşletme İçi Başlığı altında “Sanayi 4.0’a geçiş yapma imkanınız olsa, bu yenilikçi teknolojilerin işletmenizin mevcut durumuna nazaran avantajlı bir durum olacağını düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 76’da sunulmuştur.

Tablo 76

Yöneticilerin Sanayi 4.0’ile Birlikte Yeni Teknolojilerin Kendi İşletmelerine Katma Durumu(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Hayır, faydalı olacağını düşünmüyorum.	-	0	0
Kararsızım.	X3,X6,X10,X12,X16	5	31
Evet, faydalı olacağını düşünüyorum.	X1,X2,X4,X5,X7,X8,X9,X11,X13,X14,X15	11	69

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin %31’i Sanayi 4.0’a geçiş yapabilecek imkana sahip olması durumunda, Sanayi 4.0’ın işletmelerindeki mevcut duruma göre avantajlı olma konusunda kararsız kalmaktadır. Bu yeni sanayi dönemine geçilmesinin işletmelerine büyük fayda yaratacağını söyleyen katılımcıların oranı da %69 olmuştur. Hiçbir katılımcı, bu sürecin işletmelerinde faydasız olacağı kanısında da olmadığı çıkan raporda gözükmemektedir.

Soru 21: İşletme İçi Başlığı altında “İşletmenizin gelecek 5 yılda yapacağı yatırımlarda ve stratejik planlarda Sanayi 4.0 uygulamaları yer alıyor mu?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 77’de sunulmuştur.

Tablo 77

İşletmelerin Gelecek 5 Yıl İçinde Sanayi 4.0 Uygulamalarına Yer Verme Durumu (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet	X1,X2,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X13,X14,X15	11	69
Hayır	X3,X10,X11,X12,X16	5	31

Görüşme yapılan yöneticilerin %69’u işletmelerinin gelecek 5 yıl içindeki yatırım planlarında Sanayi 4.0 uygulamalarına yer verdiklerini, kalan %31’inin stratejik planlarında bu yeni sanayileşme sürecinin uygulamalarının yer almadığı belirlenmiştir. Genel çerçevede bakıldığında, seri imalat yöneticilerinin bu yeni sanayileşme sürecine geçiş yapma noktasında sıcak olduğu verilerden ortaya çıkmıştır.

Soru 22: İşletme İçi Başlığı altında “Sanayi 4.0 uygulamalarının, işletmeler üzerinde birçok farklı yeniliğin ve iyileştirmelerin habercisi olacağı düşüncesindeyim. Aşağıdaki tabloda işletmelere sağlanabileceği düşünülen birtakım etkiler yer almaktadır. “Sanayi 4.0’ın getirdiği yeniliklerden ve uygulama alanlarından hangilerinin sizin işletmenizdeki mevcut yapınızı geliştirecek yönde büyük önem arz etmektedir?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 78’de sunulmuştur.

Tablo 78
İşletmelerin Sanayi 4.0’ın Getirilerinden Önem Arz Eden Faktörler (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Üretim Zamanlarında İyileştirme	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X10,X11,X13,X14,X15,X16	14	88
Üretim Maliyetlerinde İyileştirme	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X10,X12,X13,X14,X15,X16	14	88
Yüksek Kaliteli Ürünler	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X12,X15,X16	13	81
İnsan Kaynaklı Üretim Hatalarını Kaldırması	X1,X2,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11, X12,X15,X16	12	75
Gerçek Zamanlı Verilere Ulaşma-Yönetme	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X13,X15	11	69
İleri Analiz Teknikleri	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X13,X14,X15	11	69
Önleyici Bakım Faaliyetleri	X2,X3,X4,X5,X8,X9,X10,X11,X12,X14,X15	11	69
Üretimde Hız Yaratma Potansiyeli (kapasite artışı)	X1,X2,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X5	11	69
Üretim Kontrol Yapılarının Geliştirilmesi	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X11,X12,X15,X16	11	69
İş Akışının Sadeleşmesi (Yalın Üretim)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X10,X13,X14,X16	11	69
Makineler Arasındaki Senkronizasyon	X1,X3,X4,X5,X6,X8,X11,X14,X15	9	56
Bilgi Güvenliğini Sağlayan Sistem Ağları	X2,X3,X4,X5,X8,X13,X14,X15	8	50
Yüksek Katma Değerli Ürünler	X2,X3,X5,X8,X13,X15	6	38
Esnek İmalat Hücreleri	X3,X4,X5,X7,X8,X15	6	38
Kalifiye İşgücünü Arttırması	X4,X7,X14	3	19
Müşterinin Üretim Süreçlerine Dahil Edilebilmesi	X14,X16	2	13

Tablonun sol sütununa, Sanayi 4.0’ın uygulama ve stratejik yapısının işletmeler üzerinde değer yaratabileceği ve katkı sağlayacağı düşünülen bir takım kategoriler yazılmıştır. İşletmelere yazan kategorilerden hangilerinin işletmeleri için çok büyük önem arz edeceği sorulduğunda, bazı işletme yöneticilerinin bir takım kategorileri işaretlemekten kaçındıkları görülmüştür. Bunun sebebi sorulduğunda, işletmelerin mevcut yapılarında bir sıkıntı ve problemle karşılaşmadıklarını ve o alanlarda geliştirmeye açık olmadıklarını ifade ederek o kategorileri işaretlemekten kaçındıklarını söylemişlerdir.

Katılımcıların **%88’i**, sanayi 4.0 ile birlikte işletmelerin mevcut yapılarına göre en fazla önem arz ettiğini düşündükleri kategorileri, **üretim maliyetlerinde** ve **üretim zamanlarında** iyileştirme yapması olarak belirlemiştir. Zaten bu iki kategori birbiriyle son derece bağlantılıdır; çünkü üretim zamanlarında yapılan iyileştirmeler üretim

maliyetlerini de büyük ölçüde etkilemektedir. Katılımcıların **%81'i** tarafından Sanayi 4.0 sayesinde büyük önem arz eden kategori **yüksek kalitede ürünler** verilebilecek olması ve **%75'i** tarafından insandan kaynaklı **üretim hatalarının** azalması olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların **%69'u** tarafından büyük önem arz eden kategoriler Sanayi 4.0'ın **gerçek zamanlı verilere** ulaşma noktasında imkan sağlaması, **ileri analiz edebilme** gücü yaratması, **önleyici bakım** faaliyetlerini sağlaması, **iş akışını sadeleştirme** (yalın üretim anlayışı), **üretimde hız yaratma potansiyeli** (üretimde **kapasite artışı**) elde edilmesi ve **üretimde kontrol yapılarını** geliştirmesi olarak tespit edilmiştir. Görüşme yapılan yöneticilerin **%56'sı** Sanayi 4.0'ın işletmelerinde makineler arası **senkronizasyonu** geliştirmesinin, **%50'sinin de bilgi güvenliğini** sağlayan sistem ağlarına destek vermesinin önemli olduğunu belirtmiştir.

Katılımcıların **%38'i** tarafından önemli görülen kategori: işletmede **yüksek katma değerli** ürünlerin üretilmesi olarak belirlenmiştir. Seri üretim yapan işletmelerin kendi mevcut yapılarında yüksek katma değerli ürünleri ürettiklerini düşünmeleri veya ürünlerine katkı sağlanacak bir işlemin olmayışını bilmeleri, böyle bir oranın çıkmasına neden olabilir. Yine katılımcıların **%38'i** Sanayi 4.0'ın **esnek imalat hücrelerine** imkan vermesi seçeneğini işaretleyerek işletmeleri için önemli olduğunu ifade etmektedir.

Katılımcıların **%19'u** tarafından önemli görülen kategori: işletmedeki **kalifiye işgücünü** arttıracak olmasıdır. Ayrıca Sanayi 4.0'da en az önemli görülen kategori de katılımcıların sadece **%13'ü** tarafından işaretlenen **müşterinin üretim süreçlerine** dahil edilebilmesi olarak belirlenmiştir. Seri üretim yapan işletmelerde, ürünlerin daha önceden belirlenen ürün standartlarında üretiliyor olması, **üretim süreçlerine müşterilerin dahil** edilmesinin daha az önemli görülmesinin sebebi olabilir. Çünkü seri üretim yapan işletmelerde ürünler önceden belirlenen ürün modüllerinde, ona uygun hazırlanan üretim planlarında ve miktarlarında gerçekleşmektedir.

Soru 23: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcıların aşağıda yer alan faktörlerden hangilerine dair bilginiz vardır?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 79 'de sunulmuştur.

Tablo 79**Yöneticilerin 3b Yazıcılara Dair Bilgilerinin Olması (Seri)**

Tema/Kategori	-	İşletme Kodları	n	%
Çalışma Prensipleri	Biliyorum	X1,X2,X4,X5,X14,X15	6	37
	Bilmiyorum	-	0	0
	Kısmen Biliyorum	X1,X3,X6,X7,X8,X9, X10,X11,X12,X13,X16	10	63
Sağladığı Faydalar	Biliyorum	X2,X4,X5,X14,X15	5	31
	Bilmiyorum	X11	1	6
	Kısmen Biliyorum	X1,X3,X6,X7,X8,X9, X10,X12,X13,X16	10	63
Uygulamaları	Biliyorum	X2,X4,X5,X11,X13, X14,X15	7	44
	Bilmiyorum	-	0	0
	Kısmen Biliyorum	X1,X3,X6,X7,X8,X9, X10,X12,X16	9	56

Anket çalışmasının, 3b yazıcı teknolojisini duymuş ve genel hatlarıyla bilgi sahibi olanlar üzerinde uygulandığı unutulmamalıdır. Görüşmeye başlamadan önce 3b yazıcı teknolojisini duymamış veya bilmeyen birçok katılımcı elenerek ankete dahil edilmemiştir. Bu doğrultuda, görüşme yapılan işletmelerin **%37'si** 3b yazıcı teknolojinin çalışma prensiplerini tam anlamıyla bildiğini ifade ederken, **%63'ü** bu konuda kısmi bilgiye sahip olduğunu belirtmiştir.

Katılımcılara 3b yazıcı teknolojisinin sağlayacağı faydaları bilme durumu sorulduğunda, katılımcıların **%31'i** tam anlamıyla bildiğini düşünürken, **%63'ünün** kısmen de olsa bir bilgisi olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Hiçbir katılımcı sağlayacağı faydalar noktasında bilgisiz olduğunu düşünmemektedir.

Katılımcılara, 3b yazıcı teknolojiyle bugüne kadar yapılmış uygulamalar sorulduğunda, katılımcıların **%56'sı**, 3b yazıcıların uygulama alanlarını kısmen de olsa bildiğini ve **%44'ü** de tam anlamıyla bilgisinin olduğunu ifade etmiştir. Bu sonuçla da 3b yazıcı teknolojisine dair genel olarak en çok bilindiği düşünülen tema: 3b yazıcıların uygulama örnekleri noktasında olmuştur.

Soru 24: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Daha önce bir 3b yazıcıyı deneme amaçlı olsa dahi kullanma imkanınız oldu mu?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 80'de sunulmuştur.

Tablo 80**Yöneticilerin 3b Yazıcıyı Bireysel Olarak Kullanma Durumu (Seri)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Kullandım	X1,X2,X4,X5,X14,X15	5	31
Kullanmadım	X3,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X16	11	69

Katılımcıların **%69'unun** hiçbir şekilde 3b bir yazıcıyı kullanmadıkları, sadece **%31'inin** 3b yazıcıları kullandığı yapılan çalışma sonucu ortaya çıkmıştır.

Soru 25: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcı teknolojisi hem seri üretim yapan işletmelerde kullanıldığı gibi hem de kesikli üretim yapan üretim hacmi seri üretime nazaran düşük olan işletmelerde de tercih edilmektedir. İki farklı üretim tipine sahip işletmelerde 3b yazıcıların kullanım amacı ve şekli de değişiklik gösterebilir. Örneğin, bu işletmeler bu teknolojiyi yalnızca ürün tasarımı aşamasında kullanmayı tercih edebileceği gibi yalnızca ürün imalat aşamasında da kullanmayı tercih edebilir. Siz bu 3b yazıcı teknolojisinin GENEL çerçevede hangi tip üretim sistemlerine sahip işletmelerde kullanılmasının daha uygun olduğunu düşünüyorsunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 81’de sunulmuştur.

Tablo 81**Yöneticilerin 3b Yazıcıların Kullanımı için Uygun Gördükleri Üretim Sistem Tipi (Seri)**

Tema/Kategori	Kodlar	n	%
Seri İmalat		0	0
Kesikli İmalat	X2,X3,X5,X7,X9,X10,X11,X12,X15	9	56
İki üretim tipi için de aynı uygunluktur.	X1,X4,X6,X8,X13,X14,X16	7	44

Görüşme yapılan yöneticilerin **%56'sı** 3b yazıcıların kesikli imalatta kullanılmasının daha uygun olduğunu düşünmektedir. Yöneticilerin diğer kısmı (**%44'ü**) her iki üretim sistemi için de farklı amaçlar doğrultusunda kullanılabileceğini ve her iki üretim sistemine sahip işletmeler için de uygun olduğuna dikkat çekmiştir. İşletmesinde seri üretim gerçekleştiren hiçbir yönetici bu teknolojinin sadece seri imalat için uygun olduğunu düşünmemektedir.

Soru 26: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcı teknolojisinin birçok avantajı olduğu kadar, hala günümüzde geliştirilmesi gereken bazı noktaların da olduğu söylenebilir. Sizin bu teknolojiye sahip olma gücünüz olması durumunda, 3b yazıcıları

işletmenizde kullanmayı ister misiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 82’de sunulmuştur.

Tablo 82
Yöneticilerin İşletmelerinde 3b Yazıcıyı Tercih Etme Durumu (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, fakat geliştirildikten sonra kullanmayı isteriz.	X2,X3,X5,X7,X10,X11, X12,X13,X14,X15	10	63
Evet, mevcut durumda kullanmayı isteriz.	X1,X4,X6,X8,X9,X16	6	37
Hayır, kullanmayı istemiyoruz.	-	0	0

Katılımcıların **%63’ü** 3b yazıcı teknolojisine sahip olma durumunda, teknolojiyi mevcut haliyle kullanmak yerine bir takım geliştirmelerden sonra kullanmak istediklerini, **%37’si** de 3b yazıcı teknolojisinin mevcut durumuyla da bu teknolojiyi kullanabileceklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların hiçbiri, bu teknolojiye sahip olma güçleri olması durumunda kullanmak istememe fikrine sahip olmamışlardır.

Soru 27: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Piyasada birçok farklı amaçlar için tercih edilebilecek 3b yazıcılara rastlamak mümkündür. Siz 3b yazıcıları gerekli şartlar sağlandıktan sonra işletmenizde aşağıda yazan hangi amaç/amaçlar için kullanmayı tercih edersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 83’de sunulmuştur.

*Birden fazla kategori seçimi yapabilirsiniz.

Tablo 83
İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanma Amaçları (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Nihai ürün tasarımına destek sağlamak (Ürün prototipi, kalıbı vb. için)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Yardımcı parçaların (yedek parça, ara parça vb.) üretimi gerçekleştirmek	X1,X9,X10,X13,X16	5	31
Doğrudan ürün imalatını gerçekleştirmek	X8,X14,X16	3	19

Görüşme yapılan yöneticilerin **%19’u** 3b yazıcı teknolojisini gerekli şartların sağlanması (bütçe, işgücü vb.) durumunda doğrudan ürün imalatında kullanabileceklerini düşünmektedir. 3b yazıcılarla doğrudan ürün imalatını gerçekleştirmek, işletmenin ürettiği bitmiş nihai ürünü (örneğin, otomobil, telefon, su bardağı vb.) doğrudan 3b yazıcılarla üretilmesi demektir. Katılımcıların **%31’i** de bu teknolojiyi ürünü oluşturan destek parçaların, yedek parçaların veya üretimde kullanılan makinelere ve ekipmanlara

destek veren yan parçalar gibi yardımcı parçaların üretiminde kullanabileceği üzerine işaretleme yapmışlardır.

Görüşme yapılan bütün yöneticiler (%100) 3b yazıcı teknolojisini ürün tasarımında kullanabilecekleri yönünde seçim yapmıştır. Katılımcılar 3b yazıcıları gerek prototip ürünlerin üretiminde gerekse geleneksel ürün tasarımı için gerek duyulan kalıpların üretiminde kullanabileceklerini ifade etmiştir. Ürün tasarım işlemleri, yeni piyasaya sürülecek bir ürünün doğru dizaynına karar vermek için gereken denemeleri, üretilen prototipleri ve basılan kalıpları içermektedir. Aslında ürün tasarımına destek sağlarken de, 3b yazıcılarla bir üretim gerçekleşmektedir, bu gerek ürünün prototipinin üretimi gerek ürün kalıbının üretimi gerekse de doğru tasarıma karar vermek için ürünlerin üretimi olabilir.

Ayrıca görüşme yapılan yöneticilerin %56'sı (X2,X3,X4,X5,X6,X7,X11,X12,X15) 3b yazıcı teknolojisini sadece nihai ürünün tasarımına destek amacıyla kullanacağını ifade etmektedir.

Soru 28: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenizde bu teknolojiyi hangi departman/birimlerde kullanmayı tercih edersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 84’de sunulmuştur.*Birden fazla kategori seçimi yapabilirsiniz.

Tablo 84

İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanmayı Tercih Edecekleri Departmanlar (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
ARGE (Araştırma- Geliştirme)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
ÜRGE (Ürün-Geliştirme)- Ürün Tasarım Departmanı	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X12,X13,X14,X15,X16	14	88
İmalat Departmanı (yedek parça, aksesuar, son nihai ürün)	X1,X8,X9,X10,X13,X14,X16	7	44

Katılımcıların **tamamı** 3b yazıcı teknolojisini ARGE Departmanında kullanabileceğini ifade ederken, **%88’i bu teknolojiyi** Ürün Geliştirme Departmanı’nda(bazı işletmelerde ürün tasarım departmanı olarak da geçmektedir) kullanmayı tercih etmektedir. Katılımcıların **%44’ü** de gerek nihai ürün gerekse de yedek parça üretiminin yapıldığı imalat departmanında bu teknolojiye yer verebileceklerini belirtmiştir.

*Bu soru, bir önceki sorunun devamı niteliğindedir, ayrıca katılımcıların dikkat düzeyini ölçmek için bir kontrol sorusu olarak da görülebilir. Bir önceki soruda, doğrudan ürün

imalatını ve yedek parça vb. gibi imalat işlemlerini bu teknolojiyle yapmak isteyen işletmelerin, bu soruda imalat departmanı işaretlemesi beklenmektedir. Nitekim, **soru 26'da** imalat işlemlerinde 3b yazıcı teknolojisini kullanmayı tercih eden 7 işletmenin her biri bu soruda da imalat departmanı seçeneğini işaretlemiştir.

İşletmelerin **%38'i** (6 işletme: X1,X8,X9,X13,X15,X16) yukarıda yazan 3 farklı departmanda da bu teknolojiye yer verebilecekleri üzerine işaretleme yapmışlardır.

Soru 29: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcılara sahip işletmelerden bazıları son ürünü yazıcıyla yazdırmak yerine son ürün içinde yer alan bazı parçaları üretmek, bazı parçaların yedek parçasını üretmek veya plan dışında gelişen o an ihtiyaç duyulan bazı parçaları elde etmek amaçlı üretim süreçlerine destek olabilir. Bazen de bazı işletmeler son nihai ürünün kendisini yazıcıda üretmeyi tercih ederler. Siz işletmenizde 3b yazıcıları sürecinizin bir parçası olması mı, sürecinizin tamamını gerçekleştirmek üzere son nihai ürünün yazdırılmasını mı istersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 85 'de sunulmuştur.

Tablo 85

İşletmelerin 3b Yazıcının Süreçlere Hakim Olma Tercihi (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Üretim sürecimize bazı alanlarda destek vermesini isteriz.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9, X10,X11,X12,X13,X15	13	81
Her iki seçeneğin de olmasını isteriz.	X8,X14, X16	3	19
Doğrudan nihai ürünün üretilmesini isteriz.	-	0	0

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin **%81'i**, 3b yazıcı teknolojilerini nihai ürünün üretilmesinde değil bir ürünün üretilme sürecindeki bazı noktalarda destek vermesini tercih etmektedir. Katılımcıların **%19'u** da hem doğrudan ürünlerin üretilmesinde (tüm süreçte) hem de bazı durum koşullarına göre üretim süreçlerine destek vermesi amacıyla kullanabileceğini işaret etmiştir. Hiçbir katılımcı sadece nihai ürünün üretilmesinde (tüm sürecin 3b yazıcılarla üretilmesi) 3b yazıcıları tercih etmemektedir.

*Bu sorunun da önceki 2 soruda (**soru 27** ve **soru 28**) verilen cevaplarla eşleşmesi, katılımcıların sorular konusundaki hakimiyetini ve sorulara verilen cevapların güvenilirliğini arttıracaktır. **Soru 27'de** hiçbir katılımcı, 3b yazıcıları kullanma amaçları bakımından sadece nihai ürünleri üretmekle sınırlı kalmayacağını işaretledikleri cevaplardan göstermiştir. Ayrıca her iki seçeneğin olmasını isteyen 3 katılımcının, daha

önceki iki soruda 3b yazıcıları belirli bir ürünün imalatında kullanılması ve dolayısıyla imalat departmanlarında tercih edilmesi üzerine işaretledikleri cevaplarla eşleşmektedir.

Soru 30: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenizde sadece üretim sürecinize destek amaçlı 3b yazıcı teknolojisini kullanma şansına sahip olsanız. Süreçlerinizi buna göre organize edip teknolojiyi sürekli olarak mı, sadece özel ihtiyaç gerektiren(beklenmedik zamanda ürün içindeki bir ara parça stoğunun bittiğinin fark edilmesi gibi) durumlarda mı kullanmayı tercih edersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 86’da sunulmuştur.

Tablo 86

İşletmelerin 3b Yazıcıları Tercih Etme Durumunda Kullanma Sıklığı (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n (N=13)	%
Sürekli kullanmayı tercih ederiz.	X1,X2,X3,X4,X5,X6, X7,X9,X12,X15	10	77
Sürekli olmayıp, sadece özel durumlarda tercih ederiz.	X10,X11,X13	3	23

Bu soru, bir önceki soruda işletmelerinde 3b yazıcı teknolojisini üretim süreçlerine destek amaçlı kullanmayı tercih eden yalnızca 13 işletmeye yöneltilmiştir. 3b yazıcıları üretim süreçlerine destek amaçlı kullanmayı isteyen katılımcıların **%77’si** sürekli kullanmayı tercih ederken, **%23’ü** beklenmedik bir anda gelişen durumlarda veya acil parça ihtiyacı olduğu özel durumlarda kullanmayı tercih etmektedir.

Soru 31: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenizde bu teknolojiyi tercih ettiğiniz amaçlar doğrultusunda kullanılmasının, mevcut yapınıza nazaran işletmenize ne türlü avantajlar yaratmasını istersiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 87’de sunulmuştur.

Tablo 87
Yöneticilerin 3b Yazıcılardan Beklentileri (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Ürün veya parça tasarım süresini kısaltmak	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8, X9,X11,X13,X14,X15,X16	14	88
Dışarıya bağıllığı azaltmak (kendi içlerinde kalıbı, makine, ekipman parçası üretebilmek vb.)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8, X9,X10,X11,X12,X15,X16	14	88
Toplam imalat süresini kısaltmak. N=7 *Eğer, Doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayınız	X1,X8,X9,X10,X14,X16	6/7	86
Üretimde daha düşük imalat maliyeti. N=7 *Eğer, Doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayınız	X1,X8,X9,X10,X14,X16	6/7	86
Ürün veya parça tasarım maliyetini düşürmek	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7, X8,X9,X11,X13,X15,X16	13	81
İş hazırlama faaliyetlerini kolaylaştırmak	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9, X10,X13,X14,X15	12	75
Daha az hatalı üretim yapmak (kalıp, prototip, nihai ürün vb.)	X1,X2,X4,X5,X7,X8,X9, X11,X13,X14,X15,X16	12	75
Elektronik dizayn ile fiziksek dizayn arasındaki uygunluğu mevcut duruma göre arttırmak	X1,X2,X4,X5,X7,X9,X14, X15,X16	9	56
Üretimde mevcut durumda kullanılan ekipman -makine, ekipman sayısını azaltması	X1,X4,X5,X8,X10,X13,X14, X16	8	50
Pazara hızlı ürün sunmak	X2,X3,X4,X6,X8,X11,X15, X16	8	50
Farklı tasarımda ürünleri kolaylıkla üretebilmek	X2,X3,X4,X5,X6,X14,X15, X16	8	50
Ürün bileşen sayısını azaltmak (adet veya kullanılan malzeme cinsi)	X2,X3,X5,X10,X13,X14,X15	7	44
Daha ergonomik ürünlerin üretilmesi	X2,X3,X6,X8,X15,X16	6	38
Stoğa yapılan üretimi azaltmak	X1,X8,X10,X13,X14,X16	6	38
Müşteri odaklı kişiselleştirilmiş ve/veya özelleştirilmiş ürünleri üretme de kolaylık sağlamak	X14,X16	2	13

Bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), daha önceki sorularda 3b yazıcı teknolojisini nihai ürününü üretmede veya yedek parça, ara parçalar gibi bir takım parçaları üretmede kullanmayı talep edenler için sorulmuştur. Bu sebeple, kategorilerden iki soru sadece 8 katılımcının cevaplayabildiği sorulardır. 3b yazıcıları üretim departmanlarında kullanmayı isteyen katılımcıların **%86'sı** 3b yazıcı teknolojisinden **toplam imalat süresini** kısaltmasını ve birim başına **imalat maliyetlerini** düşürmesini beklemektedir.

Görüşme yapılan yöneticilerin 3b yazıcı teknolojilerini işletmelerinde kullanmaları durumunda, işletmelerine fayda sağlamasını istediği bazı kategoriler yer almaktadır. Katılımcılar tarafından en çok istenen durumlar, katılımcıların **%88'i** tarafından 3b yazıcı teknolojisinin **ürün tasarım süresini** kısaltması ve **dışarıya olan bağıllığı** azaltması noktasında olmuştur. 3b yazıcıların ürün tasarım süresini kısaltacağını beklenmesi, önceden öngörülmuş bir kategoriydi. Çünkü işletme yöneticilerinin tamamı 3b yazıcıları

ürün tasarımına destek vermesi amacıyla kullanmak istediklerini daha önceki sorularda belirttiler. Seri üretim yapan işletme yöneticileri için bir diğer önemli konu 3b yazıcı teknolojisinin **ürün tasarım süresini** kısaltması noktasında olmuştur. Katılımcıların yine büyük bir çoğunluğu (**%88'i**), 3b yazıcıları işletmelerinde kullanmalarıyla **ürün tasarım maliyetlerinde** iyileştirmelerin yaşanmasını istemektedir.

Katılımcıların **%75'i** 3b yazıcıların **iş hazırlama faaliyetlerinde** kolaylık sağlamasını ve mevcut yapılarına göre **daha az hatalı ürün** üretebilme imkanı yaratmasını istemektedir. Geriye kalan **%25'lik** katılımcı topluluğunun, işletmelerinde ya hatalı ürün üretmemesi ya da dikkate alabilecekleri veya talep edebilecekleri anlamda hatalarla karşılaşmıyor olması muhtemeldir. Görüşme yapılan yöneticilerin **%56'sı da**, 3b yazıcıların **elektronik dizayn ile fiziksel dizayn arasında** daha fazla uyum sağlama imkanı yaratmasını istemektedir. Elektronik ortamda tasarımı yapılan ürün ile fiziksel (somut) olarak üretilen ürünün birbirinin aynı olması gerekliliği doğru ürün üretimi için gereklidir.

Katılımcıların **%50'si** 3b yazıcıların üretimde veya tasarımda gerekli olan **makine-ekipman sayısının** azaltılmasını, işletmelerin **pazara hızlı ürün** sürülebilmesini ve **farklı tasarımlarda** ürünlerin üretilmesini sağlamasını beklemektedir. Katılımcıların **%44'ü** 3b yazıcıları kullanarak bir ürün için gerekli **bileşen sayısının** (farklı malzemeler yerine tek bir malzemeyle aynı ürünü üretebilmeyi (aynı mekanik vb. özelliklerde)) düşmesini isterken; **%38'i** de 3b yazıcılarla daha **ergonomik ürünleri** üretebilmeyi (tasarımla alakalı olarak- insana uygun tasarımların yapılması) ve **stoğa daha az üretim** yapmayı istemektedir. Bu soruda ürün bileşen sayısının azalmasını, makine-ekipman sayısının düşmesini ve stoğa daha az üretim yapılmasını isteyen işletmelerin hepsi **soru 22'de**, sanayi 4.0'ın önem arz ettiği konularda iş akışının sadeleşmesinin (yalın üretim anlayışı) işletmeleri için önemli olduğunu belirtmişti.

Katılımcıların sadece **%13'ü** işletmelerinde 3b yazıcıların müşteri odaklı **kişiselleştirilmiş- özelleştirilmiş ürün** üretme de kolaylık sağlamasını istemektedir. Katılımcılara bu konuda verilen bilgilerle özelleştirme vurgusunu, ürün üretmek için, aldıkları farklı bir siparişin özel tasarımının kontrolü için veya ürünün üretilebilir olma durumunu denemek için farklı amaçlarla kullanabileceği ifade edilmiştir. Kişiselleştirme ve özelleştirmenin sadece tasarım olarak değil bazı durumlarda imalatta farklılaştırmayla da sağlanabileceği açıklanmıştır. Ayrıca **Soru 22'de** işletmelerin sanayi 4.0 için önem arz ettiği konular arasına müşterinin üretim süreçlerine dahil edilebilmesini ekleyen tüm

işletmeler, bu soruda yazan kişiselleştirilmiş- özelleştirilmiş ürünleri üretebilmeyi işaretlemiş olmaları da önemli bir nokta olmuştur.

Soru 32: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Birçok işletme 3b yazıcı teknolojisine karşı önyargılı yaklaşabilmektedir. Bunun altında bu teknolojiye olan güvensizlik ve bir takım endişelerin de yattığı söylenebilir. Sizin mevcut üretim yapınıza göre bu teknolojiye olan güvensizliğiniz varsa, 3b yazıcı teknolojisini istediğiniz amaçlar doğrultusunda kullanma noktasında, ne türlü endişeleriniz vardır?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 88’de sunulmuştur.

Tablo 88

İşletmelerde 3b Yazıcıların Kullanılması Durumundaki Endişeleri(Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Ürün veya parça imalatı için harcanan süresinin artması *Eğer, doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayın (N=7)	X1,X8,X9,X10,X14,X16	6/7	86
Ürün veya parça imalatı için harcanacak maliyetinin artması *Eğer, doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayın (N=7)	X1,X8,X9,X10,X14,X16	6/7	86
Ürün veya parça tasarımı için harcanacak sürenin artması	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X13,X14,X15	12	75
İstenilen teknik özelliklerde üretim yapamamak (sertlik, mukavemet, dayanım, kırılabilirlik, esneklik..)	X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9,X11,X12,X13,X15,X16	12	75
Ürün veya parça tasarımı için harcanacak maliyetinin artması	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X11,X13,X15	11	69
Birim zamanda fazla adet üretim yapamamak	X1,X2,X3,X8,X9,10,X11,X12,X13,X14,X16	11	69
İstenilen ölçü hassasiyetinde üretim yapamamak	X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X10,X12,X13,X16	11	69
Teknik desteği istenilen zamanda alamamak	X1,X3,X8,X9,X10,X11,X14,X15,X16	9	56
İstenilen yüzey kalitesinde üretim yapamamak	X1,X2,X4,X5,X6,X8,X13,X15,X16	9	56
Her malzemeyi kullanamamak	X1,X2,X4,X5,X8,X9,X13,X14,X15	9	56
Yüksek yatırım gerektirdiği için diğer daha gerekli görülen yeni teknolojileri ertelemek	X3,X6,X7,X9,X11,X12,X14,X16	8	50
Çok küçük/büyük ebatlarda üretim yapamamak	X3,X5,X6,X7,X9,X10,X13,X15	8	50
İş gücü bulamamak (üretim veya tasarımda)	X5,X11,X12,X16	4	25
Üretim sonrası ek işlere fazla gerek duyması	X4,X5,X13,X15	4	25
Sıkıntı yaşayacağımızı düşünmüyorum	-	0	0

Bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), daha önceki sorularda 3b yazıcı teknolojisini nihai ürününü veya yedek parçaları ve ara parçaları gibi bir takım parçaların üretiminde kullanmayı talep edenler için sorulmuştur. Bu sebeple, kategorilerden iki soru sadece 7 katılımcının cevaplayabildiği sorulardır.

Nihai ürünün, ara parçaların veya yedek parçaların **imalatı** (doğrudan 3b yazıcılardan üretilmesi) için **harcanacak sürenin** ve **imalatta harcanacak maliyetin** artacak olması 3b yazıcıları imalatta kullanmayı isteyen katılımcıların **%86’sı** tarafından endişe duyulmaktadır.

3b yazıcı teknolojisini kullanma durumunda kalan bütün işletme yöneticileri, bir takım sıkıntıların yaşanacağı fikri içindedir. Katılımcılar eğer yazan kategorilerle sıkıntı yaşamayacaklarını düşünüyorlarsa (yazanların aksine gelişmelerin yaşanacağı fikrindeyse) veya süreçlerinde aksine olumlu yönde katkı sağlayabileceği fikrindeyse yazan kategorileri işaretlemekten kaçınmıştır.

Görüşülen yöneticiler 3b yazıcıları kullanma durumunda en çok (%75'i) istenen **teknik özelliklerde** (prototip ürün için, kalıp için veya nihai ürünün üretimi için geçerli olabilir) üretim yapılamaması ve **ürün tasarımı için harcanacak maliyetin** artabilmesi noktasında endişe duymaktadır. Kalan %25'lik katılımcı grup, bu teknolojinin kullanılmasının maliyetlerini arttırmayacağı yönünde fikre sahip veya harcanacak maliyet işletmeler için göz ardı edilebilecek noktada olabilir. Bu temada seçim yapan tüm işletmeler **Soru 31'de** 3b yazıcı teknolojisinin ürün veya parça tasarım maliyetini düşürmesi noktasında talepleri olduğunu ifade etmişti.

Katılımcıların % 69'u, 3b yazıcıların kullanılması durumunda **ürün tasarımı için harcanacak sürenin** artabilmesine, istenilen **ölçü hassasiyetinde** üretim yapılamamasına ve **birim zamanda fazla adet** ürün elde edilememeye noktasında sıkıntılar yaşayabileceği fikrindedirler. Katılımcıların % 56'sı, 3b yazıcıların kullanılması durumunda **teknik desteğe** her zaman ulaşamama, istenilen **yüzey kalitesinde** üretim yapamama ve üretimde **her malzemeyi** kullanamama noktalarında sıkıntılar yaşayabileceği fikrindedir.

Katılımcıların %50'i, 3b yazıcıları kullanmaları durumunda **çok küçük/büyük ebatlarda ürünlerin** üretilmeyeceği noktasında problemlerle karşılaşacaklarını ve işletmelerin yüksek yatırım yapması durumunda **diğer teknolojileri ertelemek** zorunda kalacaklarını düşünmektedir. En az katılımcı (yalnızca %25'i) üretim sonrası boya, zımpara gibi **ek işlemlere** mevcuttan daha fazla gereksinim duyulacağı konularında sıkıntılar yaşayabilecekleri doğrultusunda seçim yapmıştır.

Soru 33: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında, "3b yazıcı teknolojisi birçok işletme tarafından kullanılmaktadır, işletmeler bu teknolojiyi bir takım amaçlar doğrultusunda kullanmayı tercih etse de geliştirilmesi gerektiğini düşündüğünü birçok nokta vardır. Genel çerçevede bu teknolojinin ülkemizde kullanılabilirliğini arttırmak amaçlı teknik açıdan nelerin geliştirilmesinin gerekli olduğunu düşünüyorsunuz?" sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 89'da sunulmuştur.

Tablo 89**3b Yazıcılarda Geliştirilmesi Gerekilen Teknik Durumlar(Seri)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Yazıcı çalışma hızının artırılması (Üretim hızının artırılması)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9, X10,X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Ürün imalat maliyetlerinin düşmesi	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10 X11,X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Yazıcı kapasitesinin artırılması	X1,X2,X3,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13, X14,X16	13	81
Toplam üretim süresinin (imalat + tasarım+ hazırlık) düşmesi	X1,X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X10, X13,X14,X15,X16	13	81
İstenilen teknik özelliklerde üretim yapmak(mukavemet, dayanım, sertlik, kırılgenlik, esneklik vb.)	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9,X11, X12,X13,X15,X16	13	81
Ürün(yazıcı) ve hizmet fiyatının düşürülmesi	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11,X12,X14,X16	13	81
İstenilen ölçü hassasiyetinde ürünlerin üretilmesi	X2,X3,X4,X5,X7,X8,X9,X10,X12,X13,X15, X16	12	75
Ürün yüzey kalitesinin daha yüksek olması	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X8,X9,X10,X13,X15,X 16	12	75
Çok karmaşık geometride olan parçaların Üretilmesi	X2,X3,X4,X5,X6,X8,X10,X13,X14,X15,X16	11	69
Çok büyük/küçük parçaların hassasiyetle üretilmesi	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X10,X13,X15,X16	11	69
Daha farklı çeşitte malzemenin kullanımına imkan vermesi	X1,X2,X4,X5,X8,X9,X10,X13,X14,X15	10	63
Fazla son işleme(boya, cila vb.) fazla gerek duymaması	X4,X5,X6,X10,X13,X15,X16	7	44
Kullanımının basitleşmesi (fazla kalifiye gerektirmemesi)	X3,X5,X8,X11,X12,X16	6	38

Bu soru genel çerçevede sorulmuş bir sorudur. Katılımcılara 3b yazıcı teknolojisini sadece kendi işletmelerinde kullanmak için nelerin geliştirilmesi gerektiğini değil, Türkiye’de kullanımını arttırmak için ne yapılması gerektiğinin tespit edilmesi adına önemli bir sorudur. **Soru 32’de** 3b yazıcı teknolojisinde yaşayacakları sorunları belirten katılımcılardan, bu soruda da benzer kategorilerin geliştirilmesi gerektiğini düşünmesi beklenmektedir. Yalnız, **Soru 32’de** katılımcılar, bu teknolojiyi kendi işletmelerinde kullanma noktasında endişe duymadıkları kategorileri, bu teknolojinin gelişimi için gerekli olduğunu düşünüp bu soruda seçim yapabilirler. **Soru 32** ve **Soru 33** birçok kategori bakımından birbiriyle ilişkilidir. **Soru 32’de** yer alan kategorilerden endişesi olan katılımcıların, bu soruda da geliştirilmesi gerektiğini düşündüğü kategoriler arasına onları dahil ederek, cevaplarında tutarlı olması beklenmektedir. Nitekim bu durum bu şekilde gerçekleşmiştir.

Görüşme yapılan yöneticilerin (%100’ü) tamamı, 3b yazıcıların **çalışma hızının** geliştirilmesi dolayısıyla üretim hızının iyileştirilmesini ve **ürün imalat maliyetlerinin** düşürülmesini gerekli görmektedir. Katılımcıların % 81’i 3b yazıcıların birçok anlamda gelişme göstermesi gerektiğini düşünmektedir. Bu katılımcılar teknolojinin ilerlemesi için 3b **yazıcı kapasitesinin** artırılmasını, imalat ve tasarım için gerekli **toplam üretim süresini** düşürecek bir takım geliştirmelerin olmasını, **istenilen teknik özelliklerde**

(istenen dayanım gücünde, istenen esneklikte vb.) ürün üretilmesini ve **yazıcı - hizmet fiyatının** düşürülmesi için gelişmelerin yaşanmasını gerekli görmektedir. **Soru 32’de** istenilen teknik özelliklerin olması yönde endişesi olan tüm katılımcılar, bu soruda geliştirilmesi gereken kategoriler arasına istenilen teknik özellikte ürün üretmeyi de ekleyerek tutarlılık göstermiştir.

Görüşme yapılan yöneticilerin **%75’i** 3b yazıcılarda üretilecek nihai ürün, yedek parça veya ürün kalıbı gibi herhangi bir ürünün daha **yüksek yüzey kalitesinde** üretilmesi ve **istenilen ölçülerde** üretim yapılması için gelişmelerin olması gerektiği yönünde seçim yapmışlardır. Güvenirlilik açısından kategoriye bakıldığında, **Soru 32’de** 3b yazıcıların kullanımıyla ürün kalitesinden endişen duyan tüm katılımcılar, bu soruda ürün kalitesinin geliştirilmesi gerektiğine dikkat çekmiştir. Aynı şekilde, **Soru 32’de** 3b yazıcıları kullanma durumunda ölçü hassasiyetini yakalayamama endişesini duyan 11 işletmenin hepsi, bu soruda istenilen ölçü hassasiyetinde ürün üretebilme konusunda gelişmelerin olması gerektiğini düşünmüştür.

Görüşülen yöneticilerin **%69** ‘u 3b yazıcılarda **karmaşık geometrilerde** ürün üretebilme gücünün artması ve **çok küçük/büyük parçaların** üretilmesi yönünde çalışmaların gerekliliğini ortaya koymuştur. 3b yazıcılarda karmaşık geometrilerde ürün üretebilmesinin geliştirilmesi gerektiğini düşünen yöneticilerin hepsi, **Soru 31’de** farklı tasarımlarda ürün üretebilme gücüne de sahip olmak istemiştir.

Katılımcıların **%63’ü** 3b yazıcılarda **daha farklı malzemelerin** kullanılabilmesi için iyileştirmelerin olmasını gerekli görmekte; **%44’ü** de 3b yazıcılarda biten ürünlerde boya veya cila gibi **ek işlere** ihtiyaç duyulmama konusunda gelişmelerin yaşanmasını belirtmektedir. Katılımcıların **%38’i** tarafından 3b yazıcılarda en az geliştirilmesi gerektiği düşünülen kategori işlerin **fazla kalifiye** gerektirmemesi yönünde olmuştur.

Soru 34: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcı teknolojinin kullanımı için üretilmesi planlanan ürünlerin tarayıcılarla taranması veya bilgisayar ortamında ürünlerin CAD tabanlı programlarla tasarımın yapılması gerekmektedir. Bu teknolojinin kullanılmasını sağlayan bu tür bilgisayar programlarına sahip misiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 90 ‘da sunulmuştur.

Tablo 90**İşletmelerin CAD Tabanlı Bilgisayar Programlarına Sahip Olma Durumu(Seri)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, sahibiz.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11, X12,X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, sahip değiliz.		0	0

Görüşme yapılan işletmelerin tamamı (%100'ü) 3b yazıcı teknolojisini kullanmak için gerekli olan CAD tabanlı tasarım programlara sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu 3b yazıcı teknolojisinin olmaza olmaz kilit noktasıdır. Görüşme yapılan tüm seri üretim sistem tipine sahip işletmelerin mevcut yapılarında bu programların bulunuyor olması önemlidir.

Soru 35: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “3b yazıcı teknolojisinin kalifiye işgücü gerektirdiğini söylemek doğru olacaktır; hem planlanan ürünlerin ürün tasarımı aşamasında, hem üretim kodların yazılmasında, bu kodların kontrolünde, bu teknolojiyi anlayıp hazırlık gerektiren durumları yapıp kullanılmasında ve üretimin kontrolünde bilgili ve kalifiye işgücüne ihtiyaç vardır. İşletmenizde bu teknolojiyi kullanabilecek kalifiye iş gücüne sahip misiniz? Bunu eğitimle sağlayabileceğinizi düşünüyor musunuz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 91’de sunulmuştur.

Tablo 91**İşletmelerin Kalifiye İşgücüne Sahip Olma Durumu(Seri)**

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, sahibiz.	X1,X2,X4,X6,X7,X9,X10,X13,X14,X15	10	63
Hayır, sahip değiliz. Bu eğitimle sağlanabilir.	X3,X5,X8,X11,X12,X16	6	37
Hayır, sahip değiliz.Bu eğitimle de sağlanamaz.	-	0	0

Görüşme yapılan işletme yöneticilerin % 63'ü 3b yazıcı teknolojisini kullanabilecek iş gücüne sahip olduğunu belirtmekte, % 37'si de kalifiye işgücüne sahip olmadıkları halde bunu gerekli eğitimlerle sağlayabileceklerini belirtmişlerdir. Hiçbir katılımcı kalifiye işgücüne sahip olmasa dahi, 3b yazıcıları kullanmak için gerekli işgücünü eğitimle kazandıramayacağı düşüncesinde değildir. Bu soruda “işgücüne sahip değiliz” cevabını işaretleyen tüm katılımcılar, **Soru 33'de** 3b yazıcıları kullanabilmek için “kalifiye gerektirmemesi” noktasında gelişmelerin olması gerektiğine dikkat çekmiştir. Ayrıca aynı katılımcı grup 3b yazıcıları kullanmaları için duydukları endişelere; işgücünü bulma temasını eklemişlerdir (**soru 32**).

Soru 36: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “İşletmenize 3b yazıcı teknolojisini satın almak için ilk 5 kısıtınız aşağıda yazanlardan hangileri olduğunu belirtir misiniz?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 92’de sunulmuştur.

Tablo 92
İşletmelerin 3b Yazıcıları Satın Alması İçin ilk 5 Kısıt (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
*Ürün veya parça imalat zamanı (N=7)	X1,X8,X10,X13,X14,X16	6	86
*Birim ürün için imalat maliyeti (N=7)	X1,X8,X10,X13,X14,X16	6	86
Ürün tasarımı için harcanacak toplam zamanı	X2,X3,X5,X6,X7,X9,X11,X12,X13,X14,X15,X16	12	75
Bu teknolojinin gerektirdiği bütçe	X1,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X10,X11,X12,X16	11	69
Ürün tasarım için gerekli maliyet	X2,X3,X4,X5,X6,X7,X9,X11,X12,X13,X15	11	69
Ürünlerin(nihai, prototip, kalıp vb.)ölçü hassasiyetine uyma durumu	X2,X3,X4,X5,X7,X12,X13	7	44
İş hazırlama faaliyetleri için iş yükü	X4,X6,X8,X10,X14	5	31
İstenilen malzeme kullanımı	X1,X2,X8,X14,X15	5	31
Planlanan ürün (nihai, prototip, kalıp vb.)boyutunun engele takılmama durumu	X3,X6,X9,X10,X15	5	31
Ürün sonrası destek hizmetleri	X1,X7,X8,X9,X11	5	31
Ürün (nihai, prototip, kalıp vb.) yüzey kalitesi	X2,X4,X15,X16	4	25
Gerekli işgücünü bulma	X5,X11,X12	3	19
İstenilen renk skalasında ürün üretmek	-	0	0
Kurum genel bilgi düzeyi	-	0	0

Öncelikle bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), 3b yazıcı teknolojisini nihai ürün, yedek parça veya ara parça gibi bir takım parçaların üretiminde kullanmayı talep eden yöneticiler için sorulmuştur. Bu sebeple, kategorilerden iki soruyu sadece 7 katılımcının cevapladığı bilinmelidir. Bu soru 3b yazıcıların satın alınması için işletmelere öncelikli olarak gördükleri ilk 5 kısıtın öğrenilmesi amacıyla sorulmuştur. İşletmelerin bu teknolojiye sahip olmak konusunda verdikleri cevaplar ile anketteki diğer sorulara verilen cevaplar arasında tutarlılık olması önemlidir.

3b yazıcı teknolojisini satın almak için en önemli görülen ilk kısıtlar (yalnızca ürün imalatında tercih edenlerin(*) **%86’sı**) **imalat zamanı ve imalat maliyetleri** olarak belirlenmiştir. Üçüncü olarak en önemli görülen kısıt katılımcıların **%75’i** tarafından **tasarımı için harcanacak toplam zaman** olarak belirlenmiştir. Dördüncü ve beşinci önemli görülen kısıt sıralamaya bakılmaksızın (katılımcıların **%69’u** tarafından) bu teknoloji için gereken **bütçe ve ürün tasarımı için harcanacak maliyet** olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların hiçbiri bu teknolojiyi almak noktasında, ilk 5 önceliğine; istenilen renkte ürünü üretebilmek ve kurum bilgi düzeyinin varlığını almamıştır.

Soru 37: 3 Boyutlu Yazıcılar başlığı altında “Gerekli destekler (devlet desteği, işgücü vb.) sağlandığı takdirde bu teknolojiyi işletmenizde kullanır mısınız?” sorusuna işletme yöneticilerinin verdiği cevaplar Tablo 93’de sunulmuştur.

Tablo 93

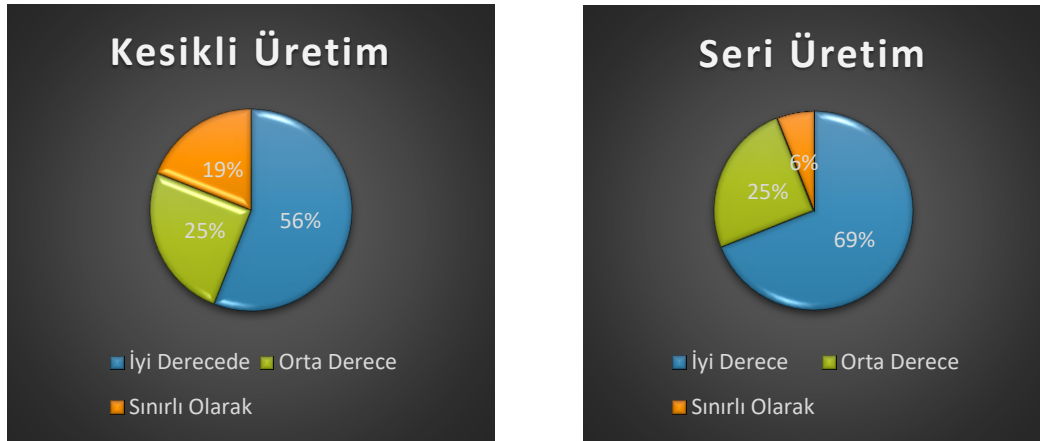
İşletmelerin Gerekli Desteklerle Bu Teknolojiyi Kullanma Durumu (Seri)

Tema/Kategori	İşletme Kodları	n	%
Evet, kullanırız.	X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10, X11,X12 X13,X14,X15,X16	16	100
Hayır, kullanmayız.	-	0	0
Kararsızım.	-	0	0

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin tamamı devletten vergi indirimi, teknolojik bütçe desteği veya dış kaynaklardan işgücü desteği gibi bir takım eksikleri giderecek desteğin verilmesiyle, 3b yazıcıları şüphesiz kullanabilecekleri konusunda seçim yapmıştır. Hiçbir katılımcı, gerekli devlet desteği aldıktan sonra bu teknolojiyi kullanma noktasında ne kararsız kalmış ne de kullanmamayı seçmiştir.

5.10. Seri Üretim ve Kesikli Üretim İşletmelerinden Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması ve Yorumlanması

Soru 1: İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0’a Kavramını Hakimiyeti



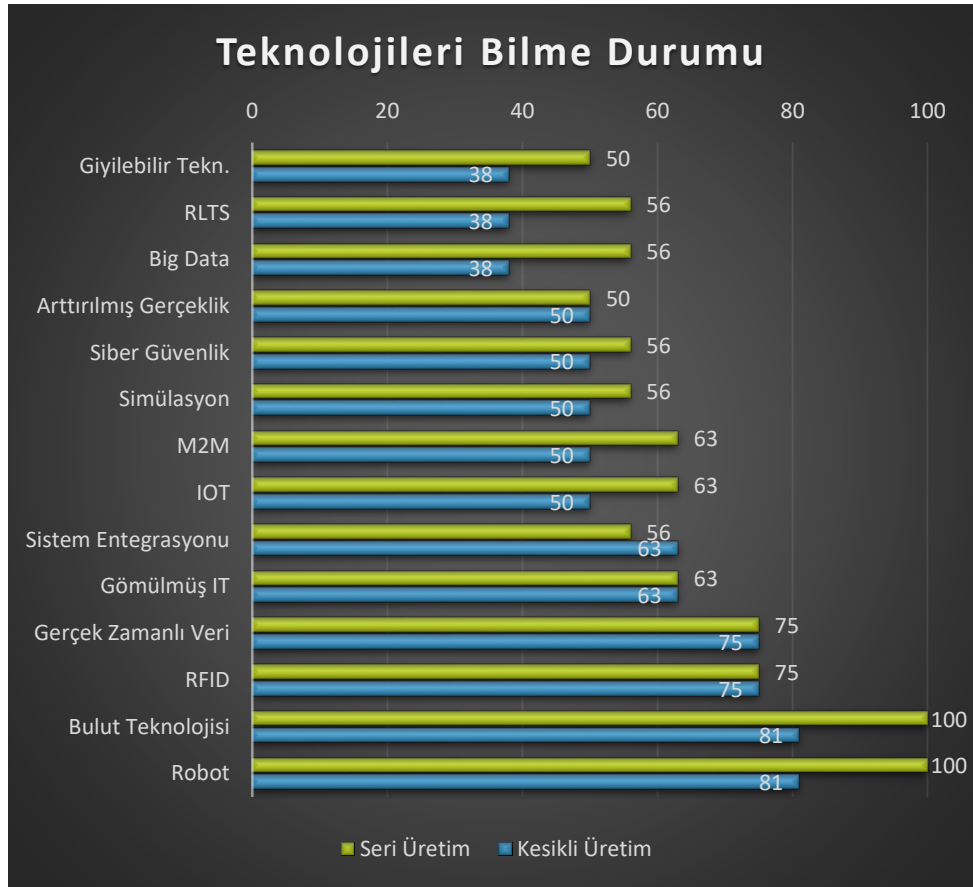
Grafik 1.Soru 1 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Bu çalışmanın Sanayi 4.0 ‘ı genel çerçevede bilen katılımcılarla gerçekleştiği unutulmamalıdır. Ardından katılımcılara Sanayi 4.0’a ne derece hakim oldukları sorulduğunda, katılımcıların büyük bir çoğunluğunun iyi derecede hakim oldukları verdikleri olumlu cevaplardan ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, iki farklı grup yöneticinin

Sanayi 4.0'a iyi derecede hakim olduğu ortaya çıkmaktadır, ayrıca bu sürece dair sınırlı bilgiye sahip olduklarını düşünen işletme yöneticilerinin sayıca az olduğu yukarıdaki grafikte görülmektedir.

Aslında burada önemli olan Sanayi 4.0 çerçevesinde bu yeni sanayileşme sürecinin gelişmesi ve genişlemesi için, işletmeler üzerinde ne derece tanıtılabileceği, ilgi alanlarına girebileceği ve araştırma çabasında bulunmaları gerekliliği öne çıkarmıştır.

Soru 2: İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 İçinde Yer Alan Teknolojilere Hakimiyeti



Grafik 2.Soru 2 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Sanayi 4.0'ın isminin daha çok duyulmaya başlaması aynı zamanda birçok yeni teknolojinin ve daha önceden var olmuş olsa da bu süreçle daha fazla yayılmaya ve gelişmeye başlamış birçok teknolojinin de habercisi olmuştur.

Yukarıda yer alan grafik, hem kesikli hem de seri üretim yapısındaki işletme yöneticilerinin, son dönemlerde daha fazla gelişme gösteren modern imalat teknolojileri hakkında genel anlamda bildiklerini düşündükleri kategorileri işaretleyerek ortaya

çıkmiştir. Birçok teknoloji çeşidinde, seri üretim yapan işletme yöneticilerinin daha detaylı bilgiye sahip olduğu ortaya çıkan bilgiler arasındadır.

Çıkan veriler, işletmelerin bu yeni teknolojilere aslında kısmen de olsa uzak olduğunu gözler önüne sermektedir. Ülke olarak Sanayi 4.0'a geçiş yapılması için öncelikle bütün işletmelerin bu teknolojilere genel olarak hakim olması ve ona göre planlamalarını oluşturması gerekmektedir. Çıkan sonuçlara bakıldığında seri üretim yapan işletme yöneticilerinin, kesikli üretim yapan işletme yöneticilerine nazaran bu teknolojileri daha çok bildikleri tespit edilmiştir. İki farklı grup katılımcı için de ortak olarak en çok robot teknolojisi ve sensör teknolojisi bilinmektedir. Katılımcılar tarafından hakim olunan diğer teknolojiler ise RFID, gerçek zamanlı veri toplama teknolojisi ve gömülmüş IT'dir. İki grubun da en az hakim olduğu alan giyilebilir teknolojinin üretimdeki yeri olarak tespit edilmiştir.

Sonuçların bu yeni sanayileşme süreci için yeterli olmadığını söylemek doğru olacaktır. Her ne kadar seri üretim yapan işletme yöneticileri için sonuçlar daha iyi olsa da, her iki katılımcı grubun da bu yeni teknolojileri bilme düzeyleri oldukça düşüktür. Bu açıdan işletmelerin yeni teknolojileri bilme düzeyinin artırılması için çalışmalar yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Soru 3: İşletme Yöneticilerinin Sanayi 4.0 ile İlgili Etkinliklere Katılma Durumu

Aşağıda yer alan grafik, hem kesikli hem de seri üretim yapısındaki işletme yöneticilerinin ilgili etkinliklere katılma durumu hakkında bilgi alınarak oluşturulmuştur. Grafik, bu alanda yapılan etkinliklerin etkinliğinin de ortaya konması adına önemlidir.



Grafik 3.Soru 3 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İki farklı üretim sistemine sahip işletme yöneticileri için sonuçlar aynı çıkmış: Tüm katılımcıların %44'ü Sanayi 4.0 ile ilgili işletmeleri dışında seminer, kongre veya fuarlara katılma imkanına sahip olurken; %56'lık bir kısmı Sanayi 4.0 ilgili bir etkinliğe katılma imkanına sahip olmamıştır.

Çıkan rapora göre Sanayi 4.0 kavramının daha çok bilinmesi ve uygulanması için işletmelerin çeşitli etkinliklere katılma durumunu arttırmak gerekir. Sadece işletme yöneticileri olarak değil, tüm çalışanların ilgili etkinliklere katılması başta buldukları işletmelerin sonra da ülkenin bu sürece daha hazır olması için önemlidir. Çıkan veriler, bu etkinliklerin etkinliğinin eksik olduğunu göstermekte ve daha çok seminerlerin veya eğitimlerin verilmesi gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

Soru 4: Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmelere Uygulanabilirliği



Grafik 4.Soru 4 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İki farklı grup işletme yöneticilerinin büyük bir çoğunluğu, Sanayi 4.0 kapsamındaki uygulamaların ve stratejilerin mevcut haliyle küçük/orta ölçekteki işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünmemektedir. İki farklı grup da Sanayi 4.0'ın küçük/orta ölçekteki işletmelerin mevcut yapılarına uygulanabilir olduğunu %60-%70 oranında düşünmemekte ve uygulanabilir olması için bir takım gelişmelere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

İşletme yöneticilerinin olumsuz düşüncelerinde birçok farklı sebep olabilir. Bu noktada önemli olan: uygulanamayacağı düşünülen sebeplerin tespit edilip işletmelere açıklanması ve uygulanabilmesi için gerekli bilgilerin verilmesidir.

Soru 5: Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Küçük/Orta Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Karşılaşabileceği Düşüncesi(Seri)

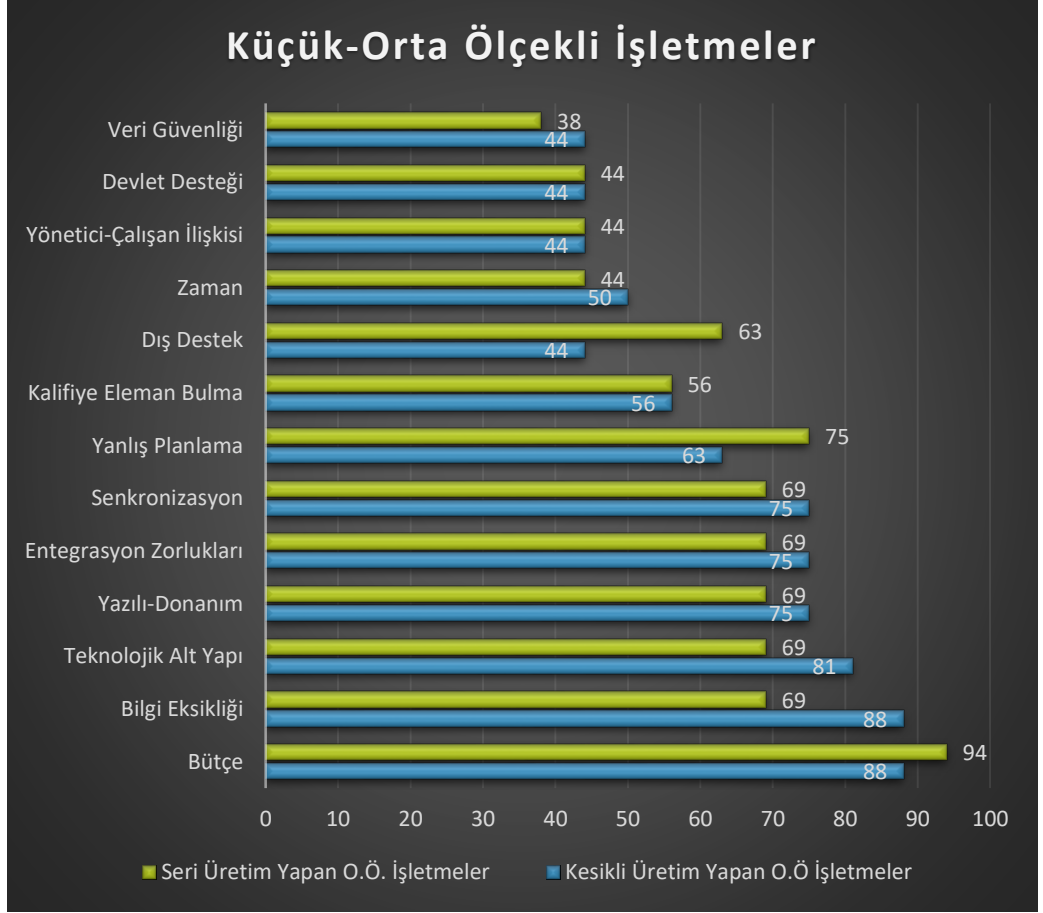


Grafik 5. Soru 5 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Hem seri hem de kesikli üretim yapısına sahip işletme yöneticilerinin **her biri**, küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'a geçiş yapmasında birçok zorluk yaşayacağı düşüncesindedir. Bir kısım yönetici, bu zorluklar karşısında mevcut yapısına uygulanabilir olduğunu düşünürken; büyük bir çoğunluk bu zorluklar dolayısıyla mevcut yapıda uygulanabilir olduğunu düşünmemektedir.

Burada üzerinde durulması gereken konu; işletmeler tarafından karşılaşılabileceği düşünülen zorlukların belirlenmesi ve bunu ne şekilde düzeltilebileceği üzerine çalışmalar yapılması gerekliliğidir.

Soru 6: Yöneticilerim Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişinde Yaşanacağı Düşünülen Zorluklar



Grafik 6. Soru 6 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Sanayi 4.0'a adapte olabilmek için, birtakım gereklilikler mevcuttur. İşletmelerin hem bu teknolojileri hem de üretimdeki bu dönüşümü sağlayabilmeleri için gerekli bilgiler ışığında doğru bir planlamaya, gerekli zamana, gerekli bütçeye ihtiyacı vardır, ayrıca işletmelerindeki teknolojik eksiklikleri ve yazılım-donanım eksikliklerini kolaylıkla giderebilmesi gerekmektedir. Bu teknolojileri kullanabilecek kalifiye eleman gerekliliği, yazılım-donanım gerektiren sistemlerde bilgilerin güvenliğini sağlayabilmeleri, bu teknolojilerin mevcut yapıya problemsiz entegre edilmesi ve tüm sistemin senkronize çalışabilmesi de çok önemlidir. Ayrıca işletmeler dış yapılardan ve devletten de destek görmek isteyebilirler. Tüm bu bilgiler ışığında kategoriler belirlendiğinde, katılımcılar tarafından birçok problemin yaşanacağını düşünmeleri de ortaya çıkmıştır.

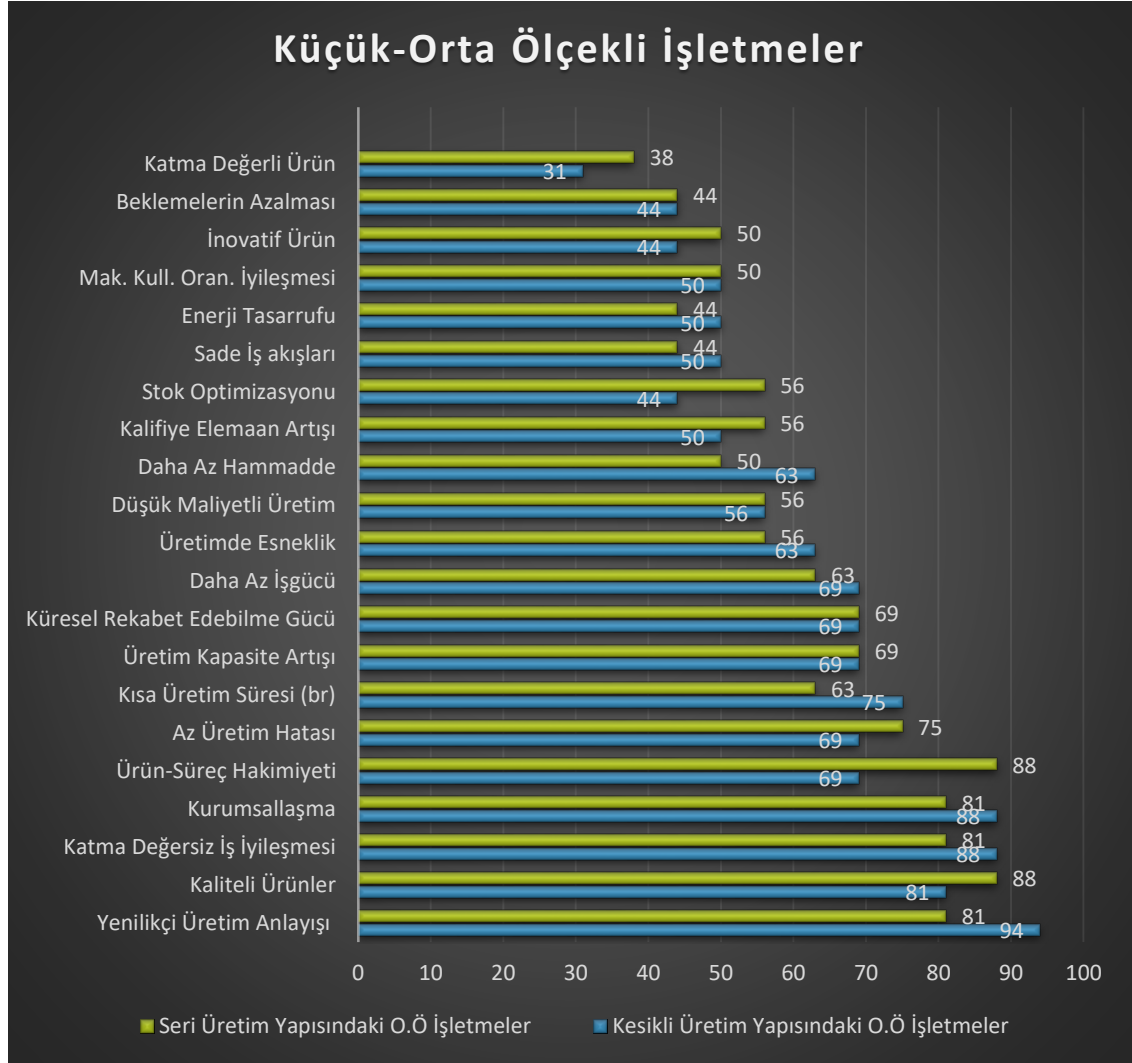
Genel çerçevede iki farklı katılımcı grubunun da düşündükleri birbiriyle denkleştirmek ve büyük sapmalar gözlemlenmemektedir. Birçok temada kesikli üretim yapan işletme yöneticilerinin seri üretim yapanlara nazaran, küçük/orta ölçekteki işletmelerin karşılaşacağını düşündüğü daha çok zorluk bulunmaktadır. İki grup yönetici de Sanayi 4.0 sürecinde küçük/orta ölçekli işletmelerin en çok **gerekli bütçenin** olmayışından dolayı sıkıntı yaşayacakları konusunda hem fikir olmuşlardır.

İki farklı grup yöneticinin ikinci olarak en büyük sıkıntı gördüğü olay, küçük/orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 ile ilgili **yeterli bilgiye sahip olamamasıdır**. Üçüncü ortak olarak görülen zorluk, küçük/orta ölçekli işletmelerin yeterli teknolojiye sahip olmasından dolayı, yeterli donanımına sahip olmak için gerekli **teknolojik alt yapılarını** kolay oluşturamayacak olmalarıdır. Kesikli üretim yapısındaki işletmelerin yöneticileri, bu eksikliğin kolay giderilemeyecek olmasını daha çok düşünmektedir (Kesikli üretim yapan işletme yöneticileri: **%81**, seri üretim yapan işletme yöneticileri: **%69**).

İki grup yönetici tarafından belirlenen diğer ortak temalar; küçük/orta ölçekli işletmelerde **yazılım alt yapısındaki** eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması, yeni teknolojilerin kurulmasına dair **entegrasyon zorlukları** ve bu yeni teknolojilerin sistemin diğer üyeleriyle **senkronizasyon problemi** yaşamalarıdır. Sisteme yeni dahil olacak teknolojiler sonucunda işletmenin entegrasyon problemi yaşaması şu şekilde olabilir: yeni teknolojilerin mevcut işgücü tarafından kullanılamaması, dahil edilen sistemlerin ürün akışına uygun olmaması, işletmedeki yazılımın yetersiz kalması, bu teknolojilerin bilgisayara bağlanma veya veri alma konusunda aksaklıkların yaşanması olarak düşünülebilir.

Küçük-orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'a adaptasyonu için karşılaşılacağı düşünülen zorluklara daha çok yoğunlaşıp, bu alanlardaki eksikliklerin giderebilmesi için çalışmalar yapılması gereklidir.

Soru 7: Yöneticilerin Küçük/Orta Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar



Grafik 7. Soru 7 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İki farklı üretim sistemine sahip işletme yöneticileri, her ne kadar küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 kapsamında bir takım zorluklar yaşayabileceğini düşünse de birçok anlamda avantaj kazanabileceği fikrinde ortaktır.

İki farklı grup katılımcı tarafından en fazla avantaj sağlayacağı düşünülen kategori küçük/orta ölçekli işletmelerin **yenilikçi üretim anlayışına** sahip olabilecekleri fikridir (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%81**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%94**). Böyle düşünmelerinde birçok etki söz konusu olabilir. Küçük veya orta ölçekli işletmeler büyük ölçekli işletmelere nazaran genel yapı itibariyle daha yenilikten uzak işlerin yürütüldüğü, daha standart işlerin ve ürünlerin üretilebildiği ve

sınırlı kapasite olarak üretimin yapıldığı işletmelerdir. Küçük/orta ölçekli işletmelerin yeni teknolojilere daha uzak kalmaları sebebiyle, böyle bir sanayileşme sürecine girmeleri hemen hemen bütün işletmeler tarafından yenilikçi bir üretim anlayışına sahip olacaklarını düşündürmüştür. Sanayi 4.0'ın birçok anlamda yeni teknolojileri, modern imalat tekniklerini ve önemli yenilikleri vaad etmesinden dolayı, küçük/orta ölçekli işletmelerin yenilikçi üretim anlayışını benimsemesi olası bir durumdur.

Sanayi 4.0'ın küçük/orta ölçekli işletmelerde, iki grup yöneticinin de en az fayda sağlayacağı olarak düşünülen kategori işletmelerin daha fazla **katma değerli ürün** üretme noktasında olmuştur (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%38**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%31**).

Katılımcıların büyük bir çoğunluğu (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%81**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%88**) ortak noktada, Sanayi 4.0'ın küçük/orta ölçekli işletmelerdeki **katma değersiz işleri iyileştirilmesine** katkı sağlayacağını düşünmektedir. İşletmelerde katma değer yaratan işler, imalat sürecinden geçen ürünlerin değerini arttıran işlerdir. Aksi yönde imal edilen ürüne hiçbir değer yaratmayan işlemler, hem ürünün üretim süresini arttırabilmekte hem de işletme nezdinde olumsuz bir takım süre kayıplarına da yol açmaktadır. Üretim sistemlerindeki otomasyonun artması, insan gücüne daha az ihtiyaç duyularak üretimin yapılması veya doğru bakım-onarım faaliyetlerinin yürütülmesi gibi durumlarda katma değersiz işlerin sayısı düşebilir.

İki grup içinde ortak olarak görülen diğer bir önemli avantaj, Sanayi 4.0'ın küçük/orta ölçekli işletmelerde **kurumsallaşmaya** yardım etmesidir (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%81**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%88**). Kurumsal işletmeler çoğu zaman, belirli planlar dahilinde yapılacak bütün işlerin ayarlandığı, en uygun ürün akışlarının oluşturulduğu ve işletme kültürüne bağlı kalarak sistemin yürütüldüğü işletmelerdir. Dolayısıyla iki farklı grup yöneticinin de, Sanayi 4.0'ın küçük-orta ölçekteki işletmelere daha sistemli ve sağlam işletme kültürü bir yapıyı kazandıracığı yönünde bu seçimi yaptırmış olmaları olasıdır.

Sanayi 4.0'ın küçük/orta ölçekli işletmelere avantaj yaratacağı düşünülen bir diğer kategori: işletmelerde **daha kaliteli ürünlerin** üretilmesini sağlamasıdır (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%88**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%81**). Böylelikle anlaşılan şu ki: küçük/orta ölçekteki işletmelerin ürettiği ürünler, iki

farklı üretim sisteminde imalat yapan yöneticiler tarafından kalite olarak ya eksik görülmekte ya da daha iyisinin üretileceği fikrine sahip olmaktadır.

Soru 8: Yöneticilerinin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Uygulanabilirliğini Düşünme Durumu



Grafik 8. Soru 8 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin hepsi, Sanayi 4.0 uygulamalarının büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünmektedir. Aslında önemli olan konu, işletmelerin ölçeği ne olursa olsun bu yeni Sanayi Devrimine ne şekilde uyum sağlayabileceğidir. Ölçekten ziyade, mevcut sistem yapısının bu yeni sanayileşme sürecine hazır olması önemlidir.

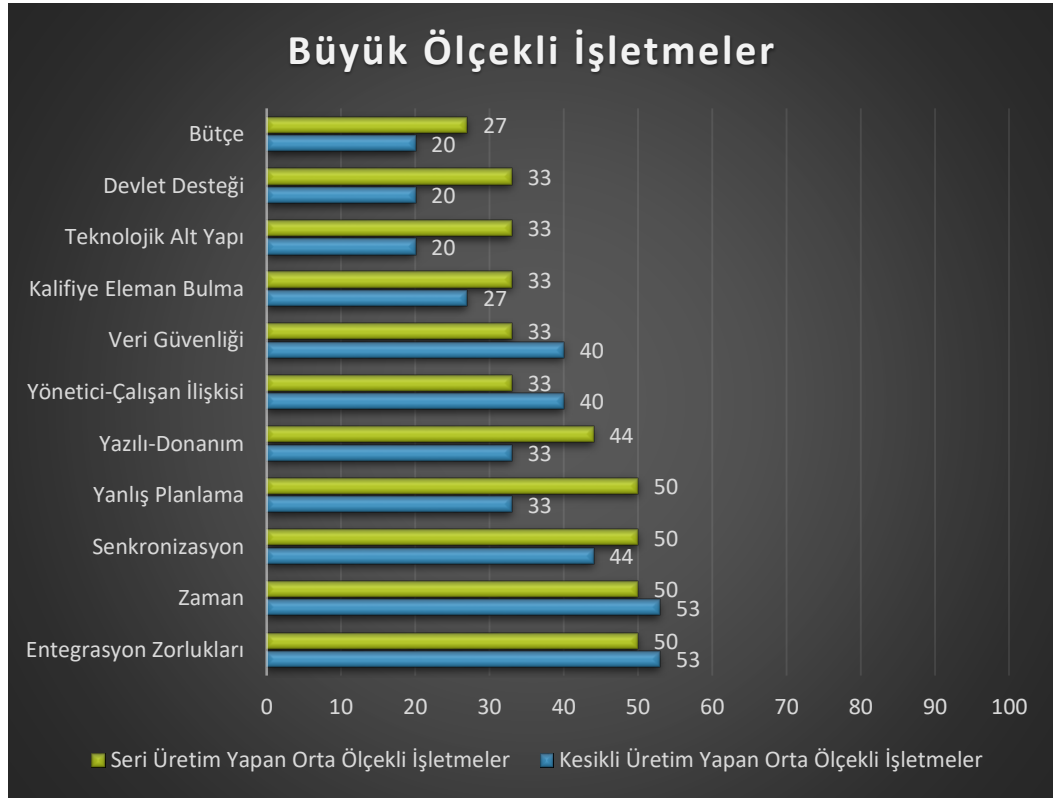
Soru 9: Yöneticilerin Sanayi 4.0'ın Büyük Ölçekli İşletmeler Tarafından Zorluklarla Yaşayabilme Düşüncesi



Grafik 9. Soru 9 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İki farklı üretim sistem tipinde işletme yöneticilerinin büyük bir çoğunluğu büyük ölçekli işletmelerin bu yeni sanayileşmeye geçişinde kısmen zorluklar yaşayacağı düşüncesinde hem fikirdir. Kısmen zorluk yaşayacağını düşünen gruba nazaran daha az sayıdaki katılımcılar çok fazla sıkıntı yaşayacağı fikrinde dahi olsa, azımsanmayacak olan bu düşüncenin sebep olduğu oranın neden kaynaklandığını tespit edebilmek adına katılımcılara birtakım sorular sorulmuştur.

Soru 10: Görüşme Yapılan Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçişte Yaşayacağını Düşündükleri Zorluklar



Grafik 10. Soru 10 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İki grup yönetici de Sanayi 4.0 sürecinde büyük ölçekli işletmelerin yeni teknolojileri sisteme dahil etmesiyle en çok işletmelerde **entegrasyon** problemi yaşanacağı konusunda hem fikir olmuşlardır. İşletmelerde entegrasyon problemi, yeni teknolojilerin doğru ürün akışı içine dahil edilememesi veya hatlara doğru konumlandırılmaması gibi sıkıntılar olabilir.

İki grup yönetici için de ortak olarak önemli görülen diğer zorluk, işletmelerin büyük ölçekli olmasından dolayı, Sanayi 4.0'daki gerekli değişim ve dönüşümler için sistemi

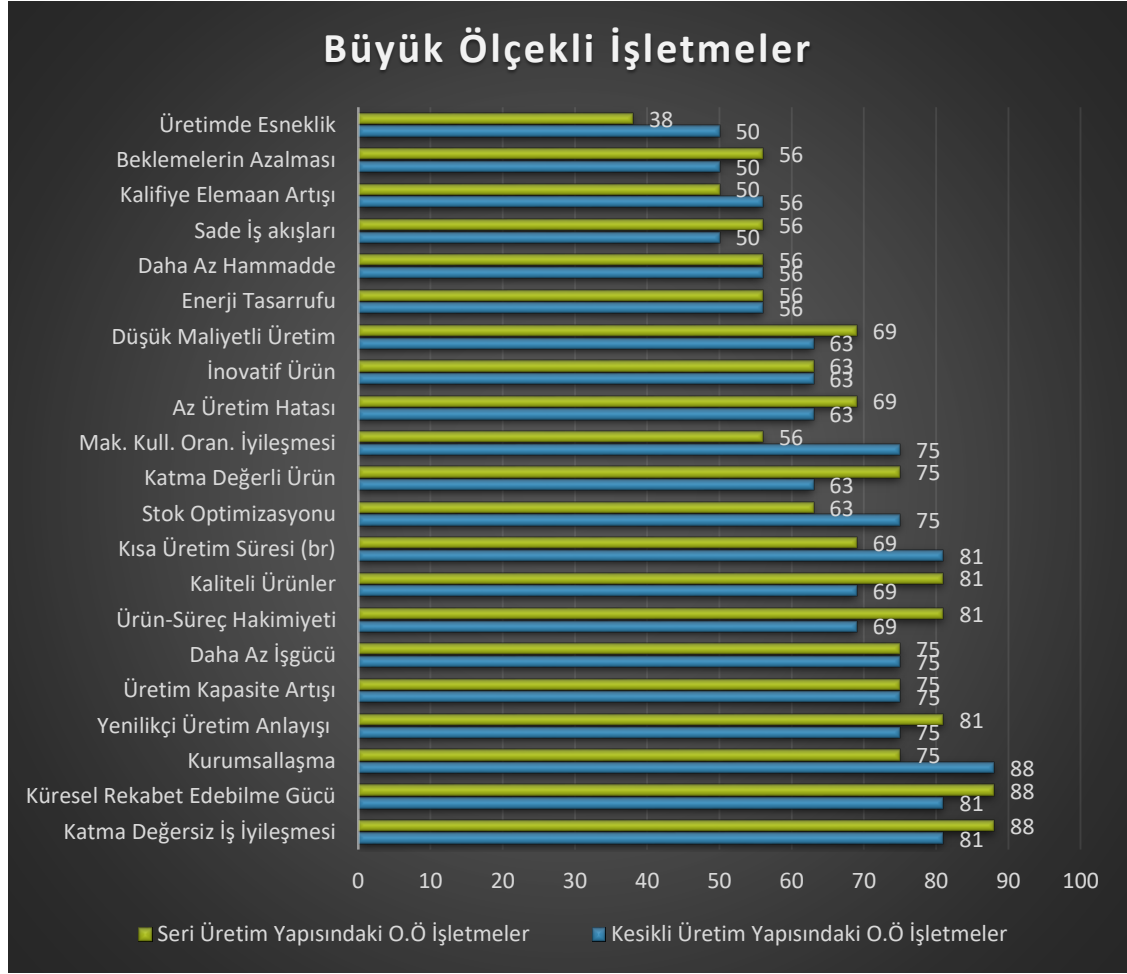
duraklatmadan yeterli **zamana** sahip olmayacağı fikridir. Aslında bu kategori, işletmelerin sahip olduğu düzen, kurallar, şirket politikaları veya müşteri sürekliliği gibi farklı özellikte olan işletmelerde değişiklik gösterebilir. İşletmelerin farklı teknolojik alt yapılaraya sahip olması, dönüşüm için gerekli zamanı da kısıtlayabilen bir etki olabilir. İki grup yönetici için de önemli olarak görülen başka bir zorluk: Sanayi 4.0 ile birlikte küçük/orta ölçekli işletmelerin **senkronizasyon problemi** yaşayacaklarıdır. Bu tema, işletmeye dahil edilen sanayi 4.0 kapsamındaki teknolojilerin, mevcut üretim elemanlarıyla (makinelerle, makine başında duran operatörlerle) veya işletme içinde dolaşan ürünlerle uyumlu veya sıkıntısız çalışmama durumunu göstermektedir. Senkronizasyondan yaşanan her bir hata, ürünün gecikmesine, siparişlerin ertelenmesine, üretim sürelerinin uzamasına, hatalı üretimlere veya üretim akışına olan hakimiyetin kaybedilmesine yol açabilir.

Büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 ile birlikte **geçiş süreci planlarını** tam yapamaması da katılımcılar tarafından zorluk olarak görülmektedir. Eksiksiz ve hatasız yapılan hesaplamalar neticesinde doğru oluşturulan bir plan, yeni bir sürece engeller yok edilmiş veya önlem alınmış bir şekilde problemsiz geçilmesini sağlayabilir.

Büyük ölçekli işletmelerin sanayi 4.0'a geçişinde iki farklı grup için de karşılaşacağı düşünülen en az zorluklar: işletmelerdeki **bilgi eksikliği**, **teknolojik alt yapısındaki** eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması, **yatırım yapılacak bütçenin olmayışı** ve bu ölçekteki işletmelerin **devlet desteğini** alma konusunda zorluk yaşaması olarak tespit edilmiştir. İşletmelerin bu süreçte teknolojik olarak sıkıntı yaşayacağına az katılımcı tarafından düşünülmesinde, büyük ölçekli işletmelerin çoğunun teknolojik olarak belirli bir yerde bulunması ve eksikliklerin de kolay giderebilecek olma düşüncesi olabilir. Ayrıca genel çerçevede büyük ölçekli işletmelerin yıllık gelirlerinin yüksek olmasından dolayı, Sanayi 4.0 sürecinde işletmelerin bütçe sıkıntısı yaşayacakları da az katılımcı tarafından düşünülmektedir.

Bu araştırmadan sonra, büyük ölçekli işletmeler tarafından yaşanılacağı düşünülen en büyük problemlerin detaylı olarak araştırılması ve geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Soru 11: Yöneticilerin Büyük Ölçekli İşletmelerin Sanayi 4.0'a Geçmesiyle Kazanacağını Düşündükleri Avantajlar



Grafik 11. Soru 11 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Katılımcı işletme yöneticilerinin her biri, sanayi 4.0 uygulamalarının büyük ölçekli işletmeler tarafından uygulanabilir olduğunda hem fikirdir. Sanayi 4.0 ile birlikte büyük ölçekli işletmelerde, iki farklı grup yöneticinin de ortak olarak en çok gördüğü faydalar; **katma değersiz işlerde iyileşmelerin olması ve işletmelerin küresel rekabet edebilme gücünü** yaratabilecek olmasıdır (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%88**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%81**).

Ayrıca, iki grubun yöneticileri de Sanayi 4.0'ın büyük ölçekli işletmeler üzerinde **kurumsallaşmalarına destek vereceğini** düşünmektedir (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%81**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%75**). Sanayi 4.0, ölçeği ne olursa olsun işletmelerin kurumsallaşmasına destek vereceğini, katma

değeri olmayan işleri azaltacağını ve işletmelerin sadece ulusal düzeyde değil küresel rekabet edilebilirliğini de arttıracığını vaad etmektedir.

İki farklı katılımcı grup, Sanayi 4.0'ın büyük ölçekli işletmeler üzerinde en az **üretimde esnek olmalarına** katkı sağlayabileceğini düşünmektedir (Seri üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%38**, kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticileri: **%50**).

Soru 12: Yöneticilerin, Türkiye'yi Sanayi 4.0'a Hazır Görme Durumu

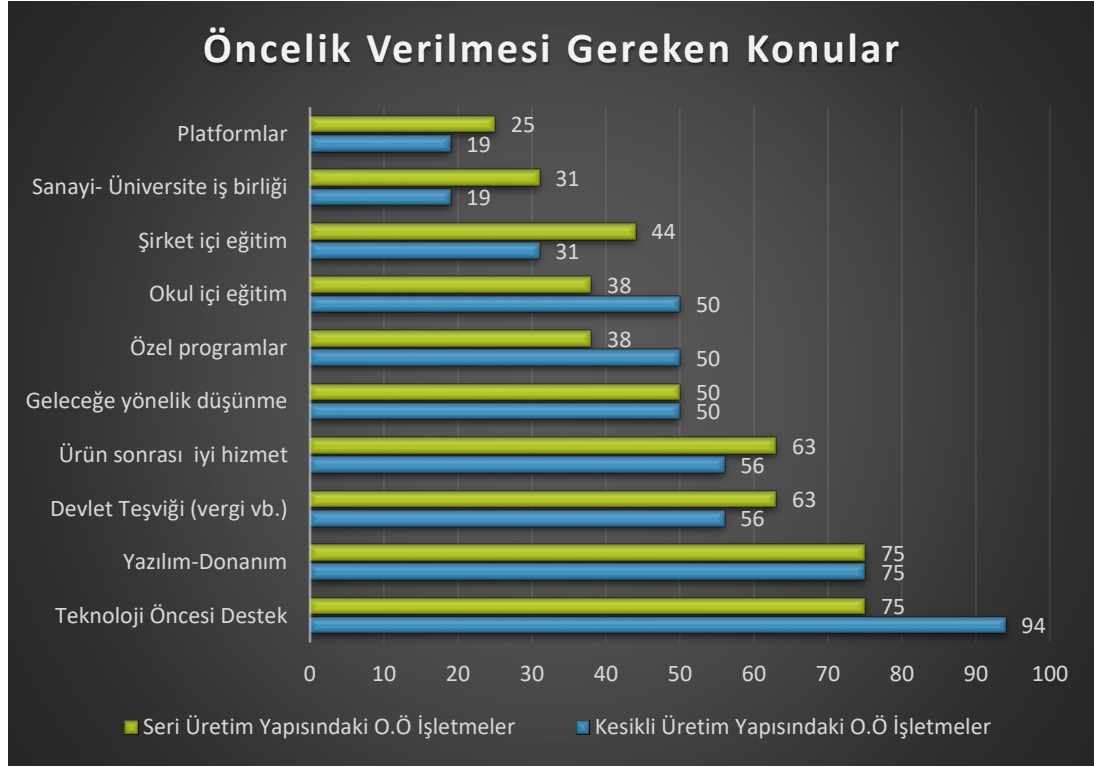


Grafik 12. Soru 12 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Sanayi 4.0 köklü ve büyük sanayi dönüşümüdür. Yeni bir sanayi devrimi, işletmelerin mevcut yapısının ve düzeninin birçok anlamda değişmesini gerekli kılmaktadır. Yapılan araştırmalarda Türkiye'nin sanayi düzeyinin 2.0-3.0 arasında bir değerde olduğu görülmektedir. Türkiye'nin yeni bir üretim dönemi olan Sanayi 4.0'a geçiş yapması noktasında, büyük ve kurumsal işletmeler bu sürece hazır olduğunu düşünse de, işletmelerin genel anlamda hazır olmadığını gösteren olgular da mevcuttur.

Bu grafik Türkiye'nin genel hatlarıyla işletmelerin Sanayi 4.0'a ne kadar yakın olduğunu düşünmeleri adına önemlidir. İki grup katılımcının büyük bir çoğunluğu, Türkiye ekonomisinin, teknoloji ve bilişim alt yapısının ve organizasyonel yapısının birbiriyle uyumlu ve entegre bir şekilde Sanayi 4.0 sürecine hazır olduğunu düşünmemektedir. Katılımcıların çok az bir kısmı Türkiye'nin bu sanayi sürecine kısmen hazır olduğu fikrindedir. Bu yeni sanayileşme sürecine ülke olarak hazır olunması için teknolojik desteğin verilmesi, yasal düzenlemelerin yapılması, gerekli platformların oluşturulması veya bu süreci geliştirecek bir takım desteklemelerin yapılması gerekmektedir.

Soru 13: Yöneticilerin Türkiye’yi Sanayi 4.0’a Hazırlamak İçin Öncelik Verilmesi Düşünülenler



Grafik 13. Soru 13 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Türkiye’nin bu yeni sanayi devrimine hazır olması için öncelik verilmesi gereken ilk 5 kategori sorulduğunda, iki farklı üretim sistemine sahip işletme yöneticileri en çok işletmelere **teknik donanımı** sağlayacak, teknolojilerin ücretleri hakkında bilgi verecek, dış ülkelerden tedarik edebilecek yapıların ve gerekli bilgileri sağlayacak destek birimlerinin kurulması gerektiğine dikkat çekmiştir. (seri üretim yapan işletmeler: **%75**, kesikli üretim yapan işletmeler: **%94**). Katılımcıların büyük bir çoğunluğu tarafından bu cevabın veriliyor olması, işletmelerin yeni teknolojileri alma sırasında tereddüt ediyor olması ihtimalini doğurmuş ve yeni teknolojileri bünyelerine dahil ederken bir takım desteklere ihtiyaç duyduklarını göstermiştir. Ülkemizde bununla ilgili çalışan, teknoloji temelli kurumların önemine dikkat çekmiştir. İki farklı katılımcı grubun arasında **%19’luk** bir fark olması dikkat çekmektedir. Seri üretim yapan işletme yöneticileri bu desteğin olmasını kesikli üretim yapısındaki işletmelere nazaran daha az önemli olarak görmektedir. Böyle düşünmelerinde, kendi mevcut işletme yapılarında bir takım teknolojilere daha çok sahip olmaları gerçeği yatıyor olabilir.

Türkiye'nin bu sürece hazır olması için diğer önem verilmesi gereken konu iki grup tarafından da **bilişim teknolojilerinde** bir takım hizmet desteklerini alma konusunda olmuştur (seri üretim yapan işletmeler: **%75**, kesikli üretim yapan işletmeler: **%75**). Ülkemizde zamanla bilişim alanlarında hizmet veren işletmelerin arttığı söylene de, katılımcılar bu hizmetlere ulaşma ve teknik destek sağlayabilme noktasında öncelik verilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Ayrıca katılımcılar tarafından Sanayi 4.0 için önem verilmesi gereken başka eylemleri, **devlet teşvik planlarının** yapılması ve **ürün sonrası kaliteli hizmet** verebilecek yapıların kurulması olarak görmüşlerdir. İşletmelerin bu sürece başarıyla geçiş yapabilmeleri için devlete büyük iş düştüğü de aşıkardır. Devletin hem yasal düzenleme alanlarında hem de vergi alma sistemlerinin iyileştirilmesi gibi konularda gerekli çalışmaların yapılması önemli görülmektedir.

İki grup yönetici tarafından ortak belirlenen 5. Kategori de, ülke olarak **geleceğe yönelik düşünce** yapısının değişmesi olarak belirlenmiştir. Öncelikle toplum olarak gelişmelere, yeniliklere ve değişimlere açık, geleceği düşünerek adım atmanın önemi katılımcılar tarafından da desteklenmektedir.

Soru 14:Türkiye'nin Sanayi 4.0'a Geçiş Yapmasının Diğer Dünya Ülkeleriyle Rekabet Edebilmesi



Grafik 14. Soru 14 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

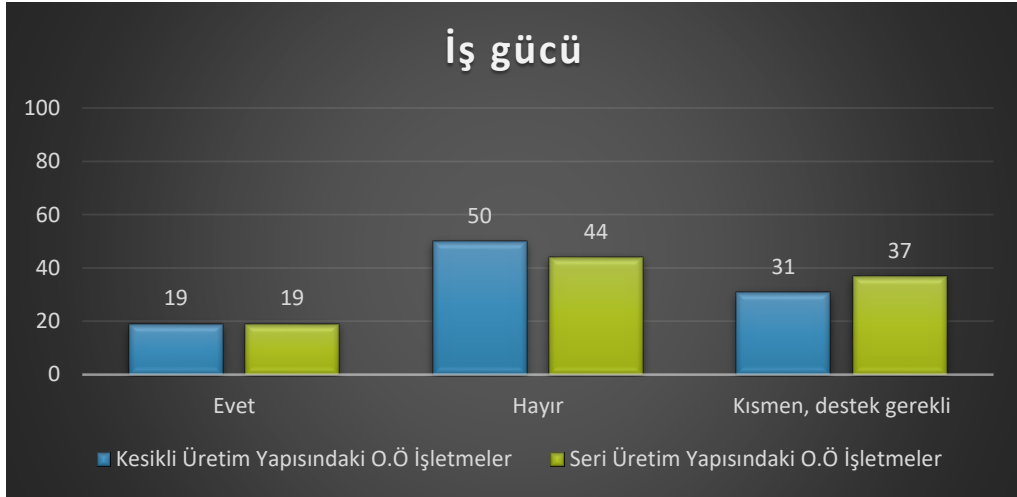
Birçok ülkede detaylı olarak sanayi 4.0 çalışmaları 2011 yılından beri yapılmaktadır. Bununla ilgili çeşitli stratejiler geliştirilmekte, süreçler yasalarla güvence altına alınmakta, ilgili enstitüler ve kurumlar açılmakta ve bilim merkezleri kurulmaktadır. 2018 yılı içinde birçok işletmenin Sanayi 4.0 ile ilgili bir geçiş planı oluşturacağı

beklenmektedir. Özellikle Almanya'dan sonra, Belçika, Brezilya Çek Cumhuriyeti gibi birçok ülke yeni sanayi devrimi ile ilgili çalışmalarına hız kazandırmıştır. Ülke olarak diğer dünya ülkelerinden geri kalmamak için bu yeni sanayileşme alanında çalışmalar yapıp doğru planlar hazırlamak, işletmelerin de rekabet edilebilirliğini arttıracaktır.

Görüşme yapılan iki farklı grupta Sanayi 4.0'ın, Türkiye'nin rekabet edebilme gücünü zayıflatan yönde etki edeceğini düşünmemiştir. İki grup yöneticinin %31'i, bu konuda **kararsız** kalmayı tercih ederken, kalan %69'u Türkiye'nin diğer ülkelerle rekabet edilebilmesi için **güçlü** bir etki yaratacağı fikrindedir. İşletmelerin kararsız kalmalarında bu yeni sanayi sürecine başarıyla geçiş yapamayacağı fikrinin yer alması olasıdır. Bu bağlamda, Türkiye'nin bu sanayileşmeye olan uyumunu sağlamak için temel alt yapılarını doğru sağlamak, stratejilerini benimsemek ve bunları reel hayatta problemsiz uygulamak gerekecektir.

İşletme İçi Genel Sorular

Soru 15: Yöneticilerin Kendi İşletmelerini İşgücü Açısından Hazır Bulması



Grafik 15. Soru 15 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

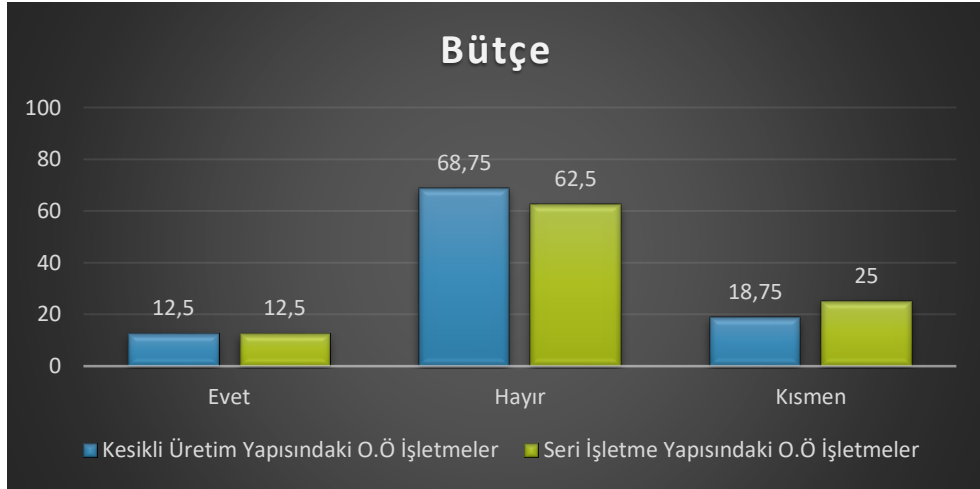
Sanayi devrimi birçok farklı sektörde uygulanması mümkün olan, bazı yeni teknolojileri gerekli kılan, bunlar için kalifiye elemanlara (bilgili eğitilmiş donanımlı çalışanların varlığına) ihtiyaç duyan bir süreçtir. Sanayi 4.0 ile birlikte yazılım-donanım bilgisi olan, yeni teknolojileri araştırmaya ve kullanmaya eğilimli olan, ürün-süreç tasarımları yapabilen, dışarıya bağımlılıktan ziyade problemleri anında çözebilen veya çözüm odaklı

çalışanlara ihtiyaç duymaktadır. Bu yeni sanayileşme dönemi, ürün ve süreçlere değer katmayan, zaman kaybına sebep olan işlerin yerine; ürün ve süreçlere daha fazla hakim olunabilecek yapıları desteklemektedir. Bu bağlamda işgücünün kalifiye olması önemlidir.

Genel çerçevede, iki farklı grup yöneticinin verdiği cevaplar birbiriyle denkleştirmekte ve katılımcıların yalnızca **%19'u** kendi işletmelerini işgücü olarak hazır görmektedir. İki farklı grup içinde yaklaşık olarak **3 katılımcıdan 1'i** işletmelerinde kısmen bu süreci devam ettirebilecek işgücüne sahip olduklarını fakat bazı alanlarda veya departmanlara buna destek verecek iş gücüne ihtiyaç duyduklarını ifade etmişlerdir.

İşletmelerin bu sürece işgücü olarak hazır olmaları için çalışanlarının daha kalifiye olması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Şirket içi eğitimler ve bilinçlendirici çalışmaların yapılması, bu yapıları destekleyebilecek elemanların alımları ve şirket içi farklı departmanların kurulması bu noktada önemlidir.

Soru 16: Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Bütçe Açısından Hazır Bulması



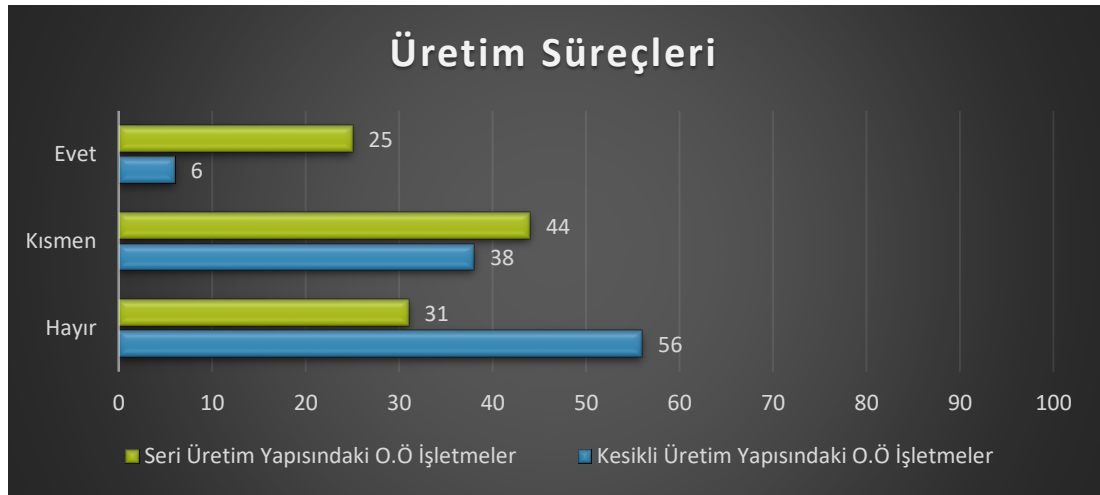
Grafik 16. Soru 16 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Sanayi 4.0, endüstri döneminin 4. Adımıdır. Geride kalan sanayileşme dönemlerinde, her biri bir öncekinden teknoloji ve yenilik anlamında daha farklı ve önemli olmuş ve insanın yapabildiği birçok işi makinelerle yaptırma gerekliliği zamanla ortaya çıkmıştır. Sanayi 4.0 dönüşümünü işletmelerin yaşayabilmesi için işgücü, teknik alt yapı, teknoloji desteği, bilişim alt yapısı ve daha birçok anlamda büyük yatırımlar yapmaları gerekebilir. Sanayi 4.0 ile birlikte işletmenin birçok bölümünde köklü değişikliklere gidilmesi olasıdır. Bu

dönüşüm ve değişim için işletmelerin bütçe olarak hazır olmaları önemlidir. Çünkü yeni bir sistemi, işletmeye entegre edebilmek bile çoğu zaman maddi gereklilik ister.

İki farklı grubun bu yeni sanayileşme dönemine kendilerini bütçe olarak hazır görme durumlarının tespit edilmesi amaçlandığında, ortak olarak çok az bir katılımcı (%12.5) bu sürece bütçe olarak hazır olduğunu düşünmektedir. İki grup yöneticinin yaklaşık %60 - %70'i, işletmelerini bu sürece bütçe olarak hazır bulmamaktadır. Her ne kadar iki grup işletme, farklı üretim sistem tipine sahip olsa da her ikisinin orta ölçekli olmaları ve yıllık gelirlerinin benzer olmasından dolayı bu oranların benzer çıkması olasıdır.

Soru 17: Yöneticilerin Kendi İşletmelerini Üretim Süreci Açısından Hazır Bulması



Grafik 17. Soru 17 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Her bir işletmede üretilen ürünler, kullanılan makineler, hatların işleyişi, üretim sistem tipleri ve ürünlerin akış rotaları farklı olabilir. Ürünlerin farklı malzemelerden üretiliyor olması, farklı işlemleri gerektirmesi ve farklı makineleri kullanması; çoğu zaman farklı üretim süreçlerine sahip olmayı gerektirir. Bazı ürünlerin üretiminde, insan gücünü hariç tutmak mümkün olmayabilir. İşletmedeki üretilen ürünlerin çok fazla sayıda işleme sahip olması, ürün akışlarının ve rotalarının sadeleşmemiş olması; bu yeni sanayileşme süreci için zorlayıcı bir durum olabilir. Sanayi 4.0'ın daha yalın bir üretimi ve daha az işlemleri vaad etmesinden kaynaklı olarak, işletmenin de ürünlerini mevcut duruma göre daha az işleme veya daha az işgücüyle üretilmesi mümkün olabilir.

Bu amaçla işletmelere bu sürece üretim akışları, süreçleri olarak hazır olma durumu sorulduğunda(ürünlerin üretilmesinde gerekli olan işlemlerin azaltılmış, iş yapma şekillerinin sadeleştirilmiş olması), seri üretim yapısındaki işletmelerin bu duruma daha hazır olduğu çıkan verilerle ortaya konmuştur.

%56 oranında kesikli üretim yapan işletme yöneticilerine karşı, seri üretim yapan işletme yöneticilerinin **%31'i** Sanayi 4.0 için işletmelerini üretim süreci olarak tam anlamıyla hazır görmemektedir. Aradaki farkın sebeplerinden biri, seri üretime sahip işletmelerde üretimin kesikli üretime göre daha standart olması ve ürünlerin makine veya otomasyon sistemlerinde üretilmesine daha çok imkan vermesi olabilir. Ayrıca iki farklı grup işletme yöneticilerinin, işletmelerini üretim süreci açısından tam anlamıyla hazır bulma oranları, diğer faktörlere nazaran daha düşüktür.

Soru 18: İşletmelerin, Kendi Bilişsel Alt Yapılarını Hazır Bulması



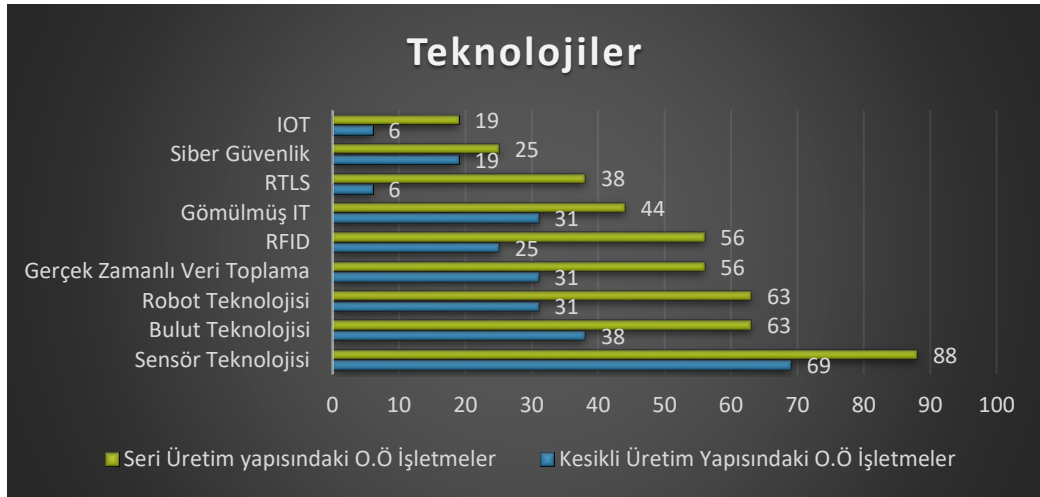
Grafik 18. Soru 18 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Yeni bir endüstri devrimi olan Sanayi 4.0'a adapte olabilmek ve stratejilerini uygulayabilmek için başlı başına senkronize çalışan ve birbirine entegre olmuş sistemlerden oluşması gerekmektedir. Bu süreç için işletmelerin bir takım belirli özellikte birimlere ihtiyaç duyması gerekebilir. Özellikle işletmede güvenilir bir yazılım-donanım sistemlerine ve doğru çalışan bilişim teknolojilerine ihtiyaç vardır. Sanayi 4.0'ın güncel konularından biri olan IOT (nesnelerin interneti), big data (büyük veriler), gerçek zamanlı makinelerden bilgi almayı sağlayan sistemler, pc'lerden kontrol edilen makineler ve M2M teknolojileri sağlam bir bilişim alt yapısı gerektirmektedir. İşletmelerin bu doğrultuda, bilgisayarları ve interneti işletmenin en fazla verimliliğini sağlayacak şekilde kullanmaları gerekmektedir. İki grup katılımcı da bu yeni sanayi sürecine, kendi

işletmelerini bilişim alt yapısı olarak hazır bulmadıkları yönünde seçim yapmıştır (Seri üretim yapan işletme yöneticileri %50, kesikli üretim yapan işletme yöneticileri %63). Kendilerini yazılım-donanım anlamında hazır gördüğünü düşünen katılımcılar iki farklı grup içinde %20'nin altında kalmaktadır.

Çıkan bu sonuç, ülkemizdeki orta ölçekli işletmelerdeki bilişim alt yapısının yetersizliğini de gözler önüne sermiştir. Hala birçok işletme, bilgisayarlarını basit işlerde veya sadece bilgi depolama amacıyla kullanırken, interneti süreçlerinin bir parçası haline getiren işletmelerin sayısı oldukça azdır. Dolayısıyla, işletmelerin kendi amaçları doğrultusunda yazılım-donanım desteği almaları çok önemlidir.

Soru 19: Görüşme Yapılan İşletmelerde Son 5 Yılda Kullanılan Teknolojiler



Grafik 19. Soru 19 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Sanayi 4.0 ile birlikte özellikle yeni teknolojilerin isimleri duyulsa da, mevcut teknolojilerin gerekliliği de ayrıca ortaya çıkmaktadır. Makinelere tam anlamıyla doğru verileri alabilmek; işletmelerin doğru planlar yapmalarına ve doğru stratejiler geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Bu sebeple **gerçek zamanlı veri toplama** yarayan teknolojiler ve yazılımların önemi de artmıştır. Özellikle Sanayi 4.0'ın temel taşlarından biri olan internet ve onun uygulamaları da hız kazanmıştır.

Sanayi 4.0 kapsamında, işletme çalışanlarının ortak bir ağ yardımıyla gerekli verilere kolay ulaşmasını ve değişiklikler yapmasına imkan sağlayan **bulut teknolojisi** ve ekipmanlara veya makinelere gömülü olarak yerleştirilen yazılımlarla **gömülmüş IT'ler** çok önemli olmaktadır. Üretilen ürünlerin, makinelerin, çalışanların ve bilgisayarların

birbiriyle ortak çalıştığı, iletişim kurduğu, akışlarını ve çalışma düzenlerini internet ağları yardımıyla birbirlerinin komutlarına göre belirlediği **nesnelerin interneti** (IOT) üzerinde durulması gereken ayrıca önemli bir teknolojidir. Sanayi 4.0 ile birlikte birçok süreci internet üzerinde olmasından dolayı işletmelerde **siber teknolojilerinin** kurulması da gerekebilir. Herhangi bir arızanın veya problemin varlığını haber eden **sensör teknolojileri**, insanın hareketlerini ve çalışmasını kontrol edebilen veya takip edebilen **giyilebilir teknolojiler**, çalışanları ya da nesnelere radyo frekansıyla bulabilen **RFID** sistemler ve gerçek zamanlı parçaların, insanların veya ürünlerin konumuna ulaşılmasını mümkün kılan **RTLS** teknolojileri işletmeler için önemlidir.

Özellikle, işletmelerde görüşme yapılan yöneticilerin RFID ve RTLS tanımlarını yapamamaları ve arasındaki farklı bilmemiş olmalarından dolayı bu noktada katılımcılara bilgi verilmesi gerektiği. Temel anlamda arasındaki fark şudur: iki teknoloji de istenen nesnelerin konumunu vermesine rağmen radyo frekansıyla iletişim kuran RFID sistemleri yaklaşık konum vermekte; bluetooth ve GPS ile bağlantılı olan RTLS tam zamanlı konum vermektedir.

Görüldüğü gibi, son 5 yılda orta ölçekli iki farklı tip üretim sistemindeki işletmelerin ortak olarak en çok kullandığı 5 teknoloji: **sensör teknolojisi, bulut teknolojisi, robot teknolojisi, gerçek zamanlı veri toplamak, RFID sistemleri** olarak belirlenmiştir. İki farklı katılımcı grubu da orta ölçekli işletmelerinde en **az IOT** teknolojisini kullanmaktadır.

Genel çerçevede çıkan verilere bakıldığında, görüşme yapılan orta ölçekli işletmelerin son 5 yılda kullandığı teknolojilerin oranının az olması, işletmelerin bu teknolojilere ilgisizliği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu anlamda bu teknolojilerin üretim yöntemleri ve amaçları doğrultusunda işletmelere kazandırılması önemi de ortaya çıkmıştır.

Soru 20: Yöneticilerin Sanayi 4.0 ile Birlikte Yeni Teknolojileri Kendi İşletmelerine Katma Durumu



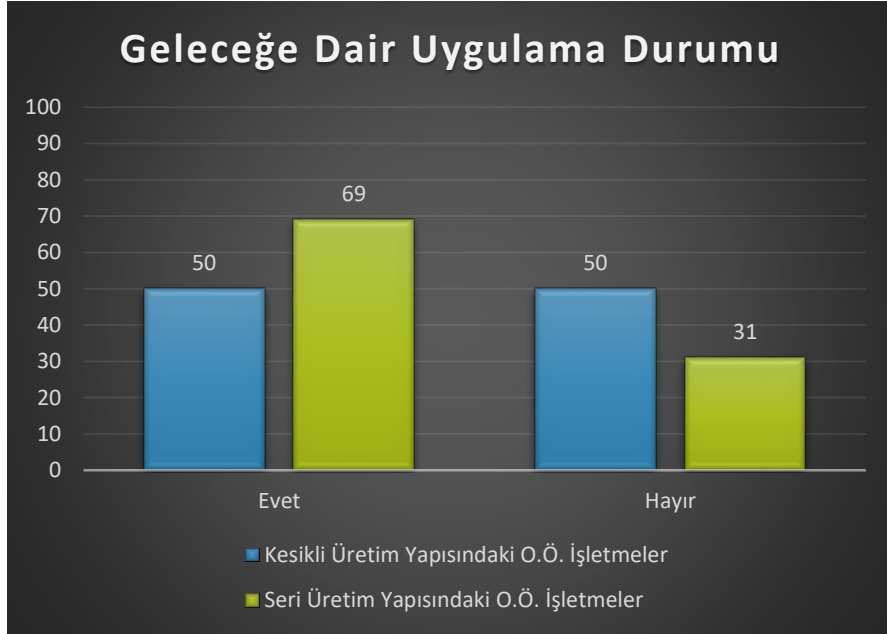
Grafik 20. Soru 20 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Bazı işletmeler bu yeni sanayi dönemine sıcak bakarken; bir takım işletme de bu yeni sanayi devrimine karşı çıkmaktadır. Bazı işletmeler bu sürecin kendi işletmelerinde olumlu etkiler yaratabileceği kanısındayken, bir takım işletme de bu konuda kararsız kalmayı tercih etmektedir.

Görüşme yapılan iki grup için de hiçbir işletme bu sürecin işletmelerinde yeni olanaklar katmayacağı düşüncesinde değildir, seçimlerinde ya kararsız kalmışlardır ya da bu sürecin yeni olanaklar yaratabileceği kanısında yapmışlardır.

Orta ölçekli seri veya kesikli üretim yapan işletme yöneticilerinin büyük bir çoğunluğu, işletmelerine yeni teknolojileri katmanın avantajlı bir durum yaratacağı düşüncesindedir. Yalnız seri üretim yapan işletme yöneticileri bu etkinin kendi işletmelerinde daha fazla yeni olanaklar katacağı fikrindedir.

Soru 21: İşletmelerin Gelecek 5 Yıl İçinde Sanayi 4.0 Uygulamalarına Yer Verme Durumu



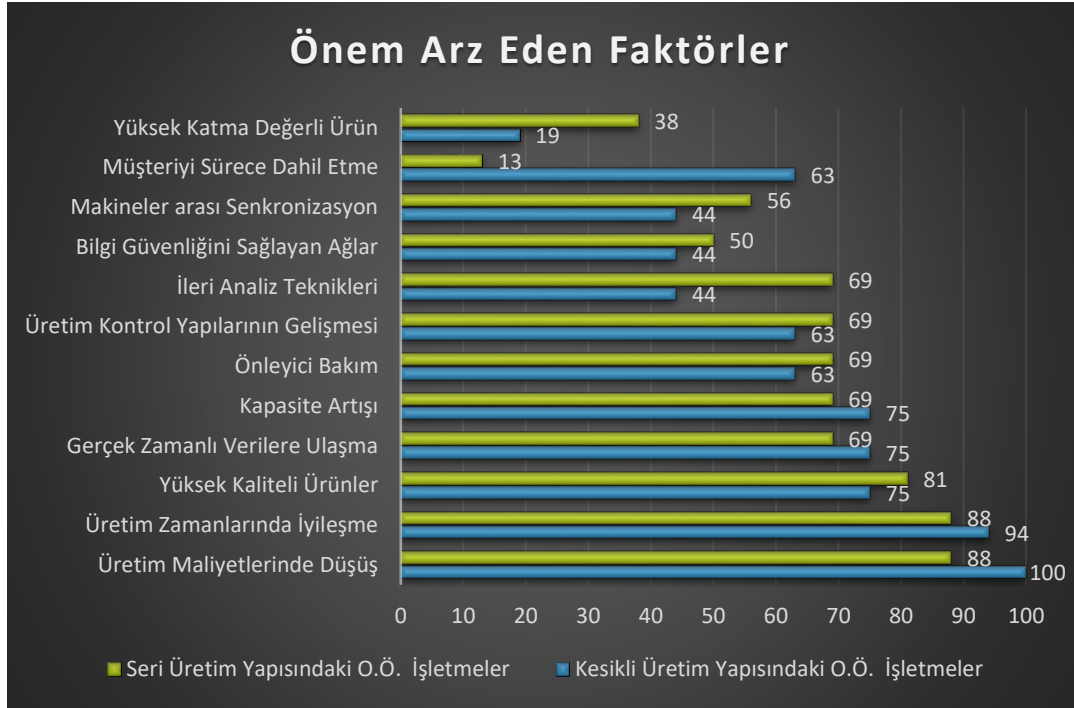
Grafik 21. Soru 21 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Çıkan verilerde, seri imalat yapısındaki işletmelerin gelecek 5 yıl içinde Sanayi 4.0 uygulamalarına daha çok yer vereceği ortaya çıkmıştır. Kesikli üretim yapısındaki sadece 2 işletmeden 1'inin Sanayi 4.0'a 5 yıl içindeki planlamalarda yer verdiği ortadır.

Gelecekteki planlarına Sanayi 4.0 stratejilerini almayan işletmelerin sebepleri şu şekilde olabilir: Sanayi 4.0 uygulamalarının işletmelerine olanak sağlama noktasında kararsız kalmaları, bu dönüşümü sağlayabilecek bütçelerinin olmayışı veya gerekli teknolojik alt yapıya sahip olmamaları söz konusu olabilir.

Sanayi 4.0 uygulamalarına yer vermeme sebeplerinin neler olduğu konusunda araştırma yapılması gereklidir. Düşünülen nedenlerin arka planlarına gidilip, işletmelerin bu yeni sanayi sürecini kabul etmeleri için nelerin yapılması gerekliliği de araştırılması gereken diğer önemli bir konu olmaktadır.

Soru 22: İşletmelerin Sanayi 4.0'ın Getirilerinden Önem Arz Eden Faktörler



Grafik 22. Soru 22 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

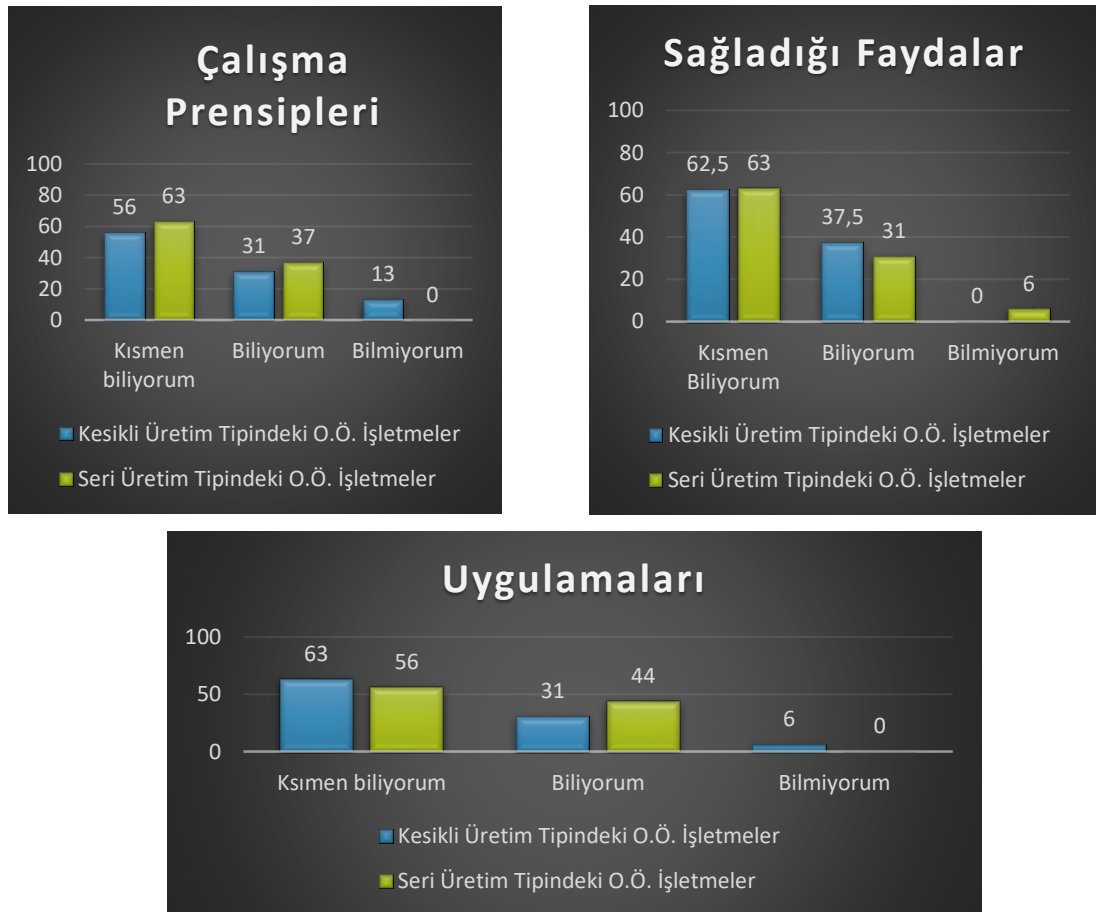
İşletme yöneticilerinin bazı kategorileri işaretlemiyor olması, o temaların önemsiz olduğu anlamına gelmediğinin bilinmesi gerekir. Çünkü katılımcılara özellikle mevcut yapılarını geliştirebilecek yönde nelerin önem arz ettiği sorulmuştur. Eğer işletme yöneticileri, yazan temalarda işletmelerinin iyi düzeyde olduğu düşüncesindeyse, herhangi bir problem yaşamıyorlarsa, söz konusu bir şikayetleri yoksa, o alanda gelişme arzusu yoksa veya gelişmeye açık değilse yazan kategoriler yöneticiler için önem arz etmeyebilir.

İki grup işletme yöneticisinin hiçbiri Sanayi 4.0'ın işletmelerinde olumsuz bir etki yaratacağı fikrinde değildi (**soru 20**). İki grup katılımcının sanayi 4.0 ile birlikte işletmelerin mevcut yapılarına göre en fazla önem arz ettiğini düşündükleri kategorileri **üretim maliyetlerinde** ve **üretim zamanlarında** iyileştirme yapması olarak belirtmiştir. Bu iki önemli yeniliğin, kesikli üretim yapısındaki işletmelerin yöneticileri için daha büyük önem arz ettiği çıkan sonuçlarda gözükmektedir. Üçüncü olarak, iki grup için de Sanayi 4.0'ın **yüksek kaliteli ürünler** üretebilme imkanı yaratması önemli olarak görülmüştür. Farklı oranlarda tercih yapılmasına rağmen iki grubun da dikkat çektiği diğer önemli faktörler: Sanayi 4.0 ile birlikte işletmelerin doğru zamanda **gerçek zamanlı verilere** ulaşabilmesi, bu yeni sanayileşmenin gerektirdiği teknolojiler sayesinde **kapasite artışı**, makinelerden veya ekipmanlardan alınan doğru veriler sayesinde

işletmedeki herhangi bir sorunu önceden tanımlayamaya imkan veren **önleyici bakım faaliyetleri** ve işletmede **kontrollü üretim** sağlaması olarak tespit edilmiştir.

İki farklı üretim grubu arasında en büyük farkın olduğu kategori: Sanayi 4.0 sayesinde işletmelerin **müşterilerini üretim süreçlerine katabilmesi** olarak belirlenmiştir. Seri üretim, talep tahmininde müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin önemli olduğu, önceden planlanan üretim akışları içinde standart hale gelmiş ürünlerin yüksek miktarlarının üretildiği bir anlayıştır. Kesikli üretim de ise müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerine göre talepler değişiklik gösterebilir ve işletmeler bu ihtiyacı karşılamaya yönelik çalışır. Dolayısıyla, kesikli üretimde müşteriler sürece birçok yerde dahil edilebilir. Nitekim ankete katılan yöneticilerin de verdiği cevaplar bu doğrultuda çıkmıştır. Kesikli üretim yapısındaki işletme yöneticilerinin **%63'ü** için bu durum önem arz ederken, seri üretimli işletme yöneticilerinin **%13'ü** için bu durum önemli olmaktadır.

Soru 23: Yöneticilerin 3b Yazıcılara Dair Bilgilerinin Olması



Grafik 23. Soru 23 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

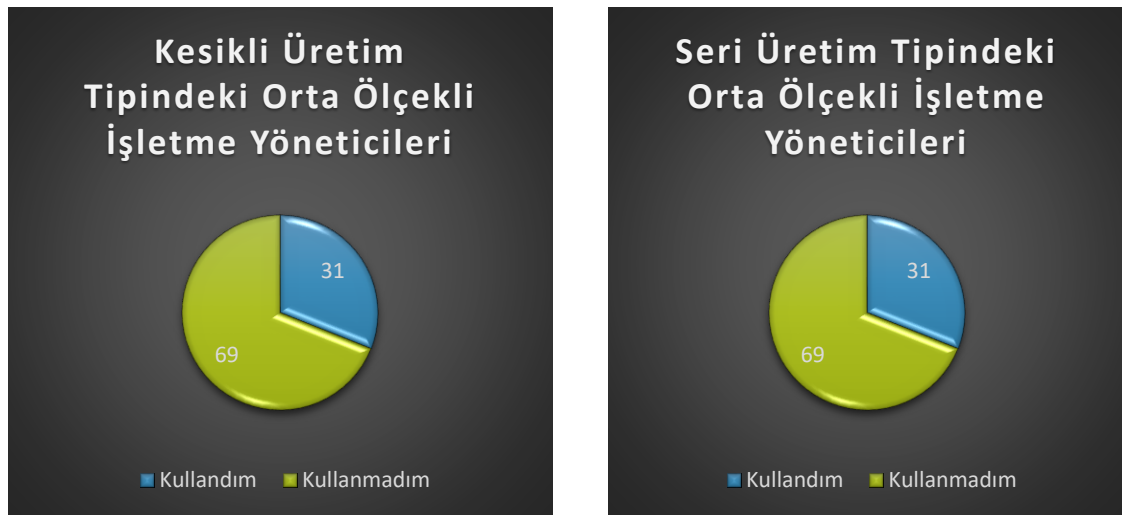
Anket çalışmasının, 3b yazıcı teknolojisini duymuş ve genel hatlarıyla bilgi sahibi olanlar üzerinde uygulandığı unutulmamalıdır. Görüşmeye başlamadan önce 3b yazıcı teknolojisini duymamış veya bilmeyen birçok katılımcı elenerek ankete dahil edilmemiştir.

İki farklı grup katılımcıdan, kesikli üretim yapan grubun **%87'si** 3b yazıcıların **çalışma prensipleri** hakkında genel anlamda bilgiye sahipken (tam olarak bilen yöneticiler+kısmen de olsa bilgisi olan), seri üretim yapan grubun tamamının bu alanda bilgisi olduğu sonucu çıkmıştır.

İki farklı grubun 3b yazıcıların sağladığı faydaları bilme durumu hemen hemen eş değer olarak belirlenmiştir. Seri üretim yapan grubun yalnızca **%6'sı** sağladığı faydaları bilmiyorken; kesikli üretim yapan grupta hiç bilmeyen çıkmamıştır.

Üçüncü olarak iki gruba da 3b yazıcıların uygulamalarını bilme durumları sorulduğunda, iki gruptan alınan verilerin yine birbirine çok benzediği söylenebilir. Kesikli üretim yapan grubun yalnızca **%6'sı** 3b yazıcıların uygulamaları hakkında hiçbir bilgiye sahip değilken, seri üretim yapan grupta hiç bilmeyen çıkmamıştır.

Soru 24: Yöneticilerin 3b Yazıcıyı Bireysel Olarak Kullanma Durumu

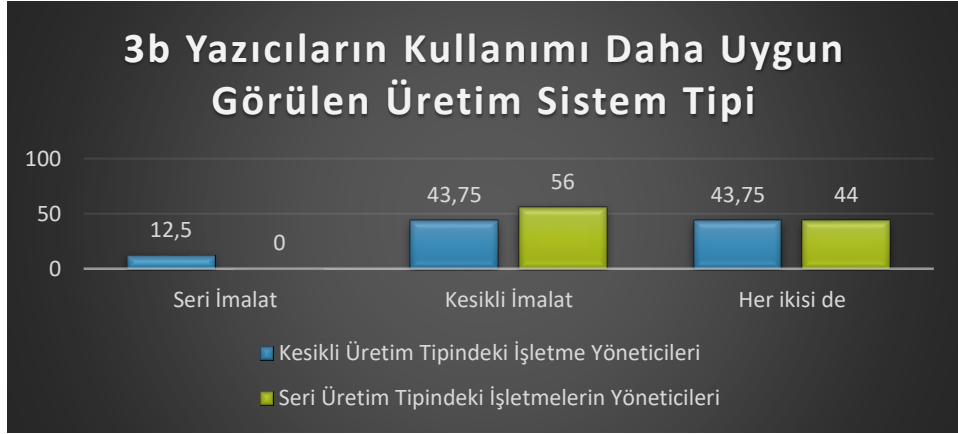


Grafik 24. Soru 24 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Yukarıdaki grafikler, işletmelerin 3b yazıcıları daha önce kullanma durumlarını göstermektedir. Görüldüğü gibi iki grafikte de çıkan oranlar birbirinin aynısıdır. İki farklı grubun **%69'u** 3b yazıcı teknolojisini daha önce denemek amaçlı dahi olsa

kullanmamıştır. Her ne kadar katılımcıların büyük bir çoğunluğunun 3b yazıcıları daha önce kullandıkları görülse de bu teknolojinin daha çok kullanılması istenen ve beklenen bir durumdur. Son dönemlerde 3b yazıcı teknolojisinin birçok teknoloji fuarlarında yer alması, bu teknolojinin kullanımını daha da arttırabilir.

Soru 25: Yöneticilerin 3b Yazıcıların Kullanımı için Uygun Gördükleri Üretim Sistem Tipi



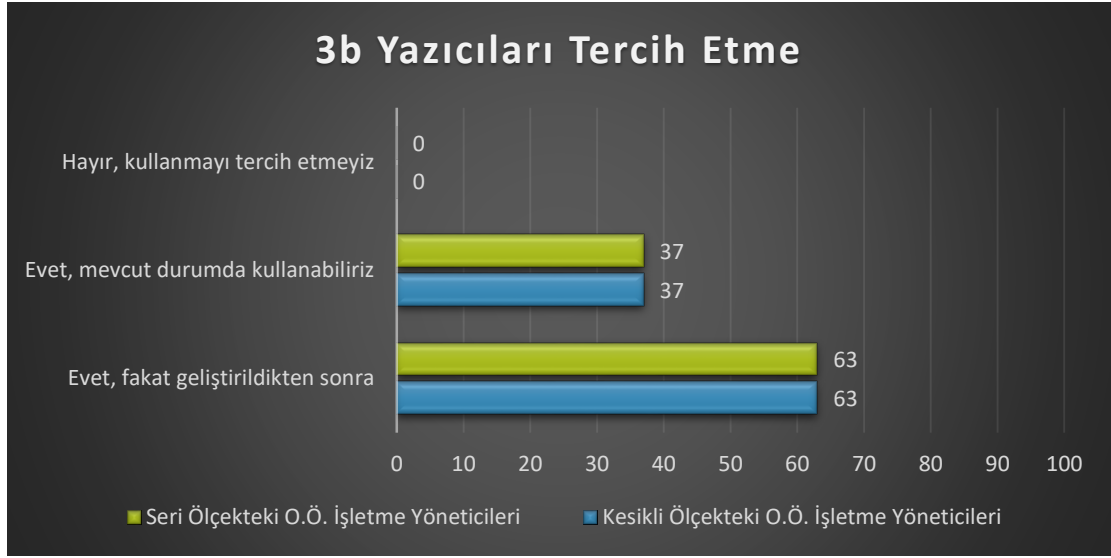
Grafik 25:Soru 25 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

3b yazıcılar birçok farklı amaç için üretim sistemleri içine dahil edilmeye başlanmıştır. Seri imalat veya kesikli imalat yapan işletmeler de farklı amaçlar için bu teknolojiyi tercih edebilirler. Kesikli üretim yapan işletme yöneticilerinin sadece **%12.5'i**, 3b yazıcı teknolojisinin seri imalat yapan işletmeler için uygun olduğunu görürken; fabrikalarında seri imalat yapan hiçbir yönetici bu teknolojinin kendi tipinde imalat yapan işletmeler için uygun olduğunu düşünmemektedir.

İki farklı grup da aynı oranda (**%44**), 3b yazıcı teknolojisinin iki üretim sistemi için de uygun olabileceğini yani belirli bir tipe sınırlandırmadıklarını göstermiştir. 3b yazıcı teknolojisini kesikli üretimde kullanılacağını düşünenlerin **%44'ü** kesikli imalat yapmakta, **%56'sı** da seri imalat yapmaktadır.

Sonuç olarak, kendi işletmelerinde kesikli üretim anlayışı olup 3b yazıcı teknolojisini seri imalatta kullanılmasının daha uygun olacağını düşünen katılımcılar **%12.5** oranında iken; işletmelerinde seri imalat anlayışı olup, 3b yazıcı teknolojisini kesikli imalatta kullanılmasının daha uygun olacağını düşünen katılımcıların oranı da **%56'dır**.

Soru 26: Yöneticilerin İşletmelerinde 3b Yazıcıyı Tercih Etme Durumu



Grafik 26. Soru 26 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

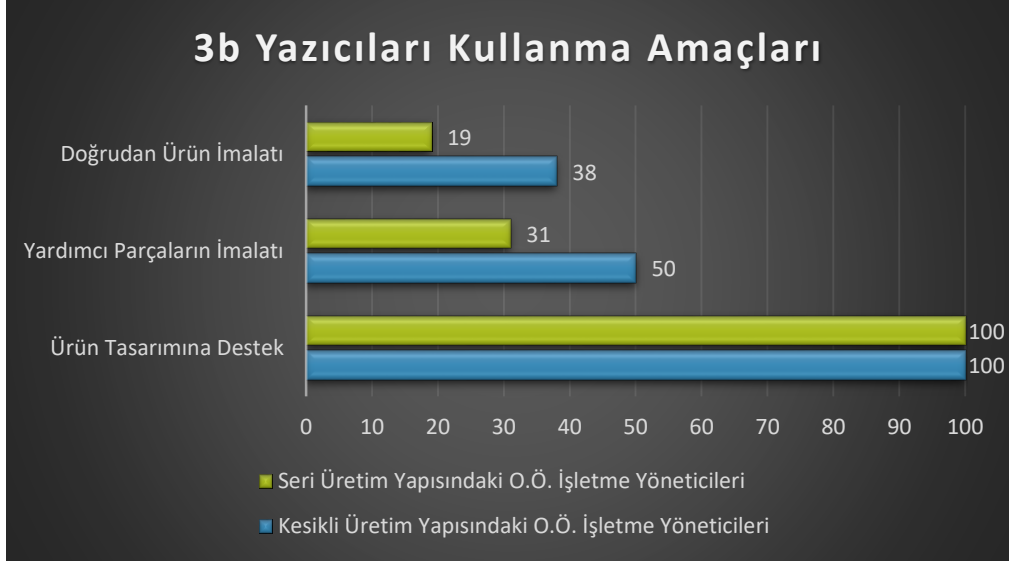
İki farklı grup yöneticinin 3b yazıcıları tercih etme durumunda yaptıkları seçimler birbirinin aynısı çıkmıştır. Her iki grup katılımcı da gerekli şartların sağlanması durumunda 3b yazıcıları kullanmayı istemektedir ve farklı gruptaki hiçbir katılımcının bu teknolojiyi kullanmama yönünde seçim yapmadığı çıkan verilerden gözükmektedir.

Yalnız bu noktada her ne kadar tüm katılımcılar bu teknolojiyi kullanmaya sıcak baksa da, iki grubun **%63'lük** kısmı 3b yazıcıların geliştirmelere ihtiyaç duyduğunu hesaba katarak, bu şartın sağlanması durumunda kullanacakları yönünde seçim yapmıştır. Çıkan oran küçümsenmeyecek bir değerde olduğu için 3b yazıcı teknolojisinin geliştirilmeye ihtiyaç duyduğu ortadadır. Önemli olan işletmelerin hangi açıdan bu teknolojinin geliştirilmesine ihtiyaç duyduğudur. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında bunların ortaya konması için sorular yöneltilmiş ve ilgili cevaplarla tespitler yapılmıştır.

Ayrıca, iki farklı grubun **%37'lik** kısmının, 3b yazıcıları doğrudan kullanmayı tercih etmesine de şüpheli yaklaşılmasında fayda vardır. Direk bu seçimi yapmalarında katılımcıların yeterli bilgiye sahip olmaması, bu teknolojiyi çok merak etmeleri veya ilgi duymaları gibi sebepler söz konusu olabilir.

Soru 27: İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanma Amaçları

*Katılımcılar, aşağıda yazan 3 kategoride de seçim yapabilmektedir. Her bir tema, işletmelerin tercih etmeleri için kullanmayı istedikleri amaç olabilir.



Grafik 27. Soru 27 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

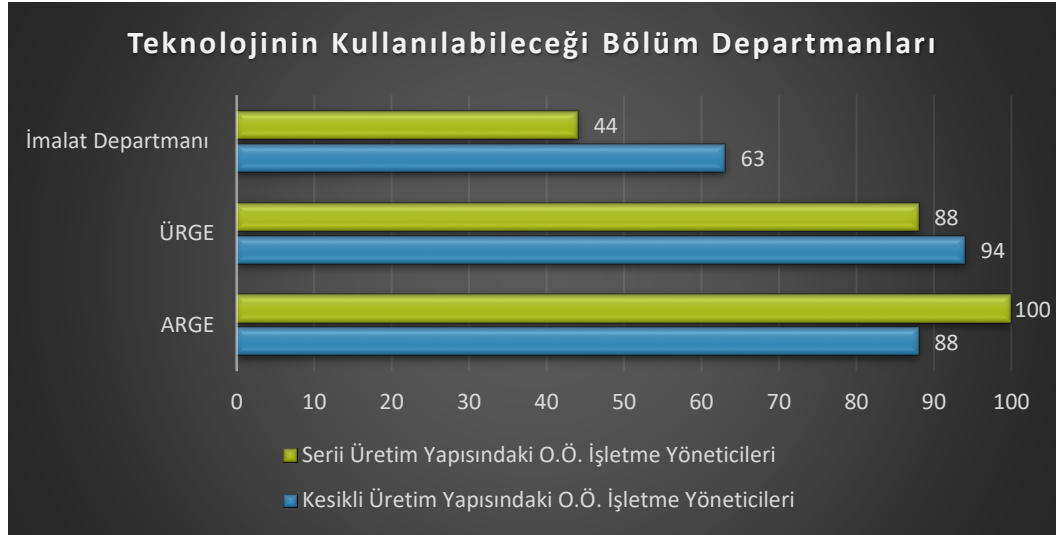
İki farklı grubun tamamı ortak olarak, 3b yazıcıları **ürün tasarımlarına destek** amaçlı kullanabilecekleri yönünde seçim yapmışlardır. 3b yazıcıları ürün tasarımında kullanmak isteyen katılımcıların farklı beklentileri de söz konusu olabilir. Örneğin, işletmeler yeni üretilen bir ürünün tasarımına doğru karar vermek için, ürünün son halini gösterecek ürün prototiplerinin üretimi için veya geleneksel ürün tasarımında gerekli kalıpların basılması için 3b yazıcıları kullanabilirler. İşletmeler bu teknolojiyi ayrıca yardımcı parçaların veya yedek parçaların basımı için de kullanabilir. İki farklı grup içinde kesikli üretim yapan grup, seri üretim yapan gruba göre; 3b yazıcıları nihai ürünlerin içindeki **yardımcı parçaların** veya **yedek parçaların** üretiminde daha fazla kullanma eğiliminde olduğu görülmektedir (Seri imalat yapan işletme yöneticileri: **%31**, kesikli üretim yapan işletme yöneticileri: **%50**).

Doğrudan ürün imalatında 3b yazıcıları kullanmak, iki farklı grubun da en az tercih ettiği alandır. Kesikli üretim yapan grup, seri üretim yapan gruba göre; bu teknolojiyi nihai ürün üretmek amacıyla daha fazla kullanma talebindedir. Seri üretim yapan grubun doğrudan ürün imalatında bu teknolojiyi tercih etmeme sebepleri şu doğrultuda olabilir: yazıcıların üretim hızlarının seri üretime göre yavaş kalması, üretilmesi istenen ürünlerin

fazla montaj işlemi gerektirmesi veya bir üründe farklı malzemelerin kullanılmasına ihtiyaç duyulması gibi. Fakat sonuç olarak, 3b yazıcı teknolojisinin doğrudan ürün üretmek için kullanılmasının yetersiz kalacağı yönünde olumsuz bir algı vardır.

Bunun için, bu teknolojiyi üreten işletmelere de çok iş düştüğü de ayrıca söylenebilir.

Soru 28: İşletmelerin 3b Yazıcıları Kullanmayı Tercih Edecekleri Departman/lar



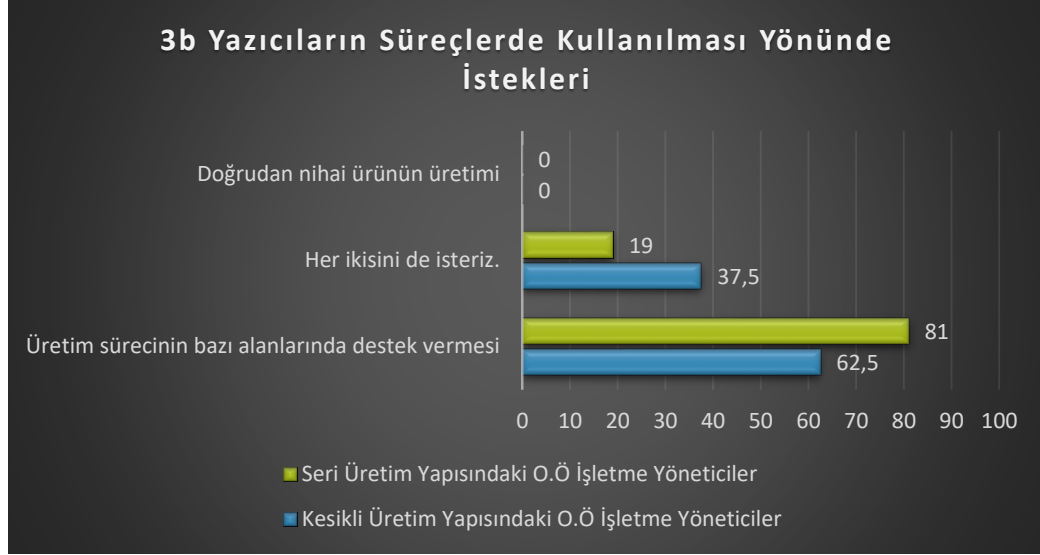
Grafik 28. Soru 28 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İşletmelerdeki ARGE Departmanı, her türlü araştırmanın yapıldığı, işletmenin üretim faaliyetlerini ve süreçlerini geliştirme odaklı çalışıldığı, sürekli yeniliklerin takip edildiği ve inovasyon odaklı çalışmaların yürütüldüğü bir departmandır. ÜRGE Departmanı, işletmedeki mevcut ürünleri geliştirecek yönde çalışmaların yapıldığı veya yeni piyasaya sürülecek bir ürünün ürün araştırmasının, çoğu zaman ürün tasarımının veya ürün için gerekli yapıların (malzeme vb.) sağlandığı birimdir. Tüm bu bilgiler ışığında yöneltilen soruların cevapları yukarıdaki grafikte yer almıştır.

Seri üretim yapan grubun tamamı, 3b yazıcıları en çok ARGE Departmanında kullanmak istediklerini ifade ederken, kesikli üretim yapan grubun da büyük bir çoğunluğu (%94) 3b yazıcıları en çok ÜRGE Departmanında kullanmayı istemektedir. İki grup da 3b yazıcı teknolojisini en az İmalat Departmanında kullanabilecekleri yönünde fikir beyan etmektedir. İmalat Departmanı, ürünlerin aksesuarlarının, yedek parçaların, ürün ara parçaların veya nihai ürünün üretildiği birim olarak ankette yer almaktadır (Bu bilgilendirme katılımcılara verilmiştir).

Çıkan veriler, işletmelerin 3b yazıcı teknolojisini İmalat Departmanında kullanmayı daha az tercih etmelerine neden olan faktörlerin belirlenip, üzerinde çalışma yapılması ihtiyacını doğurmuştur.

Soru 29: İşletmelerin 3b Yazıcının Süreçlere Hakim Olma Tercihi



Grafik 29. Soru 29 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Katılımcılar 3b yazıcıları üretim süreçlerinin bir parçası olmasını, ürünün üretilmesini sağlayan tüm süreci gerçekleştirmesini veya her ikisini de tercih edebilirler. Bu soru katılımcıların aynı zamanda anket üzerindeki hakimiyetinin ölçülmesi için de önemlidir. Bu soru farklı şekilde aynı zaman **Soru 27’de** de sorularak katılımcıların benzer cevapları vermesi beklenmektedir.

3b yazıcı teknolojisinde bir ürünün tamamı üretilebildiği gibi, ayrıca nihai ürünü oluşturan yan parçalar veya yedek parçalar da üretilebilir. Bu teknoloji, kullanıcılar tarafından sürekli de kullanılabilir veya acil parça ihtiyacı gibi olağan dışı durumlarda da tercih edilebilir. Bazı durumlarda katılımcılar bu teknolojiyi ürünleri imal etmek için değil, sadece ürün tasarımına destek vermesi için de kullanabilir,

İki grup katılımcı da 3b yazıcıları sadece ürünlerin üretilmesi noktasında kullanmayı tercih etmemektedir. İki grup katılımcı da en çok, 3b yazıcıların üretim süreçlerinin bazı aşamalarında destek vermelerini tercih etmektedir. Seri üretim yapan grup kesikli üretim yapan gruba nazaran, daha yüksek bir oranda bu tercihi yapmıştır (seri imalat yapan yöneticilerin: %81, kesikli işletme yapan yöneticilerin: %62,5).

Kesikli üretim yapan grup, **Soru 27’de** 3b yazıcıları doğrudan nihai ürün üretme noktasında kullanabileceğini ifade ettiği için, **Soru 29’da** da bu yönde bir tercih yapması beklenmektedir. Nitekim kesikli üretim yapan grubun, 3b yazıcıları hem sürecin bazı alanlarında hem sürecin tamamında kullanılmasını istemesi üzerine çıkan oran (**%38**), seri üretim yapan gruba (**%19**) göre yaklaşık iki katı olarak tespit edilmektedir.

Soru 30: İşletmelerin 3b Yazıcıları Tercih Etme Durumunda Kullanma Sıklığı

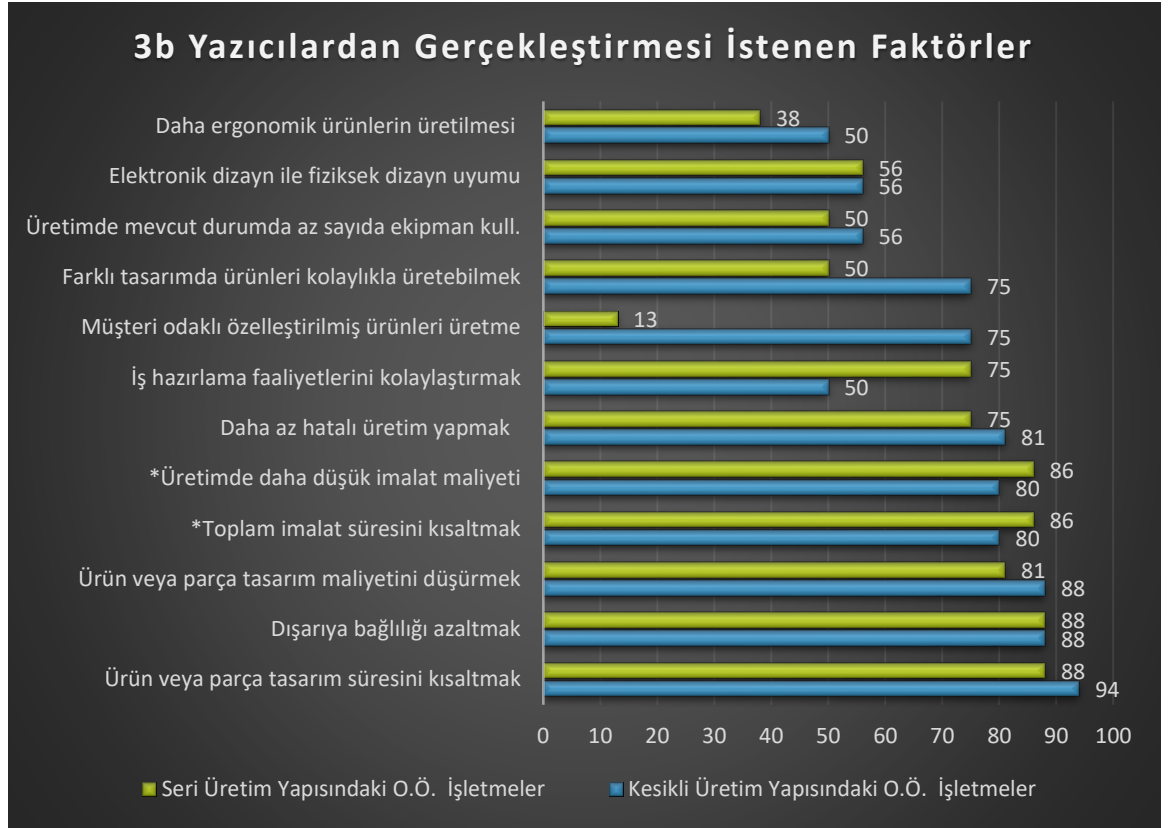


Grafik 30. Soru 30 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

*Soru sadece 3b yazıcıları üretim sürecine destek vermek amaçlı kullanan katılımcılar tarafından cevaplanmıştır (**Soru 29** ile bağlantılıdır). Seri Üretim Yapan işletmeler için katılımcı sayısı: 13, kesikli üretim yapan işletmeler için katılımcı sayısı:10’dur.

İki grup katılımcı ortak olarak **%70-%80** oralarında, 3b yazıcıları üretim süreçlerine destek olarak sürekli kullanmayı tercih etmektedir. Kalan katılımcılar, 3b yazıcı teknolojisini sadece gerektiği zamanlarda veya acil durumlarda kullanma eğilimindedir. Örneğin, bitmiş bir ürünün acil bulunması gerektiğinde veya beklenmedik bir sipariş gelme durumlarında bu teknoloji kullanılabilir. Sonuç olarak, işletmelerin bir takım yatırımlarla işletmelerine dahil ettikleri bu teknolojiden maximum verimi alma isteğinin olması da beklenen bir durumdur.

Soru 31: Yöneticilerin 3b Yazıcılardan Beklentileri



Grafik 31. Soru 31 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

3b yazıcıların kullanılmasının, işletmeler üzerinde sağlayabileceği farklı avantajlar söz konusudur. İki farklı grubun da 3b yazıcılardan beklentileri değişebilmektedir. Bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), daha önceki sorularda 3b yazıcı teknolojisini nihai ürününü üretmede veya yedek parça, ara parçalar gibi bir takım parçaları üretmede kullanmayı talep edenler için sorulmuştur.

İki farklı grubun 3b yazıcılardan en çok beklediği eylem: **ürün veya parça tasarım süresini** kısaltmaya yardım etmesidir. İki grubun da 3b yazıcıları en çok ürün tasarımında kullanmak istemeleri ile bu soruya verdikleri cevap doğru bir şekilde eşleşmektedir.

İki grubun da 3b yazıcılardan diğer önemli beklentisi, işletmelerin **dışarıya olan bağıllığını azaltmasına** destek vermesi olarak tespit edilmiştir. Çünkü işletmeler çoğu zaman ürün için gerekli parçaları veya kalıpları dışarıdan temin etmek durumunda kalmaktadır veya ürünün doğruluğunu test etmek için prototipini dışarıya yaptırmaktadır.

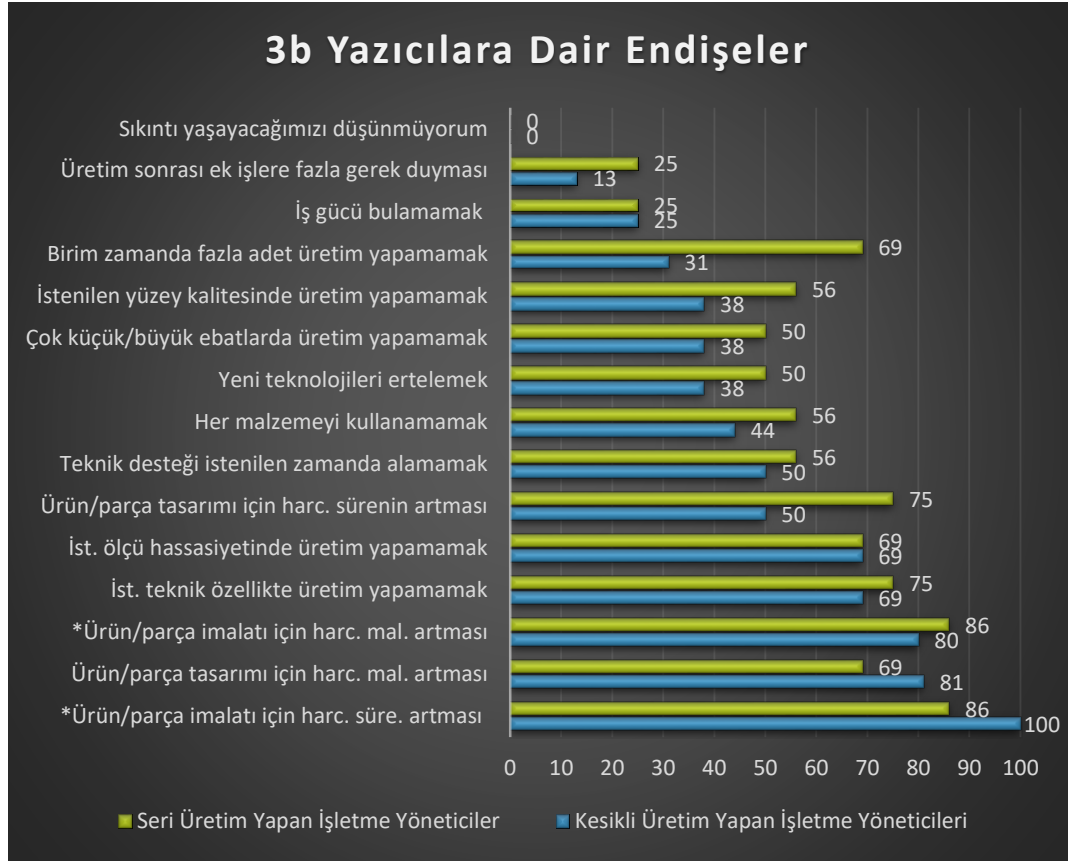
Bu durum çoğu zaman işletmelere vakit kazandırsa da aynı zamanda sürekli dışarıya bağılılığı da mecbur bırakabilmektedir.

İki grup için de üçüncü olarak en çok beklenen fayda: 3b yazıcıların ürün veya parça için gerekli **tasarım maliyetlerini** düşürmeye destek olmasıdır. İki farklı grubun da bu teknolojiyi en çok tasarımda kullanmak istemelerinden dolayı, sağlaması istenilen en büyük faydaların da ürün tasarımı ile ilgili alanlarda olduğu görülmektedir.

3b yazıcıları nihai ürün veya yedek parça gibi ürünlerin üretiminde kullanabileceği yönünde tercih yapan grup elemanları imalat ile ilgili yazan kategorilerde işaretleme yapmıştır. Verilen cevaplar neticesinde, katılımcıların büyük bir kısmı 3b yazıcılardan **toplam imalat süresini** ve **imalat maliyetlerini** düşürmesini beklemektedir. Bu noktaya kadar iki grup tarafından 3b yazıcılardan beklentiler birbiriyle genelde paralel çıkmaktadır.

İki grubun 3b yazıcılardan beklentilerinde çıkan en büyük fark: işletmelerde **kişiselleştirilen** ve **özelleştirilen** ürünlerin üretilmesi noktasında olmuştur. Kesikli üretim yapan grup, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini dikkate alarak çoğu zaman ürün tasarımlarını oluşturmakta ve farklı hacimlerde üretimi mümkün kılmaktadır. Bu hareketle grubun %75'inin bu beklentide olması muhtemeldir. Fakat seri üretim yapan grubun yalnızca %13'ünün kişiselleştirilmiş-özelleştirilmiş ürünleri üretebilme isteği bulunmaktadır. Çünkü seri üretimde çoğu zaman önceden oluşturulmuş spesifikasyonlarda ürünler üretilmektedir. Dolayısıyla seri üretim yapan grubun da bu yönde bir beklentisinin olmaması verilerden görülmektedir.

Soru 32: İşletmelerde 3b Yazıcıların Kullanılması Durumundaki Endişeleri



Grafik 32. Soru 32 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İşletmelerin 3b yazıcıları kullanmamalarında veya tercih etmemelerinde birçok farklı sebep olabilir. İki grubun da bu teknolojiye dair endişeleri ve korkuları değişmektedir. Bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), daha önceki sorularda 3b yazıcı teknolojisini nihai ürününü veya yedek parçaları ve ara parçaları gibi bir takım parçaların üretiminde kullanmayı talep edenler için sorulmuştur.

*İki farklı grubun 3b yazıcılara karşı en büyük endişesi: **imalat için harcanacak sürenin** artmasıdır. Bu kategori nitekim 3b yazıcıları imalat departmanında kullanmayı isteyen katılımcılar tarafından işaretlenmiştir. Nitekim 3b yazıcıların çalışma hızının düşük olması ve dolayısıyla bu alanda çalışmaların yapılması gerekliliği tezin önceki bölümlerinde anlatılmıştır. Yukarıdaki grafik de, bu ihtiyacın gerekliliğini ortaya koymuştur. Eğer işletmelerde 3b yazıcı teknolojisini kullanmak mevcut üretim sürelerini arttıracaksa, hiçbir katılımcı bu teknolojiyi kullanmayı tercih etmeyecektir.

Kesikli üretim yapan grup için, 3b yazıcı teknolojisinden duyulan endişeler sırasıyla; **ürün tasarımı için gereken maliyetin** artması, **ürün imalatı için harcanacak maliyetin** artması, istenilen **ölçü hassasiyetinde** ve **teknik özelliklerde** üretim yapılamaması (Bu durum prototip ürün, kalıp veya nihai ürün için de geçerli olabilir) yönünde olmuştur.

Seri üretim yapan grup için de 3b yazıcı teknolojisinden duyulan endişeler sırasıyla; ürün **imalatı** için harcanacak **maliyetin** artması, ürün **tasarımı** için harcanacak **sürenin** artması, istenilen **teknik özelliklerde** üretim yapılamaması (Bu durum prototip ürün, kalıp veya nihai ürün için de geçerli olabilir) yönünde olmuştur.

Sonuçlara bakıldığında, iki farklı grubun 3b yazıcı teknolojisinden beklenti ve istekleri çoğu temada aynı olmaktadır. Özellikle iki grup da 3b yazıcıları en çok ürün tasarım aşamasında kullanmayı tercih ettikleri için, endişe duydukları en büyük kategori de bu yönde olmaktadır. İki grubun da endişe duyduğu ilk kategoriden ikisi maliyet ile alakalıdır. Çünkü işletmelerin amacı her zaman kar elde etme olduğu için odaklarına da bunu almaktadır.

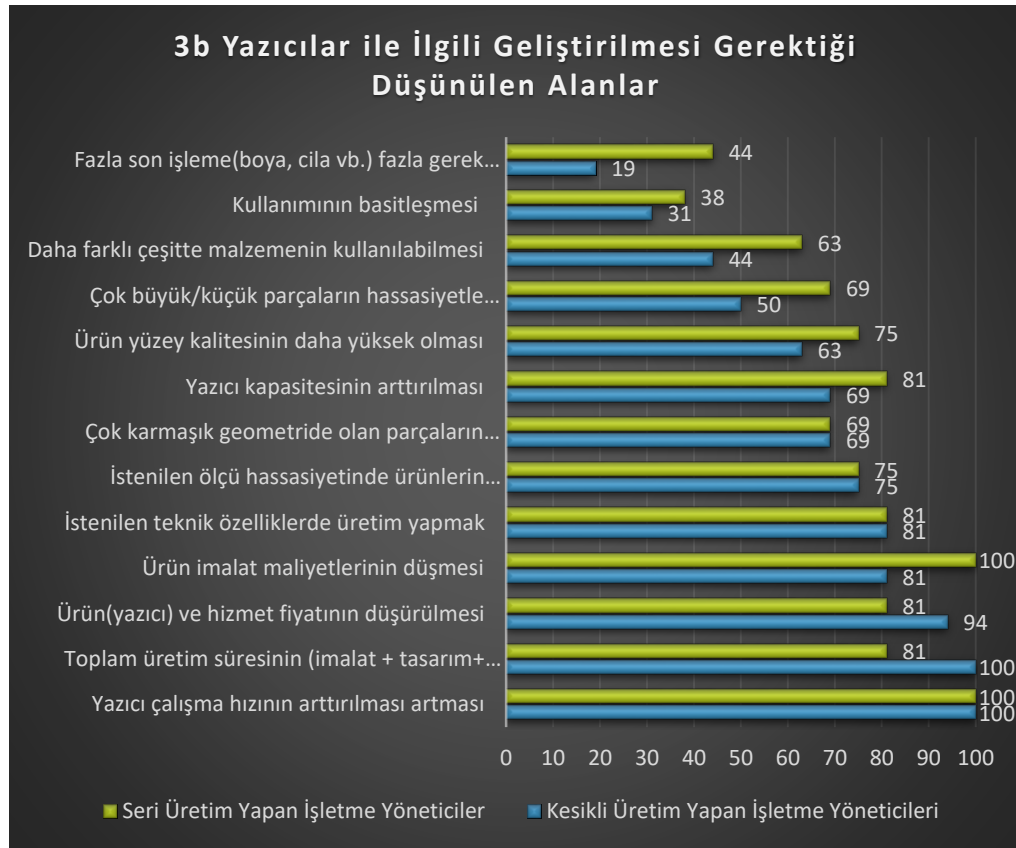
3b yazıcılar hakkında endişe duyulan diğer bir kategori de iki grubun istediği teknik özelliklerde ürün üretememektir. Çünkü mevcutta bu yazıcıların çoğu zaman sunduğu teknik performans sınırlı olmaktadır. Fakat yazıcılarda kullanılan malzemelerin çeşitlenmesi, daha kaliteli parçaların kullanılması veya geliştirilen teknolojilerin ürünlerde farklılaşması gibi bir takım iyileştirmeler, bu eksikliği zamanla yok edebilir.

İki grubun 3b yazıcılar hakkında duydukları endişeler arasındaki en büyük fark: **birim zamanda fazla adet ürün üretememe** noktasında olmuştur. Seri üretim yapan grubun **%69'u** bu durumdan endişe duyarken, kesikli üretim yapan grup için çıkan oran **%31'**dir. Seri üretim yapan işletmeler, kesikli üretim yapanlara nazaran daha büyük hacimlerde üretim yapmaktadır, bu sebeple çoğu zaman bir ürünü üretmek için onlarca belki yüzlerce parçaya ihtiyacı vardır. Kesikli üretim yapan işletmeler ise, küçük üretim hacimlerinde veya gelen siparişe göre belirli parti büyüklüğünde üretim yapmaktadır. Kesikli üretim sistemlerinin, seri üretim sistemlerine nazaran daha düşük üretim hacmine sahip olması, çıkan bu büyük farkın sebebini ortaya koymaktadır.

İki grup arasında diğer önemli fark: **ürün tasarımı için gereken sürenin** 3b yazıcılarla artabilecek olmasıdır. Seri üretim yapan grubun 3b yazıcıları kullanmaları durumunda bu temadan duydukları endişe **%75** iken; kesikli üretim yapan grubun endişesi **%50**

oranında çıkmıştır. Kesikli üretim yapan grubun bu temayı az tercih etmesi beklenen bir durum değildir. Çünkü katılımcıların her birinin bu teknolojiyi en çok ürün tasarımında kullanmak istemesi dolayısıyla, bu yönde bir endişesi olması beklenebilirdi. Buradan şu çıkartılabilir ki: kesikli üretim yapan grubun, 3b yazıcıları kullanmaları durumunda **tasarım süresinin** artmasına duyduğu endişe, istenilen teknik özelliklerde, ölçülerde ve maliyette üretim yapmasından daha sonra gelmektedir.

Soru 33: 3b Yazıcılarda Geliştirilmesi Gerekilen Teknik Durumlar



Grafik 33. Soru 33 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Grafik, 3b yazıcı teknolojisinin Türkiye’de kullanılabilirliğini arttırmak için yapılması gereken bir takım eylemlerin gerekliliğini ortaya koymuştur. Her katılımcı, bu teknolojiyi kendi işletmelerinde kullanmaktan ziyade genel anlamda 3b yazıcıların gelişmesi için eksik gördüğü ve geliştirilmesi gerektiğini düşündüğü kategorileri işaretlemiştir. **Soru 32’de** 3b yazıcı teknolojisinde yaşayacakları sorunları belirten katılımcılar, bu soruda da benzer kategorilerin geliştirilmesi gerektiğini düşünerek seçim yapmışlardır. Çünkü işletmeler yaşayacaklarını düşündükleri zorluklar neticesinde, bir nevi bu alanlarda

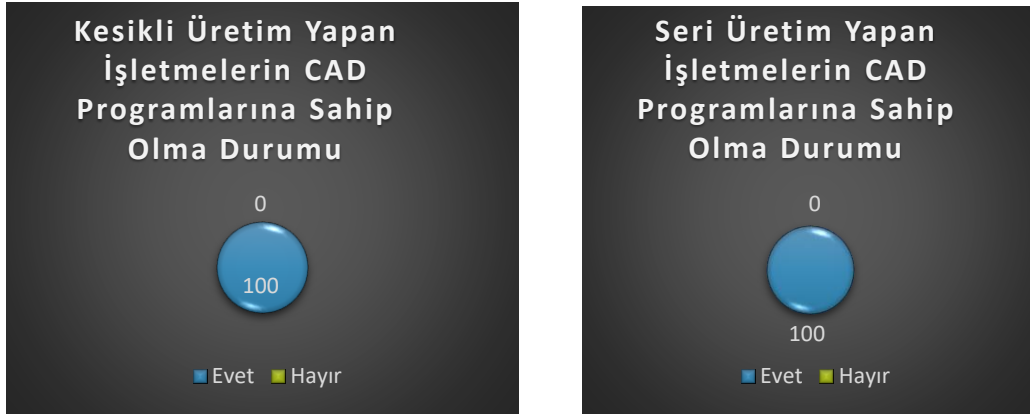
iyileştirmelerin yapılması gerekliliğini de ortaya koyabilir. Bu sebeple **Soru 32** ve **Soru 33** birçok kategori bakımından birbiriyle ilişkilidir.

İki grup ortak olarak 3b yazıcılarda geliştirilmesi gereken en büyük temayı: **yazıcıların çalışma hızlarının** artırılması olarak görmüştür. Bu noktada önemli olan şu ki: ankete katılan tüm yöneticilerin bu yönde bir talebinin olmasıdır. Yazıcıların çalışma hızlarının artması, işletmenin birçok anlamda gelişme göstermesine katkı sağlayabildiği için çok önemlidir ve tüm katılımcılar da buna dikkat çekmiştir. Çünkü yazıcıların çalışma hızlarının artması; daha kısa sürede siparişlerin karşılanmasına veya acil ihtiyaçlara daha kolay cevap verilmesine katkı sağlayabilir. Ayrıca seri üretim yapan grubun tamamının 3b yazıcılarda geliştirilmesi gerektiğini düşündüğü tema **ürün imalat maliyetlerinin düşürülmesi** iken; kesikli üretim yapan grubun **%81'i** bu gelişmenin gerekliliğini ortaya koymuştur.

3b yazıcı teknolojisinin yüksek yatırımlar gerektirmesi, kullanılan malzemelerin, bakım işlemlerinin ve servisinin yüksek ücretlerde olması ve kalifiye iş gücü gerektirmesi gibi nedenler, iki grubun büyük bir çoğunluğunun 3b yazıcılarda **ürün ve hizmet maliyetlerinin** düşürülmesi yönünde seçim yaptırmıştır (kesikli üretim yapısındaki işletmeler: **%94**, seri üretim yapısındaki işletmeler: **%81**). Bu noktada 3b yazıcı teknolojisiyle ilgilenen işletmecilere ve araştırmacılara da büyük iş düşmektedir. 3b yazıcılar ile ilgili talep edilen bu gelişmelerin yaşanması bu teknolojiyi kullanabilecek üretim yapısına sahip işletmeler için önemli bir durum olmakta ve bu teknolojiyi işletmelerinde tercih etme olasılığını arttırmaktadır.

İki grubun da 3b yazıcılarda en az geliştirilmesi gerekliliğine yaptığı vurgu: son nihai ürünün, prototiplerin veya kalıpların basılmasından sonra fazla işleme gerek duyulmaması olmuştur. Sonuç olarak geleneksel üretim yöntemlerinde de üretilen nesnelere boya, cila veya zımpara gibi işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

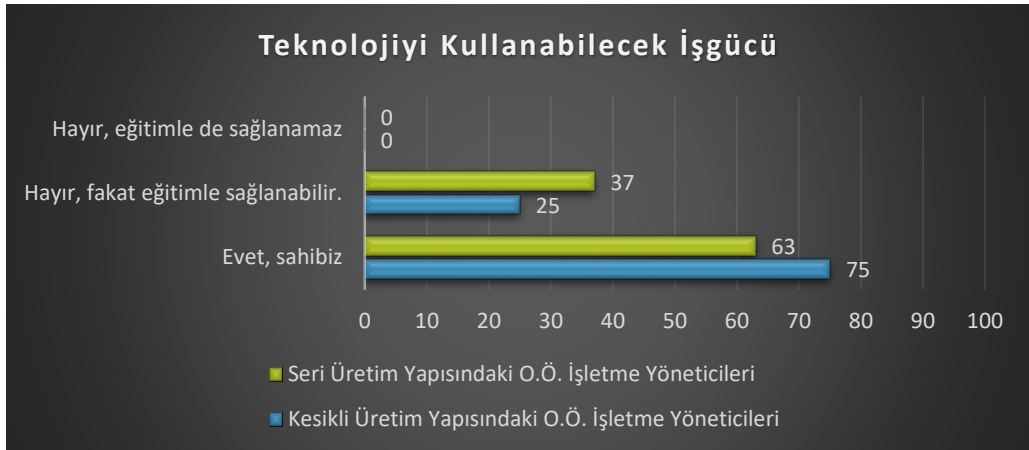
Soru 34: İşletmelerin CAD Tabanlı Bilgisayar Programlarına Sahip Olma Durumu



Grafik 34. Soru 34 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

İki grubun tamamı (**Tüm Katılımcılar**) 3b yazıcı teknolojisini kullanmak için gerekli olan CAD tabanlı tasarım programlara sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu program 3b yazıcı teknolojisinin olmaz olmaz kilit noktasıdır. İki grup katılımcının da mevcut yapılarında bu programların bulunuyor olması, 3b yazıcıları kullanma noktasında çok önemlidir. 3b yazıcıları kullanabilmek için gerekli CAD tabanlı birçok tasarım programının en basitinden en gelişmişine bu teknolojiye hizmet verebilir olduğu bilinmelidir.

Soru 35: İşletmelerin Kalifiye İşgücüne Sahip Olma Durumu



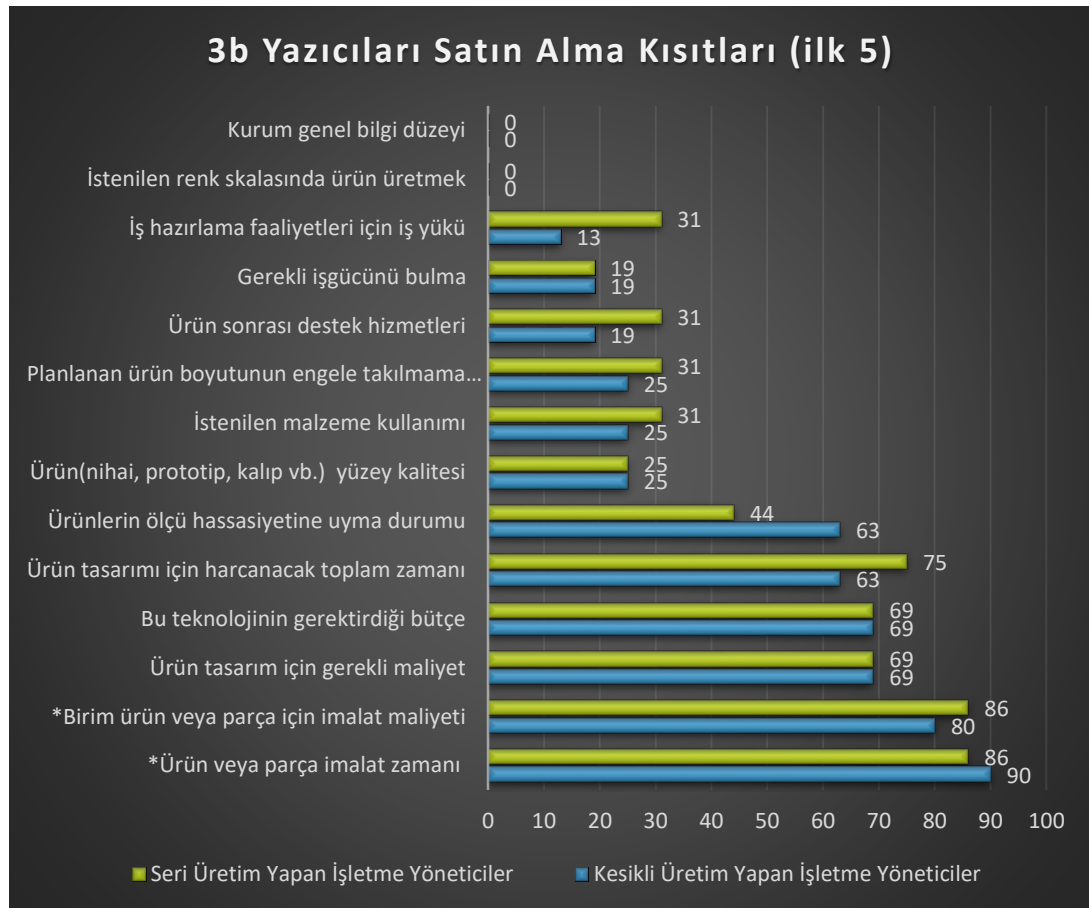
Grafik 35. Soru 35 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

3b yazıcı teknolojisi herhangi bir nesnenin üretimi için CAD programlarında çizim yapabilecek, makineleri kullanabilecek, elektronik tasarımla-fiziksel tasarım arasındaki uyumu kontrol edebilecek ve herhangi bir problemle karşılaşıldığında gerekli müdahaleyi

yapabilecek çalışanlara ihtiyaç duymaktadır. İki grubun **%60-75'i** Sanayi 4.0 ile ilgili gerekli işgücüne sahip olduğu düşüncesindedir. Kesikli üretim yapan grubun, seri üretim yapan gruba nazaran 3b yazıcı teknolojisi için gerekli kalifiye elemana daha fazla sahip olduğu grafikten okunmaktadır. Normal şartlarda da kesikli üretim yapan işletmelerin seri üretim yapan işletmelere nazaran kalifiye elemana daha fazla ihtiyaç duyulduğundan bahsedilir. İki grupta da hiçbir katılımcı işletmelerinde teknolojiyi kullanacak kalifiye elemana sahip olmasa dahi bunu eğitimle de sağlayamayacakları düşüncesinde değildir.

Bu soruda “işgücüne sahip değiliz” cevabını işaretleyen tüm katılımcılar, **Soru 33’de** 3b yazıcıları kullanabilmek için “kalifiye gerektirmemesi” noktasında gelişmelerin olması gerektiğine dikkat çekmiştir. Ayrıca aynı katılımcı grup 3b yazıcıları kullanmaları için duydukları endişelere; işgücünü bulma temasını eklemiştir (soru 32).

Soru 36: İşletmelerin 3b Yazıcıları Satın Alması İçin ilk 5 Kısıt



Grafik 36.Soru 36 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Öncelikle bu soruda iki tema özelleştirilmiş olarak(*), 3b yazıcı teknolojisini nihai ürün, yedek parça veya ara parça gibi bir takım parçaların üretiminde kullanmayı talep eden yöneticiler için sorulduğu unutulmamalıdır.

İki grubun da işletmelerine 3b yazıcıları almaları için önemli gördükleri ilk 5 kısıt şu şekildedir (sıralarına bakılmaksızın): ürün veya parçanın üretimi için(*) **imalat zamanı, imalat maliyeti(*), tasarımı için harcanacak toplam zaman, bu teknoloji için gereken bütçe ve ürün-parça tasarımı için harcanacak maliyet.**

Çıkan sonuçlar göstermektedir ki: 3b yazıcıların kullanılmasıyla ortaya çıkan maliyetler, ürünlerin üretilmesi ve tasarımı için gerekli süreler işletmeler için en önemli kısıtlardır. Bu teknolojinin kullanımının artması için; özellikle yazıcıların üretim hızlarının artırılması ve bu teknolojinin hem alımında hem de kullanımında gerekli maliyetlerin düşürülmesi gerekmektedir.

Soru 37: İşletmelerin Gerekli Desteklerle Bu Teknolojiyi Kullanma Durumu



Grafik 37. Soru 37 İçin İki Farklı Gruptan Alınan Verilerin Karşılaştırılması

Görüşme yapılan işletme yöneticilerinin tamamı devletten vergi indirimi, teknolojik bütçe desteği veya dış kaynaklardan işgücü desteği gibi bir takım eksikleri giderecek desteğin verilmesiyle, 3b yazıcıları şüphesiz kullanabilecekleri konusunda seçim yapmıştır. Hiçbir katılımcı, gerekli devlet desteği aldıktan sonra bu teknolojiyi kullanma noktasında ne kararsız kalmış ne de kullanmamayı seçmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Tablo 94

Kesikli Üretim İçin Sonuç Tablosu (+)

Kesikli Üretim Özellikleri	Üç Boyutlu Yazıcının Üretim Sistemi Üzerine Etkileri		Yöneticilerin Algısı
Gerekli makine, ekipmanlar çok amaçlı universal tezgahlardır ve sayıca fazladır.	Birçok farklı makinenin yapabildiği işler tek bir makinede tamamlanabilme imkanı verir.	+	%56'sının beklentisi (Tablo 50)
Çok fazla çeşit ve müşterilere özel üretilecek ürünler vardır.	3b yazıcılar, farklı cinsten, farklı özellikte, farklı tasarımlarda, kişiye özel üretim yapabilme gücüne sahiptir.	+	%75'inin beklentisi (T. 50)
Karmaşık geometrilerde, farklı tasarımlarda ürünler talep edilebilir.	Yazıcılar, karmaşık parçalardaki ürün tasarımlarına olan ihtiyacı çoğu zaman karşılar.	+	%75'inin beklentisi (T. 50), %69'unun geliştirilmesi ihtiyacı görmesi (T. 52)
Tasarımların farklılaşması, işletmenin toplam tasarım süreleri için güçlüğe yol açmaktadır.	Ürünlerin bilgisayar ortamında tasarlanıp, denenebilme imkanı vermesi, süre açısından avantaj yaratır.	+	%94'ünün beklentisi ürün tasarımları için süre yönünden avantaj sağlamasıdır. (T. 50)
Tasarımların farklılaşması tasarım maliyetlerinin artışına yol açmaktadır.	Doğru tasarıma daha kolay ulaşılması tasarım maliyetlerini düşürecektir.	+	%88'inin beklentisi (Tablo 50), %81'i bundan endişe duymaktadır (T. 51).
Farklı ürünler için farklı hazırlık süresi ve planlaması gerekir	3b yazıcılar için bir hazırlık süresi çoğu zaman gerekmemektedir.	+	
Fabrika yerleşimi gruplanmış haldedir.	Yazıcılar, işletmenin mevcut düzeninde konumlanma imkanı verir.	+	
Farklı çeşit ürünler için, farklı kalıp, malzeme ihtiyacından dolayı dışarıya bağımlılık fazla olabilir.	3b yazıcılar ile ürün için gerekli birçok kalıbın işletme içinde üretilmesine imkan vereceği için, dışarıya bağımlılık azalabilir.	+	%88'inin beklentisi (T. 50) dış kaynaklara olan bağımlılığı azaltabilmesidir.
Farklı cinsten ürünlerin üretileceği için kalıpları için fazla maliyet gerektirir.	Kalıp vb. işletme içinde üretebilme durumundan dolayı, maliyetler düşecektir.	+	%88'inin beklentisi (T. 50), %81'i de bundan endişe duymaktadır (T. 51).
Üretim Hacmi Düşüktür.	Yazıcı kapasitesinden ve hızından dolayı üretim miktarı sınırlı düzeyde olsa da çoğu zaman karşılar.	+	%31'i endişe duymakta (T. 51), %69'u da çalışma hızının artırılmasını gerekli görmüştür (T. 52).
Yarı mamul stokları için hem alan hem maliyet gereklidir.	Gelen talebi sistemin mevcut yapısındaki düzeni değiştirmeden cevap verebileceği için stoksuz üretim gerçekleştirmeyi vaad eder.	+	%25'inin beklentisi stoka yapılan üretimi azaltmasıdır (T. 50).
Kullanılacak İşgücü Kalifiyedir.	Ürün tasarım ve kontrolünü sağlayacak elemanların kalifiye olması beklenir.	+	%25'i bundan endişe duymakta (T. 51), %31'i geliştirilmesi gerektiğini düşünmektedir (T. 52)

***Tablonun 3. Sütunu mevcut kesikli üretim yapısındaki işletmelerin, 3b yazıcı teknolojisini kullanarak üretimini gerçekleştirme durumuna karşı, var olan işletmenin genel yapısında sahip olduğu o özellikte ne türlü bir etki yapacağını veya karşılayabilme potansiyelini göstermektedir.

Tablo 94'ün devamı (+)

Kesikli Üretim Özellikleri	Üç Boyutlu Yazıcının Üretim Sistemi Üzerine Etkileri		Yöneticilerin Algısı
İş hazırlama faaliyetleri çok yoğun ve basittir.	Ürünün modellenmesi ve dilimlenmesi için iş hazırlanır, basittir.	+	%50'sinin beklentisi iş hazırlama faaliyetlerini azaltmasıdır (T. 50).
Aynı kaynağı kullanan farklı siparişlerden dolayı malzeme optimizasyonu sağlanmayabilir.	Yazıcılar, gereksiz malzeme kayıplarını yok edecek şekilde, malzeme optimizasyonu ile çalışır.	+	%38'inin beklentisi, daha az malzeme kullanılmasıdır(T. 50)
Fabrika İçi Taşıma, üniversaldır.	3b yazıcılarda fabrika içi taşıma yoktur. Ürün yazıcının bulunduğu konumda üretilir.	+	
Ürün Standardizasyonu Düşüktür.	Ürünlerin her biri birbirinin aynısı şeklinde üretilir. Standartlaşma istenilen gibidir.	+	%56'sının beklentisi elektron dizayn ile fiziksel dizaynın aynısı olmasıdır, bu da ürün standartlaşmasını sağlar (T. 50).

Tablo 94

Kesikli Üretim için Sonuç Tablosu (-)

Kesikli Üretim Özellikleri	Üç Boyutlu Yazıcının Üretim Sistemi Üzerine Etkileri		Yöneticilerin Algısı
Farklı çeşitlikte ürünlerin farklı teknik özelliklerde üretilmesi beklenir. (mukavemet, esneklik)	Günümüzde, yazıcıların istenen özelliklerde ürün üretmek anlamında yetersiz kalabileceği görülmektedir.	-	%69'u istenen teknik öz üretilmemesinden endişe duymakta (T. 51), %81'i geliştirilmesi gerektiğini düşünmekte(T. 89).
Siparişler için toplam imalat zamanı önemlidir.	3b yazıcıların, üretim hızlarının düşük olması, toplam üretim zamanı artırıcı olabilir.	-	%80'inin beklentisi (T. 50), %100'ü bundan endişe duymakta (T. 51), %100'ü geliştirilmesi gerektiğini düşünmekte (T.52).
Siparişler için toplam imalat maliyetleri önemlidir	3b yazıcıların yüksek yatırımlar gerektirmesi ve üretim sürelerinin uzun olması imalat maliyetini artırıcı bir etki yaratır.	-	%80'inin beklentisi (T. 50), %80'i endişe duymakta (T. 51), %81'i geliştirilmesi gerektiğini düşünmekte(T. 52)
Kullanılacak malzeme çeşitliliğinin fazla olması gerekebilir.	3b yazıcıların sınırlı bir malzeme kullanımı vardır	-	%44'ü endişe duymakta (T. 51), %44'ü geliştirilmesi gerektiğini düşünmektedir (T. 52)
Üretim Kapasitesi Esneklik, yeni yatırım gerektirmez.	Yalnızca belirli bir üretim hacmine göre esneklik yaratabilir. Fazla yazıcıya ihtiyaç duyulabilir.	-	%94'ü yeni yatırım için ürün ve hizmet fiyatlarının geliştirilmesini düşünmekte (T. 52)
Arıza etkisi azdır ve dışarıdan teknik destek çoğu zaman gerektirmez.	Dışarıdan alınacak teknik destek önemlidir, deste sağlanana kadar üretim sekteye uğrayabilir.	-	%50'si teknik desteği istediği zamanda alamamaktan endişe duymaktadır. (T. 51)

Tablo 95
Seri Üretim İçin Sonuç Tablosu (+)

Seri Üretim Özellikleri	Üç Boyutlu Yazıcının Üretim Sistemi Üzerine Etkileri		Yöneticilerin Algısı
Gerekli makine, ekipmanlar özel amaçlı verimli makineler kullanılır.	Birçok farklı makinenin yapabildiği işler tek bir makinede tamamlanabilme imkanı verir.	+	%50'sinin beklentisi (Tablo 87)
Müşteri odaklı özelleştirilmiş ürünler çoğunlukla üretilmez	3b yazıcılar, özelleştirilmiş ürünleri üretebilme yetisine sahiptir.	+	%13'ünün beklentisi (T. 87)
Ürün karmaşık geometrilere sahip tasarımları gerektirebilir.	Yazıcılar, karmaşık parçalardaki ürün tasarımlarına olan ihtiyacı çoğu zaman karşılar.	+	%50'sinin beklentisi (T. 87), %69'unun geliştirilmesi ihtiyacı görmesi (T. 89)
Çeşitlilik az olsa da, büyük ürün hacimlerinde üretime başlanacağı için doğru tasarımı bulabilmek için çok zaman gerekebilir.	Ürünlerin bilgisayar ortamında tasarlanıp, denenebilme imkanı vermesi, süre açısından avantaj yaratır.	+	%88'inin beklentisi ürün tasarımları için süre yönünden avantaj sağlamasıdır. (T. 87)
Doğru tasarıma karar verebilmek için farklı denemeler yapılması tasarım maliyetlerini de arttırıcı bir etkidir.	Doğru tasarıma kolay ulaşılması, örneğin ürünün ergonomikliğinin daha kolay denemesi tasarım maliyetlerini düşürecektir.	+	%81'inin beklentisi (Tablo 87), %69'u bundan endişe duymaktadır (T. 88).
Üretim için hazırlık üretime başlanmadan önce 1 kez yapılır	3b yazıcılar için bir hazırlık süresi çoğu zaman gerekmemektedir.	+	
Fabrika yerleşimi ürün operasyonlarına göre düzenlenir..	Yazıcılar, işletmenin mevcut düzeninde konumlanma imkanı verir	+	
Farklı çeşit ürünler için, farklı kalıp, malzeme ihtiyacından dolayı dışarıya bağımlılık fazla olabilir.	3b yazıcılar ile ürün için gerekli birçok kalıbın işletme içinde üretilmesine imkan vereceği için, dışarıya bağımlılık azalabilir.	+	%88'inin beklentisi (Tablo 87) dış kaynaklara olan bağımlılığı azaltabilmesidir.
İş hazırlama faaliyetleri az ve karmaşıktır.	Ürünün modellenmesi ve dilimlenmesi için iş hazırlanır, basittir.	+	%75'inin beklentisi iş hazırlama faaliyetlerini azaltmasıdır (T. 87).
Fabrika İçi Taşıma özel araçlarla sağlanır.	3b yazıcılarda fabrika içi taşıma yoktur. Ürün yazıcının bulunduğu konumda üretilir.	+	
Aynı kaynağı kullanan farklı siparişlerden dolayı malzeme optimizasyonu sağlanmayabilir.	Yazıcılar, gereksiz malzeme kayıplarını yok edecek şekilde, malzeme optimizasyonu ile çalışır.	+	%44'ünün beklentisi, daha az malzeme kullanılmasıdır(T. 87)

***Tablonun 3. Sütunu mevcut kesikli üretim yapısındaki işletmelerin, 3b yazıcı teknolojisini kullanarak üretimini gerçekleştirme durumuna karşı, var olan işletmenin genel yapısında sahip olduğu o özelliğe ne türlü bir etki yapacağını veya karşılayabilme potansiyelini göstermektedir.

Tablo 95
Seri Üretim İçin Sonuç Tablosu (-)

Seri Üretim Özellikleri	Üç Boyutlu Yazıcının Üretim Sistemi Üzerine Etkileri		Yöneticilerin Algısı
Farklı çeşitlikte ürünlerin farklı teknik özelliklerde üretilmesi beklenir. (mukavemet, esneklik)	Günümüzde, yazıcıların istenen özelliklerde ürün üretmek anlamında yetersiz kalabileceği görülmektedir.	-	%75'i istenen teknik öz üretilmemesinden endişe duymakta (T. 88), %81'i geliştirilmesini düşünmekte (T. 89).
Siparişler için toplam imalat zamanı önemlidir.	3b yazıcıların, üretim hızlarının düşük olması, toplam üretim zamanı artırıcı olabilir.	-	%86'sının beklentisi (T. 87), %86'sı bundan endişe duymakta (T. 88), %81'i geliştirilmesi gerektiğini düşünmekte(T. 89).
Siparişler için toplam imalat maliyetleri önemlidir	3b yazıcıların yüksek yatırımlar gerektirmesi ve üretim sürelerinin uzun olması imalat maliyetini artırıcı bir etki yaratır.	-	%86'sının beklentisi (T. 50), %86'sı endişe duymakta (T. 88), %100'ü geliştirilmesi gerektiğini düşünmekte(T. 89)
Yüksek üretim hacimli ve düzenli talep.	3b yazıcılar, yüksek üretim hacminde ürün üretme konusunda çok yetersiz kalmaktadır.	-	%69'u bundan endişe duymaktadır (T. 88), %100'ü yazıcı çalışma hızının artırılmasını gerekli buluyor (T. 89).
Kullanılacak malzeme Çeşitliliği ürüne bağlı olarak artabilir.	3b yazıcıların sınırlı bir malzeme kullanımı vardır	-	%56'sı endişe duymakta (T. 88), %63'ü geliştirilmesi gerektiğini düşünmektedir(T. 89)
Çalışanlar kalifiye gerektirmeyen işleri yapmaktadır.	Yazıcıları kullanmak kalifiye gerektirmese de, ürün tasarım ve kontrolünü sağlayacak elemanların kalifiye olması beklenir.	-	%25'i bundan endişe duymakta (T. 88), %38'i geliştirilmesi gerektiğini düşünmektedir(T. 89)
Hammadde ve bitmiş ürün stokları yüksektir.	Yazıcılar işletmelere stoksuz üretimi vaad etse de (acil ihtiyaçlara çabuk cevap verme), bu stokları üretmede zamansal sıkıntısı olacaktır.	-	%38'inin beklentisi stoka yapılan üretimi azaltmasıdır (T. 87).
Üretim Kapasitesini arttırmak komple yeni yatırım gerektirir.	3b yazıcılar üretim kapasitesinde esnekliği sağlamada yetersiz kalacaktır, yeni yatırım gerektirecek.	-	%81'i ürün ve hizmet fiyatlarının düşürülmesi gerektiğini düşünüyor (T. 89)
Arıza etkisi yüksek, bakım planlamaları hayati önem taşır, yaşanacak sıkıntı üretimi aksatır.	Teknik desteği zamanında almak önemlidir, alınmaması imalatı sekteye uğratabilir.	-	%56'sı teknik desteği istediği zamanda alamamaktan endişe duymaktadır (T. 88)

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan anket çalışması, işletmelerin Sanayi 4.0 ve uygulamalarına fazla hakim olmadığını göstermiştir. Sanayi 4.0'ın, Türkiye'de faaliyet gösteren tüm farklı ölçekteki işletmelerde uygulanabilir hale getirilmesi için çok fazla çalışma yapılması ihtiyacı doğmuş ve farklı üretim sistem tipine sahip işletmelerin her biri için ayrı planlama ve geliştirmelerin yapılması gerekliliği de ortaya konmuştur. Sanayi 4.0 ile birlikte daha çok gelişmeye başlayan 3b yazıcıların birçok farklı sektörde kullanılabilmesiyle, bu yeni sanayi sürecinde işletmeler tarafından daha çok tercih edilmeye başlandığı görülmektedir. Günümüzde 3b yazıcıların geleneksel üretim yöntemlerinin yerini almaktan ziyade şuan ki haliyle ancak üretime destek verici bir rolde olduğu söylenebilir. İşletmeler farklı üretim sistem tipinde de olsa 3b yazıcıları ürünlerini üretmek için kullanmaktan ziyade daha çok doğru ürün tasarımına karar vermek için kullanmayı istediklerini ifade ettiler. Dolayısıyla işletmeler 3b yazıcıları bir üretim aracı olarak görmek yerine üretim süreçlerine destek verici bir teknoloji olarak görmektedir. Hem seri üretim yapan işletme yöneticileri hem de kesikli üretim yapan işletme yöneticileri 3b yazıcılarla ürünlerin tasarımına daha kolay, daha hızlı ve daha düşük maliyetlerde ulaşabilecekleri fikrindedirler. Bu teknolojiyi doğru ürün tasarımında kullanma isteğinde olan yöneticiler, hem prototiplerini hem de geleneksel üretimde kullanmak üzere ürün kalıplarını üretme noktasında 3b yazıcıların bu ihtiyaca cevap vereceği algısındadır. Sanayi 4.0 kapsamında 3b yazıcıların imalat yapan işletmelere sağlayacağı avantajlar işletmelerin yazıcıyı kullanma amaçlarına ve teknolojiye dair beklentilerine göre değişiklik gösterebilir. Özellikle 3b yazıcıların farklı üretim sistemlerindeki etkilerinin de farklı olduğunu unutulmamalıdır. Tüm bu bilgiler ışığında iki farklı üretim sistemine sahip işletmelerin de bu teknolojiyi kullanma noktasında birçok beklentisinin, algısının ve teknolojiye dair bakış açısının ortak olduğu verilerden görülmektedir. 3b yazıcı teknolojisini kullanmak için gereken bilgisayar yetkinliğinin, teknolojiye uygun üretim süreçlerinin ve gerekli bilişsel-donanımsal yapıların seri imalat yapan işletmelerde daha hazır olduğu görülmektedir. Katılımcılar 3b yazıcılarda üretim sürelerinin iyileşmesini, üretim ve tasarım maliyetlerinin azalmasını, yazıcıların alım, hizmeti için gerekli olan ücretlerin düşmesini ve istenen performansta ürünlerin üretilebilmesini talep etmektedir.

3b yazıcıların mevcut çalışma hızlarının düşük olması dolayısıyla yüksek hacimde ürünlerin üretilmemesi gerçeği, seri üretim yapan işletme yöneticileri tarafından da onaylanmaktadır. Yöneticilerin bu gerçeği bilmesinden dolayı 3b yazıcıları ürün üretiminde kullanmayı tercih etmemektedir. Kesikli üretim yapan işletme yöneticilerinin 3b yazıcıları ürün imalatında kullanmaya daha eğilimli olduğu çıkan verilerle ortaya konmaktadır. Kesikli üretim yapan işletmelerin, seri üretim yapanlarla arasındaki en büyük farklar: yöneticilerin 3b yazıcıları kişiselleştirilmiş-özelleştirilmiş ürünlerde kullanma isteği ve ürün tasarım veya imalat aşamasında müşterileri sürece daha kolay dahil edebilme durumu olmuştur.

Diğer bütün sonuçlara ayrıntılı olarak tezin **Araştırma Sonuçları** ve **Bölüm 5.10 Seri Üretim ve Kesikli Üretim İşletmelerinden Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması ve Yorumlanması** bölümlerinden ulaşılabilir.

Çıkan birçok veriden görünen şu ki: çalışma işletmenin beyni rolünde olan yöneticiler üzerinde uygulanmasına rağmen hala Sanayi 4.0 sürecine ve 3b yazıcı teknolojisine dair bilgi düzeyi oldukça düşüktür. İşletmelerin öncelikle rekabet edebilmesi, pazarda yer edinmesi, pazar payını arttırması veya üretimde geri kalmaması için yeni teknolojilere olan ilginin arttırılması ihtiyacı doğmaktadır. Bu sebeple işletmeleri geriye götürecek durağanlaşmanın yerine gelecekleri için gelişmek zorunda olduklarını kabul etmelidir.

Bu çalışmanın önemli bir olayı da 3b yazıcı teknolojisini üreten ve pazarlayan işletmeler için referans alınıp bu teknolojiyi kullanma potansiyeli olan işletmelerin endişelerini, beklentilerini ve geliştirilmesi gerektiğini düşündükleri temalar hakkında fikir vermesidir. Bu teknolojiyi pazarlayan işletmeler, çalışmadan aldıkları veriler yardımıyla tüketici algılarını değiştirebilir veya bu teknolojinin gerçekliğini daha çok gözler önüne serecek çalışmalar yapabilir.

Bundan sonra bu alanda çalışmak isteyen akademisyenler, çalışma sonunda elde edilen birçok farklı bulgudan hareketle çalışmayı farklı açılardan ele alabilir. Çalışmada yer alan sorular ve katılımcılardan alınan cevaplar yeni araştırma sorularına kaynak olabilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Acar, N. ve Estas, S.(1991). “*Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları*”, MPM Yayınları, Ankara, 309.
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., ve Garrett, B. (2011). “*Could 3D printing change the world*”. Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing, Atlantic Council, Washington, DC.
- Chin, W.W. (1998). “*The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling*”. Mod. Methods Bus. Res, 295–336.
- Crump, S. S. (1992). “*Apparatus and Method for Creating Three-Dimensional Objects*”. US Patent 5,121,329, 15.
- Chua, C. K., Leong, K. F., ve Lim, C. S. (2003). “*Rapid Prototyping*”. World Scientific. <https://doi.org/10.1142/5064>.
- European Commission. (2010). “*Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and social Committee and the Committee of the Regions: A comprehensive approach on personal data protection in the European Union*”. COM (2010) 609 final, 1–20.
- Garrett L. J., ve Silver M. (1966). “*Production Management Analysis*”, 2nd. Edition, 542.
- Gebhardt, A. (2000), “*Industrielle Rapid Prototyping Systeme, in Gebhard*”, A. (Ed.), *Rapid Prototyping*, 2nd ed., 81-235., Hanser, Berlin.
- Glesne, C. (2013). “*Nitel Araştırmaya Giriş*”. P. Yalçınoğlu ve A. Ersoy (Çev. Ed.), Ankara: Anı Yayıncılık.
- Gupta, S. (Business scholar), ve Starr, M. K. (Martin K. (2014). “*Production and operations management systems*”: 25 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.crcpress.com/Production-and-Operations-Management-Systems/Gupta-Starr/p/book/9781466507333#googlePreviewContainer>.
- İlyasoğlu E. (1997). “*Üretim Sistemlerinin Yönetimi*”, Ankara, 42.
- Karaca, M. K. (2008). “*Montaj Hatları*”.
- Karalar, R, ve Berberoğlu, G. N. (2001). “*Genel İşletme*”. Anadolu Üniversitesi (Eskişehir) 12 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://notoku.com/uretim-sistemi-turleri/>.
- Krahn, J., ve Graham S. (1993). “*Work, Industry, and Canadian Society*”. Second ed. Scarborough, Ont: Nelson Canada, 1993. xii, 430 p. ISBN 0-17-603540-0.

- Linden, D. Van Der. (2015). “3D Food Printing: Creating Shapes and Textures”. *Tno*, (March), 1–36.
- Lindhe, U et al. (2007). “Protocal uses Rapid Manufacturing of Customized Implants for Oral Surgery”, *Rapid News* (2007, Şubat) Arcam, AB.
- Papazoglou, M. P., Traverso, P., Dustdar, S., ve Leymann, F. (2008). “Service-Oriented Computing: A Research Roadmap”.
- Punch, K. F. (2005). “Sosyal Araştırmalara Giriş-Nicel ve Nitel Yaklaşımlar” (çev. D. Bayrak, H. B. Arslan, Z. Akyüz). Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Saylan, G. (1995). “Değişim Küreselleşme ve Devletin Yeni İşlevi”, *İmge Kitapevi Ya.* No: 109, Ankara.
- Sol, I. E., Van Der Linden, D., ve Van Bommel, K. (2015). “3D Food Printing : The Barilla Collaboration”.
- Top, A. (2001). “Üretim Sistemleri” (İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım, 3. Baskı), 17.
- Üreten, S. (1999). “Üretim /İşlemler Yönetimi”, Başar Ofset, Ankara.
- Woodward, J., Dawson, S., Wedderburn, D., 1965. “Industrial Organization: Theory and Practice”. Oxford University Press, London.
- Yamak, O. (1994). “Üretim Yönetimi” (İstanbul: Alfa Basım), 30.
- Yamak, O. (1998). “Proje Yönetim Teknikleri” (İstanbul).
- Yamak, O. (2001). “Üretim Yönetimi- Sistemsel Bir Yaklaşım”, 3.baskı, Sinerji Yayınları, İstanbul, 31.
- Yılmaz, F., ve Koç, E. (2016). “Biyomedikal Parçaların Eklemeli İmlatla (3d Baskı) Üretimi”, 1–8.

Sürekli Yayınlar

- Abdelgawad, M., ve Wheeler, A. R. (2008). “Low-cost, rapid-prototyping of digital microfluidics devices”. *Microfluidics and Nanofluidics*, 4(4), 349–355. <https://doi.org/10.1007/s10404-007-0190-3>.
- Anderson, C. (2012). “Makers: The new industrial revolution”. *Crown Business books* (C. 1), 559-576. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(91\)90079-H](https://doi.org/10.1016/0016-3287(91)90079-H).
- Ariadi, Y., Campbell, R. I., Evans, M. a., ve Graham, I. G. (2012). “Combining Additive Manufacturing with Computer Aided Consumer Design”. *Proceeding of the Solid Freeform Fabrication Symposium*, 238–249.
- Aydın L.; ve Küçük S. (2014). Üç Boyutlu Yazıcıyla Ayak Bileği Ortezinin Tasarımı Ve Geliştirilmesi Design And Construction Of Ankle Foot Orthosis By Means Of Three Dimensional Printers. İçinde *TIP TEKNO'14 Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi* (ss. 129–130). Kapadokya. 20 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi http://biyoklinikder.org/tiptekno14/TIPTEKNO_14_bildiriler/ Üç Boyutlu Yazıcıyla Ayak Bileği Ortezinin Tasarımı ve Geliştirilmesi.pdf.
- Aydın L., Küçük S., ve Kenar H. (2015). “Design and construction of a 3d bioprinter for bioprinting of tissues and organs”. *Tıp Tekno 2015*, Vogue Hotel Bodrum, Muğla, 153-157.
- Aydın, L., ve Küçük, S. (2016). “Üç Boyutlu Yazıcı ve Tarayıcı ile Hastaya Özel Medikal Ortez Tasarımı ve Geliştirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 20(1), 1-8.
- Aytuğ, H. K. (2011). “Küresel Rekabetin İşletmelerin Üretim Ve İstihdam Yapısı Üzerindeki Etkileri”. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 2(2), 58-59.
- Baş, H., ve Yapıcı, F. (2015). “Ergonomik Tasarım ve Üretimde Hızlı Prototipleme Teknolojisi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 199-204.
- Bayraç, H. N. (2003). “Yeni Ekonomi'nin Toplumsal, Ekonomik Ve Teknolojik Boyutları”. *Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 48.
- Berman, B. (2012). “3-D printing: The new industrial revolution”. *Business Horizons*, 55(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>.
- Cohen, D., Norén, N., ve Lipson, H. (2010). “Multi-Material Food Printing With Complex Internal Structure Suitable for Conventional Post-Processing”. *21st Solid Freeform Fabrication Symposium (SFF'10)*, 809–815. <https://doi.org/10.1.1.375.7717>.
- Coffey, A., Holbrook, B., ve Atkinson, P. (1996). “Qualitative data analysis: Technologies and representations”. *Sociological Research Online*, 1(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4135/9780857028211> Print.

- Conner, B. P., Manogharan, G. P., Martof, A. N., Rodomsky, L. M., Rodomsky, C. M., Jordan, D. C., ve Limperos, J. W. (2014). "Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services". *Additive Manufacturing*, 1, 64–76 .
- Cozmei, C., ve Caloian, F. (2012). "Additive Manufacturing Flickering at the Beginning of Existence". *Procedia Economics and Finance*, 3, 457–462. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(12\)00180-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00180-3).
- Chhabra, M., ve Singh, R. (2011). "Rapid casting solutions: a review". *Rapid Prototyping Journal*, 17(5), 328–350. <https://doi.org/10.1108/13552541111156469>.
- Chilson, L. (2013). "The Difference Between ABS and PLA for 3D Printing". *ProtoParadigm Blog*, 7–9. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.protoparadigm.com/blog/2013/01/the-difference-between-abs-and-pla-for-3d-printing/>.
- Çalışkan M. G. (2015). "Üç Boyutlu Yazıcılar Ve Gelecekte Yar Atacağı Olası Fikri Haklar Çatışmaları". *Türk Patent Enstitüsü, Patent Daire Başkanlığı*, 24 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.ankarabarusu.org.tr/siteler/ankarabarusu/frmmakale/2015-2/03.pdf>.
- Çelik, İ.; Karakoç, F.; Çakır, M. C.; ve Duysak, A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (31), 53–66. 10 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://birimler.dpu.edu.tr/app/views/panel/ckfinder/userfiles/16/files/Dergiler/31/6.pdf>.
- Çetin, O., Altug, N. (2005). "Çevik Üretim", *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 25-27 Kasım 2005, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 301-306.
- Davis, S. M. (1989). "From "future perfect": Mass customizing". *Planning Review*, 17(2), 16–21. <https://doi.org/10.1108/eb054249>.
- Değerli, C. ve El, S. N. (2017). "Üç Boyutlu (3D) Yazıcı Teknolojisi ile Gıda Üretimine Genel Bakış". *Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(6): 592-599.
- Delikanli, K., Sofu, M. M., ve Bekci, U. (2005). "Üretim Sektöründe Hızlı Direkt İmalat Sistemlerinin Yeri Ve Önemi". *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2005(4), 33–39, www.teknolojikarastirmalar.org.
- Denzin, N. K., ve Lincoln, Y. S. (1994). "Introduction: Entering the field of qualitative research". *Handbook of Qualitative Research*, 1–11. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03538_2.x.
- Dimitrov, D., Schreve, K., ve de Beer, N. (2006). "Advances in three dimensional printing – state of the art and future perspectives". *Rapid Prototyping Journal*, 12(3), 136–147.

- Durgun İ. ve Başaran D. (2010). “FDM Katmanlı Üretim Teknolojisinin Araç Geliştirme Sürecindeki Uygulamaları”. İçinde *OTEKON 2010 5. Otomotiv Teknolojileri Kongresi* . Bursa: Tofaş AR-GE Gövde Tasarım Müdürlüğü.
- Elevli, B. ve Şener S. (2017). “Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim”. *Mühendis Beyinler Akademi*, 1(2), 1–12. Tarihinde adresinden erişildi <http://dergipark.gov.tr/uploads/issuefiles/7ab3/3X81/f42d/59e3841fb6511.pdf>.
- Einsiedler, I. (2013). “Embedded Systeme für Industrie 4.0.” *Product. Manag*, 18, 26-28.
- Ekici, Ö. (2012). “Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi”. *Bilim ve Teknik* . 17 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi. <http://img.eba.gov.tr/683/5d7/1a1/573/38e/5b4/X41/9f4/d62/09e/6f6/076/3bb/1be/001/6835d71a157338e5b4X419f4d6209e6f60763bb1be001.pdf>.
- European Commission. (2012). “Unleashing the Potential of Cloud Computing in Europe”. *Communication From the Commission To the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004> .
- Forrest, E., ve Cao, Y. (2013). “Digital Additive Manufacturing: A Paradigm Shift in the Production Process and Its Socio-economic Impacts”. *Engineering Management Research*, 2(2),66-70. <https://doi.org/10.5539/emr.v2n2p66>.
- Geissbauer; Vedso; Schrauf. (2016). “Deepen digital relationships with more empowered customers”. *2016 Global Industry 4.0 Survey*, 15. 15 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi www.pwc.com/industry40.
- Gibson, I., Rosen, D., ve Stucker, B. (2015). “Generalized Additive Manufacturing Process Chain”. İçinde *Additive Manufacturing Technologies* (ss. 43–61). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3_3.
- Godoi, F. C., Prakash, S., ve Bhandari, B. R. (2016). “3d printing technologies applied for food design: Status and prospects”. *Journal of Food Engineering*, 44-54. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.025>.
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., ve Zühlke, D. (2014). “Human-machine-interaction in the industry 4.0 era”. *Proceedings - 2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2014*, 289–294. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2014.6945523>.
- Gross, B. C., Erkal, J. L., Lockwood, S. Y., Chen, C., ve Spence, D. M. (2014). “Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences”. *Analytical Chemistry*, 86(7), 3240–3253.
- Hao, L., Mellor, S., Seaman, O., Henderson, J., Sewell, N., ve Sloan, M. (2010). “Material characterisation and process development for chocolate additive layer manufacturing”. *Virtual and Physical Prototyping*, 5(2), 57–64. <https://doi.org/10.1080/17452751003753212>.

- Joseph, B., II, P., Victor, B., ve Boynton, A. C. (1993). “Making Mass Customization Work Making Mass Customization Work”. *Harvard Business Review*, 71(93509), 108–119. <https://doi.org/Article> .
- Kading, B., ve Straub, J. (2015). “Utilizing in-situ resources and 3D printing structures for a manned Mars mission”. *Acta Astronautica*, 107, 317–326. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.11.036>.
- Kara; Buldum; Yılmaz; Özkaya. (2016). “3B Yazıcı İle Kişiyeye Özgü İmplant Tasarımı”. İçinde *3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu* (s. 218). İstanbul. 10 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi file:///C:/Users/toshiba/Downloads/Scientific_Meetings_001.pdf .
- Karaarslan, M. H. (2015). “3 Boyutlu Yazdırma Teknolojisi: Sosyoekonomik Etkileri İçin Yeni Ufuklar”. *Journal Of Entrepreneurship ve Development / Girişimcilik Ve Kalkınma Dergisi*, 10(1), 193-211.
- Karaganis, J., Flynn, S., Primo, N., ve Lloyd, L. (2011). “Media piracy in emerging economies”. *Social Science Research Council*. 27 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/8526>.
- Keller, M., Rosenberg, M., Brettel, M., ve Friederichsen, N. (2014). “How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective”. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44.
- Klein, G. T., Lu, Y., ve Wang, M. Y. (2013). “3D Printing and Neurosurgery—Ready for Prime Time?” *World Neurosurgery*, 80(3–4), 233–235. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2013.07.009>.
- Kruth, J. P., Levy, G., Klocke, F., ve Childs, T. H. C. (2007). “Consolidation Phenomena In Laser And Powder-Bed Based Layered Manufacturing”. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 56(2), 730–759. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2007.10.004>.
- Kutup, N. (2011). “Nesnelerin İnterneti ; 4H Her yerden , Herkesle , Her zaman , Her nesne ile bağlantı” . *XVI. Türkiye’de İnternet Konferansı*, 151–156.
- Lee, L. S., ve Sawyer, R. (2009). “The New Age of Virtualization”. *Internal Auditor*, 66(6), 25-27.
- Lyons, B. (2012). “Additive Manufacturing in Aerospace: Examples and Research Outlook”. *The Bridge*, 42(1), 13–19.
- Maqueira-Marin, J. M., Bruque-Camara, S., ve Moyano-Fuentes, J. (2009). “What does grid information technology really mean? Definitions, taxonomy and implications in the organisational field”. *Technology Analysis and Strategic Management*, 21(4), 491–513.

- Miles and Huberman (1994)- Chapter 4.pdf. İçinde *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*, 50–72.
- N. Turner, B., Strong, R., ve A. Gold, S. (2014). “A review of melt extrusion additive manufacturing processes: I. Process design and modeling”. *Rapid Prototyping Journal*, 20(3), 192–204. <https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2013-0012>.
- O’Hern, M. S., ve Kahle, L. R. (2013). “The Empowered Customer: User-Generated Content and the Future of Marketing”. *Global Economics and Management Review*, 18(1), 22–30. [https://doi.org/10.1016/S2340-1540\(13\)70004-5](https://doi.org/10.1016/S2340-1540(13)70004-5).
- Özgüven, S. (2015). “Using Three Dimensional Printers As a New Expression in Ceramic Art”. *Idil Journal of Art and Language*, 4(18), 167–183.
- Paul, H., ve Jonathan, Z. (1991). “Flexible Specialization Versus Post-Fordism: Theory, Evidence and Policy Implications”. *Economy and Society*, 20(1), 5–9.
- Peltola, S. M., Melchels, F. P. W., Grijpma, D. W., ve Kellomäki, M. (2008). “A review of rapid prototyping techniques for tissue engineering purposes”. *Annals of Medicine*, 40(4), 268–280.
- Periard, D., Schaal, N., Schaal, M., Malone, E., ve Lipson, H. (2007). “Printing Food”. *Proceedings of the 18th Solid Freeform Fabrication Symposium*, 564–574. <https://doi.org/10.1007/s00216-007-1293-0>.
- Petrovic, V., Haro, J. V., Jordá, O., Delgado, J., Blasco, J. R., ve Portolés, L. (2009). “Additive Layer Manufacturing: State of the art in Industrial Applications Through Case Studies”. *International Journal of Production Reserach*, s. 25.
- Pîrjan, A., ve Petroşanu, D.-M. (2013). “The impact of 3d printing technology on the society and economy”. *Journal of Information Systems and Operations Management.*, 7(2), 360–370.
- Radder, L., ve Louw, L. (1999). “Mass customization and mass production”. *The TQM Magazine*, 11(1), 36. <https://doi.org/10.1108/09544789910246615>.
- Reeves, P. (2008). “ATKINS: Manufacturing a Low Carbon Footprint: Zero Emission Enterprise Feasibility Study”. *2nd International Conference on Additive Technologies (iCAT)*.
- Rosales, C. K., Klinkesorn, U., ve Suwonsichon, S. (2017). “Effect of crystal promoters on viscosity and melting characteristics of compound chocolate”. *International Journal of Food Properties*, 20(1), 119–132. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1147458>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., ve Harnisch, M. (2015). “Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing”. *Boston Consulting*, (April), 1–5.
- Santos, E. C., Shiomi, M., Osakada, K., ve Laoui, T. (2006). “Rapid manufacturing of

- metal components by laser forming”. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46(12–13), 1459–1468. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2005.09.005>.
- Schubert, C., Van Langeveld, M. C., Donoso, L. A. (2014). “Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs”. *Br J Ophthalmol*, 98, 159–161. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304446>.
- Seyrek, İ. H. (2011). “Bulut Bilişim: İşletmeler için Fırsatlar ve Zorluklar Cloud Computing: Opportunities and Challenges for Businesses Gereksiz donanım kullanımı!” *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), s. 713.
- Sherman, L. M. (2009). “Additive Manufacturing New Capabilities for Rapid Prototypes And Production Parts”. *Plastics Technology*, 55(3), 35–42. 24 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://search.proquest.com/docview/33141568?accountid=26688%5Cnhttp://kr6uv6zn7v.search.serialssolutions.com/directLink?veatitle=Additive+Manufacturing+New+Capabilities+for+Rapid+Prototypes+And+Production+Partsveauthor=veissn=vetitle=Implementing+Inclusive+Educa>.
- Sodian, R., Loebe, M., Hein, A., Martin, D. P., Hoerstrup, S. P., Potapov, E. V., ... Hetzer, R. (2002). “Application of stereolithography for scaffold fabrication for tissue engineered heart valves”. *American Society for Artificial Internal Organs Journal*, 48(1), 12–16. <https://doi.org/10.1097/00002480-200201000-00004>.
- Sofu, M. M. ve Delikanli, K. (2006). “Hızlı Direkt İmalat Yöntemleri ve Uygulamaları”. *TİMAK-Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, 26-28 Nisan 2006, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Balıkesir, Bildiriler Kitabı, 194-200 .
- Southerland, D., Walters, P., ve Huson, D. (2011). “Edible 3D Printing”. *Digital Fabrication 2011 Conference, NIP 27, 27th International Conference on Digital Printing Technologies*, 819–822. 14 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi http://www.imaging.org/ist/publications/reporter/articles/REP26_5_6_NIP27DF11_SOUTHERLAND_PG819.pdf.
- Stopp, S., Wolff, T., Irlinger, F., ve Lueth, T. (2008). “A new method for printer calibration and contour accuracy manufacturing with 3D-print technology”. *Rapid Prototyping Journal*, 14(3), 167–172. <https://doi.org/10.1108/13552540810878030>.
- Sun, W., ve Lal, P. (2002). “Recent development on computer aided tissue engineering-- a review”. *Computer methods and programs in biomedicine*, 67(2), 93. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(01\)00116-X](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(01)00116-X).
- Sun, J., Zhou, W., Huang, D., Fuh, J. Y. H., ve Hong, G. S. (2015). “An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication”. *Food and Bioprocess Technology*, 8(8), 1605–1615. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1528-6>.
- Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J. Y. H., Hong, G. S., ve Chiu, A. (2015). “A Review on 3D Printing for Customized Food Fabrication”. *Procedia Manufacturing*, 1, 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.09.057>.

- Tanrıtanır, E. (1990). “Üretim Sistemleri ve İmalat Sistemleri”, *İstanbul Üniversitesi Ormanpark Dergisi*, 40(1), 130. 18 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/176267>.
- Tesch, R. (1990). “Qualitative Research: Analysis Types and Software Tools”. *Australian And New Zealand Journal Of Sociology* (C. 27).
- Wittbrodt, B. T., Glover, A. G., Laureto, J., Anzalone, G. C., Oppliger, D., Irwin, J. L., ve Pearce, J. M. (2013). “Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers”. *Mechatronics* (C. 23). <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2013.06.002>.
- Vyatkin, V., Salcic, Z., Roop, P. S., ve Fitzgerald, J. (2007). “Now that’s smart!” *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 1(4), 17–29.
- Yang, S., Leong, K.-F., Du, Z., ve Chua, C.-K. (2002). “The Design of Scaffolds for Use in Tissue Engineering. Part II. Rapid Prototyping Techniques”. *Tissue Engineering*, 8(1), 1–11. <https://doi.org/10.1089/107632702753503009>.
- Yıldıran, M. (2016). “Üç Boyutlu Yazıcılarla Moda Ürünlerinde Kitleleşme Kişiselleştirme”. *Akdeniz Sanat Dergisi*, 9(19), 31. 24 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://dergipark.gov.tr/akdenizsanat/issue/27666/291642>.
- Yuan, H., ve Silberstein, S. D. (2016). “Vagus Nerve and Vagus Nerve Stimulation, a Comprehensive Review: Part II”. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 56(2), 259–266. <https://doi.org/10.1111/head.12650>.
- Ódonnchadha, B., ve Tansey, A. (2004). “A note on rapid metal composite tooling by selective laser sintering”. *Journal of Materials Processing Technology*, 153–154(1–3), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.034>.

Diğer Kaynaklar

- Abrams, M. (2015). 3D Printing for Mass Production. 21 Ekim 2017 . Tarihinde adresinden erişildi <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/manufacturing-processing/3d-printing-for-mass-production>.
- Adidas 3D Yazıcı ile seri spor ayakkabısı üretimine başlıyor - Haberler. (2017). 02 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.haberturk.com/ekonomi/teknoloji/haber/1454904-adidas-3d-ayakkabida-seri-uretime-geciyor>.
- Akrani G. (2012). “What is Production System? Definition Meaning Examples”. 22 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://kalyan-city.blogspot.com.tr/2012/02/what-is-production-system-definition.html> .
- Alton, L. (2015). 3D Printing’s Impact on Modern Manufacturing. 12 Aralık 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://3dprint.com/112633/modern-manufacturing-impact/>.
- Appliance maker Arçelik urges plastics industry to adopt 3D printing at faster pace | 3D Printer News veamp; 3D Printing News. (2015). 05 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.3ders.org/articles/20151208-appliance-maker-arcelik-urges-plastics-industry->.
- Bae Systems. (2014). *Video: BAE Systems’ technologies of the Future Concepts- On-board 3D Printing*. 14 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.unmannedsystemstechnology.com/2014/07/video-bae-systems-technologies-of-the-future-on-board-3d-printing/>.
- Ben Soussan, H. (2016). “The History of 3D Printing: From the 80s to Today”. 11 Mayıs 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.sculpteo.com/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today>.
- Bocusini. (2017). “3D Food Printing – the system”. 24 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.bocusini.com/3d-food-printing-das-system/#> .
- Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir? (2017). 30 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>.
- Comple3D. (2017). “3D Yazıcıyla Üretilen 9 Kilogramlık Dev Silah”. 13 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.comple3d.com/3d-yaziciyla-uretilen-9-kilogramlik-dev-silah/>.
- Comple3D. (2017). “3D Yazıcı İle Yapılmış Arabanız Hazır”. 15 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.comple3d.com/3d-yazici-ile-yapilmis-arabaniz-hazir/>.
- Comple3D. (2017). 3D Yazıcı ile Yapay Kol Kası Üretildi. 01 Ağustos 2018 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.comple3d.com/cornell-universitesi-3d-yazici-kullanarak-yapay-kol-kasi-uretti/>.

- Compleat3D. (2017). 3D Yazıcı ile Yapay Kol Kası Üretildi. 01 Ağustos 2018 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.compleat3d.com/cornell-universitesi-3d-yazici-kullanarak-yapay-kol-kasi-uretti/>.
- Compleat3D. (2017). Mücevherin Geleceği: 3D Yazdırılmış Altın. 18 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.compleat3d.com/mucevherin-gelecegi-3d-yazdirilmis-altin/>.
- Çitçi, U. S. (2011). “*Örgüt Teorilerinde Yöneticinin Yeniden Konumlandırılması İçin Bir Araç Olarak Sosyal Ağlar*”. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Doktora tezi, Sakarya.
- Deloitte’nin 3D Yazıcı Pazarı Tahmini. (2016). 19 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.3dyazicimag.com/deloittenin-3d-yazici-pazari-tahmini/>.
- Dhuru. (2015). “A Drive for Fashion: FashionTech Designer Anouk Wipprecht collaborates with Audi!”, 17 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.materialise.com/en/blog/a-drive-for-fashion-fashiontech-designer-anouk-wipprecht-collaborates-audi> .
- Dirim, A. (2015). 3D yazıcı Arçelik kullanmaya başladı | Tasarımdan imalata. 02 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.tasarimdanimalata.com/arcelik-3d-yazilar-ile-uretime-basliyor/adopt-3d-printing.html>.
- Dünyanın İlk Fabrika Yerine Yazıcıda Üretilen Arabası. (2015, 14 Ocak). 14 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.haberler.com/dunyanin-ilk-fabrika-yerine-yazicida-uretilen-6865506-haberi/>.
- Dünyanın İlk 3D Yazıcı Restoranı Açıldı / ON ALTI YILDIZ. (2016). 26 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi http://www.onaltiyildiz.com/haber.php?haber_id=5307.
- Erk A. C. (2014). “3D Yazıcı Sektöründeki Türk Girişimleri” – Priyoid | Türkiye’nin En Büyük 3D Yazıcı Platformu. 01 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://priyoid.com/turkiye-3d-yazici-sektoru/3d-yazici-sektorundeki-turk-girisimleri/>.
- Foreman, L. (2014). “What 3-D Printing Means for the Independent Inventor”. 18 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.entrepreneur.com/article/240551>.
- GE Aviation Signs Additive Manufacturing Cooperative Agreement with Sigma Labs | GE Aviation. (2013). 16 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.geaviation.com/press-release/other-news-information/ge-aviation-signs-additive-manufacturing-cooperative-agreement>.
- Gür, Y. (2017). “Birinci, İkinci ve Üçüncü Sanayi Devrimi ve ardından Endüstri 4.0” - Makina Magazin. 22 Aralık 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.makina-magazin.com.tr/haber/birinci-ikinci-ve-ucuncu-sanayi-devrimi-ve-ardindan-endustri-40/5186>.

- Hakkımızda – 3D Yazıcı Market Kimdir ve Ne Yapar? (2017). 01 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.3dyazicimarket.com.tr/index.php/hakkimizda/>.
- High-speed production line combines 3D printing with precision machining. (2015). 18 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi https://www.pc-control.net/pdf/042015/solutions/pcc_0415_tno_e.pdf.
- Home - Eurostat. (2013). 20 Mayıs 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://ec.europa.eu/eurostat/>.
- HOW 3D Printing Will Continue to Transform Manufacturing. (2014). 11 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://advancedmanufacturing.org/wp-content/uploads/2016/04/Can-3D-Printing-Stimulate-More-Stateside-Manufacturing.pdf>.
- infoTRON. (2017). Birlikte Geleceği 3 Boyutlu Yaratıyoruz - Hakkımızda. 01 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.infotron.com.tr/index.php/kurumsal-yeni/hakkimizda>.
- Kahraman H. (2017). Dijitalizasyon Rehberi – Siber Güvenlik. Tarihinde 30 Mayıs 2017, adresinden erişildi <http://www.endustri40.com/digitalization-dijitalizasyon-rehberi-siber-guvenlik>.
- Keerns, J. (2017). 3D Printing Dives into Mass Production. 06 Aralık 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.machinedesign.com/3d-printing/3d-printing-dives-mass-production>.
- Lee, Jay; Lapira, Edzel; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-an, Recent Advances and Trends in Predictive Manufacturing Systems in Big Data Environment. *Manufacturing Letters* 1 (1): 38–41. doi:10.1016/j.mfglet.2013.09.005, 2014.
- Nadin, F. (2016). 3D printing has advantages over traditional manufacturing. 06 Aralık 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.sculpteo.com/blog/2016/05/25/when-is-3d-printing-the-best-solution-for-production/>.
- Necef, Ş. (1994). *Yeni Üretim Organizasyonları ve Emegın Değişen Konumu*. Marmara Üniversitesi, Sosyal bilimler Enstitüsü, Siyaset ve Sosyal Bilimler Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- New Balance 3D Yazıcı ile Üretilmiş İlk Koşu Ayakkabısını Tanıttı - onedio.com. (2015). 01 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://onedio.com/haber/new-balance-3d-yazici-ile-uretilmis-ilk-kosu-ayakkabisini-tanitti-627971>.
- Öğretmenoğlu, O. (2017). BMW, üç boyutlu yazıcıların seri üretim araçlarda kullanılması için ilk adımı attı. 04 Aralık 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.log.com.tr/bmw-uc-boyutlu-yazicilarin-seri-uretim-araclarda-kullanilmasi-icin-ilk-adimi-atti>.

- Özkurt, C. (2016). *Endüstri 4.0 Perspektifinden Türkiye’de İmalat Sanayinin Durumu: Sakarya İmalat Sanayi Üzerine Bir Anket Çalışması*. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Sakarya.
- Ponsford, M., ve Glass, N. (2014). “The night I invented 3D printing” - CNN. 08 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://edition.cnn.com/2014/02/13/tech/innovation/the-night-i-invented-3d-printing-chuck-hall/index.html>.
- Public — EPoSS. (2017). 25 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.smart-systems-integration.org/public>.
- PVA ve HIPS destek filamentleri nedir? Ne işe yarar? - 3D Yazıcı, 3D Tarayıcı Bilgi Merkezi. (2017). 08 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.3dfab.com/bilgi-merkezi/konu/pva-ve-hips-filamentleri-nedir-ne-ise-yarar/>.
- Pwc Group. (20178). 3D printing (3DP) is changing manufacturing technologies and processes: PwC. Tarihinde 19 Ağustos 2017, adresinden erişildi <https://www.pwc.com/us/en/industries/industrial-products/library/3d-printing.html>.
- Reilly, L. (2014). The shift from 3D body scanned data to the physical world. Tarihinde adresinden erişildi http://aut.researchgateway.ac.nz/bitstream/handle/10292/8564/SS20140Submission_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Saunders, S. (2017). 3D Printing in Mass Production: IKEA Announces the Upcoming Release of Its Unique 3D Printed Collection | 3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. 27 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://3dprint.com/180726/ikea-3d-printed-collection/>.
- Savunma Sanayii. (2016). Savunma Sanayii Müsteşarlığı Teknoloji Yönetim Stratejisi 2011-2016.
- Selek A. (2016). Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk. 03 Mayıs 2017 Tarihinde adresinden erişildi www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/.
- Smartech Markets Group. (2013). Low-Volume Manufacturing: Mass Customization Markets for the 3D Printing Industry: 2013-to-2022. Crozet, VA . 12 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.smartechpublishing.com/Reports/Low-Volume-Manufacturing-Mass-Customization-Markets-For-The-3d-Printing-İnd>.
- Smith. (2015). 7 Ways 3D Printing Is Already Disrupting Global Manufacturing. 04 Aralık 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.forbes.com/sites/ricksmith/2015/06/29/7-ways-3d-printing-is-already-disrupting-global-manufacturing/#6a5badd61c0f>.
- Stadler, A. (2015). Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Deloitte*, 19 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>.

- Stereolithography (SLA) 3D Printing Overview 3D Systems. (2017). 16 Ocak 2018 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.3dsystems.com/resources/information-guides/stereolithography/sla>.
- STM Danışmanlık. (2016). *Katmanlı imalat teknolojileri ve havacılık uygulamaları*. 7 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/1.katmanli_imalat_teknolojileri_raporu__2016-08-03-14-11-28.pdf.
- Soba, M. (2006). *Esnek Üretim Sistemlerinin İşletme Performansına Etkileri ve Vestel Elektronik A.Ş. Örneği*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Afyonkarahisar.
- Sury, R. J. (1981). *Automation, Production Systems, and Computer-aided Manufacturing (Book Review)*. *International Journal of Production Research* (C. 19). 10 Mayıs 2017 Tarihinde adresinden erişildi. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=5780415&site=ehost-live>.
- Snyder, G. H., Cotteleer M., ve Kotek B. (2014). 3D opportunity in medical technology. 10 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/3d-opportunity/additive-manufacturing-3d-opportunity-in-medtech.html>.
- Şenertek Grup. (2017). Hakkımızda. 01 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.senertek.com/3d/about.htm>.
- The Ultimate Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing | Formlabs. (2017). 16 Ocak 2018 Tarihinde adresinden erişildi <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>.
- Thomspson, B. (2016). How 3D Printing Will Impact The Manufacturing Industry. 14 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.mbtmag.com/article/2016/01/how-3d-printing-will-impact-manufacturing-industry>.
- Tomaş, M. (2012). “*Yeni Rekabet Stratejisi: Kitleli Bireyselleştirme Ve Hazır Mutfak Sektöründe Vaka Analizi*”. Pamukkale Üniversitesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Turan S. (2010). Bulut Bilişimi Teknolojisi ve Hukuki Problemler. 12 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.keyofchange.com/tr/611/Bulut-Bilişimi-Teknolojisi-ve-Hukuki-iProblemler/>.
- Türk İnşaat Sektörü Liderliğini “3D Yazıcı” ile Sürdürebilir | COMPLET3D. 13 Ağustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.complet3d.com/turk-insaat-sektoru-liderligini-3d-yazici-ile-surdurebilir/>.
- Ultimaker Group. (2017). 3D printing in manufacturing. 17 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://ultimaker.com/en/explore/where-is-3d-printing-used/manufacturing>.

- Wahlster, W., Helbig, J., Hellinger, A., Stumpf, M. A. V., Blasco, J., Galloway, H., ve Gestaltung, H. (2013). Editorial staff English translation Layout and typesetting Graphics. 20 Mayıs 2017 Tarihinde adresinden erişildi http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf.
- Wales,C.,(2013). Project DNA by Catherine Wales. 20 Augustos 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.dezeen.com/2013/06/27/project-dna-3d-printed-accessories-by-catherinewales/> ,Dezeen magazine.
- What is Cloud Computing? - Salesforce UK. (y.y.). 26 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.salesforce.com/uk/learning-centre/tech/cloudcomputing/>.
- Wigand, R.T., Picot, A., ve Reichwald, R. (1997). Information, Organization and Management: Expanding Markets and Corporate Boundaries. Wiley, Chichester, UK: Wiley.
- Wohlers, T. T., ve Caffrey, T. (2015). “*Wohlers report 2015 : 3D printing and additive manufacturing state of the industry annual worldwide progress report*”. Wohlers Associates. 24 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://wohlersassociates.com/2015report.htm>
- Yılmaz, F., Arar, M. E ve Koç, E. (2013). “3D Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi”. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimarlık- Mühendislik Fakültesi, İstanbul. 15 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://acikerisim.fsm.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11352/1830/Yilmaz%26Arar%26Koç.pdf?sequence=1>.
- Yılmaz, F. (2013). Üretimde devrim 2D yazıcıdan 3D yazıcıya geçiş. 20 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://acikerisim.fsm.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11352/1826/Yilmaz.pdf?sequence=1>.
- 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Tarihi | miniFAB. (2015). 12 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://minifab.com.tr/blog/3-boyutlu-yazici-teknolojisinin-tarihi-ve-anlami.html>.
- 3D Yazıcı Tarihi – Priyoid | Türkiye'nin En Büyük 3D Yazıcı Platformu. (2017). 12 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://priyoid.com/3d-yazici-teknolojisi/3d-yazici-tarihi/>.
- 3 Boyutlu Yazıcı Tarihi. (2016). 12 Haziran 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.tripedia3d.com/Sayfalar/3-boyutlu-yazici-tarihi-16/>.
- 3D Printing. (2017). 08 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.verbatim.com.tr/tr/3D/?con=56>.

- 3D Yazıcı Ahşap Ürünleri Son Dönemin Gözdeleleri Arasında - 3D Printer Portal. (2017).08 Temmuz 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://3dportal.io/3d-yazici-ahsap/>.
- 3 Boyutlu Yazıcı Pazarı Büyüyor. (2017). 19 Ekim 2017 tarihinde erişildi <http://www.3boyutlu-yazici.com/3d-ekonomi/3-boyutlu-yazici-pazari-buyuyor/>.
- 3Dörtgen Ekibi. (2017). Hakkımızda. 01 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <http://www.3dortgen.com/Hakkimizda#hakkimizda>.
- 3BFab Ekibi. (2017: a). 3BFab hakkında. 01 Eylül 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.3bfab.com/hakkimizda>.
- 3D printers will change manufacturing - Additive manufacturing. (2017). 01 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.economist.com/news/leaders/21724397-sceptics-doubt-technology-can-be-used-mass-production-just-wait-3d-printers-will-change>.
- 3BFab Ekibi. (2017: b). Üreticiler Hızlı Prototipleme için 3D Yazıcılarını kullanıyorlar! 12 Ekim 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://www.3bfab.com/kullanim-alanlari/hizli-prototipleme>.
- 3D baskı, düşündüğünüz kadar yeni değil! (2017). 8 Kasım 2017 Tarihinde adresinden erişildi <https://steemit.com/kusadasi/@burock/3d-baski-duesuendueguenez-kadar-yeni-degil>.
- 9 Basic Types of 3D Printers - 3D Printing Technology Guide | All3DP. (2017). 16 Ocak 2018 Tarihinde adresinden erişildi <https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology/>.

EK

İşletmelere Yöneltilen Mülakat Soruları

Firma Adı ve Sektörü:

Görüşme Yapılan Çalışanın Görevi:

İşletmede Çalışan Personel Sayısı:

- Mavi Yaka:
- Beyaz Yaka:

BÖLÜM I: Genel Bilgi

1: Endüstri 4.0 kavramına dair bir bilginiz var mı? Bu konu hakkında bildiklerinizi bizimle paylaşır mısınız?

2: Endüstri 4.0 ile ilgili daha önce bir eğitim, seminer, fuara katılma imkanınız oldu mu?

3: Endüstri 4.0'ın küçük/orta ölçekli işletmelerde uygulanabilirliği hakkında ne düşünüyorsunuz? Ne türlü avantaj ve dezavantajlara sahip olur?

4: Endüstri 4.0'ın büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilirliği hakkında ne düşünüyorsunuz? Ne türlü avantaj ve dezavantajlara sahip olur?

5:a Türkiye ekonomisinin, alt yapısının, organizasyonunun vb. bu yeni sanayileşmeye genel olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?

5:b Cevabınız hayır ise neler yapılmasını önerirsiniz?

6: Bu durum Türkiye'nin diğer dünya ülkeleriyle rekabet edebilme gücünü arttırıcı bir etki yaratır mı?

Bölüm II: İşletme İçi

- 1: İşletmenizin yeni teknolojilere; işgücü, sermaye, süreçsel olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?
- 2: İşletmenizde en yeni kullanılan teknoloji nedir?(Gömülmüş IT, Bulut Teknolojisi, Sensör Teknolojisi, RFID, Robot Teknolojisi, vb...)
- 3: İşletmenizin Endüstri 4.0'a geçiş yapmasını nasıl değerlendirirsiniz?
- 4: End4.0 ile şirketinizin bilişim, donanım, organizasyonel yapısı ile uyumunu nasıl değerlendirirsiniz?
- 5: Gelecek 5 yıl planınızda (uzun vadeli stratejilerinizde) Endüstri 4.0 uygulamaları yer alıyor mu?
- 6: Endüstri 4.0'ın getirdiği yeniliklerden neler sizin için önem arz ediyor?

Bölüm III: (3D yazıcılar)

- 1: 3d yazıcıları biliyor musunuz? Çalışma prensipleri, faydaları, uygulamaları hakkında bir bilginiz var mı?
- 2: Hiç 3d yazıcı gördünüz mü? Kullanma imkanınız oldu mu?
- 3: 3d yazıcı teknolojisinin hangi tip üretim sistemlerinde kullanılmasının uygun olduğunu düşünüyorsunuz?(seri üretimde mi, kesikli üretimde mi ?) Neden?
- 4: İşletmenizde hangi tip üretim sistemi mevcut? (seri imalat mı? Kesikli imalat mı?) Sizce 3d yazıcı teknolojisini kullanmanın işletmenize katacağı avantaj ve/veya dezavantajların nelerdir?
- 5: 3d yazıcıyı işletmenizde kullanacak teknik altyapıya, bilgisayar programlarına sahip misiniz?
- 6: İşletmeniz bu teknolojiyi kullanacak kalifiye eleman/lara sahip mi? Eğitim ile bu teknolojiyi kullanabilirler mi?

7: 3d yazıcıları hangi amaç/lar için kullanmak istersiniz?(üretimde destek sağlamak, ürün tasarımında destek sağlamak, üretime geçmeden önceki hazırlıkta destek sağlamak(kalıp vb.),diğer)

8: İşletmenizde hangi departman veya atölyelerde 3d yazıcıyı kullanmak işlerinizi kolaylaştırır?

9:Yazıcıları sürecinizin bir parçası olmasını mı, sürecinizin tamamını gerçekleştirmesini mi istersiniz? Neden? (bir ürünün tamamını üretmek, yardımcı parçaları üretmek vb..)

10: 3d yazıcıları sürekli kullanmayı mı; gerektiği zamanlarda, acil parça ihtiyacı, kalıp vb. ihtiyaç durumlarında kullanmayı mı tercih edersiniz? Neden?

11: Bu teknolojiyi almak için kısıtlarınız ne olurdu? Neden? Bunları size göre önceliklerini belirtiniz.

- Bu Teknoloji İçin Gerekli Bütçe
- İş Hazırlama Faaliyetleri
- Üretim Zamanı
- Birim Ürün Maliyeti
- Ölçü Hassasiyeti
- Yüzey Kalitesi
- İstenilen Malzeme Kullanımı
- İstenilen Renk Skalası
- Yazıcıların Büyüklüğü (Tesis Yerleşimi Açısından)
- Planlanan Ürünün Boyutunun Engele Takılmaması (Çok Küçük/ Çok Büyük Ürünler)
- Ürün Sonrası Teknik Destek Sağlanması
- Bu konuda işgücünü bulamama
- Bu konudaki kurum düzeyindeki bilgi eksikliği
- Diğer... belirtiniz

12: Gerekli destekler sağlandığı takdirde bu teknolojiyi işletmenizde kullanır mısınız (Kosgeb, devlet teşvikleri gibi)?

EK 2: İşletmelere Uygulanan Anket Soruları

Genel Bilgiler

Soru 1: Sanayi 4.0'a (uygulamalarına, yeniliklerine teknolojilerine, hedeflerine vb.) ne derece hakim olduğunuzu düşünüyorsunuz?

Tema/Kategori	
İyi	<input type="checkbox"/>
Orta	<input type="checkbox"/>
Sınırlı	<input type="checkbox"/>

Soru 2: Sanayi 4.0'dan önce bilinmesine rağmen birçok teknolojinin ismini bu sanayileşme süreciyle daha fazla duymaya başladık. Aşağıda yer alan teknolojilerin etkileri ve uygulama alanları konusunda genel anlamıyla bilgiye sahip olduğunuzu düşünüyorsunuz?

Tema/Kategori	
Robot Teknolojisi	<input type="checkbox"/>
Bulut Teknolojisi	<input type="checkbox"/>
RFID (Radyo Frekans Tanımlama Sistemi)	<input type="checkbox"/>
RTLS (Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri)	<input type="checkbox"/>
Big Data	<input type="checkbox"/>
Gömülmüş IT	<input type="checkbox"/>
IOT(Nesnelerin İnterneti)	<input type="checkbox"/>
M2M (Makineden Makineye iletişim araçları)	<input type="checkbox"/>
Simülasyon	<input type="checkbox"/>
Arttırılmış Gerçeklik	<input type="checkbox"/>
Siber Güvenlik	<input type="checkbox"/>
Gerçek Zamanlı Veri Toplamak	<input type="checkbox"/>
Sistem Entegrasyonun Uyumu	<input type="checkbox"/>
Giyilebilir Teknolojinin Üretimdeki Yeri	<input type="checkbox"/>

Soru 3: Sanayi 4.0 ile ilgili işletmeniz dışında seminer, kongre veya fuarlara katılma gibi bir imkanınız oldu mu?

Tema/Kategori	
Hayır, katılmadım.	<input type="checkbox"/>
Evet, katıldım.	<input type="checkbox"/>

Soru 4: Sanayi 4.0'ın uygulamalarının **mevcut düzende** küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori	
Hayır, uygulanamaz.	<input type="checkbox"/>
Evet, uygulanabilir.	<input type="checkbox"/>

Soru 5: Sizce küçük veya orta ölçekli işletmelerde uygulama alanlarının genişlemesi durumunda Sanayi 4.0'ın getirdiği uygulamalara geçiş yapma hususunda zorluklar yaşayabilir mi?

Tema/Kategori	
Evet, karşılaşılabilecektir.	<input type="checkbox"/>
Hayır, karşılaşılmayacaktır.	<input type="checkbox"/>

Soru 6: Sizce küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 ile ilgili uygulamalara geçiş yapma hususunda aşağıda yazan hangi nedenlerden dolayı zorluklar yaşanabileceğini düşünüyorsunuz?

Tema/Kategori	
Yeterli bilgiye sahip olmamak	<input type="checkbox"/>
Gerekli Bütçenin Olmaması	<input type="checkbox"/>
Teknolojik alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	<input type="checkbox"/>
Yazılım –donanım alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	<input type="checkbox"/>
Senkronize Çalışmama Durumu Makinelerin, İnsanların vb. Ortak Çalışmaması	<input type="checkbox"/>
Entegrasyon Zorlukları	<input type="checkbox"/>
Geçiş süreci planlamalarını tam yapamamak	<input type="checkbox"/>
Zamansal Yetersizlik (Dönüşüm için)	<input type="checkbox"/>
Kalifiye elemanı kolay bulamamak	<input type="checkbox"/>
Yönetici-Çalışan Bariyerleri	<input type="checkbox"/>
Verilerin güvenliğinin kolay sağlanamayacak olması	<input type="checkbox"/>
Dışarıdan Destek Yapılarını Sağlayamaması	<input type="checkbox"/>
Devlet Desteğini Alamamak	<input type="checkbox"/>

Soru 7: Küçük veya orta ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapmasıyla mevcut durumuna nazaran aşağıda yer alan hangi avantajları elde edebileceğini düşünüyorsunuz?

Tema/Kategori	
Yenilikçi Üretim Anlayışı	<input type="checkbox"/>
Kurumsallaşmaya Yardım Etmek	<input type="checkbox"/>
İşletmede Katma Değersiz İşlerde İyileşme	<input type="checkbox"/>
Yüksek Katma Değerli Ürünlerin Üretilmesi	<input type="checkbox"/>
Daha Kaliteli Ürünlerin Ortaya Çıkması	<input type="checkbox"/>
Ürünlere ve Süreçlere Daha Fazla Hakim Olma	<input type="checkbox"/>
Üretimde Hataların Azalması	<input type="checkbox"/>
Daha Az İş gücü Kullanımı	<input type="checkbox"/>
Daha Az Hammadde Kullanımı	<input type="checkbox"/>
Daha Sade İş Akışlarının Oluşması	<input type="checkbox"/>
Üretim Sürelerinin Kısalması(birim üründe)	<input type="checkbox"/>
Düşük Maliyetli Üretim Yapmak	<input type="checkbox"/>
Üretimde Esneklik Sağlamak	<input type="checkbox"/>
Gereksiz Beklemelerin Azalması (Parça Eksikliği, makine arızaları vb.)	<input type="checkbox"/>
Makine Kullanım Oranlarının İyileşmesi	<input type="checkbox"/>
Üretim Kapasitesinin Artması	<input type="checkbox"/>
İnovatif Ürünlerin Üretilmesi	<input type="checkbox"/>
Kalifiye Eleman Sayısında Artış	<input type="checkbox"/>
Enerji Tasarrufunun Bir Ölçüde Sağlanması	<input type="checkbox"/>
Stok Optimizasyonunu İyileştirmesi	<input type="checkbox"/>
Küresel Rekabet Edebilme Gücü	<input type="checkbox"/>

Soru 8: Sanayi 4.0'ın büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori
Hayır, uygulanamaz.
Evet, uygulanabilir.

Soru 9: Sizce büyük ölçekli işletmeler (mali bilançosu 40 milyon TL'den fazla) Sanayi 4.0'a geçiş yapma hususunda zorluklar yaşayabilir mi?

Tema/Kategori	
Evet, çok fazla zorlukla karşılaşılacaktır.	<input type="checkbox"/>
Kısmen zorluk yaşanabilir.	<input type="checkbox"/>
Hayır, hiçbir zorluk yaşamazlar.	<input type="checkbox"/>

Soru 10: Sizce büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0'ın getirilerinden olan teknolojik gelişmeleri işletmelerinde uygulama hususunda; aşağıda yazan hangi eksikliklerden dolayı zorluk yaşanabilir?

Tema/Kategori	
Yeterli bilgiye sahip olmamak	<input type="checkbox"/>
Yatırım Yapılacak Bütçenin Ayrılmayacak Olması	<input type="checkbox"/>
Teknolojik alt yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	<input type="checkbox"/>
Senkronize Çalışmama Durumu (Makinelerin, İnsanların vb. Ortak Çalışmaması)	<input type="checkbox"/>
Yazılım alt yapısında yapısındaki eksikliklerin kolay giderilemeyecek olması	<input type="checkbox"/>
Entegrasyon Zorlukları	<input type="checkbox"/>
Geçiş süreci planlamalarını tam yapamamak	<input type="checkbox"/>
Kalifiye eleman bulamamak	<input type="checkbox"/>
Zamansal Yetersizlik (Dönüşüm için)	<input type="checkbox"/>
Verilerin güvenliği için gerekli yapının sağlanamayacak olması	<input type="checkbox"/>
Yönetici-Çalışan Bariyerleri	<input type="checkbox"/>
Devlet Desteğini Alamamak	<input type="checkbox"/>

Soru 11: Eğer bu yeni sanayileşme sürecinin uygulanabilir olduğunu düşünüyorsanız sizce büyük ölçekli işletmelerin Sanayi 4.0 uygulamalarına geçiş yapmasıyla mevcut durumuna nazaran aşağıda yer alan hangi avantajları elde edebilirler?

Tema/Kategori	
Daha Yenilikçi Bir Üretim Anlayışı	<input type="checkbox"/>
İşletmede Katma Değersiz İşlerde İyileşme	<input type="checkbox"/>
Kurumsallaşmaya Destek Vermek	<input type="checkbox"/>
Daha Kaliteli Ürünlerin Ortaya Çıkması	<input type="checkbox"/>
Üretim Sürelerinin Kısalması(birim üründe)	<input type="checkbox"/>
Üretim Kapasitesinin Artması	<input type="checkbox"/>
Daha Az İş gücü Kullanımı	<input type="checkbox"/>
Üretimde Hataların Azalması	<input type="checkbox"/>
Ürünlere ve Süreçlere Daha Fazla Hakim Olmak	<input type="checkbox"/>
Küresel Rekabet Edebilme Gücü	<input type="checkbox"/>
Daha Az Hammadde Kullanımı	<input type="checkbox"/>
Üretimde Esneklik Sağlamak	<input type="checkbox"/>
Düşük Maliyetli Üretim Yapmak	<input type="checkbox"/>
Enerji Tasarrufunun Bir Ölçüde Sağlanması	<input type="checkbox"/>
Makine Kullanım Oranlarının İyileşmesi	<input type="checkbox"/>
Daha Sade İş Akışlarının Oluşması	<input type="checkbox"/>
Kalifiye Eleman Sayısında Artış	<input type="checkbox"/>
İnovatif Ürünlerin Üretilmesi	<input type="checkbox"/>
Gereksiz Beklemelerin Azalması (Parça Eksikliği, makine arızaları vb.)	<input type="checkbox"/>
Stok Optimizasyonunu İyileştirmesi	<input type="checkbox"/>
Yüksek Katma Değerli Ürünlerin Üretilmesi	<input type="checkbox"/>

Soru 12: Türkiye ekonomisinin, teknoloji ve bilişim alt yapısının, organizasyonel yapısının tümünün entegre bir şekilde bu yeni sanayileşmeye genel olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori	
Evet, hazır.	<input type="checkbox"/>
Kısmen, hazır	<input type="checkbox"/>
Hayır, hazır değil	<input type="checkbox"/>

Soru 13: Türkiye'nin bu yeni sanayileşme yapısına genel olarak hazır olması için İLK olarak öncelik verilmesi gerektiğini düşündüğünüz 5 kategori nedir?

Tema/Kategori	
Geleceğe yönelik düşünce yapısı	<input type="checkbox"/>
Okul içi eğitimler(bilinçlendirme çalışmaları)	<input type="checkbox"/>
Şirket içi eğitimler	<input type="checkbox"/>
Kalifiye eleman yetiştirilmek üzere programların açılması	<input type="checkbox"/>
Sanayi-Üniversite iş birliğine gitmek	<input type="checkbox"/>
Yazılım-donanım, bilişsel alanda hizmet kolaylığı	<input type="checkbox"/>
Teknoloji alım öncesi destek yapılarının geliştirilmesi (teknik donanım, ücret, dışarıdan tedarigi vb.)	<input type="checkbox"/>
Yeni teknolojiler için ürün sonrası kaliteli hizmet destek yapılarının kurulması	<input type="checkbox"/>
Devlet teşvik planlarının, yasal düzenlemelerin yapılması (Vergi indirimi vb.)	<input type="checkbox"/>
Bu alanda faaliyet gösteren platformların artması	<input type="checkbox"/>

Soru 14: Sanayi 4.0 stratejilerini uygulamaya başlayan Türkiye'nin diğer ülkelerle rekabet edebilme gücü açısından nasıl bir etki yaratacağını düşünüyorsunuz?

Tema/Kategori	
Güçlendiren yönde etki eder.	<input type="checkbox"/>
Kararsızım.	<input type="checkbox"/>
Zayıflatan yönde etki eder.	<input type="checkbox"/>

İşletme İçi

Soru 15: İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a işgücü olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori

Evet, hazırız.



Kısmen hazırız. Bazı departmanlar için destek gerekmektedir.



Hayır, hazır değiliz.



Soru 16: Sanayi 4.0 uygulamaları çok fazla olan, birçok farklı teknolojik imkanları sunabilen, farklı alanlarda farklı üretim birimlerinde farklı çalışmalara imkan sağlayan bir süreçtir. Sanayi 4.0'a tam anlamıyla adapte olmak şuan zor gözükse de, işletmelerin bir noktadan başlamaları gerekebilir. İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a bütçe olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori

Evet, hazırız.



Kısmen hazırız.



Hayır, hazır değiliz.



Soru 17: İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a üretim süreci (ürün akış rotaları vb.) olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori

Evet, hazırız.



Kısmen hazırız.



Hayır, hazır değiliz.



Soru 18: İşletmelerin Sanayi 4.0 stratejilerini uygulayabilmeleri için gelişmiş bir bilişim alt yapısına sahip olmaları gerektiği söylenebilir. İşletmenizin bu yeni sanayileşme devrimi olan Sanayi 4.0'a bilişim alt yapısı (sahip olunan yazılım-donanım programları, makinelere entegre edebilme özelliğine sahip olma vb.) olarak hazır olduğunu düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori

- | | |
|--|--------------------------|
| Evet, hazırız. | <input type="checkbox"/> |
| Kısmen, bazı noktalarda hazırız;
fakat bazı noktalarda geliştirmeliyiz. | <input type="checkbox"/> |
| Hayır, hazır değiliz. | <input type="checkbox"/> |

Soru 19: Sanayi 4.0'la birlikte birçok yeni stratejinin geliştirilip, uygulama alanlarının genişlediği söylenebilir. Sizin işletmenizde, aşağıda yer alan teknolojilerinden hangileri son 5 yıldır aktif olarak kullanılmaktadır?

Tema/Kategori

- | | |
|---|--------------------------|
| Robot Teknolojisi | <input type="checkbox"/> |
| Bulut Teknolojisi | <input type="checkbox"/> |
| RFID (Radyo Frekans Tanımlama Sistemi) | <input type="checkbox"/> |
| RTLS | <input type="checkbox"/> |
| (Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Sistemleri) | <input type="checkbox"/> |
| Sensör Teknolojisi | <input type="checkbox"/> |
| Gömülmüş IT | <input type="checkbox"/> |
| IOT(Nesnelerin İnterneti) | <input type="checkbox"/> |
| Gerçek Zamanlı Veri Toplayan Elemanalar | <input type="checkbox"/> |
| Geliştirilmiş Siber Güvenlik Teknolojileri | <input type="checkbox"/> |
| Üretimde Giyilebilir Teknoloji | <input type="checkbox"/> |

Soru 20: Sanayi 4.0'a geçiş yapma imkanınız olsa, bu yenilikçi teknolojilerin işletmenizin mevcut durumuna nazaran avantajlı olacağını düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori

- | | |
|--|--------------------------|
| Evet, faydalı olacağını düşünüyorum | <input type="checkbox"/> |
| Kararsızım. | <input type="checkbox"/> |
| Hayır, faydalı olacağını düşünmüyorum. | <input type="checkbox"/> |

Soru 21: İşletmenizin gelecek 5 yılda yapacağı yatırımlarda ve stratejik planlarda Sanayi 4.0 uygulamaları yer alıyor mu?

Tema/Kategori	
Evet.	<input type="checkbox"/>
Hayır.	<input type="checkbox"/>

Soru 22: Sanayi 4.0 uygulamalarının, işletmeler üzerinde birçok farklı yeniliğin ve iyileştirmenin habercisi olacağı düşüncesindeyim. Aşağıdaki tabloda işletmelere sağlayacağı düşünülen birtakım etkiler yer almaktadır. Sanayi 4.0'ın getirdiği yeniliklerden ve uygulama alanlarından hangilerinin sizin işletmenizdeki mevcut yapınızı geliştirecek yönde büyük önem arz etmektedir?

Tema/Kategori	
Yüksek Kaliteli Ürünler	<input type="checkbox"/>
Yüksek Katma Değerli Ürünler	<input type="checkbox"/>
Müşterinin Üretim Süreçlerine dahil edilmesi	<input type="checkbox"/>
Üretim Maliyetlerinde İyileşme	<input type="checkbox"/>
Üretim Zamanlarında İyileşme	<input type="checkbox"/>
Üretimde Hız Yaratma Potansiyeli (kapasite artışı)	<input type="checkbox"/>
İş Akışının Sadeleşmesi (Yalın Üretim)	<input type="checkbox"/>
Kalifiye İşgücünü Arttırması	<input type="checkbox"/>
Üretim Kontrol Yapılarının Geliştirilmesi	<input type="checkbox"/>
İnsan Kaynaklı Üretim Hatalarını Kaldırması	<input type="checkbox"/>
Gerçek Zamanlı Verilere Ulaşma-Yönetme	<input type="checkbox"/>
Önleyici Bakım Faaliyetleri	<input type="checkbox"/>
İleri Analiz Teknikleri	<input type="checkbox"/>
Esnek İmalat Hücreleri	<input type="checkbox"/>
Makineler Arasındaki Senkronizasyon	<input type="checkbox"/>
Bilgi Güvenliğini Sağlayan Sistem Ağları	<input type="checkbox"/>

3b Yazıcılar

Soru 23: 3b yazıcıların aşağıda yer alan faktörlerden hangilerine dair bilginiz vardır?

Tema/Kategori		-
Çalışma Prensipleri	Kısmen Biliyorum	<input type="checkbox"/>
	Biliyorum	<input type="checkbox"/>
	Bilmiyorum	<input type="checkbox"/>
Sağladığı Faydalar	Kısmen Biliyorum	<input type="checkbox"/>
	Biliyorum	<input type="checkbox"/>
	Bilmiyorum	<input type="checkbox"/>
Uygulamaları	Kısmen Biliyorum	<input type="checkbox"/>
	Biliyorum	<input type="checkbox"/>
	Bilmiyorum	<input type="checkbox"/>

Soru 24: Daha önce bir 3b yazıcıyı deneme amaçlı olsa dahi kullanma imkanınız oldu mu?

Tema/Kategori	
Kullandım.	<input type="checkbox"/>
Kullanmadım.	<input type="checkbox"/>

Soru 25: 3b yazıcı teknolojisi hem seri üretim yapan işletmelerde hem de kesikli üretim yapan üretim hacmi seri üretime nazaran düşük olan işletmelerde tercih edilmektedir. İki farklı üretim tipine sahip işletmelerin 3b yazıcıları kullanım amacı ve şekli de değişiklik gösterebilir. Örneğin, işletmeler bu teknolojiyi yalnızca ürün tasarımı aşamasında kullanmayı tercih edebileceği gibi yalnızca ürün imalat aşamasında da kullanmayı tercih edebilir. Siz bu 3b yazıcı teknolojisinin GENEL çerçevede hangi tip üretim sistemlerine sahip işletmelerde kullanılmasının daha uygun olduğunu düşünüyorsunuz?

Tema/Kategori	
Seri İmalat	<input type="checkbox"/>
Kesikli İmalat	<input type="checkbox"/>
İki üretim tipi için de aynı uygunluktadır.	<input type="checkbox"/>

Soru 26: 3b yazıcı teknolojisinin birçok avantajı olduğu kadar, hala günümüzde geliştirilmesi gereken bazı noktaların da olduğu söylenebilir. Sizin bu teknolojiye sahip olma gücünüz olması durumunda, 3b yazıcıları işletmenizde kullanmayı ister misiniz?

Tema/Kategori

- | | |
|--|--------------------------|
| Evet, mevcut durumda kullanmayı isteriz. | <input type="checkbox"/> |
| Evet, fakat geliştirildikten sonra kullanmayı isteriz. | <input type="checkbox"/> |
| Hayır, kullanmayı istemiyoruz. | <input type="checkbox"/> |

Soru 27: Piyasada birçok farklı amaçlar için tercih edilebilecek 3b yazıcılara rastlamak mümkündür. Siz 3b yazıcıları gerekli şartlar sağlandıktan sonra işletmenizde aşağıda yazan hangi amaç/amaçlar için kullanmayı tercih edersiniz?_*Birden fazla kategori seçimi yapabilirsiniz.

Tema/Kategori

- | | |
|--|--------------------------|
| Ürün tasarımına destek sağlamak (Ürün prototipi, kalıbı vb. için) | <input type="checkbox"/> |
| Yardımcı parçaların (yedek parça, ara parça vb.) üretimini gerçekleştirmek | <input type="checkbox"/> |
| Doğrudan ürün imalatını gerçekleştirmek | <input type="checkbox"/> |

Soru 28: İşletmenizde bu teknolojiyi hangi departman/birimlerde kullanmayı tercih edersiniz? *Birden fazla kategori seçimi yapabilirsiniz.

Tema/Kategori

- | | |
|---|--------------------------|
| ÜRGE (Ürün-Geliştirme)- Ürün Tasarım Departmanı) | <input type="checkbox"/> |
| ARGE (Araştırma- Geliştirme) | <input type="checkbox"/> |
| İmalat Departmanı (yedek parça, aksesuar, son nihai ürün) | <input type="checkbox"/> |

Soru 29: 3b yazıcılara sahip işletmelerden bazıları son ürünü yazıcıyla yazdırmak yerine son ürün içinde yer alan bazı parçaları üretmek, bazı parçaların yedek parçasını üretmek veya plan dışında gelişen o an ihtiyaç duyulan bazı parçaları elde etmek amaçlı üretim süreçlerine destek olabilir. Bazen de bazı işletmeler son nihai ürünün kendisini yazıcıda üretmeyi tercih ederler. Siz işletmenizinde 3b yazıcıları sürecinizin bir parçası olması mı, sürecinizin tamamını gerçekleştirmek üzere son nihai ürünün yazdırılmasını mı istersiniz?

Tema/Kategori

Üretim sürecimize bazı alanlarda destek vermesini isteriz.	<input type="checkbox"/>
Doğrudan nihai ürünün üretilmesini isteriz.	<input type="checkbox"/>
Her iki seçeneğin de olmasını isteriz.	<input type="checkbox"/>

Soru 30: İşletmenizinde sadece üretim sürecinize destek amaçlı 3b yazıcı teknolojisini kullanma şansına sahip olsanız. Süreçlerinizi buna göre organize edip teknolojiyi sürekli olarak mı, sadece özel ihtiyaç gerektiren(beklenmedik zamanda ürün içindeki bir ara parça stoğunun bittiğinin fark edilmesi gibi) durumlarda mı kullanmayı tercih edersiniz?

Tema/Kategori

Sürekli kullanmayı tercih ederiz.	<input type="checkbox"/>
Sürekli olmayıp, sadece özel durumlarda tercih ederiz.	<input type="checkbox"/>

Soru 31: İşletmenizinde bu teknolojiyi tercih ettiğiniz amaçlar doğrultusunda kullanılmasının, mevcut yapınıza nazaran işletmenize ne türlü avantajlar yaratmasını istersiniz?

Tema/Kategori

Farklı tasarımda ürünleri kolaylıkla üretebilmek	<input type="checkbox"/>
Daha ergonomik ürünlerin üretilmesi	<input type="checkbox"/>
Müşteri odaklı kişiselleştirilmiş ve/veya özelleştirilmiş ürünleri üretme de kolaylık sağlamak	<input type="checkbox"/>
Ürün bileşen sayısını azaltmak (adet veya kullanılan malzeme cinsi)	<input type="checkbox"/>
Elektronik dizayn ile fiziksek dizayn arasındaki uygunluğu mevcut duruma göre arttırmak	<input type="checkbox"/>
Ürün veya parça tasarım süresini kısaltmak	<input type="checkbox"/>
Pazara hızlı ürün sunmak	<input type="checkbox"/>
Ürün veya parça tasarım maliyetini düşürmek	<input type="checkbox"/>

Toplam imalat süresini kısaltmak. N=7 *Eğer, Doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayınız	<input type="checkbox"/>
Üretimde daha düşük imalat maliyeti. N=7 *Eğer, Doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayınız	<input type="checkbox"/>
Dışarıya bağıllığı azaltmak (kendi içlerinde kalıbı, makine, ekipman parçası üretebilmek vb.)	<input type="checkbox"/>
Üretimde mevcut durumda kullanılan ekipman -makine, ekipman sayısını azaltması	<input type="checkbox"/>
İş hazırlama faaliyetlerini kolaylaştırmak	<input type="checkbox"/>
Daha az hatalı üretim yapmak (kalıp, prototip, nihai ürün vb.)	<input type="checkbox"/>
Stoğa yapılan üretimi azaltmak	<input type="checkbox"/>

Soru 32: Birçok işletme 3b yazıcı teknolojisine karşı önyargılı yaklaşabilmektedir. Bunun altında bu teknolojiye olan güvensizlik ve bir takım endişelerin de yattığı söylenebilir. Sizin mevcut üretim yapınıza göre bu teknolojiye olan güvensizliğiniz varsa, 3b yazıcı teknolojisini istediğiniz amaçlar doğrultusunda kullanma noktasında, ne türlü endişeleriniz vardır?

Tema/Kategori	
Ürün veya parça tasarımı için harcanacak sürenin artması	<input type="checkbox"/>
Ürün veya parça tasarımı için harcanacak maliyetinin artması	<input type="checkbox"/>
Ürün veya parça imalatı için harcanan süresinin artması (N=10) *Eğer, doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayın	<input type="checkbox"/>
Ürün veya parça imalatı için harcanacak maliyetinin artması(N=10)*Eğer, doğrudan ürün veya parça imalatında kullanacaksanız cevaplayın	<input type="checkbox"/>
İstenilen teknik özelliklerde üretim yapamamak (mukavemet, dayanım, sertlik, kırılabilirlik, esneklik vb.)	<input type="checkbox"/>
İstenilen ölçü hassasiyetinde üretim yapamamak	<input type="checkbox"/>
Çok küçük/büyük ebatlarda üretim yapamamak	<input type="checkbox"/>
İstenilen yüzey kalitesinde üretim yapamamak	<input type="checkbox"/>
Birim zamanda fazla adet üretim yapamamak	<input type="checkbox"/>
Her malzemeyi kullanamamak	<input type="checkbox"/>
İş gücü bulamamak (üretim veya tasarımda)	<input type="checkbox"/>
Teknik desteği istenilen zamanda alamamak	<input type="checkbox"/>
Üretim sonrası ek işlere fazla gerek duyması	<input type="checkbox"/>
Yüksek yatırım gerektirdiği için diğer daha gerekli görülen yeni teknolojileri ertelemek	<input type="checkbox"/>

Soru 33: 3b yazıcı teknolojisi birçok işletme tarafından kullanılmaktadır, işletmeler bu teknolojiyi bir takım amaçlar doğrultusunda kullanmayı tercih etse de geliştirilmesi gerektiğini düşündüğü birçok nokta vardır. **Genel çerçevede** bu teknolojinin ülkemizde kullanılabilirliğini arttırmak amaçlı teknik açıdan nelerin geliştirilmesinin gerekli olduğunu düşünüyorsunuz?

Tema/Kategori	
Ürün(yazıcı) ve hizmet fiyatının düşürülmesi	<input type="checkbox"/>
Yazıcı kapasitesinin artırılması	<input type="checkbox"/>
Yazıcı çalışma hızının artırılması (Üretim hızının artırılması)	<input type="checkbox"/>
Toplam üretim süresinin (imalat + tasarım+ hazırlık) düşmesi	<input type="checkbox"/>
Ürün imalat maliyetlerinin düşmesi	<input type="checkbox"/>
Daha farklı çeşitte malzemenin kullanımına imkan vermesi	<input type="checkbox"/>
Çok büyük/küçük parçaların hassasiyetle üretilebilmesi	<input type="checkbox"/>
Ürün yüzey kalitesinin daha yüksek olması	<input type="checkbox"/>
Çok karmaşık geometride olan parçaların üretilebilmesi	<input type="checkbox"/>
İstenilen ölçü hassasiyetinde ürünlerin üretilmesi	<input type="checkbox"/>
İstenilen teknik özelliklerde üretim yapmak (mukavemet, dayanım, sertlik, kırılgenlik, esneklik...)	<input type="checkbox"/>
Kullanımının basitleşmesi (fazla kalifiye gerektirmemesi)	<input type="checkbox"/>
Fazla son işleme(boya, cila vb.) fazla gerek duymaması	<input type="checkbox"/>

Soru 34: 3b yazıcı teknolojinin kullanımı için üretilmesi planlanan ürünlerin tarayıcılarla taranması veya bilgisayar ortamında ürünlerin CAD tabanlı programlarla tasarımın yapılması gerekmektedir. Bu teknolojinin kullanılmasını sağlayan bu tür bilgisayar programlarına sahip misiniz?

Tema/Kategori	
Evet, sahibiz.	<input type="checkbox"/>
Hayır, sahip değiliz.	<input type="checkbox"/>

Soru 35: 3b yazıcı teknolojisinin kalifiye işgücü gerektirdiğini söylemek doğru olacaktır; hem planlanan ürünlerin ürün tasarımı aşamasında, hem üretim kodların yazılmasında, bu kodların kontrolünde, bu teknolojiyi anlayıp hazırlık gerektiren durumları yapıp kullanılmasında ve üretimin kontrolünde bilgili ve kalifiye işgücüne ihtiyaç vardır.

İşletmenizde bu teknolojiyi kullanabilecek kalifiye iş gücüne sahip misiniz? Bunu eğitimle sağlayabileceğinizi düşünüyor musunuz?

Tema/Kategori	
Evet, sahibiz.	<input type="checkbox"/>
Hayır, sahip değiliz. Bu eğitimle sağlanabilir.	<input type="checkbox"/>
Hayır, sahip değiliz. Bu eğitimle de sağlanamaz	<input type="checkbox"/>

Soru 36: İşletmenize 3b yazıcı teknolojisini satın almak için ilk 5 kısıtınız aşağıda yazanlardan hangileri olduğunu belirtir misiniz?

Tema/Kategori	
Kurum genel bilgi düzeyi	<input type="checkbox"/>
Bu teknolojinin gerektirdiği bütçe	<input type="checkbox"/>
*Birim ürün veya parça için imalat maliyeti(N=10)	<input type="checkbox"/>
Ürün tasarım için gerekli maliyet	<input type="checkbox"/>
*Ürün veya parça imalat zamanı (N=10)	<input type="checkbox"/>
Ürün tasarımı için harcanacak toplam zamanı	<input type="checkbox"/>
İstenilen malzeme kullanımı	<input type="checkbox"/>
Planlanan ürün (nihai, prototip, kalıp vb.) boyutunun engele takılmama durumu	<input type="checkbox"/>
Ürün (nihai, prototip, kalıp vb.) yüzey kalitesi	<input type="checkbox"/>
Ürünlerin (nihai, prototip, kalıp vb.) ölçü hassasiyetine uyma durumu	<input type="checkbox"/>
İş hazırlama faaliyetleri için iş yükü	<input type="checkbox"/>
Gerekli işgücünü bulma	<input type="checkbox"/>
Fazla son işleme(boya, cila vb.) fazla gerek duymaması	<input type="checkbox"/>
Ürün sonrası destek hizmetleri	<input type="checkbox"/>

Soru 37: Gerekli destekler (devlet desteği, işgücü vb.) sağlandığı takdirde bu teknolojiyi işletmenizde kullanır mısınız?

Tema/Kategori	
Evet, kullanırız.	<input type="checkbox"/>
Kararsızım.	<input type="checkbox"/>
Hayır, kullanmayız.	<input type="checkbox"/>

ÖZGEÇMİŞ

Damla Çevik 1992 yılında Ankara’da doğdu. Lise öğrenimini 2010 yılında Sakarya Anadolu Lisesi’nde tamamladı. Lisans öğrenimini 2010-2015 yılları arasında Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde okudu ve bölümünü 3. olarak onur derecesi ile bitirdi. 2 Ekim 2017 tarihinden itibaren Kırklareli Üniversitesi İşletme Anabilim dalı içinde Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.