T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ÇALIŞMA EKONOMİSİ VE ENDÜSTRİ İLİŞKİLERİ ANABİLİM DALI

İŞGÜCÜ PİYASASININ DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜNDE BEŞERÎ SERMAYE: MAKİNE İMALAT SANAYİNDE BİR SAHA ARAŞTIRMASI

Nazan ÇETİNKAYA

DOKTORA TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Mustafa Çağlar ÖZDEMİR

HAZİRAN-2025

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞGÜCÜ PİYASASININ DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜNDE BEŞERÎ SERMAYE: MAKİNE İMALAT SANAYİNDE BİR SAHA ARAŞTIRMASI

DOKTORA TEZİ

Nazan ÇETİNKAYA

Enstitü Anabilim Dalı: Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri

"Bu tez 26/06/2025 tarihinde online olarak savunulmuş olup aşağıdaki isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir."

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ
Prof. Dr. Ekrem ERDOĞAN	Başarılı
Prof. Dr. Yılmaz ÖZKAN	Başarılı
Doç. Dr. Mustafa Çağlar ÖZDEMİR	Başarılı
Doç. Dr. Adem AKBIYIK	Başarılı
Doç. Dr. Volkan IŞIK	Başarılı

ETİK BEYAN FORMU

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 ve Etik Kurul Onayı gerektiği takdirde onay belgesini aldığımı beyan ederim.

Etik kurul onay belgesine ihtiyaç var mıdır?

Evet ☒

Hayır ☐

(Etik Kurul izni gerektiren araştırmalar aşağıdaki gibidir:

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen her türlü araştırmalar,
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar.)

Nazan ÇETİNKAYA

26/06/2025

ÖN SÖZ

Sanayi devrimleri, üretim süreçlerinde köklü değişimlere yol açarak ekonomik ve toplumsal dönüşümleri beraberinde getirmiştir. Günümüzde, Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dördüncü sanayi devrimi, dijital teknolojilerin üretime entegrasyonu ile makine imalat sanayinde büyük bir değişim sürecini tetiklemiştir. Otomasyon, yapay zekâ, nesnelerin interneti ve büyük veri analitiği gibi ileri teknolojiler, üretim süreçlerini daha verimli hale getirirken, işgücünün yetkinlik gereksinimlerini de dönüştürmektedir. Bu dönüşüm doğrultusunda, insan-merkezli teknoloji anlayışı ile şekillenen Endüstri 5.0 ve üretimin yapay zekâ ile hiper-entegrasyonuna dayalı Endüstri 6.0 yaklaşımları da beşerî sermaye dönüşümünü yeni bir boyuta taşımaktadır. Bu bağlamda, beşerî sermayenin gelişimi ve dijital yetkinliklerin artırılması, sanayi sektörünün rekabet gücünü koruyabilmesi için önemlidir. Bu tez, dijital dönüşüm süreçlerinde makine imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların beşerî sermaye ile etkileşimini, dönüşüm sürecini ve bu süreçte ortaya çıkan dinamikleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. İşgücü niteliklerinde meydana gelen değişimler ve sektördeki firmaların bu dönüşüme nasıl uyum sağladıkları ele alınmıştır.

Çalışmanın hazırlanması sürecinde kıymetli bilgi ve görüşleriyle katkıda bulunan tüm firma yetkililerine, akademik gelişim sürecimde verdiği derslerle ufkumu ve vizyonumu genişleten, bilgi ve birikimiyle çalışmama yön veren, her aşamada yapıcı katkılarıyla beni destekleyen, ileri ve aydın görüşlü değerli danışmanım Doç. Dr. Mustafa Çağlar ÖZDEMİR'e, bilgi birikimini benimle paylaşarak kendisinden çok şey öğrendiğim değerli hocam Ar. Gör. Dr. Abdullah ÖZÇELİK'e, araştırma sürecinde desteklerini esirgemeyen anneme, babama, Aliye anneme, tez yazım sürecinde derin bir üzüntüyle kaybettiğim beni akademide görmeyi çok isteyen rahmetli Ömer babama, bu süreçte çocuğumla ilgilenerek bana büyük yardımcı olan Nurşah, Ebrar ve Şevval'e, tez yazım sürecinde az da olsa ihmal ettiğim ve beni sabırla bekleyen oğlum Oğuzhan Emin'e ve desteğini üzerimden hiç eksik etmeyen, bana inanan ve hep yanımda olan değerli eşim Emrah ÇETİNKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

2016'da Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından "Gelecek 10 Yıl İçin Güçlü Nesiller Yetiştirme" Projesi YÖK 100/2000 Doktora Programı çerçevesinde, "Uzaktan Çalışma Yöntemleri, İstihdam ve İş Modelleri" tematik alanına yönelik tematik bir alan oluşturulmuştur. Program, akademik araştırmaların desteklenmesi ve Türkiye'nin gelecek

vizyonuna katkı sağlanması amacıyla, özellikle dijitalleşme ve küresel işgücü dinamiklerinin etkisiyle şekillenen yeni iş modelleri ve uzaktan çalışma yöntemlerinin ele alındığı önemli bir akademik alan oluşturmaktadır. Bu doktora tezi, ilgili program kapsamında hazırlanmıştır. Çalışmanın Türkiye işgücü piyasasının gelecek vizyonuna katkı sağlamasını dileriz.

Nazan ÇETİNKAYA

26/06/2025

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ..... **iii**
TABLO LİSTESİ ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vi**
GRAFİK LİSTESİ ..... **vii**
ÖZET ..... **viii**
ABSTRACT ..... **ix**

GİRİŞ **1**
1. BÖLÜM: KAVRAM VE KAPSAM **6**
1.1. Dijital Dönüşüm 6
1.1.1. Sayısallaştırma (Digitization) 7
1.1.2. Dijitalleşme (Digitalization) 8
1.2. Dijital Ekonomi 9
1.3. Beşerî Sermaye ve İlişkili Kavramlar 11
1.3.1. Dijital İşgücü 13
1.3.2. Yeni İstihdam Biçimleri 14
1.3.3. Özellikli Bir Alan Olarak Uzaktan Çalışma 16
2. BÖLÜM: MAKİNE İMALAT SANAYİ SEKTÖRÜ VE BEŞERÎ SERMAYE İLİŞKİSİ **19**
2.1. Makine İmalat Sanayinin Yapısı ve Dönüşümü 19
2.1.1. Sektörün Doğuşu ve Gelişimi 20
2.1.2. Makine İmalat Grupları ve NACE Kodları 22
2.1.3. Makine İmalat Türleri 24
2.1.4. Türkiye'de Makine İmalat Sektörü 25
2.1.5. Makine İmalat Sanayinde Dijital Dönüşüm Süreci 38
2.1.6. Dönüşüm Sürecinde Türkiye'de Teşvik Sistemi ve Yatırımlar 40
2.2. Makine İmalat Sanayinde Beşerî Sermaye 41
2.2.1. Makine İmalat Sanayinde Çalışanların Profilleri 42
2.2.2. Makine İmalat Sanayinde Çalışma Koşulları 52

3. BÖLÜM: DİJİTALLEŞMENİN MAKİNE İMALAT SANAYİNDEKİ İŞGÜCÜ PROFİLİNE YANSIMALARI: ALAN ARAŞTIRMASI 57
3.1. Araştırmanın Amacı 57
3.2. Araştırmanın Kapsamı, Özgün Değeri ve Önemi 60
3.3. Araştırmanın Yöntemi 61
3.3.1. Araştırma Deseni 61
3.3.2. Nitel ve Nicel Soruların Oluşturulması 62
3.3.3. Pilot Çalışma 64
3.3.4. Evren ve Örneklem 65
3.3.5. Veri Toplama Süreci 70
3.3.6. Analiz Yöntemleri 73
3.4. Benzer Araştırmalar İçin Öneriler 75
3.5. Bulgular 76
3.5.1. Nitel Bulgular 77
3.5.2. Nicel Bulgular 98
3.6. Değerlendirme ve Tartışma 124

SONUÇ 144
KAYNAKÇA 155
EK 169
ÖZ GEÇMİŞ 174

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

AG : Artırılmış Gerçeklik

AI : Yapay Zekâ

AR-GE : Araştırma Geliştirme

BI : İş Zekâsı

BİT : Bilgi ve İletişim Teknolojileri

CAD : Bilgisayar Destekli Tasarım

CAM : Bilgisayar Destekli İmalat

CIE : Bilgisayarla Bütünleşik İşletme

CIM : Bilgisayarla Bütünleşik İmalat

CNC : Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrol

CRM : Müşteri İlişkileri Yönetimi

DRP : Dağıtım Kaynakları Planlama

EBA : Eğitim Bilişim Ağı

EI : Duygusal Zekâ

ERP : Kurumsal Kaynak Planlaması

GSMH : Gayri Safi Milli Hasıla

IBM : Uluslararası İş Makineleri

IoT : Nesnelerin İnterneti

IT : Enformasyon Teknolojileri

İKY : İnsan Kaynakları Yönetimi

İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği

İŞKUR : Türkiye İş Kurumu

KKD : Akıllı Kişisel Koruyucu Donanımlar

KOBİ : Küçük ve Orta Büyüklükte İşletmeler

KOBİGEL : KOBİ Gelişim Destek Programı

KOSGEB : Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı

MATLAB : Matrix Laboratory Programlama

MEB : Millî Eğitim Bakanlığı

MEK : Meslekî Eğitime Kazandırma Programı

MES : Üretim Yürütme Sistemleri

METEK III : Meslekî ve Teknik Eğitimin Kalitesinin Artırılması Operasyonu

MRP : Malzeme İhtiyaç Planlaması

MRP II : Üretim Kaynakları Planlaması

NACE : Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin Sınıflandırılması

NIST : Amerikan Ulusal Teknoloji ve Standartlar Enstitüsü

ÖBA : Öğretmen Portalı

PLC : Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

SCADA : Gözetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi

SCM : Malzeme ve Ürün Akışı Yönetimi

SEUP I : Meslekî ve Teknik Eğitim Yoluyla Toplumsal ve Ekonomik Uyum Projesi-I

SEUP II : Meslekî ve Teknik Eğitim Yoluyla Sosyal ve Ekonomik Uyum Projesi-II

SG : Sanal Gerçeklik

SL : Stereolitografi

STEM : Bilim, Teknoloji, Mühendislik Ve Matematik

TEYDEB : Teknoloji ve Yenilik Destek Programları

TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Sayısallaştırma ve Dijitalleşme Arasındaki Farklar 7
Tablo 2: Makine Sektörü Kapsamı NACE Kodları 22
Tablo 3: Makine İmalat Sektörün Alt Grupları 23
Tablo 4: Makine İmalat Sanayi İşletmesi Sayısı (Türkiye) (2020-2023) 26
Tablo 5: Makine İmalat Sanayi Girişim Sayısı (Türkiye) 26
Tablo 6: Makine İmalat Sanayi Çalışan Sayısı (Türkiye) 27
Tablo 7: Makine İmalat Sanayinde Ölçeklere Göre Çalışan Sayısı 27
Tablo 8: Makine Sanayi Üretim Değeri (Türkiye) 28
Tablo 9: Makine Sanayinin Oluşturduğu Katma Değer (Türkiye) 29
Tablo 10: Makine İmalat Kapasite Kullanım Oranı 31
Tablo 11: Makine Sanayi Cirosu (Türkiye) 31
Tablo 12: Ar-Ge Harcaması Dağılımı (2023) 32
Tablo 13: Makine İmalat Sanayinde Ar-Ge Harcaması (Türkiye) 32
Tablo 14: Makine İmalat Sanayinde Ar-Ge İnsan gücü Kişi Sayısı (Türkiye) 33
Tablo 15: Merkezi Yönetim Bütçesinden Ar-Ge Faaliyetleri İçin Ayrılan Ödenek Ve Harcamalar (Türkiye) (Milyon TL) 34
Tablo 16: Türkiye Makine Sektöründe İthalat- İhracat (Milyar Dolar) 35
Tablo 17: Türkiye'nin Makine İmalatı Sektöründe İhracat Yaptığı Ülkeler 37
Tablo 18: Türkiye'nin Makine İmalatı Sektöründe İthalat Yaptığı Ülkeler 38
Tablo 19: Deneyim ve Kıdem Yapısı 50
Tablo 20: Meslek Gruplarına Göre İşgücü Dağılımı 52
Tablo 21: İşgücü yoğun firmaların faaliyet gösterdiği alanlar (cevap sıklığına göre sıralama) 78
Tablo 22: Otomasyon yoğun firmaların faaliyet gösterdiği alanlar (cevap sıklığına göre sıralama) 78
Tablo 23: KMO ve Bartlett's Testi 99
Tablo 24: Güvenilirlik Analizi Cronbach-Alpha Değerler 100
Tablo 25: Araştırmaya Katılan Firmaların Demografik Bilgileri 101

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Nitel ve Nicel Analiz Süreçlerinin Yöntemsel Özeti 77
Şekil 2: Katılımcı Firmaların Teşvik Kullanım Alanları 82
Şekil 3: Azalacağı Düşünülen Meslekler 91

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Üretim Endeksi Yıllık Ortalama (Türkiye) 30
Grafik 2: Türkiye Makine Sektöründe İthalat- İhracat- Denge (Milyar Dolar) 36
Grafik 3: Üretim Süreci Yoğunluğu 102
Grafik 4: Endüstri 4.0 Teknolojilerin Kullanımı 103
Grafik 5: Dijital Dönüşüm Unsurları 103
Grafik 6: Üretim Hatlarında Dijital Dönüşümün En Fazla Dönüştürdüğü Süreçler ... 104
Grafik 7: Teşviklere Ulaşım Süreci 105
Grafik 8: Dijital Dönüşüm Sürecinde Kullanılan Finansman Kaynakları 106
Grafik 9: Dijital Dönüşümün Üretim Hacmine Etkisi 107
Grafik 10: Dijital Dönüşüm Sürecinde Esnek Çalışma Modeli 108
Grafik 11: Dijital Dönüşümün İstihdama Etkisi 109
Grafik 12: Dijital Dönüşüm Sürecinde Yeni Mezun Talebi 110
Grafik 13: Dijital Dönüşüm İle Artan Meslekler 111
Grafik 14: Dijital Dönüşüm ile Azalan Meslekler 112
Grafik 15: Dijital Dönüşümün Ortaya Çıkardığı Yetenek/Beceri Setleri 113
Grafik 16: Dijital Dönüşüm Sürecinde En Fazla Yatırım Yapılan Beceri Gelişim Alanları 115
Grafik 17: Çalışanların Dijital Dönüşüm Sürecine Yaklaşımı 116
Grafik 18: Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışanlara Duyulan Güven 117
Grafik 19: Dijital Dönüşümün İş Güvenliği Ve Çalışan Sağlığı Politikalarına Etkisi 118
Grafik 20: Dijital Dönüşüm Sürecinin Personelin İzin Yapısına Etkisi 119
Grafik 21: Dijital Dönüşüm Sürecinin Genel Ücret Maliyetlerine Etkisi 120
Grafik 22: Dijital Dönüşüm Sürecinin Çalışma Süresine Etkisi 121
Grafik 23: Dijital Dönüşüm Sürecinin Personelin Verimliliğine Etkisi 122
Grafik 24: Dijital Dönüşüm Sürecinin Personelin Kendilerini İlgilendiren Durumlarda Katılım Haklarına Etkisi 123

ÖZET

Başlık: İşgücü Piyasasının Dijital Dönüşümünde Beşerî Sermaye: Makine İmalat Sanayinde Bir Saha Araştırması

Yazar: Nazan ÇETİNKAYA

Danışman: Doç. Dr. Mustafa Çağlar ÖZDEMİR

Kabul Tarihi: 26/06/2025

Sayfa Sayısı: ix (ön kısım) + 168 (ana kısım) + 5 (ek)

Makine imalat sanayinde dijital dönüşüm, işgücü piyasalarında insan emeğinin robotlarla ikame edilme riskini beraberinde getirirken, aynı zamanda yeni becerilere sahip işgücüne duyulan ihtiyacı da artırmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, dijital dönüşümün makine imalat sanayinde istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürdüğünü analiz etmektir. Bu araştırmada, karma yöntem (mixed methods) yaklaşımı benimsenmiş olup nicel ve nitel yöntemler birlikte kullanılmıştır. Bu kapsamda, temsil kabiliyeti yüksek 38 orta ölçekli firmanın yetkilileriyle mülakat 60 firma yetkilisiyle de anket gerçekleştirilmiştir. Nitel araştırmadan elde edilen veriler, MAXQDA Analytics Pro 2024 programı kullanılarak nicel araştırmadan elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak belirlenen kod ve temalar çerçevesinde analiz edilmiştir.

Araştırma bulgularına göre, firmalar dijital dönüşümü hem yazılım hem de donanım boyutunda ele almakta olup, çoğunluğu herhangi bir teşvik almaksızın öz sermayeleriyle dijital yatırımlar gerçekleştirmektedir. Dijital dönüşüme yönelik yatırımların ağırlıklı olarak üretim süreçlerine yönlendirildiği görülmektedir. İş gücü istihdamı açısından, dijital dönüşümün istihdamı azaltacağı yönünde güçlü bir kanaat mevcuttur. Bununla birlikte, katılımcı firmalar yeni mezun istihdamına olumlu yaklaşmaktadır. Katılımcı firmaların tamamı, dijital dönüşümün gerektirdiği beceriler ile endüstrinin mevcut işgücü talepleri arasında belirgin bir farklılık olduğunu ifade etmiştir. Dijital dönüşüm sürecinin çalışanlara veya beşerî sermayeye olan güveni olumsuz etkilemeyeceği düşünülmektedir. İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında dijital dönüşümün geleneksel riskleri azaltacağı ancak siber güvenlik, veri toplama ve paylaşımı gibi konular nedeniyle yeni risk alanlarının ortaya çıkabileceği öngörülmektedir. Birçok firma mesleklerin tamamen ortadan kalkacağını düşünmese de dijital dönüşümden en fazla etkileneceği düşünülen meslekler arasında kaynakçılık, kalıpçılık, montaj işçiliği, makine operatörlüğü yer almaktadır. Firmaların esnek çalışma modeline sıcak bakmadığı, dijital dönüşüm sonrası işgücünde yaşanacak değişimlere karşı öncelikle mevcut yapıyı koruyarak dönüşüme uyum sağlamayı hedefledikleri tespit edilmiştir.

Son olarak, araştırmada dijital dönüşümün beşerî sermayeyi tamamlayıcı bir unsur olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beşerî Sermaye, Dijital Dönüşüm, Endüstri 4.0

ABSTRACT

Title of Thesis: Human Capital in The Digital Transformatıon of The Labor Market: A Field Study in The Machinery Manufacturing Industry

Author of Thesis: Nazan ÇETİNKAYA

Supervisor: Assoc. Prof. Mustafa Çağlar ÖZDEMİR

Accepted Date: 26/06/2025 **Number of Pages:** ix (pre text) + 168 (main body) + 5 (add)

Digital transformation in the machinery manufacturing industry brings the risk of replacing human labor with robots in labor markets while simultaneously increasing the demand for a workforce with new skills. The main objective of this study is to analyze how digital transformation has transformed the employment structure, production processes, and human capital management in the machine manufacturing industry. In this research, a mixed methods approach was adopted, combining quantitative and qualitative methods. Within this scope, interviews were conducted with 38 mid-sized companies with high representativeness, and a survey was conducted with 60 company officials. The data obtained from the qualitative research were analyzed using the MAXQDA Analytics Pro 2024 program, and the data obtained from the quantitative research were analyzed using the SPSS program within the framework of the codes and themes determined. According to the research findings, firms consider digitalization in both software and hardware dimensions, with the majority investing in digital transformation using their own capital rather than relying on incentives. It has been observed that investments in digital transformation are predominantly directed towards production processes. In terms of labor force employment, there is a strong belief that digital transformation will reduce employment. However, participating firms view the employment of recent graduates positively. All participating firms stated that there is a significant difference between the skills required by digital transformation and the current workforce demands of the industry. The digital transformation process is not expected to negatively impact confidence in employees or human capital. In the field of occupational health and safety (OHS), digitalization is anticipated to reduce traditional risks; however, it may introduce new risk areas related to cybersecurity, data collection, and data sharing.

While most firms do not believe that professions will completely disappear, welding, molding, assembly work, and machine operation are among the professions expected to be most affected by digital transformation. It has been determined that firms do not favor flexible working models and that they aim to preserve the existing structure while adapting to digital transformation.

Finally, The research concluded that digital transformation is a complementary element to human capital.

Keywords: Human Capital, Dijital Transformation, Industry 4.0

GİRİŞ

Sanayi devriminden günümüze, üretim süreçleri teknolojik gelişmelerle sürekli bir dönüşüm geçirmiştir. Özellikle dijital dönüşümün hız kazandığı bu dönemde sanayi sektörlerinde iş yapış biçimleri ve organizasyonel yapılar köklü değişimlere uğramaktadır.

Dijital dönüşüm, sadece teknolojik altyapı yatırımlarıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda firmaların rekabetçiliğini artıran, süreçlerini optimize eden ve maliyetlerini düşüren bir dönüşüm stratejisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu süreçte çalışanların bilgi, beceri ve yetkinlikleri, işletmelerin dijital dönüşümden elde edeceği faydanın belirleyici unsuru haline gelmiştir. Dijital teknolojilerin etkin bir şekilde kullanımı, makine ve yazılım yatırımlarının yanında bu teknolojileri anlayan ve yöneten nitelikli bir işgücü ile mümkündür.

Makine imalat sanayi, yüksek teknolojiye dayalı üretim süreçleri ve karmaşık üretim hatlarıyla, dijital dönüşümün en fazla hissedildiği sektörlerden biridir. Dijital dönüşümün getirdiği yeniliklerin merkezinde yer alan bu sektör, değişime uyum sağlamak adına üretim tekniklerinden işgücü profiline kadar birçok alanda yeniden yapılandırılmaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında benimsenen nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, bulut bilişim, yapay zekâ ve otonom sistemler gibi teknolojiler, sektördeki üretim verimliliğini artırmak ve küresel rekabet avantajı sağlamak amacıyla hızla uygulanmaktadır. Ancak bu teknolojilerin başarıyla entegre edilebilmesi için, beşerî sermayenin dönüşüm sürecine dahil edilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, dijital dönüşüm yalnızca teknolojik altyapı ile sınırlı kalmayıp insan-merkezli üretim anlayışı ile şekillenen Endüstri 5.0 ve yapay zekâ temelli hiper-entegrasyon süreçlerini içeren Endüstri 6.0 gibi daha ileri düzey yaklaşımlarla genişlemektedir. Böylece, beşerî sermayenin teknik uyumu yanında, üretim süreçlerinde değer yaratan bir stratejik unsur olarak konumlandırılması daha da önem kazanmaktadır.

Çalışmanın Konusu

Makine imalat sanayinde dijital dönüşüm, işgücü piyasalarında insanın robotlarla ikame edilmesi riskini beraberinde getirirken aynı zamanda yeni becerilere sahip işgücüne duyulan ihtiyacı da artırmaktadır. Çalışmada, dijital dönüşümün beşerî sermaye üzerine etkileri, makine imalat sektörü özelinde geniş bir perspektiften analiz edilmiştir. Bu

sayede Türkiye'de dijital dönüşüm sürecindeki makine imalat sanayinde istihdam edilen beşerî sermayenin uyum sağlama kapasitesi ve boşlukları ortaya konulmaktadır.

Dijital dönüşüm yalnızca teknolojik bir yatırım olmaktan öte, işgücü piyasasında yaratılan fırsat ve zorluklarla da ilişkilidir. Çalışma, sektördeki dijital dönüşüm ile beşerî sermayede meydana gelen ve gelecek olan değişimi ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecindeki durumunu gözlemleme ve sektörel düzeyde beşerî sermayenin nasıl optimize edilebileceğini anlama konusunda fırsat sağlamaktadır.

Çalışmanın Önemi

Dijital dönüşüm sanayi sektörlerinde verimlilik artışı, maliyet optimizasyonu ve küresel rekabet gücü açısından önemli fırsatlar sunarken işgücü dinamiklerini ve istihdam yapısını da önemli ölçüde değiştirmektedir. Bu süreç, bazı mesleklerin azalmasına neden olurken yeni beceri ve yetkinliklerin öne çıkmasını gerektirmektedir. Dijital dönüşümün sektörel düzeyde beşerî sermaye ile olan etkileşimini irdeleyen bu çalışma, özellikle işgücü piyasasında yaşanan dönüşümleri anlamak ve bu değişimlerin yönlerini belirlemek açısından değerli bir katkı sağlamaktadır.

Makine imalat sanayi gibi yüksek teknolojiye dayalı sektörlerde, dijital dönüşümün etkin bir şekilde yönetilmesi, beşerî sermayenin dönüşüm sürecine uygun hale getirilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda çalışma, makine imalat sanayinde dijital dönüşümün işgücü üzerindeki etkilerini ortaya koyarak, sektör için stratejik yol haritaları oluşturulmasına katkı sunması bakımından önemlidir. Ayrıca akademik literatüre sektörel düzeyde özgün bir katkı sağlaması açısından da önemlidir.

Belirli bir sektör özelinde gerçekleştirilen bu çalışma, dijital dönüşüm ile hızla dönüşen işgücünün farklı sektörlerde de yeniden yapılandırılma gerekliliğini ortaya koyarak, bu konuda farkındalık oluşturması açısından önem taşımaktadır. Böylece, hem akademik literatüre sektörel düzeyde özgün bir katkı sunarak konunun genişletilmesine ve gelecekteki araştırmalara zemin hazırlamakta hem de politika yapıcılara rehberlik etme potansiyeli taşımaktadır.

Çalışmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, dijital dönüşüm süreçlerinin Türkiye'de makine imalat sanayinin istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürdüğünü sektörel düzeyde analiz etmektir. Bu doğrultuda, dijital dönüşüm sürecine giren firmaların beşerî sermayelerini nasıl yönettikleri, çalışanlarını bu sürece

nasıl uyarladıkları ve dönüşümün sektörel düzeyde istihdam yapısı ile üretim süreçlerine ne tür etkilerde bulunduğu incelenmektedir.

Araştırma, aşağıda yer alan temel ve alt sorular etrafında yapılandırılmıştır:

- **Temel araştırma sorusu:**

Dijital dönüşüm makine imalat sanayinde istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürmektedir?

- **Alt araştırma soruları:**

1. Dijital dönüşüm, makine imalat sanayinde istihdam eğilimlerini nasıl şekillendirmektedir?
2. Beşerî sermayenin gelecekteki evrimine ilişkin sektörel öngörüler nelerdir?

Araştırmanın amacı, bu dönüşümün yanında gelecekteki işgücü ihtiyaçlarını belirlemek ve dijital dönüşüm sürecinde firmaların stratejik kararlarını yönlendirebilecek kapsamlı bir çerçeve ortaya koymaktır. Bu çerçevede her bir alt araştırma sorusu, çalışmanın hedefleri doğrultusunda detaylı biçimde yanıtlanmakta; ulaşılan bulgular, temel araştırma sorusunun derinlemesine analizini mümkün kılmaktadır.

Çalışma, Türkiye'de makine imalat sanayinin dijital dönüşüm kapasitesini değerlendirme, sektördeki beşerî sermaye stratejilerini yeniden düşünme ve rekabet gücünü sürdürülebilir biçimde artırma yönünde katkı sunmayı hedeflemektedir.

Çalışmanın Yöntemi

Bu araştırmada, karma yöntem (mixed methods) yaklaşımı benimsenmiş olup nitel ve nicel yöntemler birlikte kullanılmıştır. Karma yöntemin tercih edilmesinin temel nedeni, dijital dönüşüm sürecinin işgücü üzerindeki etkilerini çok boyutlu ve kapsamlı bir şekilde analiz etmek ve genellenebilir bulgular ile derinlemesine bilgiler elde edebilmektir.

Araştırma, keşfedici sıralı desen (Exploratory Sequential Mixed Methods Design) çerçevesinde yapılandırılmıştır. Öncelikle araştırma soruları kapsamında detaylı bilgilere ulaşabilmek için nitel veriler toplanmıştır. Ardından nicel araştırma ile sektör genelindeki eğilimler ortaya konulmuştur. Nitel aşamada Sakarya, Kocaeli ve Bursa illerinde dijital dönüşüm sürecini yöneten 38 yönetici, Ar-Ge uzmanı ve insan kaynakları yöneticileriyle yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler yapılmıştır. Nicel aşamada sektör genelinde ulaşılabilen farklı ölçeklerde 60 firma ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sürecinde şu aşamalar izlenmiştir:

- Nitel veri toplama aşaması: Sektör temsilcileriyle yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir.
- Nicel veri toplama aşaması: Makine imalat sanayinde faaliyet gösteren firmalara uygulanan anket ile dijital dönüşüm seviyeleri, çalışan becerileri ve istihdam eğilimleri, nitel verilerden elde edilen bulgularla ilişkilendirilerek analiz edilmiştir.
- Veri analizi: Nitel veriler MaxQDA Analytics Pro 2024 aracılığıyla tematik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Nicel veriler SPSS Statistics IBM 22.0 kullanılarak betimsel ve istatistiksel analizlerle çözümlenmiştir.
- Geçerlik ve güvenirlik: Veri toplama araçları, literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda geliştirilmiş, pilot uygulamalarla test edilerek revize edilmiştir.

Kullanılan karma yöntem yaklaşımı, dijital dönüşümün sektörel düzeydeki etkilerini hem veriye dayalı hem de derinlemesine analizlerle bütüncül biçimde değerlendirmeyi mümkün kılmış, böylece çalışmanın akademik ve pratik değeri güçlendirilmiştir.

Çalışmanın Yapısı

Bu çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölüm, çalışmanın teorik çerçevesini oluşturmak amacıyla dijital dönüşüm, Endüstri 4.0 ve beşerî sermaye kavramlarını ele almaktadır. Bu bağlamda, Endüstri 5.0 ve 6.0 gibi yeni kuşak sanayi yaklaşımlarına da kısaca değinilerek, dijital dönüşümün insan-merkezli ve yapay zekâ temelli evrimi ortaya konulmaktadır. Bölümün amacı, bilinen kavramları tekrar etmekten çok okuyucunun çalışmada kullanılan temel kavramları ortak bir anlayış çerçevesinde kavrayabilmesini sağlamaktır.

İkinci bölüm, makine imalat sanayi ile beşerî sermaye arasındaki ilişkiyi sektörel bağlamda ortaya koyarak araştırma için kuramsal ve yapısal bir zemin hazırlamaktadır. Bu bölümde, sektörün tarihsel gelişimi, alt kırılım yapısı, dijital dönüşüm süreci ve Türkiye'deki teşvik mekanizmaları ayrıntılı biçimde ele alınmış, beşerî sermaye profilleri, çalışma koşulları ve istihdam yapıları üzerinden sektördeki insan kaynağına dair kapsamlı bir değerlendirme sunulmuştur.

Üçüncü bölüm, çalışmanın saha araştırmasına ayrılmış olup araştırmanın amacı, kapsamı, yöntemi ve veri toplama süreci detaylı biçimde sunulmuştur. Ayrıca bu bölümde, makine imalat sanayinde dijital dönüşümün işgücü profiline etkileri hem nitel hem de nicel bulgular ışığında analiz edilmiş, sektöre özgü eğilimler, direnç noktaları ve geleceğe dönük öngörüler sistematik biçimde ortaya konmuştur.

Araştırma sorularının tümü, değerlendirme ve tartışma kısmında ulaşılan bulgular temelinde kapsamlı biçimde yanıtlanmış, böylece çalışma, amaçladığı kuramsal ve uygulamalı katkıları ortaya koyarak tamamlanmıştır.

1. BÖLÜM: KAVRAM VE KAPSAM

Dijital dönüşüm, işletmelerin rekabet gücünü artıran, iş yapış şekillerini kökten değiştiren ve beşerî sermayenin niteliğini yeniden şekillendiren bir süreçtir. Dijital dönüşüm, üretimden hizmet sektörüne kadar birçok alanda iş süreçlerini dönüştürürken çalışanların sahip olması gereken becerileri de değiştirmektedir. Dijital dönüşüm ve beşerî sermaye ilişkisinin incelendiği bu çalışmada kullanılan kavramlar, okuyucuyla ortak bir tanım algısına ulaşabilmek için bu bölüm içinde tanıtılmıştır.

1.1.Dijital Dönüşüm

Dijital dönüşüm, teknolojik bir değişim süreci ile örgütlerin şekillendiği, çok katmanlı bir dönüşüm sürecidir (Brennen & Kreiss, 2016). Bu sürecin doğru anlaşılabilmesi için temel kavramların, özellikle sayısallaştırma (digitization) ve dijitalleşme (digitalization) arasındaki farkın açık biçimde ortaya konulması gereklidir.

Sayısallaştırma, analog verilerin dijital formata dönüştürülmesi sürecini ifade etmektedir. Bu bağlamda sayısallaştırma, dijital dönüşümün ilk ve temel aşamasını oluşturmaktadır. Örneğin, kâğıt belgelerin taranarak dijital hale getirilmesi ya da analog sinyallerin dijital sinyallere çevrilmesi gibi işlemler bu kapsamda değerlendirilir (Tilson, Lyytinen & Sørensen, 2010). Ancak bu süreç, başlı başına iş yapış biçimlerini değiştirmez; yalnızca verinin biçimini dönüştürmektedir.

Dijitalleşme ise, dijital teknolojilerin organizasyonel süreçlere entegrasyonu yoluyla iş yapma biçimlerinin, karar alma mekanizmalarının ve hizmet sunum modellerinin yeniden yapılandırılmasını kapsamaktadır (Legner vb., 2017). Örneğin, müşteri ilişkilerinin CRM yazılımları aracılığıyla yönetilmesi veya üretim süreçlerinin dijital sistemlerle optimize edilmesi dijitalleşmenin kapsamına girer. Dolayısıyla dijitalleşme, sayısallaştırmadan farklı olarak, dijital teknolojilerin organizasyonel yapılar üzerinde dönüştürücü etkisini içermektedir.

Tablo 1'de dijital dönüşüm kapsamında yer alan sayısallaştırma ve dijitalleşme arasındaki farklar yer almaktadır.

Kriter	Sayısallaştırma (Digitization)	Dijitalleşme (Digitalization)
Kapsam	Dar kapsamlı, teknik	Geniş kapsamlı, stratejik
Odak	Fizikselden dijitale dönüşüm	Süreçlerin, iş modellerinin dijital dönüşümü
Sonuç	İçeriğin dijital ortama aktarılması	Verimlilik artışı, iş süreçlerinin dönüşümü
Etki	Sınırlı, içerik odaklı	İş modeli, operasyon ve süreçlerde derin dönüşüm
Örnek	Kâğıt belgenin PDF olması	E-Devlet uygulamasıyla süreçlerin dijitalleşmesi

Tablo 1: Sayısallaştırma ve Dijitalleşme Arasındaki Farklar

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Dijital dönüşüm (digital transformation) ise, bu iki sürecin ötesinde daha derin bir yapısal değişimi ifade eder. Bu aşama, yalnızca süreçlerin dijitalleştirilmesiyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda yeni iş modellerinin, müşteri deneyimlerinin ve değer yaratma biçimlerinin ortaya çıkmasına neden olur (Vial, 2019). Başka bir ifadeyle dijital dönüşüm, teknolojik araçların stratejik hedeflerle bütünleştiği bir dönüşüm paradigmasıdır. Bu noktada Westerman, Bonnet ve McAfee (2014), dijital dönüşümün teknoloji yatırımı ile liderlik, vizyon ve organizasyonel kültür değişimini gerektiren kapsamlı bir yeniden yapılanma olduğunu vurgulamaktadır.

Bu kavramsal ayrım, dijital dönüşüm süreçlerinin yönetilmesinde önemlidir. Zira yalnızca sayısallaştırma ile sınırlı kalan kurumlar, dijitalleşmenin sağladığı rekabet avantajlarından faydalanamazlar. Aynı şekilde dijitalleşmeyi uygulayan ancak bunu stratejik bir dönüşüm süreci ile entegre etmeyen organizasyonlar, sürdürülebilir bir dijital dönüşüm elde edemezler (Bharadwaj vd., 2013).

Kamu, özel sektör ve akademik çevreler arasında bu kavramların sıklıkla birbirinin yerine kullanılması, dijital dönüşüm projelerinin etkili bir şekilde planlanamamasına yol açmaktadır. Bu nedenle kavramların analitik olarak ayrıştırılması, dijital stratejilerin başarısı açısından önem arz etmektedir (Henriette, Feki & Boughzala, 2016).

1.1.1.Sayısallaştırma (Digitization)

İngilizce bir terim olan "digitization" Türkçeye "sayısallaştırma" olarak çevrilir ve analog biçimde var olan bilgilerin, fiziksel nesnelerin veya niteliklerin dijital ortama aktarılması

anlamına gelmektedir. Bu süreç, fiziksel veya analog verilerin 0 ve 1'ler şeklinde kodlanarak dijital formata dönüştürülmesini kapsamaktadır. Böylece veriler dijital platformlarda işlenebilir, depolanabilir ve aktarılabilir hale gelmektedir (Sezen & Şenaras, 2022).

Sayısallaştırma farklı alanlarda uygulanabilir; örneğin, eski kitapların taranıp dijital kopyalarının oluşturulması, basılı belgelerin dijital dosyalara dönüştürülmesi veya analog ses kayıtlarının dijital ses dosyalarına çevrilmesi gibidir. Bu dönüşüm, bilginin erişilebilirliğini, paylaşılabilirliğini ve depolanabilirliğini artırmaktadır (Bogush, 2021).

Sayısallaştırmanın başlıca faydaları arasında veri kaybı riskinin azalması, bilgilere erişim ve paylaşım kolaylığı, fiziksel depolama alanı ihtiyacının düşmesi ve veri işleme hızının artması yer almaktadır. Ayrıca, iş süreçlerini geliştirerek hata oranlarını azaltır ve genel verimliliği yükseltmektedir (Vial, 2019). Ancak sayısallaştırma, uygun ekipman ve yazılımlar gerektiren bir süreçtir ve doğru uygulanmadığında veri kalitesinde kayıplar ortaya çıkabilmektedir (Khan vd., 2015).

1.1.2. Dijitalleşme (Digitalization)

Dijitalleşme, dijital ortama aktarılan verilerden ve bu ortamın sağladığı teknolojilerden faydalanarak iş süreçlerini etkinleştirme ve iyileştirme anlamına gelmektedir. Bu süreçte işletmeler, operasyonel verimliliklerini artırmak, müşteri deneyimlerini geliştirmek ve rekabet avantajı elde etmek için dijital araçları ve teknolojileri entegre etmektedir (Bogush, 2021). Gartner'a göre dijitalleşme, "iş modellerini dönüştürmek ve yeni gelir kaynakları yaratmak için dijital teknolojilerin kullanımıdır" (Gartner, akt. Bogush, 2021). Burada sayısallaştırma (digitization) analoğun dijitale dönüşümüyken, dijitalleşme bu dijital verilerin anlamlı şekilde kullanılmasını ifade eder ve sayısallaştırma olmadan dijitalleşmenin gerçekleşmesi mümkün değildir (Vial, 2019).

OECD (2017), dijitalleşmenin nesne, görüntü, ses veya belgelerin dijital kodlama ile temsil edilmesini kapsadığını ve bu verilerin dijital ortamda depolanması, işlenmesi ve iletilmesini sağladığını belirtmektedir. Dijitalleşme üretimden hizmet sektörüne birçok alanda derin dönüşümler oluşturmakta, iş modellerini değiştirmekte, meslek tanımlarını dönüştürmekte ve otomasyon ve robotlaşmanın yaygınlaşmasıyla çalışma hayatında insansızlaşmayı artırmaktadır (Muro vd., 2017).

Dijitalleşmenin iş yaşamında sağladığı başlıca avantajlar arasında operasyonel verimlilik artışı, hızlı ve doğru karar alma kapasitesi, maliyet tasarrufu, esneklik, adaptasyon

yeteneği ve geliştirilmiş müşteri deneyimi yer almaktadır (Khan vd., 2015). Aynı zamanda toplumsal alanda dijital teknolojilerin yaygın kullanımıyla verimlilik, erişilebilirlik ve yenilikçi çözümler sunulmaktadır.

Dijitalleşme (digitalization) kavramı ile dijital dönüşüm (digital transformation) sıklıkla eş anlamlı kullanılsa da dijital dönüşüm daha geniş ve stratejik kapsamda bir dönüşüme işaret etmektedir. Dijitalleşme; işletme fonksiyonları, müşteri ilişkileri, pazarlama süreçleri ve akıllı üretim gibi alanlarda dijital ve fiziksel yapıların birleştiği karma modeller yaratmaktadır. Dijitalleşmenin temelinde verilerin dijital ortama aktarılması (digitization) bulunur ancak süreç bundan daha ileri anlamlar taşır ve büyük veri analizlerini kapsamaktadır (Sezen & Şenaras, 2022).

Dijitalleşme, üretimden müşteri ilişkilerine, ürün tasarımından lojistiğe kadar geniş bir alanda bilgi sağlama ve süreç optimizasyonu imkânları sağlamaktadır. Örneğin, ürünlerin dijital ortamda tasarlanması, bileşenlerinin sanal olarak üretilmesi ve müşterilerle sürekli etkileşim halinde kalınması gibi süreçler dijitalleşmenin kapsamındadır. Dijital teknolojiler aynı zamanda enerji, ulaşım, sürdürülebilirlik ve ölçeklenebilirlik konularında analitik yetenekleri geliştirerek daha iyi karar alma süreçlerini desteklemektedir (Gray & Rumpe, 2015).

1.2.Dijital Ekonomi

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki (BİT) hızlı gelişmeler ve internetin yaygın kullanımı, ekonomi ve toplumda önemli dönüşümlere neden olarak dijital ekonominin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Literatürde bu süreç, internet çağı, bilgi teknolojisi devrimi, enformasyon ekonomisi, ağ ekonomisi, bilgi ekonomisi, ağırlıksız ekonomi ve yeni ekonomi gibi çeşitli terimlerle ifade edilmektedir. Dijital ekonomi terimi genellikle elektronik ticaret (e-ticaret) ile eş anlamlı kullanılsa da dijital ekonomi e-ticareti kapsayan daha geniş bir üst kavramdır (Artar, 2019).

Dijital ekonomi kavramının ilk defa Don Tapscott tarafından "Dijital Ekonomi: Ağ Zekâsı Çağında Umut ve Tehlike" (The Digital Economy: Promise and Peril in The Age of Networked Intelligence, 1996) adlı kitabında ortaya konulduğu kabul edilmektedir. Tapscott (2015), dijital ekonomiyi; dijitalleşme, bilgi, sanallaştırma, ağlar arası iletişim, yenilik ve küreselleşme gibi unsurlarla açıklamıştır. OECD (2015) ise dijital ekonomiyi, bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) iş süreçlerini ve ekonomik sektörleri dönüştürme

gücü üzerinden tanımlamakta ve ekonomik yapıların dijital teknolojiler aracılığıyla köklü biçimde değiştiğini vurgulamaktadır.

Dijital teknolojilerin ekonomiye entegrasyonu, istihdam konusunda endişeleri beraberinde getirse de tarihsel olarak teknolojik yeniliklerin her zaman yeni iş fırsatları oluşturduğu gözlenmektedir. Dijitalleşme ve BİT'in yaygınlaşması, bazı rutin işlerin ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Ancak yeni dijital ürün ve hizmetlerin ortaya çıkmasına ve yeni istihdam alanlarının oluşmasına da zemin hazırlamaktadır. Bu süreç, doğru yönetildiğinde eğitim ve yeniden eğitim politikalarıyla desteklenerek, tüm toplumun dijital dönüşümden yararlanması sağlanabilir (OECD, 2016).

Dijital ekonominin sağladığı fırsatlar, geleneksel pazarlara erişimi genişletmiştir. Mobil cihazların ve internet bağlantısının yaygınlaşmasıyla, küçük işletmeler ve serbest meslek sahipleri bile küresel pazarlara ulaşabilir hale gelmiştir. Dijital platformlar, geleneksel perakende ve dağıtım kanallarının kısıtlamalarını aşarak daha geniş müşteri kitlelerine ulaşmayı mümkün kılmaktadır. Örneğin, küçük işletmeler çevrimiçi platformlar üzerinden ürün ve hizmetlerini dünya çapındaki müşterilere sunabilmektedir (Frey & Osborne, 2017).

Ayrıca dijital ekonominin önemli unsurlarından biri, internet ve dijital platformlar sayesinde ortaya çıkan "hız" ve "anındalık"tır. İnternet bankacılığı, e-devlet hizmetleri, çevrimiçi sağlık ve eğitim gibi alanlarda eş zamanlı ve etkin hizmet sunumu mümkün hale gelmiştir (Tapscott, 2015).

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler kamu yönetimi, sağlık, eğitim ve araştırma gibi sektörlerde önemli dönüşümler sağlamaktadır. BİT uygulamaları, kamu yönetiminde şeffaflık ve katılımcılığı artırırken, sağlık ve eğitim hizmetlerinde kaynakların etkin kullanımını ve hizmetlere erişimin kolaylaşmasını sağlamaktadır (OECD, 2016).

Dijital ekonomiyle birlikte gerçekleşen teknolojik değişimler, Joseph Schumpeter'in tanımladığı gibi yaratıcı yıkımla birlikte ilerlemektedir. Bu değişimler, ekonomik ve toplumsal yapılarda derin etkiler yaratmakta, yeni fırsatlar sunarken, eski iş modellerini de ortadan kaldırabilmektedir. Dijital çağ, önceki teknolojik devrimlerden daha hızlı gelişerek iş ve yaşam biçimlerini temelden değiştirmekte, makroekonomik istikrar ve toplumsal eşitlik açısından riskler de doğurmaktadır. Bu risklerin azaltılması ve dijital dönüşümün avantajlarından herkesin yararlanması için uygun politika önlemleri gereklidir (Frey & Osborne, 2017).

1.3.Beşerî Sermaye ve İlişkili Kavramlar

Beşerî sermaye kavramı ilk kez biçimsel olarak Irving Fisher tarafından 1897'de kullanılmıştır ancak ekonomi literatüründe geniş kabul görmesi ve popülerleşmesi 1950'lerin sonlarından itibaren gerçekleşmiştir (Goldin, 2016). Kavramın sistematik teorik çerçeveye oturtulması 1960'lı yıllarda Theodore Schultz, Jacob Mincer, Milton Friedman, Sherwin Rosen ve özellikle Chicago Üniversitesi çevresindeki akademisyenlerin öncülüğü ile başlamıştır. Bu dönemde gerçekleşen gelişmeler literatürde "insan sermayesi devrimi" olarak adlandırılmıştır (Becker, 1993).

Oxford İngilizce Sözlüğü'ne göre beşerî sermaye; işgücünün sahip olduğu, ekonomik değer yaratabilen bilgi, beceri, yetenek ve sağlık gibi niteliklerin toplamıdır (Goldin, 2016). Benzer şekilde Lamotte (2012), insan sermayesini bireylerin doğuştan sahip oldukları veya eğitim ve deneyim yoluyla edindikleri, üretkenliklerini artıran her türlü yetkinlik, sosyal ve kişilik özellikleri olarak tanımlamaktadır.

Becker (1993)' a göre beşerî sermaye bireylerin bilgi, beceri, yetenek ve sağlık gibi niteliksel özelliklerini içeren bir kavramdır. Becker, beşerî sermayeyi, bireylerin üretkenliğini artıran ve ekonomik değer taşıyan bilgi ve yetkinliklerin birikimi olarak tanımlamaktadır. Ona göre, eğitim, öğretim, işbaşı deneyimi ve sağlık gibi unsurlar, bireyin ekonomik performansını doğrudan etkileyen yatırımlar olarak değerlendirilir. Becker'in 1964 tarihli Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education adlı eserinde, beşerî sermaye yatırımları, fiziksel sermaye yatırımlarına benzer şekilde ekonomik getiriler sağlamaktadır. Bu yaklaşımla Becker, bireylerin eğitime ve beceri kazanmaya yaptıkları harcamaları, gelecekteki gelir artışlarıyla açıklamaya çalışmaktadır. Dolayısıyla beşerî sermaye, yalnızca bireysel refahı artırmakla kalmamakta aynı zamanda makro düzeyde ekonomik büyümeye ve verimliliğe de katkıda bulunmaktadır.

Beşerî sermayenin bileşenleri ekonomik literatürde beş temel kategoride ele alınmaktadır (Lamotte, 2012):

- Doğuştan Gelen Yetenekler: Bireylerin doğumla sahip olduğu, ekonomik değer yaratmada etkili olan doğal yetenek ve özelliklerdir.
- Örgün ve Yaygın Eğitim: Örgün eğitim, bireylerin okul ortamında aldıkları teorik ve temel bilgileri ifade ederken; yaygın eğitim ise yaşam boyu öğrenme süreçlerini ve kariyer gelişimini destekleyen sürekli eğitim olanaklarını kapsamaktadır.

• Okul Kalitesi ve Okul Dışı Yatırımlar*:* Eğitim kurumlarının kalitesi ve bireylerin aile, sosyal çevre ve akran grupları tarafından desteklenen öğrenme ortamları, insan sermayesi birikimini doğrudan etkilemektedir.

• İş Başında Eğitim: İş hayatına girdikten sonra elde edilen, sektöre veya belirli teknolojilere yönelik beceriler ve uygulamalı bilgiler, işgücünün adaptasyonunu ve üretkenliğini artırmaktadır.

• İşgücü Piyasası Öncesi Etkiler: Çocukların ve gençlerin bilgi, değer, tutum ve alışkanlıklarının aileleri ve yakın çevreleri tarafından şekillenmesi, gelecekteki iş performanslarını ve üretkenliklerini doğrudan etkilemektedir.

Günümüzde beşerî sermayenin geliştirilmesi için erken dönem yatırımları giderek daha önemli hale gelmektedir. Dünya Bankası (2019), erken yaşlarda sağlık, beslenme ve eğitim yatırımlarının, bireylerin yaşamları boyunca üretkenliklerini ve ekonomik başarılarını belirleyen önemli unsurlar olduğunu belirtmektedir. Ayrıca erken yaşta yapılan yatırımlar, özellikle dezavantajlı gruplar için uzun vadeli fırsat eşitliğinin sağlanmasında önemlidir.

Beşerî sermaye yatırımlarının ekonomik ve toplumsal gelişime katkıları üç temel başlık altında toplanabilir:

• İşyerinde Eğitim ve Öğrenme: İş yerlerinde sunulan eğitimler, çalışanların değişen piyasa koşullarına adaptasyonunu sağlayarak üretkenliği artırır. İş başında eğitim, çalışanların gelir seviyelerinde belirgin artış yaratır ve işletmelerin genel rekabet gücünü desteklemektedir (Becker, 1993; Krasniqi & Topxhiu, 2016).

• Örgün ve Yaygın Eğitim: Eğitim seviyesinin yükseltilmesi, bireylerin daha yüksek gelir ve daha güvenli iş fırsatlarına ulaşmasını sağlamaktadır. Becker'e göre okullar teorik ve genel eğitim sağlarken, işletmeler ise pratik ve uygulamalı eğitim sunarak bireylerin üretkenliğini tamamlamaktadır. Bu iki eğitim biçimi birbirini destekleyerek bireylerin ekonomik başarılarını artırmaktadır (Becker, 1993; Krasniqi & Topxhiu, 2016).

• Üretkenlik ve Gelir Artışı: Eğitim ve beceri geliştirme yatırımları bireylerin gelir potansiyellerini artırarak ekonomik büyümeye doğrudan katkı sağlamaktadır. Özellikle karmaşık problem çözme yetkinlikleri gibi becerilerin geliştirilmesi, bireylerin ve toplumların ekonomik başarılarını belirgin biçimde etkilemektedir (World Bank Group, 2019).

İnsan sermayesinin geliştirilmesi ekonomik büyüme ve toplumsal refah için vazgeçilmez

bir ön koşuldur. Hükümetler ve işletmeler tarafından eğitim, sağlık ve beceri geliştirme gibi alanlarda yapılan yatırımlar, sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın temellerini oluşturmakta ve toplumların geleceğe uyum yeteneğini artırmaktadır (Lamotte, 2012; Krasniqi & Topxhiu, 2016; World Bank Group, 2019).

1.3.1. Dijital İşgücü

Dijital işgücü (veya dijital emek), dijital teknolojilerin yoğun biçimde kullanılmasıyla ortaya çıkan yeni bir emek biçimidir. Bu kavram, çevrimiçi platformlar aracılığıyla içerik üreten kullanıcıların ücretsiz emeği anlamına gelebileceği gibi (dijital emek), veri analizi, yapay zekâ, otomasyon gibi dijital araçları profesyonel olarak kullanan çalışanların gerçekleştirdiği işleri de kapsamaktadır. Bu nedenle dijital emek, dijital ortamda gerçekleşen tüm üretim faaliyetlerini kapsayan geniş bir kavramdır (Brynjolfsson & McAfee, 2011; Miçooğulları, 2018).

Dijital işgücü, özellikle dijital dönüşümün ve bilgi ekonomisinin yaygınlaşmasıyla ortaya çıkan iş süreçlerindeki nitel ve nicel dönüşümleri tanımlamaktadır. Bu kavram, geleneksel üretim süreçlerinden farklı olarak fiziksel mekân bağımlılığının azalması, merkezsizleşme ve dijital platformlar üzerinden gerçekleşen üretim faaliyetlerini içermektedir. Bu durum, Fordist üretim modelinin üretim bandı anlayışından, standartlaşmamış ve mekândan bağımsız dijital üretim süreçlerine doğru önemli bir geçişe neden olmuştur. Facebook, Twitter gibi sosyal medya araçları, yalnızca iletişim platformu olmaktan çıkmış, kullanıcılar tarafından oluşturulan içeriklerle ekonomik değer üreten üretim araçlarına dönüşmüştür. Bu süreçte sosyal medya platformları kullanıcıların dijital emeklerini merkezsiz biçimde kullanarak, kâr üreten sistemlere dönüşmektedir (Miçooğulları, 2018).

Dijital teknolojilerin yaygınlaşması, işgücü piyasasını derinden etkilemektedir. Brynjolfsson ve McAfee (2011), dijital teknolojilerin önceki teknolojik devrimlere göre çok daha hızlı biçimde emek tasarrufu sağladığını ve uzun vadede insan emeğinin önemli ölçüde yerini alacağını öne sürmektedir. Buna karşılık, ekonomik tarihte benzer tahminlerin sıkça yapıldığı ancak gerçekleşmediği göz önünde bulundurulmalıdır (OECD, 2016).

Dijital dönüşümle beraber otomasyon ve makineleşmenin yaygınlaşması bazı rutin işleri ortadan kaldırırken, aynı zamanda yeni iş türlerini ve farklı beceri setlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu yeni iş türleri genellikle dijital teknolojilerin ortaya çıkardığı yeni

sektörler veya mevcut sektörlerdeki dönüşümlerle ilişkilidir. Dolayısıyla, dijital işgücü, sürekli değişen iş piyasası koşullarına uyum sağlayabilen, ileri düzeyde teknik ve analitik becerilere sahip çalışanlardan oluşmaktadır (Spiezia, 2017).

İşgücü piyasasındaki bu dönüşüm sürecini yönetmek, bireylerin beceri setlerini yenilemeleri ve yeni teknolojilere uyum sağlamalarıyla mümkündür. Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2020), işçilerin değişime uyum sağlayabilmesi için eğitim, yeniden eğitim ve kariyer danışmanlığı gibi politika önlemlerinin önemli olduğunu belirtmektedir. Bu önlemler, dijital dönüşümün yaratabileceği olumsuz etkileri azaltırken, ortaya çıkan yeni iş fırsatlarının değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır.

Dijital dönüşüm ve otomasyonun ekonomik etkileri karmaşıktır. Bir taraftan emek tasarrufu sağlayarak bazı rutin işleri azaltırken, diğer yandan da daha yüksek üretkenlik sağlayarak ürünlerin maliyetini düşürmekte ve talebi artırmaktadır. Bu durum, yeni pazarların oluşmasına, yeni ürün ve hizmetlerin ortaya çıkmasına ve dolayısıyla yeni istihdam olanaklarının yaratılmasına olanak tanımaktadır. Ancak dijital dönüşümün yarattığı işgücü dönüşümünün etkili biçimde yönetilmesi, ekonomik kalkınma açısından öneme sahiptir (OECD, 2016; Spiezia, 2017).

Dijital işgücü kavramı, dijital dönüşümün ekonomik yapıyı dönüştürmesi sonucu ortaya çıkan, hem profesyonel çalışanların dijital araçları etkin kullanması hem de kullanıcıların platformlarda ürettikleri ücretsiz içerikler aracılığıyla şekillenmiştir. Bu süreçteki en temel zorluk, dijital teknolojilerin işgücü piyasasındaki dönüştürücü etkilerini etkin biçimde yönetmek ve beşerî sermayeyi bu dönüşüme hazır hale getirmektir (Brynjolfsson & McAfee, 2011; Miçooğulları, 2018; Küçük, 2021).

1.3.2. Yeni İstihdam Biçimleri

Teknolojik gelişmeler, küreselleşme ve dijital dönüşümün etkisiyle işgücü piyasasının ihtiyaçları hızla değişmiş, geleneksel tam zamanlı ve uzun vadeli iş ilişkilerinin yerini daha esnek ve yenilikçi istihdam biçimleri almıştır. Özellikle sanayi ve hizmet sektörlerinde sürdürülebilirliği azalan klasik çalışma modelleri, şirketleri geçici, serbest veya proje bazlı iş sözleşmelerine yönlendirmiştir. Bu süreçte çalışma saatleri, iş sözleşmeleri, işveren-çalışan ilişkileri ve iş mekânları önemli ölçüde değişikliğe uğramıştır. COVID-19 pandemisi bu dönüşümü hızlandırarak dijital platformlar üzerinden çalışma, evden çalışma (home office), hibrit çalışma, serbest çalışma (freelance) gibi modellerin yaygınlaşmasını sağlamıştır (Şakar & Şahin, 2021).

Yeni istihdam biçimleri, işgücü piyasasında esneklik oluşturan ve klasik çalışma düzenlerinden farklılaşan çeşitli uygulamaları ifade etmektedir. Bu biçimler, ya işveren-çalışan ilişkisinin yapısı açısından ya da çalışma süreleri, mekân ve BİT kullanımı gibi çalışma yöntemleri açısından geleneksel istihdamdan ayrılmaktadır. Eurofound (2020) bu yeni biçimleri dokuz temel kategoriye ayırmıştır:

- Çalışan paylaşımı (Employee sharing): Birden fazla işverenin çalışanları ortak şekilde istihdam ederek iş güvencesi sağladığı, kriz dönemlerinde istihdamı korumaya yardımcı olan ve şirketlerin insan kaynağı ihtiyaçlarını esnek biçimde karşıladığı bir modeldir.
- İş paylaşımı (Job sharing): Tek bir tam zamanlı iş pozisyonunun birden fazla çalışan tarafından paylaşılmasıdır. Bu uygulama sürekli personel temini sağlayarak yarı zamanlı çalışma düzeni oluşturur. İş paylaşımı, çalışma paylaşımından farklıdır; çalışma paylaşımı kısa vadeli olarak çalışma saatlerinin azaltılmasını ifade etmektedir (Messenger & Ghosheh, 2013).
- Kupon bazlı çalışma (Voucher-based work): İş ilişkileri ve ödemeler, doğrudan sözleşmeler yerine kamu kurumları gibi üçüncü taraflardan sağlanan kuponlarla gerçekleştirilir. Bu model, genellikle işverenlere, özellikle tarım sektöründe esneklik sağlar ve işçi ile serbest meslek statüsü arasında bir çalışma biçimi oluşturur.
- Geçici yönetim (Interim management): Şirketlerin belirli sorunlarını çözmek üzere, sınırlı süre için yüksek nitelikli uzmanların istihdam edilmesidir. Bu uzmanlar çoğunlukla çalışan statüsünde olmakla birlikte, bazı durumlarda serbest çalışan olarak da görev yapabilir.
- Gündelik çalışma (Casual work): İşverenin düzenli istihdam yükümlülüğünün olmadığı, ihtiyaç duyulduğunda çalışanı çağırabildiği, istikrar ve süreklilik içermeyen çalışma biçimidir.
- BİT tabanlı mobil çalışma (ICT-based mobile work): Dijital araçların kullanımıyla çalışanların uzaktan ya da mobil ortamlarda çalışabilmesini ifade eden istihdam biçimidir. Bu model, teknolojik gelişmelerle birlikte işgücü piyasasında en hızlı yayılan çalışma türlerinden biridir.
- Platform çalışması (Platform work): İş gücü arzı ve talebinin dijital platformlar veya mobil uygulamalar üzerinden eşleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu modelde çalışanların çoğu bağımsız veya serbest meslek sahibi statüsündedir ve istihdam ilişkisi net değildir (Nordic Co-operation, 2020).

• Portföy çalışması (Portfolio work): Serbest çalışanların, kendi hesabına çalışanların veya mikro işletmelerin birden fazla müşteri için küçük ölçekli sözleşmeli işleri yürüttüğü istihdam biçimidir. Bu modelde çalışanlar tek bir işverene bağımlı değildir ve işler genellikle proje bazlıdır (Erdoğan & Yücel, 2017).

• İş birliğine dayalı çalışma (Collaborative employment): Serbest çalışanlar arasındaki ağ ve iş birliklerini ifade etmektedir. Geleneksel iş ortaklığı veya tedarik zinciri ilişkilerinin ötesinde daha dinamik ve iş birliğine açık bir modeldir.

Yeni istihdam biçimleri, çalışanlara ve işverenlere sağladığı avantajların yanında, güvencesizlik ve sosyal hak kaybı gibi bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, standart dışı çalışma modellerinde çalışanların sosyal güvenlik haklarının korunması, iş güvencesi ve çalışma koşullarının iyileştirilmesine yönelik politika ve düzenlemelerin geliştirilmesi önem taşımaktadır (ILO, 2004).

1.3.3. Özellikli Bir Alan Olarak Uzaktan Çalışma

İş dünyasındaki değişimler, özellikle dijital dönüşüm, küreselleşme ve teknolojik ilerlemeler, geleneksel çalışma modellerini dönüştürerek uzaktan çalışma gibi esnek çalışma modellerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Demircioğlu & Engin, 2002). Türkiye'de uzaktan çalışma ilk kez 2016 yılında, 6715 Sayılı Kanun ile Türkiye İş Kurumu Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun kapsamında yasal olarak tanımlanmıştır. Ancak başlangıçta sınırlı sektörlerde uygulanmış ve geniş bir kullanım alanına sahip olmamıştır (Şakar & Şahin, 2021). COVID-19 pandemisi ile ise bu istihdam modelinin yaygınlığı önemli ölçüde artmıştır.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından uzaktan çalışma, işin tamamının veya bir kısmının alışılmış iş yerinden farklı bir yerde yapılması olarak tanımlanmaktadır (ILO, 2020b). Türkiye 4857 Sayılı İş Kanunu'nun 14. maddesinde ise uzaktan çalışma, "İşçinin, işveren tarafından oluşturulan iş organizasyonu kapsamında iş görme edimini evinde ya da teknolojik iletişim araçları ile işyeri dışında yerine getirmesi esasına dayalı ve yazılı olarak kurulan iş ilişkisi" şeklinde belirtilmiştir.

Uzaktan çalışma modeli, işverenlere maliyet avantajı, geniş yetenek havuzuna erişim ve coğrafi sınırların kaldırılması gibi önemli fırsatlar sağlamaktadır. Çalışanlar açısından ise daha iyi iş-yaşam dengesi, zaman ve ulaşım maliyetlerinde tasarruf, iş esnekliği ve daha yüksek verimlilik gibi olumlu etkiler yaratmaktadır. Ayrıca engelli bireyler ve dezavantajlı grupların istihdam edilmesini kolaylaştırarak işgücü piyasasına katılımı

artırmakta ve toplumsal eşitliğe olumlu katkı sağlamaktadır (Şakar & Şahin, 2021).

Teknolojik gelişmelerin çalışma hayatına entegrasyonu, geleneksel iş yapış biçimlerini yeniden şekillendirmiştir. Özellikle gelişmiş ekonomilerde işgücü piyasası giderek atipik ve standart dışı istihdam biçimlerine kaymıştır. Bu süreçte uzaktan çalışma ve sanal işgücü modelleri, telekomünikasyon ve internet teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte hız kazanmıştır. Bu sayede birçok iş türü artık mekân bağımsız olarak yürütülebilir hâle gelmiştir (OECD, 2019).

Uzaktan çalışma, çalışanların kendi evlerinde çalışmasını içeren "evden çalışma" ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) yoğun kullanıldığı, çalışanların işveren ya da müşterileriyle fiziksel olarak karşılaşmasına gerek kalmadan yürüttükleri "tele çalışma" olarak iki alt türe ayrılmaktadır. Bu iki tür, uygulama biçimleri ve mekân bağımsızlığı açısından farklılık göstermektedir. Evden çalışma kişinin kendi yaşam alanıyla sınırlı kalırken, tele çalışma daha geniş bir anlam taşımakta, çalışanların mekânsal olarak tamamen bağımsız kalmasına olanak tanımaktadır (Ergüneş Emrağ, 2016; Gönüllü, 2021).

Uzaktan çalışma modeli her sektörde uygulanamayabilir. Üretim tesislerinde makine kullanımı, inşaat, sağlık, ulaşım gibi fiziksel varlığın zorunlu olduğu alanlarda uzaktan çalışma imkânsızdır. Bu tür sektörlerde daha çok hibrit çalışma modelleri tercih edilebilir; örneğin belli görevlerin uzaktan yapılması, diğerlerinin ise sahada gerçekleştirilmesi şeklinde hibrit modeller geliştirilerek uygulama alanı genişletilebilir (Şakar & Şahin, 2021).

Dijital dönüşümle birlikte ortaya çıkan platform ekonomisi ve serbest çalışma modelleri, uzaktan çalışmanın önemini daha da artırmıştır. Platform ekonomisi sayesinde işverenler ve çalışanlar arasındaki ilişkiler yeniden tanımlanmış, esneklik ve bağımsızlık çalışanlar için daha cazip hâle gelmiştir. Özellikle dijital platformlar aracılığıyla proje bazlı veya görev odaklı çalışma şekilleri giderek daha yaygın hale gelmektedir (World Bank, 2019).

Uzaktan çalışma modelinin başarılı bir şekilde uygulanması, sürekli eğitime ve beceri geliştirmeye bağlıdır. Dijital çağda birçok iş, problem çözme, eleştirel düşünme ve teknolojik yetkinliklerin yanı sıra iş birliği ve empati gibi sosyal becerilere de ihtiyaç duymaktadır. İş gücünün bu becerilere sahip olması ve yaşam boyu öğrenmeye uyum sağlaması, dijital ekonomide başarı için önemli bir faktördür (World Bank, 2019).

Uzaktan çalışma, iş hayatındaki dijital dönüşümün merkezinde yer alarak hem işverenlerin hem de çalışanların ihtiyaçlarına cevap verebilen bir istihdam modeli olarak geleceğin iş dünyasında giderek daha önemli bir yer tutacaktır. Ancak bu modelin sağlıklı bir şekilde işlemesi için işgücü politikalarının ve sosyal güvenlik sistemlerinin yeni çalışma şekillerine uygun olarak yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu süreçte özellikle çalışan haklarının korunması ve sosyal güvencelerin sağlanması, uzaktan çalışmanın sürdürülebilirliği için önem taşımaktadır (OECD, 2019; World Bank, 2019).

2. BÖLÜM: MAKİNE İMALAT SANAYİ SEKTÖRÜ VE BEŞERÎ SERMAYE İLİŞKİSİ

Makine imalat sanayi, bir ülkenin sanayileşme düzeyini belirleyen önemli sektörlerden biridir. Endüstriyel üretimin temel unsuru olan bu sektör, dijital dönüşüm sürecinin getirdiği yeniliklerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Dijital dönüşüm, makine imalat sanayinde üretim yöntemleri, iş modelleri ve işgücünün niteliği gibi pek çok alanda kapsamlı değişimlere yol açmaktadır.

Bu bölümde öncelikle makine imalat sanayinin genel çerçevesi tanıtılacak, ardından Türkiye'de sektörün mevcut durumu dijital dönüşüm bağlamında teşvik mekanizmaları ve yatırımlar açısından değerlendirilecektir. Devamında, sektördeki beşerî sermaye yapısı analiz edilerek, dijital teknolojilerin üretim süreçlerinde kullanımının beşerî sermaye üzerindeki dönüştürücü etkileri tartışılacaktır. Bu analiz, bir sonraki bölümde gerçekleştirilecek olan alan araştırmasının kavramsal ve metodolojik altyapısını oluşturacak ve sektördeki dijital dönüşüm ile beşerî sermaye arasındaki ilişkiyi daha net ortaya koymaya yardımcı olacaktır.

2.1.Makine İmalat Sanayinin Yapısı ve Dönüşümü

Makine imalat sanayi, sanayileşme sürecinin belkemiğini oluşturan ve tarihsel olarak tarım toplumundan sanayi toplumuna geçişin temel dinamiklerinden biri olan stratejik bir sektördür. Günümüzde dijital dönüşümün etkisiyle makine imalat sanayi sürekli olarak kendini yenilemekte, üretim yöntemlerini çeşitlendirmekte ve faaliyet alanını genişletmektedir. Geleneksel talaşlı imalat yöntemlerine ek olarak, eklemeli imalat ve hibrit üretim gibi ileri teknolojileri de benimseyen sektör, NACE sınıflandırması çerçevesinde farklı alt gruplara ayrılarak çeşitli endüstrilerin ihtiyaçlarına yönelik özel çözümler üretmektedir.

Ekonomik büyümenin merkezinde yer alan makine imalat sanayi, enerji, otomotiv, inşaat, tarım, madencilik başta olmak üzere pek çok sektörde kullanılan makineleri üretmekte ve bu sayede ekonomiye doğrudan katkı sağlamaktadır. Sektördeki üretim süreçlerinin verimliliği, genel üretim kapasitesini artırarak yeni iş alanları yaratmakta ve ulusal gelir üzerinde doğrudan olumlu etkiler göstermektedir. Yüksek teknoloji yatırımları ve araştırma-geliştirme (Ar-Ge) çalışmalarıyla desteklenen makine imalat sektörü, sanayi ve teknolojinin gelişiminde kilit rol oynamaktadır. Ayrıca güçlü bir makine imalat altyapısı,

diğer sanayi dallarının da gelişimini tetikleyerek ekonomik çeşitliliği ve sürdürülebilir büyümeyi desteklemektedir. Dolayısıyla makine imalat sanayi, yalnızca üretim süreçlerini iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda yenilikçi iş modelleri ve stratejilerle küresel ekonomik rekabet gücünün artırılmasına da katkıda bulunmaktadır.

Bu bölümde makine imalat sanayinin tarihsel gelişimi, üretim türleri, sektörel sınıflandırmaları ve Türkiye'deki durumu detaylı olarak ele alınacaktır.

2.1.1. Sektörün Doğuşu ve Gelişimi

İmalat (manufacture) Latince "manus" (el) ve "factus" (yapma) kelimelerinden gelir ve "el yapımı" anlamını taşır. Modern anlamıyla imalat, ham maddeleri daha değerli parçalara dönüştürmek için fiziksel ve kimyasal süreçlerin kullanılmasıdır. Makine imalatı sektörü, mühendislik ve Ar-Ge'nin yoğun olarak kullanıldığı, ekonomik gelişime katkı sağlayan önemli bir sektördür (Groower, 2019; Altuğ & Nalbant, 2008; Polat, 2011).

Makine imalat sektörü, Sanayi Devrimi ile doğmuş ve tarih boyunca yaşanan teknolojik dönüşümlerle sürekli gelişmiştir. Makineleşme, üretim süreçlerini kökten değiştirerek günümüz sanayisinin temellerini atmıştır (World Bank, 2019).

Tarih öncesinde avcı-toplayıcı toplumların göçebe yaşam tarzı, Neolitik Devrim ile tarıma geçişle birlikte yerleşik düzene dönüşmüş, bu da mülkiyet kavramını doğurmuştur. Tarımsal teknolojide yaşanan ilerlemeler (ağır saban, üç tarla sistemi gibi), tarımsal üretimde verimliliği artırırken yeni üretim yöntemlerini beraberinde getirmiştir (Becker, 1993).

Sanayi sektöründe kullanılan makineler, imalat ve üretim süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Tarihsel olarak, bu makineler sanayi devrimleriyle birlikte önemli evrimler geçirmiştir. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) 18. yüzyıl sonları - 19. yüzyıl başlarında gerçekleşmiştir. Bu dönem, mekanik üretim tesislerinin ve su ile buhar gücünün kullanımı ile karakterize edildiği bir dönemdir. Tohum ekme makinesi, buhar makinesi, otomatik dokuma tezgâhı, çırçır makinesi, ilk dikiş makinesi gibi bu dönemde icat edilen makineler özellikle tarım ve tekstil sektörlerinde büyük bir dönüşüm sağlamıştır. 19 yy. sonu 20.yy. başı elektriğin, petrolün ve çeliğin kullanımı ile kitlesel üretim ve montaj hatlarının ortaya çıkması aşaması olan İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0) gerçekleşmiştir. Bu dönemde buharlı makineler geliştirilmiş ve yaygınlaştırılmıştır. İplik üretimi ve dokuma alanında uçan mekik ve mekanik dokuma gibi icatlar ile

elektrikte kullanılan makineler sanayide kullanılmaya başlanmıştır. Tarih 20. yy sonu – 1970'leri gösterdiğinde dijital devrim olarak karakterize edilen Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) dönemi başlamıştır. Bu dönemde, bilgisayar ve otomasyon sistemleri üretim süreçlerine entegre edilmiştir. Bilgisayar, mikro elektronik, fiber optik, lazer teknolojileri ortaya çıktı. Telekomünikasyon, nükleer enerji, biyoteknoloji ve tarımsal biyoteknoloji alanlarında önemli ilerlemeler sağlanmıştır (Becker, 1993).

Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0), üretimin dijital dönüşümünü ve akıllı fabrikaların oluşumunu temsil etmektedir. Bu devrimde makineler, insanlar ve üretim sistemleri sürekli iletişim ve veri alışverişi halindedir. Böylelikle üretimde hız, maliyet tasarrufu, kişiselleştirme, enerji verimliliği ve hata oranlarında önemli iyileşmeler sağlanmaktadır (Evans & Annunziata, 2012; McKinsey, 2016; Özsoylu, 2017). Endüstri 4.0 kapsamında, akıllı üretim sistemleri ile işçilik maliyetleri azalırken, üretim süreçleri çok daha verimli hale gelmekte ve rekabet avantajı artmaktadır (Acet & Koç, 2020; Yorulmaz & Ünsal, 2016).

Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital dönüşümün ardından, literatürde Endüstri 5.0 ve Endüstri 6.0 kavramları giderek daha fazla tartışılmaya başlanmıştır. Endüstri 5.0, dijital teknolojilerin insan merkezli kullanımını, çalışan-makine etkileşiminin artmasını ve sürdürülebilirlik gibi değerleri ön plana çıkarmaktadır. Bu yaklaşım, üretim süreçlerinin verimliliği yanında aynı zamanda etik, sosyal ve çevresel boyutlarla da uyumlu hale gelmesini amaçlamaktadır (Oyekunle, vd., 2024). Endüstri 6.0 ise yapay zekânın karar alma süreçlerine derinlemesine entegre olduğu, öğrenen ve kendini optimize eden sistemlerin kullanıldığı, hiper-entegrasyona dayalı bir sanayi vizyonunu temsil etmektedir (Subbiah, vd., 2024). Bu iki yeni aşama, Endüstri 4.0'ın sağladığı teknik kazançları daha kapsamlı bir üretim anlayışına taşıyarak, makine imalat sanayi gibi stratejik alanlar için çok boyutlu bir dönüşüm zemini oluşturmaktadır.

Endüstriyel üretimdeki bu gelişmeler robotik sistemlerin yükselişine yol açmıştır. "Robot" kavramı ilk kez 1921 yılında Karel Čapek tarafından kullanılırken, robot teknolojileri zaman içinde üretim süreçlerinde rutin görevleri üstlenerek işgücü yapısını değiştirmiştir. Bu durum bazı işlerin ortadan kalkmasına neden olurken, robotların bakım, kontrol ve programlanması gibi yeni istihdam alanları da yaratmıştır (Brynjolfsson & McAfee, 2014; OECD, 2019).

Teknolojik gelişmelerin işgücü piyasası üzerindeki etkileri uzun zamandır tartışılmaktadır. Keynes'in "teknolojik işsizlik" kavramı, teknolojinin istihdamı azaltacağı endişelerini yansıtırken, pratikte yeni teknolojilerin yaygınlaşmasıyla farklı sektörlerde yeni iş alanları doğmuştur (Browne, 2018; World Bank Group, 2019).

Üretim süreçlerinde kalite, hız, maliyet ve çeşitlilik gibi faktörlere odaklanmak, küresel rekabet avantajı için önemlidir. CNC makineleri, robotik sistemler ve esnek imalat sistemleri gibi ileri üretim teknolojileri ve yalın üretim, toplam kalite yönetimi gibi yönetim teknolojileri, makine imalat sanayinde rekabet gücünü artırmak için önemlidir. Bu nedenle Ar-Ge faaliyetleri, ürün geliştirme süreçlerinin temelini oluşturmakta ve sektörün sürdürülebilir büyümesine katkıda bulunmaktadır (Bayülken, 2017).

2.1.2. Makine İmalat Grupları ve NACE Kodları

Makine imalat sanayi iki temel makine grubunu kapsamaktadır. Bu gruplarda aksam, teçhizat, takım ve yedek parçalar da bulunmaktadır. a) Genel Amaçlı Makine İmalatı b) Özel Amaçlı Makine İmalatı. Her ana grubun uluslararası kalifikasyona göre yine tali makine grupları ele alınarak sınıflandırılması Tablo 2'de yapılmıştır.

NACE Kodu	NACE Tanımı
28	Makine ve ekipman imalatı
2521	Merkezi ısıtma imalatı ile aksam ve parçaları imalatı
2530	Buhar jeneratörü ile kızgın su kazanları imalatı ve aksam ve parçaları imalatı
2573	El aletleri, takım tezgâhı uçları, testere ağızları vb. imalatı
2711	Elektrik motorları ve jeneratörleri ile aksam ve parçaları imalatı
33	Makine ve ekipmanların kurulumu ve onarımı 3311 Fabrikasyon metal ürünlerin onarımı 3312 Makinelerin onarımı 3313 Elektronik ve optik ekipmanların onarımı 3314 Elektrikli ekipmanların onarımı 3320 Sanayi makine ve ekipmanların kurulumu

Tablo 2: Makine Sektörü Kapsamı NACE Kodları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Makine imalat sektörü, yukarıda belirtilen ürün gruplarının yanı sıra, çeşitli sektörlerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş makineler ve ekipmanlar da üretir. Bu çeşitlilik, sektörü çok yönlü ve geniş kapsamlı bir alan haline getirmektedir.

Makine imalat sektörü diğer sektörlere nazaran daha geniş bir profile sahiptir. Sektörün yaklaşık olarak yirmiye yakın alt ürün grubu bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmaktadır (TOBB, 2024):

2811	Motor ve Türbin İmalatı (hava taşıtı, motorlu taşıt ve motosiklet motorları hariç)
2812	Akışkan gücü ile çalışan ekipmanların imalatı
2813	Diğer pompaların ve kompresörlerin imalatı
2814	Diğer musluk ve valf/vana imalatı
2815	Rulman, dişli takımı, şanzıman ve tahrik elemanların imalatı
2821	Fırın, ocak (sanayi ocakları) ve brulör (ocak ateşleyicileri) imalatı
2822	Kaldırma ve taşıma ekipmanları imalatı
2823	Büro makineleri ve ekipmanları imalatı (bilgisayarlar ve çevre birimleri hariç)
2824	Motorlu ve pnömatik (hava basınçlı) el aletlerinin imalatı
2825	Soğutma ve havalandırma donanımlarının imalatı, evde kullanılanlar hariç
2829	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer genel amaçlı makinelerin imalatı
2830	Tarım ve ormancılık makinelerin imalatı
2841	Metal işleme makinelerin imalatı
2849	Diğer takım tezgahlarının imalatı
2891	Metalürji makineleri imalatı
2892	Maden, taş ocağı ve inşaat makineleri imalatı
2893	Gıda, içecek ve tütün işleme makineleri imalatı
2894	Tekstil, giyim eşyası ve deri üretiminde kullanılan makinelerin imalatı
2895	Kâğıt ve mukavva üretiminde kullanılan makinelerin imalatı
2896	Plastik ve kauçuk makinelerin imalatı
2899	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer özel amaçlı makinelerin imalatı

Tablo 3: Makine İmalat Sektörün Alt Grupları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Gelişmiş ekonomilerde imalat sanayinin Gayri Safi Millî Hasıla (GSMH) içindeki payı genellikle %12 ila %16 arasında değişmektedir; bu oran, hizmet sektörünün dolaylı katkılarıyla birlikte %22 ila %27'ye kadar yükselmektedir. İmalat sanayisi içerisinde makine imalat sektörü, özellikle Ar-Ge faaliyetleri, mühendislik hizmetleri ve proje tasarımları ile ürün geliştirme süreçlerini yöneterek ekonomik büyümenin itici güçlerinden biridir. Enerji, tarım ve madencilik gibi temel sektörlerin ihtiyaç duyduğu makinelerin üretimini sağlayan bu sektör, bir ülkenin sanayileşme düzeyi için ayrı bir öneme sahiptir.

Ancak makine imalat sektörüne giriş, yüksek sermaye ihtiyacı, pahalı ve gelişmiş ekipman yatırımları ile yüksek nitelikli işgücü gerekliliği gibi faktörler nedeniyle oldukça zordur. Bu sektörde iki temel iş modelinden söz edilebilir: İlki, yüksek teknolojiye dayalı büyük sermaye yatırımlarıyla parça ve ekipman üretimine odaklanmak; diğeri ise görece daha az sermaye ile sınırlı üretim yaparak montaj faaliyetleri üzerine yoğunlaşmaktır. Her iki modelde de karşılaşılan sermaye maliyetleri, sektöre girişte önemli bir engel oluşturur. Bu nedenle makine imalat sanayisinin güçlü ve sürdürülebilir bir ekonomik yapı açısından vazgeçilmez olduğu vurgulanmaktadır (MÜSİAD, 2014).

2.1.3. Makine İmalat Türleri

Makine imalatı, birçok farklı türde ve çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilen bir üretim sürecidir. Bu türler, üretim hedeflerine, kullanılan malzemelere, üretim miktarına ve teknolojiye göre değişir. Makine imalatı, genellikle aşağıdaki türlerde sınıflandırılabilir:

Talaşlı imalat; malzemenin istenilen boyut ve şekle getirilmesi amacıyla, genellikle kesici takımlar kullanılarak yapılan bir üretim sürecidir. Bu süreçte, malzemeden kontrollü bir şekilde talaş (artık) kaldırılır. Talaşlı imalat, endüstriyel üretimde yaygın olarak kullanılan geleneksel bir yöntemdir ve hem metal hem de diğer malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır. Bu işlemler, genellikle parça boyutlarının ve yüzey kalitesinin hassas bir şekilde kontrol edilmesini sağlamaktadır. Talaşlı imalatın en önemli özelliklerinden biri, malzeme israfını minimize etmesi ve yüksek hassasiyetle ürün elde edilmesidir (Tezel vd.,2018).

Eklemeli imalat; geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak malzemenin kesilmesi veya çıkarılması yerine, 3D model verilerinden nesnelerin katman katman birleştirilerek üretildiği bir süreçtir. Bu üretim yöntemi, katmanlı imalat, 3D baskı veya 3D yazıcı teknolojisi olarak da bilinmektedir. Geleneksel imalat yöntemlerinde, fazla malzeme genellikle işleme sırasında çıkarılır (talaşlı imalat gibi), ancak eklemeli imalatın temel özelliği, malzemenin yalnızca gerektiği kadar kullanılarak katmanlar halinde birleştirilmesidir (Tezel vd., 2018). Eklemeli üretim yöntemleri olarak FDM (Fused Deposition Modeling), SLA (Stereolithography), SLS (Selective Laser Sintering), DMLS (Direct Metal Laser Sintering), SLM (Selective Laser Melting) bilinmektedir (Özsolak, 2019).

Hibrit imalat, geleneksel ve eklemeli imalat teknolojilerinin birleştirilerek aynı işleme bölgesinde eşzamanlı olarak kullanıldığı bir üretim yöntemidir. Bu yöntem, özellikle

karmaşık parçaların yüksek doğrulukla üretilmesi gerektiğinde avantaj sağlamaktadır. Talaşlı imalat ve eklemeli imalatın birleşimiyle hem malzemenin doğru yerleştirilmesi hem de hassasiyetin artırılması sağlanır. Örneğin, bir parça eklemeli imalatla oluşturulup, ardından talaşlı imalatla şekillendirilip yüzey pürüzlülüğü iyileştirilebilir (Zhu vd.,2013).

2.1.4. Türkiye'de Makine İmalat Sektörü

Türkiye'de sanayileşme, Cumhuriyet'in ilk yıllarında devlet eliyle başlamış ve özel sektörün yetersiz sermayesi nedeniyle sanayi altyapısı kamu yatırımlarıyla oluşturulmuştur. 1930'larda başlatılan I. ve II. Beş Yıllık Sanayi Planları ile temel tüketim malları üretimine odaklanılmış, özel sektöre sağlanan teşviklerle makine imalat sektörü gelişmiştir. 1970'lerde makine imalat sanayi önemli bir sektör haline gelirken, 2001 krizinde yatırımlar durmuş ve firmalar yeniden yapılanmaya gitmiştir. Ancak, sektör hızla gelişmeye devam etmiş, yüksek kapasite kullanım oranları ve düzenli ihracat artışı ile Türkiye ekonomisine katkı sağlamıştır. 1990-2011 döneminde sektör, %8-15 üretim artışı ve %20,9 ihracat artışıyla dikkat çekmiştir. Türkiye'deki makine imalat sanayinin %87'si KOBİ'ler tarafından yapılmaktadır, bu da sektörü dinamik ve esnek kılmakta, uluslararası pazarlarda rekabet avantajı sağlamaktadır (Makfed, 2023).

Tablo 4'te ekonomik faaliyetlerin istatistiki sınıflamasına (NACE, Rev.2) göre sanayi siciline kaydedilen sanayi işletmesi sayısı verilmiştir. Makine imalat sanayinde işletme sayısındaki değişim dikkate alındığında, 2020'de 1,401 olan işletme sayısı 2021'de 1,580'e yükselmiş ve 2022'de 1,545'e gerilemiştir. Ancak 2023'te işletme sayısında ciddi bir düşüş gözlemlenmiş ve sayı 914'e inmiştir. 2023'te makine imalat sanayinde işletme sayısının 914'e gerilemesi, ekonomik koşullardaki belirsizlikler ve durgunluk, dijital dönüşüm ve otomasyona adaptasyonda yaşanan güçlükler, pandemi sonrası toparlanma sürecinin getirdiği değişiklikler, uluslararası ticaret koşullarındaki değişimler ve rekabetin artması olabilir. Artan maliyetler, hammadde ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar, finansman zorlukları gibi ekonomik etkenler, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin faaliyetlerini sürdürmelerini zorlaştırmış olabilir.

	İmalat Sanayi	Makine İmalat
2020	11.851	1.401
2021	14.542	1.580
2022	15.988	1.545
2023	8.082	914

Tablo 4: Makine İmalat Sanayi İşletmesi Sayısı (Türkiye) (2020-2023)

Kaynak: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Sicil Kayıtları İstatistikleri

Tablo 5'te makine imalat sanayindeki girişim sayısı gösterilmiştir. İmalat sanayinde girişim sayılarındaki artış, makine sektörünün sektördeki payını da olumlu etkilemiştir. 2019'da %4,35 olan makine sektörünün imalat sanayi içerisindeki girişimci payı, 2023'te %4,84'e yükselmiştir. Bu artış, Türkiye'de makine sektörüne olan ilginin giderek arttığını ve makine imalatının daha cazip hale geldiğini göstermektedir.

Girişim Sayısı	2019	2020	2021	2022	2023	2023/22 (%)
Makine ve Ekipman İmalatı	17.549	18.309	19.976	21.398	22.383	4,40
Toplam İmalat Sanayi	408.018	409.495	444.101	464.797	461.644	0,67
Pay %	4,35	4,47	4,50	4,59	4,84	2,09

Tablo 5: Makine İmalat Sanayi Girişim Sayısı (Türkiye)

Kaynak: TÜİK

Tablo 6'da makine imalat sanayinde çalışan sayısı gösterilmiştir. 2023'te makine imalat sanayinin bir önceki yıla göre %2,69 artarak 315,911 kişiye yükselmiştir. Bu artış sanayi üretiminde kapasite kullanımı ve üretim değerindeki artış ile açıklanmaktadır. Makine sektöründe 2023'te 914 işletmede yaklaşık 315,911 bin personel istihdam edilmektedir. Sektörde girişim başına istihdam yaklaşık olarak 14 kişi olmuştur.

İstihdam	2019	2020	2021	2022	2023	2023/22 (%)
Makine ve Ekipman İmalatı (Bin)	240.440	255.467	286.615	307.620	315.911	2,69
Toplam İmalat Sanayi (Milyon)	4.085	4.309	4.714	5.018	5.051	1,01
Pay %	5,89	5,92	6.086	6.15	6,25	1,62

Tablo 6: Makine İmalat Sanayi Çalışan Sayısı (Türkiye)

Kaynak: TÜİK

Tablo 7'de göre 2023'te Türkiye'de makine imalat sanayinde ölçeklere göre dağılımda, çalışan sayısının en yüksek olduğu firma grubu 250 ve üstü çalışanı olan büyük ölçekli firmalardır. Bu grupta toplam 96.705 kişi istihdam edilmektedir. Ancak, 50-249 çalışanı olan orta ölçekli firmalar da oldukça büyük bir istihdam payına sahiptir ve bu grupta 93.162 kişi istihdam edilmektedir. Çalışan sayısı bakımından en düşük istihdam oranı ise 1-9 çalışanı olan küçük ölçekli firmalardadır ve bu grupta toplam 46.204 kişi çalışmaktadır. 10-49 arasında çalışanı olan firmalarda ise 79.840 kişi istihdam edilmektedir. Bu veriler, Türkiye'deki makine imalat sektöründe orta ve büyük ölçekli firmaların istihdamın belkemiğini oluşturduğunu göstermektedir. Küçük ölçekli firmalar da sektörde önemli bir yere sahip olmakla birlikte, toplam istihdam açısından daha düşük paya sahiptir.

	2020	2021	2022	2023
Toplam	255.467	286.615	307.620	315.911
1-9	38.283	42.290	45.134	46.204
10-49	70.472	77.960	79.500	79.840
50-249	76.085	85.814	92.012	93.162
250+	70.627	80.551	90.974	96.705

Tablo 7: Makine İmalat Sanayinde Ölçeklere Göre Çalışan Sayısı

Kaynak: TÜİK

TÜİK verilerine göre 2023 yılında Türkiye'nin makine sanayi üretim değeri bir önceki yıla göre %68,64 artarak 865,5 milyar TL seviyesine ulaşmıştır. Ayrıca, Türkiye'nin

toplam imalat sanayi üretim değeri de %50,93 artarak 15,512 trilyon TL'ye yükselmiştir. Bu verilere göre, makine imalat sanayinin toplam imalat sanayi içerisindeki payı %5,57 seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu artış, özellikle makine imalat sektöründe büyümenin ve yatırımların hızlandığını, sanayinin genel üretim içindeki yerini güçlendirdiğini göstermektedir.

Üretim Değeri	2019	2020	2021	2022	2023	2023/22 (%)
Makine ve Ekipman İmalatı (Milyar)	110.2	146.2	252.7	513.2	865,5	68,64
Toplam İmalat Sanayi (Milyar)	2.365.5	2.838.8	4.888.5	10.277	15.512	50,93
Pay %	5,89	5,92	5,16	4.99	5,57	11,62

Tablo 8: Makine Sanayi Üretim Değeri (Türkiye)

Kaynak: TÜİK

Makine sanayi, yıllar içinde katma değerli ürün üretimine odaklanarak önemli bir gelişim göstermiştir. Tablo 9'da 2023'te makine sanayinin yarattığı katma değer mutlak anlamda bir önceki yıla göre %68,64 artış kaydetmiştir. Bu artışın temel nedeni ise üretim miktarında ve üretim değerinde gözlemlenen büyümedir (Makfed, 2023). Özellikle teknolojik yatırımların artması, üretim süreçlerinde verimliliğin yükselmesi ve dış pazar talebinin artması, sektördeki katma değerli ürün kapasitesini desteklemiştir. Katma değerli ürün üretiminin artması, makine sanayinin ülke ekonomisine sağladığı katkıyı artırmakta ve sektörü daha stratejik hale getirmektedir. Toplam imalat sanayinin de aynı yılda bir önceki yıla göre artışı %50,93'tür. 2023'te makine imalatın katma değerinin imalat sanayi katma değeri içindeki payı %5,57'dir. Bu oran sektörün imalat sanayi genelinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Bu büyüme, özellikle makine sanayinin üretim hacminin ve katma değerli ürün üretiminin artırılmasına yönelik çabaların bir sonucudur.

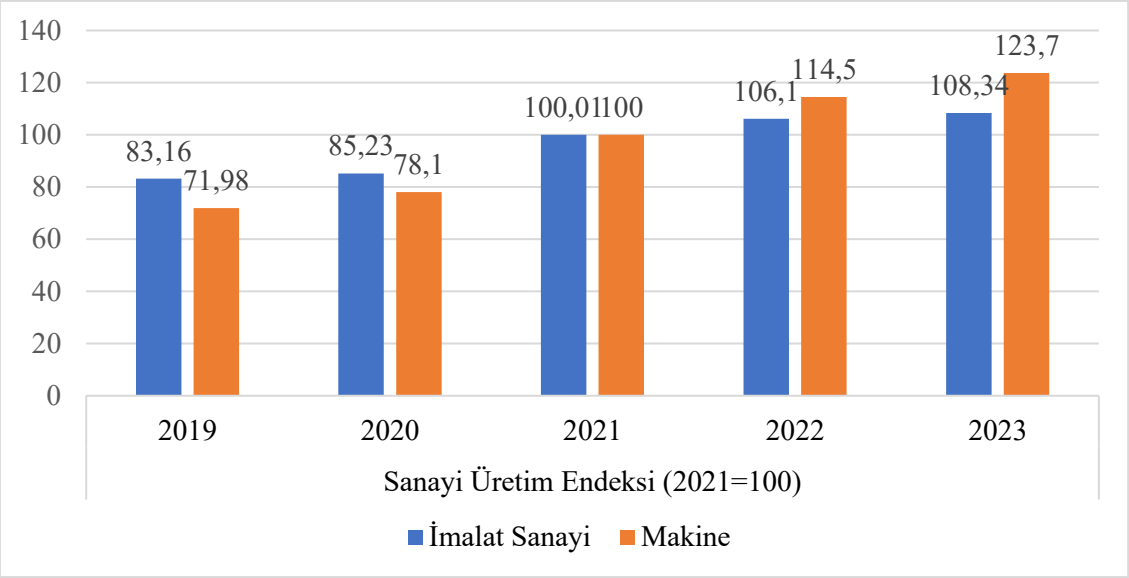
Katma Değer	2019	2020	2021	2022	2023	2023/22 (%)
Makine ve Ekipman İmalatı	21.2	41.6	65.59	137.47	263,477	91,66
Toplam İmalat Sanayi	488.8	644.6	1.12	2.272	3.818	68,04
Pay %	6,3	6,46	5,86	6,05	6,89	87,8

Tablo 9: Makine Sanayinin Oluşturduğu Katma Değer (Türkiye)

Kaynak: TÜİK

TÜİK sanayi üretimini hesaplama yöntemini ve üretim verilerini Mart 2018'de güncellemiştir. Sanayi üretimi verilerinde başlangıç yılı olarak 2015=100 kullanılmaya başlanmıştır (TÜİK) Makine sanayi üretimi NACE 28 sanayi kodu kapsamındaki makinelerin üretimini göstermektedir. Kapasite kullanım oranı da aynı şekilde NACE 28 sanayi kodu kapsamındaki makine ve teçhizatları içermektedir.

Grafik 1'e göre makine Sanayi üretimi, 2021'de %31,2 artışın ardından 2022'de 15,6 artış göstermiştir. 2023 verilerine göre %14 artış göstermiştir. 2020 makine sanayi üretimi için toparlanma yılı, 2021 üretimde sıçrama yılı, 2022 üretimin yükselmesi ve 2023 yükselen üretimin korunduğu yıl olmuştur. 2022'de imalat sanayi genelinde üretim %7,9 artmıştır. İhracat pazarlarındaki olumsuz gelişmelerin etkisi ile dış talep zayıflamıştır. Rusya-Ukrayna savaşı etkileri para politikalarını olumsuz etkilemiştir. Dış talepteki zayıflama Türkiye'deki imalat sanayi üretimindeki büyümeyi sınırlamıştır. İç talep ise yıl genelinde görece hareketli olmuştur (Makfed, 2023). 2023'te imalat sanayi genelinde üretim %2 artarak bu durgunluğun az da olsa devam ettiğini göstermiştir.



Grafik 1: Üretim Endeksi Yıllık Ortalama (Türkiye)

Kaynak: TÜİK

Tablo 10'da makine imalat sanayi kapasite kullanım oranları gösterilmiştir. İmalat Sanayi Kapasite Kullanım Oranı (KKO), imalat sanayinde faaliyet gösteren işyerlerinin referans dönemdeki fiziki kapasitelerine göre fiilen gerçekleşen kapasite kullanımlarıdır (TCMB). Buna göre makine imalat sanayi kapasite kullanım oranı 2024'te 0,1 artış göstererek 75,3 olmuştur. Makine ve teçhizat talebinde yurt içinde ve yurt dışında yaşanan hızlı büyüme sonucu sanayide mevcut kapasitelerin kullanımı da artmaya devam etmiştir. 2023'te imalat sanayinde kapasite kullanım oranı ise 75,9 ile bir önceki yıla göre 0,4 oranında düşme görülmüştür. Bu düşüşün nedeni olarak, diğer sektörlerde yaşanan yavaşlama veya daralma etkili olmuş olabilir. Özellikle küresel ekonomik belirsizlikler, tedarik zincirinde yaşanan aksamalar ve artan enerji maliyetleri, birçok sektörde üretim faaliyetlerini olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, bazı sektörlerde arz fazlası veya talepte duraksama yaşanması, kapasite kullanım oranını düşüren faktörler arasında yer alabilir.

Yıllar	Genel İmalat	Makine İmalat
2019	75,9	68,1
2020	71,8	65,9
2021	76,6	74,5
2022	77,2	75,1
2023	76,3	75,2
2024	75,9	75,3

Tablo 10: Makine İmalat Kapasite Kullanım Oranı

Kaynak: TCMB, EVDS

2023'te makine sanayinin cirosu %70,5 artış göstererek 925,479 milyar TL ulaşmış ve son 20 yılın en yüksek büyüme hızını yakalamıştır. Bu önemli artışın arkasında, ihracattaki yükselişin ciroya yaptığı katkı etkili olduğu söylenilebilir. Ayrıca 2023 toplam imalatın sanayinin cirosu bir önceki yıla göre %50,07 artışla 16,390 milyar TL ulaşmıştır. Yurt içinde ise yıl boyunca devam eden güçlü talep ve yüksek satış oranları, ciroları olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca, üretici fiyatlarındaki hızlı artış ve döviz kurlarındaki yükselme, ciroların nominal olarak genişlemesine katkıda bulunmuştur. Döviz kuru artışları özellikle ihracat gelirlerini artırırken, fiyatlardaki yükseliş de cirolarda önemli bir genişlemeye yol açmıştır. Bu durum, sektörün hem iç hem de dış pazardaki dinamiklerle güçlü bir büyüme kaydettiğini göstermektedir.

Ciro	2019	2020	2021	2022	2023	2023/22 (%)
Makine ve Ekipman İmalatı (Milyon)	119.6	159.4	265.46	546.92	925.479	70,5
Toplam İmalat Sanayi (Milyar)	2.5	3.053	5,118	10.871	16.390	50,07
Pay %	4,74	6,46	5,18	5,03	5,64	-3,10

Tablo 11: Makine Sanayi Cirosu (Türkiye)

Kaynak:TÜİK

2023'te makine sektöründe gerçekleşen 377.542.284.087 TL Ar-Ge harcamasının dağılımı Tablo 12'de yer almaktadır. 2023'te Cari harcama 349.233.495.497 TL olup toplam Ar-Ge harcaması içindeki payı %92,5'tur. Cari harcamalar, Ar-Ge faaliyetlerinde

kullanılan malzeme, enerji, personel giderleri gibi sürekli harcama kalemlerini ifade eder. Bu oran, makine sektöründe Ar-Ge yatırımlarının ağırlıklı olarak mevcut projelerin sürdürülebilirliğine ve operasyonel gerekliliklere odaklandığını göstermektedir.

Tablodaki dağılım incelendiğinde, cari harcamaların yüksek oranı, makine sektöründe günlük Ar-Ge faaliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturduğunu ve sektördeki inovasyon süreçlerinin operasyonel olarak güçlü bir şekilde desteklendiğini ortaya koymaktadır.

	Harcama Grubu	2023	Toplam (TL)
Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Ekipman İmalatı	Cari Harcama	349.233.495.497	**377.542.284.087**
	Personel	198.068.82. 261	
	Diğer Cari	151.164.673.236	
	Yatırım	28.308.788.590	
	Makine Teçhizat	15.810.542.125	
	Sabit Tesis	8.061.030.005	
	Bilgisayar Yazılımları	2.765.559.516	
	Fikri Mülkiyet Hakları	1.671.656.944	

Tablo 12: Ar-Ge Harcaması Dağılımı (2023)

Kaynak:TÜİK Sanayi Hizmet Kuruluşları Araştırma Geliştirme Faaliyet İstatistikleri

Tablo 13'te Makine imalat sanayinde araştırma geliştirme faaliyetleri için yapılan harcamalar gösterilmiştir. 2019'da 1.392.510.757 milyon olan harcama 2022'de 5.194.645.293 milyona yükselirken 2022-2023 arasındaki artış özellikle dikkat çekici olup, bir önceki yılın yaklaşık iki katına çıkmış ve 9.009.935.469 milyona ulaşmıştır. Bu veriler, Ar-Ge yatırımlarında istikrarlı bir artışı göstermekte ve sektörün teknolojiye dayalı gelişimini sürdürdüğüne işaret etmektedir. 2019'dan 2023'e kadar olan süreçte harcamalar yaklaşık 6,5 kat artış göstermiştir. Bu artış, sektörde dijital dönüşüm, otomasyon ve yenilikçi teknolojilere olan yoğun ilgi ve ihtiyacın bir yansıması olabilir.

	Yıl	Harcama
Ekonomik Faaliyet Kodu (NACE Rev.2):28. (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Ekipman İmalatı)	2019	1.392.510.757
	2020	1.771.975.064
	2021	2.669.871.038
	2022	5.194.645.293
	2023	9.009.935.469

Tablo 13: Makine İmalat Sanayinde Ar-Ge Harcaması (Türkiye)

Kaynak: TÜİK, Sanayi Hizmet Kuruluşları Araştırma Geliştirme Faaliyet İstatistikleri

Tablo 14’te makine imalat sanayinde AR-GE’de çalışan kişi sayısı gösterilmiştir. Buna göre 2019’da 8.306 olan kişi sayısı 2023’te 10.392 kişiye ulaşmıştır. 2019'dan 2023'e kadar geçen sürede Ar-Ge çalışanlarının sayısında yaklaşık %25’lik bir artış yaşanmıştır. Bu artış, sektörün Ar-Ge faaliyetlerine daha fazla insan kaynağı ayırdığını göstermektedir. Artan Ar-Ge harcamalarıyla birlikte çalışan sayısının da yükselmesi, sektörde daha fazla nitelikli işgücüne ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Çalışan sayısındaki artış, makine imalat sektöründe daha kapsamlı ve çeşitli Ar-Ge projelerinin yürütüldüğünü ve yenilikçi çözümler geliştirme çabalarının arttığını gösterir.

	Yıl	**İnsan Gücü Kişi Sayısı**
Ekonomik Faaliyet Kodu (NACE Rev.2):28. (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Ekipman İmalatı)	2019	8306
	2020	9070
	2021	9948
	2022	10340
	2023	10392

Tablo 14: Makine İmalat Sanayinde Ar-Ge İnsan gücü Kişi Sayısı (Türkiye)

Kaynak: TÜİK, Sanayi Hizmet Kuruluşları Araştırma Geliştirme Faaliyet İstatistikleri

Tablo 15’te merkezi yönetim bütçesinden endüstriyel üretim ve teknoloji sektöründe Ar-Ge faaliyetleri için ayrılan ödenek ve harcamalar gösterilmiştir. 2019’da 1.580.128.571 milyon olan ödenek ve harcama 2023’te 5.731.746.303’e yükselmiştir. 2019'dan 2023'e kadar Ar-Ge ödenek ve harcamalarında yaklaşık %263’lük bir artış gerçekleşmiştir. Bu, devletin endüstriyel üretim ve teknoloji sektöründe Ar-Ge faaliyetlerini teşvik etme konusundaki kararlılığını göstermektedir. Teknolojik gelişmelerin hızlandığı bir dönemde, devletin bu sektörlere artan kaynak tahsisi, küresel rekabette yer alabilmek için stratejik açıdan önemlidir. Artan ödenekler, inovasyonun teşvik edilmesi, nitelikli işgücünün geliştirilmesi ve ulusal teknoloji altyapısının güçlendirilmesi için önemli bir temel oluşturur.

	Yıl	Ödenek
Endüstriyel Üretim ve Teknoloji	2019	1.580.128.571
	2020	1.458.757.286
	2021	2.080.614.037
	2022	3.276.454.517
	2023	5.731.746.303

Tablo 15: Merkezi Yönetim Bütçesinden Ar-Ge Faaliyetleri İçin Ayrılan Ödenek Ve Harcamalar (Türkiye) (Milyon TL)

Kaynak: TÜİK, Araştırma Geliştirme Faaliyetleri Araştırması

Yıllara göre makine sektörünün ithalat ve ihracat değerleri Tablo 16'da görülmektedir. Makine ihracatı, 2019'da 17,7 milyar dolar seviyesindeyken, 2020'de COVID-19 salgınının etkisiyle önemli bir düşüş yaşayarak 16,7 milyar dolara gerilemiştir. Ancak, 2021 yılında salgın sonrası toparlanma sürecine girilmesi ve küresel talebin artmasıyla ihracatta hızlı bir artış gözlenmiştir. Bu ivme, 2024'e kadar devam etmiş ve sektör ihracatı 25,5 milyar dolara ulaşmıştır. Bu dönemdeki büyüme hem iç hem dış pazarlardan gelen güçlü talep ile desteklenmiş, Türkiye makine sanayi ihracatında önemli bir başarıya ulaşmıştır.

İthalat değerlerine bakıldığında yıllar içinde artma eğiliminde olmuş 2023'te 40,9 milyar dolara ulaşmıştır. Artışın iki önemli nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki salgının olumsuz etkilerini azaltmak adına verilen uygun kredilerin ithal makine alımında kullanılmasıdır. Diğer neden, 2020'nin ikinci yarısında birçok sektörde yeni kapasite yatırımlarının yapılmaya başlanması ve bu yatırımlarda ithal makine tercih edilmesidir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022). Ancak 2024'te 39,5 milyar dolara düşmesi ekonomik faktörler, döviz kuru dalgalanmaları, iç talep daralması veya yerli üretimin artışı gibi unsurların etkisiyle olabilir. Bu düşüş, aynı zamanda yerli üretim kapasitesinin gelişmeye başladığını ve ithalatın azalabileceğini gösteriyor olabilir. Sanayi yatırımlarının yerli üretimle desteklenmesi, ithalatın azalmasına yol açan bir etken olabilir. Ayrıca, dijital dönüşüm ve otomasyon gibi faktörlerin de yerli üretimi güçlendirmesi ithalat miktarları üzerinde etkili olabilir.

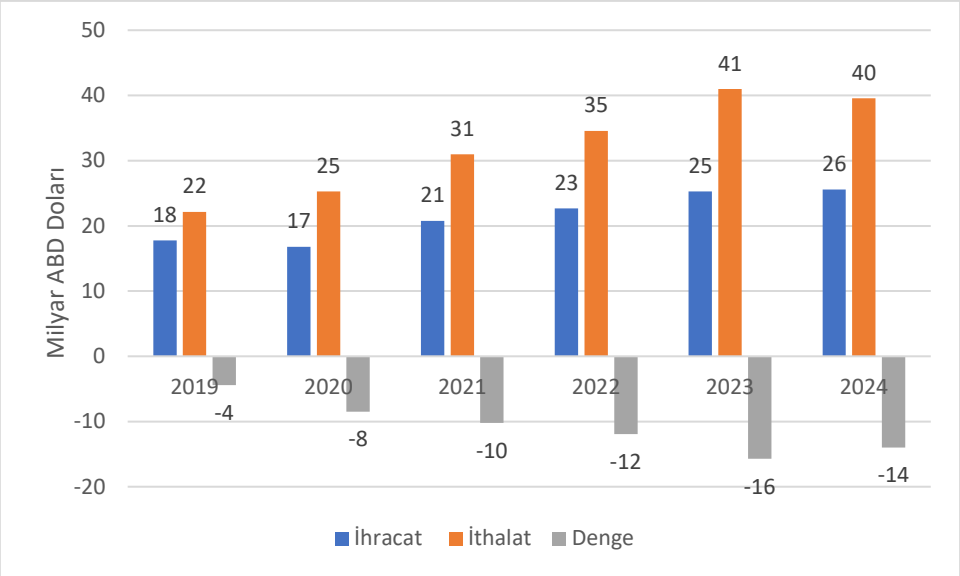
Yıl	İhracat	İthalat
2019	17.761.642.254	22.160.243.456
2020	16.795.918.104	25.272.067.353
2021	20.774.806.067	30.966.640.862
2022	22.671.432.298	34.574.192.602
2023	25.262.261.707	40.967.491.074
2024	25.554.351.459	39.564.273.474

Tablo 16: Türkiye Makine Sektöründe İthalat- İhracat (Milyar Dolar)

Kaynak: TÜİK (HS 84. Fasıl)

BM Uluslararası Ticaret Merkezi verilerine göre Dünya makine ihracatı 2023'te 2,576,101,685 milyar dolara ulaşmıştır. Makine imalat sanayinde en büyük ihracat değerine sahip ülke Çin'dir. Çin'in Dünya makine ihracatı içindeki oranı %19,8'dir. Türkiye'nin Dünya makine ihracatı içindeki oranı 2023'te %9,1'dir. Bu durum Türkiye'nin de dünya makine ihracatındaki önemli bir paya sahip olduğunu gösterir. Türkiye'nin %9,1'lik bir oranla dünya makine ihracatında büyük bir yer tutması, ülkenin makine üretimi ve ihracat kapasitesinin görece güçlü olduğunu ve küresel pazarda rekabetçi bir konumda bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin bu başarıyı, sanayideki dijital dönüşüm, üretim kapasitesinin artırılması ve inovasyon stratejileriyle elde etmiş olması olasıdır. Türkiye artan üretim kapasitesi ile dünya sıralamasında 25. sırada yer alarak, sektördeki büyüme eğilimini sürdürmektedir. Dünya ithalat verilerine göre Dünya makine ithalatı içindeki payı %17,1 ile ilk sırada ABD yer alırken %15,3 ile Türkiye 18.sırada yer almaktadır.

Makine sektörünün ihracat ve ithalat dengesini gösteren Grafik 2'ye göre, yıllar itibarıyla ithalat ve ihracat arasındaki fark giderek artmaktadır. Bu farkın temel nedeni, Türkiye'nin makine ihracatında istenen seviyede bir artış kaydedememesi ve ithalatın ihracattan daha hızlı büyümesidir. Yüksek teknolojili makinelere olan talep ithalatı artırırken, yerli üretimin bu talebi tam karşılayamaması da açığı genişletmiştir. Bu durum, sektörün ihracat potansiyelini artırma ihtiyacını bir kez daha ortaya koymaktadır.



Grafik 2: Türkiye Makine Sektöründe İthalat- İhracat- Denge (Milyar Dolar)

Kaynak: TÜİK (HS 84. Fasıl)

Tablo 17'deTürkiye'nin makine ihracatı yaptığı ülkeler sıralanmıştır. 2024'te Almanya, 1,919 milyon dolarlık ihracat ile ilk sırada yer almaktadır. Almanya'nın 2024'te Türkiye'nin en büyük makine ihracat pazarı olması, Türkiye'nin yüksek kaliteli makine üretimi ve güçlü sanayi ilişkilerinin bir yansıması olduğu düşünülebilir. Almanya, genellikle teknoloji ve sanayi altyapısının gelişmiş olduğu bir ülke olduğundan, Türkiye'nin bu pazarda güçlü bir konumda olması, ihracat stratejilerinin doğru yönde ilerlediğini göstermektedir. Öte yandan Rusya'ya yapılan ihracatın 2023'te %66 oranında artması, Türkiye'nin Rusya pazarındaki fırsatları daha iyi değerlendirdiğini ve bu pazarın Türkiye için hızla büyüyen bir pazar haline geldiğini işaret ederken, 2024'teki %12,6'lık düşüş, olası ekonomik zorluklar, siyasi gerilimler veya döviz kuru dalgalanmaları gibi dışsal faktörlerin etkisini gösterebilir. Bu tür dalgalanmalar, Türkiye'nin dış ticaretinin ne kadar dışsal faktörlere bağlı olduğunu ve ihracat stratejilerinin bu gibi değişkenlere göre yeniden şekillenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bin dolar	2021	2022	2023	2024
Almanya	1.881.454.666	2.007.479.237	2.077.374.261	1.919.860.904
ABD	1.674.227.257	1.544.380.815	1.494.394.456	1.900.804.545
Birleşik Krallık	1.267.549.782	1.060.066.940	1.122.518.652	1.089.709.730
İtalya	1.041.766.851	1.086.132.124	1.138.836.386	1.070.705.228
Rusya	770.148.959	1.246.852.140	2.079.144.191	1.816.191.561
Çin	111.325.520	79.265.876	75.315.253	84.667.051
Japonya	23.372.638	27.054.097	40.137.956	44.746.790

Tablo 17: Türkiye'nin Makine İmalatı Sektöründe İhracat Yaptığı Ülkeler

Kaynak: TÜİK

Tablo 18'de Türkiye'nin makine ithalat yaptığı ülkeler sıralanmıştır. 2024'te Çin, 7.681.875.346 milyon dolarlık ithalat ile ilk sırada yer almaktadır. Çin'in dünyanın en büyük üretici ülkelerinden biri olduğunu ve Türkiye'nin bu ülkeden geniş bir makine yelpazesi temin ettiğini göstermektedir. Çin'in üretim kapasitesi ve düşük maliyetli makineleri, Türkiye için önemli bir tedarikçi konumunda olmasını sağlamaktadır. Onu 4,8 milyon dolar ile Almanya 3,1 milyon dolar ile İtalya takip etmektedir. 2024'te yapılan ithalatın bir önceki yıla göre düşüş yaşadığı gözlenmiştir. Bu düşüş Türkiye'nin yerli üretim kapasitesini artırma çabalarının bir sonucu olabilir. Ayrıca, döviz kuru dalgalanmaları, ekonomik belirsizlikler veya ithalatı azaltmaya yönelik politikaların etkisiyle de bu düşüş yaşanmış olabilir. İthalatın azalması, yerli üretim ve dijital dönüşüm gibi unsurların daha fazla devreye girdiği ve dışa bağımlılığın azalmaya başladığı bir dönemi işaret edebilir.

Bin Dolar	2021	2022	2023	2024
Çin	5.474.862.850	6.540.983.334	8.003.238.773	7.681.875.346
Almanya	3.810.527.127	4.226.547.820	5.109.290.602	4.813.105.446
İtalya	2.741.672.389	2.813.401.439	3.346.039.124	3.121.920.062
Japonya	1.119.609.192	1.210.367.057	1.392.801.657	1.208.341.392
ABD	835.411.179	959.012.611	1.106.054.694	1.151.458.946
Birleşik Krallık	482.560.944	600.469.306	694.869.623	648.933.670

Tablo 18: Türkiye'nin Makine İmalatı Sektöründe İthalat Yaptığı Ülkeler

Kaynak: TÜİK

2.1.5. Makine İmalat Sanayinde Dijital Dönüşüm Süreci

Makine imalat sanayi, dijital dönüşümün hız kazanmasıyla birlikte önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu dönüşüm, sektördeki rekabet gücünün artırılması, üretim süreçlerinin verimliliğinin optimize edilmesi ve süreçlerin daha esnek hale getirilmesi hedeflerini kapsamaktadır. Dijital teknolojilerin üretimden yönetim ve satış süreçlerine kadar geniş bir alana entegre edilmesiyle sektör, yenilikçi bir yapıya kavuşmakta ve ulusal ve küresel ölçekte yeni fırsatlar oluşturmaktadır. Bununla birlikte, dijital dönüşümün getirdiği fırsatların yanı sıra yeni zorluklar da ortaya çıkmaktadır. Dijital dönüşüm, maliyetlerin düşürülmesine, hızlı teslimat sürelerine, yüksek kaliteli ürünlere ve esnek üretim kapasitelerine olanak tanımaktadır.

Makine imalat sektöründe teknoloji kullanımı, üretim süreçlerini hızlandırmak, maliyetleri düşürmek ve ürün kalitesini artırmak için önemlidir. Otomasyon ve yapay zekâ gibi teknolojiler sayesinde karmaşık ve özelleştirilmiş ürünlerin üretimi daha verimli hale gelmekte ve manuel süreçler büyük ölçüde azaltılmaktadır (Bayülken, 2017).

Üretim süreçlerinin dijital dönüşümü aşamalı olarak gelişmiştir. 1960'larda Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP), üretim ve envanter yönetimini dijitalleştirmiş ancak karmaşık üretim süreçlerinde yetersiz kalmıştır. 1980'lerde geliştirilen Üretim Kaynakları Planlaması (MRP II) ise üretim, pazarlama ve finans süreçlerini daha kapsamlı entegre ederek yönetim etkinliğini artırmıştır (Klaus vd., 2000).

Üretimdeki dijital dönüşüm, bilgisayarla bütünleşik üretim (CIM), fabrika otomasyonu ve tam zamanında (Just-in-Time) üretim gibi yöntemlerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu yöntemler, üretim süreçlerini daha etkin ve esnek hale getirmiş ancak değişen müşteri

taleplerine uyum sağlama konusunda bazı zorluklarla karşılaşılmıştır (Hozdić, 2015; Zühlke, 2010).

Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemleri, dijital dönüşümün önemli araçları olarak ortaya çıkmış ve CRM, SCM, BI gibi stratejik çözümlerle entegre olarak işletmelerin esnek ve müşteri odaklı yapılara dönüşümünü hızlandırmıştır (Kumaş & Erol, 2021).

Dijital teknolojilerin yaygınlaşması, CNC makineleri, robotik sistemler, 3D yazıcılar, otomatik montaj sistemleri gibi ileri teknolojilerle üretimde hız ve kalite artışını sağlamaktadır. Aynı zamanda ERP, MES, dijital ikizler ve nesnelerin interneti (IoT) gibi yönetim teknolojileri üretim süreçlerini optimize ederek firmaların rekabet gücünü artırmaktadır (Niemann & Westkämper, 2005).

Endüstri 4.0 uygulamaları, küçük ve orta büyüklükteki işletmeler (KOBİ'ler) için önemli fırsatlar yaratmakta ve firmaların IoT, büyük veri analitiği, bulut bilişim, eklemeli üretim, artırılmış gerçeklik ve robot teknolojilerini benimsemesini teşvik etmektedir (Demir vd., 2022; UNCTAD, 2020).

Bu gelişmelere paralel olarak, Endüstri 5.0 yaklaşımı insan-merkezli teknolojileri, etik sorumluluğu ve sürdürülebilirliği ön plana çıkararak dijital dönüşümü daha kapsayıcı hale getirmeyi amaçlamaktadır. Endüstri 6.0 ise yapay zekânın karar alma süreçlerinde aktif rol oynadığı, sürekli öğrenen sistemlerin entegre edildiği ve hiper-otomasyonun benimsendiği bir üretim vizyonunu temsil etmektedir. Bu yaklaşımlar, makine imalat sanayinin dijital dönüşümüne yeni boyutlar kazandırmakta, verimlilik artışı yanında sosyal fayda, uyum yeteneği ve insani odaklılığı da ön plana çıkarmaktadır.

Dijital dönüşümün önemli bileşenleri şunlardır:

Nesnelerin İnterneti (IoT): Üretim süreçlerindeki farklı kaynaklardan gerçek zamanlı veri toplayarak süreç optimizasyonunu sağlamaktadır. Akıllı fabrikaların altyapısını oluşturarak üretimi daha verimli ve otomatik hale getirmektedir (Ashton, 2009; Zhuang vd., 2018).

Büyük Veri: Üretim süreçlerinde oluşan büyük veri, enerji yönetiminden ekipman arıza tahminine kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bu veriler analiz edilerek verimlilik artırılır ve rekabet avantajı sağlanmaktadır (Rüßmann vd., 2015).

Bulut Bilişim: İş süreçlerini esnek ve ölçeklenebilir hale getirmektedir. Veri erişimini kolaylaştırarak üretim ve yönetim süreçlerini hızlandırır ve operasyonel maliyetleri azaltmaktadır (Göktaş & Baysal, 2018).

Eklemeli Üretim (3D Baskı): Ürünlerin katmanlar halinde üretimini sağlamaktadır. Malzeme israfını azaltarak karmaşık ve özelleştirilmiş ürünlerin üretimini mümkün kılmaktadır (Özer, 2020).

Endüstriyel Robotlar: Rutin işlerin otomasyonu ve iş güvenliğinin artırılmasında kullanılmaktadır. Robot teknolojileri, üretim süreçlerini daha esnek ve adaptif hale getirerek verimliliği artırmaktadır (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Öztuna, 2017).

Artırılmış Gerçeklik (AG) ve Sanal Gerçeklik (SG): Üretim süreçlerinde insan-teknoloji etkileşimini güçlendirmekte, bakım ve montaj süreçlerini kolaylaştırmakta, üretim süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır (Rüßmann vd., 2015).

Makine imalat sektöründeki üretim süreci genellikle tasarım, malzeme seçimi, üretim planlaması, üretim, montaj, kalite kontrol ve dağıtım gibi aşamalardan oluşmaktadır. Dijital teknolojilerin entegrasyonu, bu aşamaların her birini daha hızlı, hassas ve verimli hale getirmiştir. Bu dijital dönüşüm süreçleri, üretim hatalarının azaltılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve daha rekabetçi ürünlerin üretilmesi açısından önemlidir. Ancak dijital dönüşümün etkin yönetilmesi, sürekli eğitim, adaptasyon ve doğru güvenlik önlemlerinin alınmasını gerektirir (Çirkin & Özdağoğlu, 2021; Sarı, 2020).

Makine imalat sektöründe dijital dönüşüm süreci işletmelerin rekabet gücünü ve sürdürülebilirliğini artırmak için vazgeçilmez bir yol olarak görülmektedir. Firmaların bu dönüşümü etkin biçimde uygulamaları, küresel rekabetteki pozisyonlarını güçlendirecektir.

2.1.6. Dönüşüm Sürecinde Türkiye'de Teşvik Sistemi ve Yatırımlar

On Birinci Kalkınma Planı çerçevesinde belirlenen odak sektörler ve Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı, Türkiye'nin ekonomik büyümesini teknoloji odaklı üretimle desteklemeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda özellikle orta-yüksek ve yüksek teknolojili sektörlerin geliştirilmesi hedeflenmiş, makine sektörü başta olmak üzere enerji, tarım ve madencilik gibi stratejik alanlarda yerli üretimin artırılması planlanmıştır. Programın temel amacı, Türkiye'nin cari açığını azaltmak, ihracat kapasitesini yükseltmek ve yerli teknolojik yetkinlikleri geliştirerek sürdürülebilir büyüme sağlamaktır.

Ar-Ge ağırlıklı, yüksek katma değerli ve talep artışı gösteren öncelikli ürünlerin yerli üretimini teşvik etmek amacıyla Ar-Ge aşamasından yatırıma kadar uçtan uca destek mekanizmaları geliştirilmiştir. Bu kapsamda, orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyesindeki ürünlere yönelik yatırımlara özel teşvikler verilmekte, aynı zamanda

KOSGEB ve TÜBİTAK gibi kurumlar tarafından çeşitli destek programları sunulmaktadır. Projeler, katma değer yaratma potansiyeli, bölgesel kalkınmaya katkısı, istihdam yaratma kapasitesi ve teknolojik gelişime katkısı gibi kriterler esas alınarak değerlendirilmektedir.

Makine sektörü, Türkiye ekonomisi açısından stratejik önemi nedeniyle hem kamu hem de özel kuruluşlar tarafından desteklenmektedir. Kamu destekleri içinde yer alan "Proje Bazlı Teşvik Sistemi", özellikle 500 milyon TL üzeri büyük ölçekli yatırımlar için geliştirilmiştir. Ayrıca, Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı kapsamındaki 50 milyon TL ve üzerindeki yatırımlar da bu teşviklerden yararlanmaktadır. Bu teşvikler, esnek bir yapıda olup yatırımcının ihtiyaçlarına uygun şekilde tasarlanmıştır (hamle.gov.tr).

Özelikle KOSGEB tarafından KOBİ'lere yönelik Ar-Ge, Ür-Ge ve İnovasyon Destek Programı, KOBİGEL (KOBİ Gelişim Destek Programı) gibi projeler yürütülmektedir. TÜBİTAK ise 1501 Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı ve 1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı gibi önemli teşviklerle Ar-Ge faaliyetlerini desteklemektedir. Bu programlarla işletmelerin yenilik ekosistemine katkıları artırılmaya çalışılmaktadır.

Genel destekler ise KOSGEB, TÜBİTAK ve Ticaret Bakanlığı tarafından sunulan programları kapsamaktadır. KOSGEB'in Genel Destekleri, Teknoloji Odaklı KOBİ'lere yönelik programları ve KOBİ Dijitalleşme Destekleri; TÜBİTAK'ın genel destekleri Ar-Ge ve inovasyonu destekleyen geniş kapsamlı programları ve Ticaret Bakanlığı'nın ise İhracat Destekleri, Dış Ticaret Eğitimleri ve Danışmanlık Hizmetleri, Yerli Üretim Teşvikleri bu kapsamdadır (www.kosgeb.gov.tr; tubitak.gov.tr; ticaret.gov.tr).

Ancak, Türkiye'deki teşvik mekanizmalarının karmaşık ve dağınık yapısı, yatırımcılar ve şirket yöneticileri tarafından tam olarak anlaşılmamaktadır. Bu karmaşıklık, teşviklerin etkin kullanımını zorlaştırmaktadır (hamle.gov.tr).

2.2.Makine İmalat Sanayinde Beşerî Sermaye

Makine imalat sanayinde beşerî sermaye, sektörün verimlilik, inovasyon ve rekabet gücünü doğrudan etkileyen önemli bir unsurdur. Bu bağlamda sektörün beşerî sermaye yapısı, çalışanların sahip oldukları yetenekler, deneyimler, teknik bilgi ve dijital becerilerden oluşmaktadır. Dijital dönüşümün hızla geliştiği Endüstri 4.0 döneminde, makine imalat sektörünün beşerî sermaye yapısının dijital dönüşüme uygun hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Endüstri 4.0'a tam anlamıyla geçişin yaklaşık 20 yıl sürmesi beklenirken, önümüzdeki 5-10 yıllık süreçte önemli ilerlemelerin sağlanması öngörülmektedir. Bu süreçte, işgücü piyasasındaki yetkinlik ihtiyacı büyük ölçüde değişecek; özellikle yazılım, otomasyon, veri analitiği ve yapay zekâ gibi dijital beceriler daha fazla önem kazanacaktır. Dijital becerilerin kazandırılması ve çalışanların bu yeni yetkinliklere uyarlanması, sektörün karşı karşıya kalacağı en önemli zorluklardan biri olarak değerlendirilmektedir (Rüßmann vd., 2015).

Dijital dönüşümün başarılı olabilmesi, şirketlerin çalışanlarını sürekli eğitim ve beceri yükseltme programlarıyla desteklemesiyle mümkündür. Bu dönüşüm sürecinde çalışanların aktif katılımı ayrı bir öneme sahiptir. Zira teknolojik altyapı ne kadar güçlü olursa olsun, çalışanların bu yeniliklere uyum sağlayamaması durumunda dijital dönüşüm başarısızlıkla sonuçlanabilir (McKinsey, 2022).

2.2.1. Makine İmalat Sanayinde Çalışanların Profilleri

Makine imalat sanayinde çalışan profili, sektördeki üretim süreçlerinin çeşitliliği ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak oldukça dinamik ve karmaşık bir yapıdadır. Bu sektör yüksek teknik bilgi, deneyim ve beceri gerektiren işgücü profilleri içerir ve aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği gibi önemli unsurları da ön planda tutmaktadır (Ayma, 2019). Bu kısımda makine imalat sanayinde çalışanların profilleri, beceri ve yertkinlik gereksinimleri eğitim düzeyi, deneyim ve kıdem yapısı, meslek gruplarına göre işgücü dağılımı hakkında bilgi verilmiştir.

Sektördeki başlıca çalışan profilleri ve özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Makine Mühendisi: Makine mühendisleri, makinelerin tasarımı, üretim süreçlerinin optimizasyonu, üretim hatlarının kurulumu ve bakımından sorumludur. Endüstri 4.0 süreçleriyle uyumlu olarak gelişmiş otomasyon sistemlerinin tasarım ve uygulamasında rol almaktadır (Pollack vd., 2021).
- Elektrik Elektronik Mühendisi: Elektrik-elektronik mühendisleri, otomasyon sistemleri ve robotların tasarımı ile yönetimini üstlenir. Bu çalışanlar, makinelerin ve üretim hatlarının verimli ve güvenli çalışmasını sağlar (Chen, 2005).

Yazılım Mühendisi: Endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemlerinin yazılımlarını geliştiren mühendisler, üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve makinelerin programlanması süreçlerini yönetir (Li vd., 2015).

- Ar-Ge Uzmanı: Yeni teknolojilerin geliştirilmesi, ürün inovasyonu ve yenilikçi çözümlerin tasarlanması ve test edilmesinde rol alan uzmanlardır. Bu çalışanlar sektördeki teknoloji gelişimine doğrudan katkı sağlamaktadır (Veugelers & Cassiman, 2005).
- Makine Teknikeri: Makine teknikerleri, makine bakım ve onarımı, üretim hatlarının kurulumu ve makinelerin günlük operasyonlarının yürütülmesi gibi teknik görevlerde rol alırlar. Üretim hatlarının sorunsuz çalışmasını sağlamaktadır (Srirengan, 1972).

Otomasyon ve Robotik Operatörü: Endüstriyel robotları ve otomasyon sistemlerini yöneten operatörler, makinelerin çalışma süreçlerini izlemekte ve yönetmektedir. Otomasyon sistemlerinin verimliliğini sürdürür (Chen, 2010).

- CNC Operatörü: CNC (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) makinelerini kullanan operatörler, yüksek hassasiyetli parçaların üretiminde görev alır ve çeşitli metal işleme süreçlerini yürütür (Sakarinto vd., 2011).
- Kalite Kontrol Uzmanı: Kalite kontrol uzmanları, üretim sürecinin her aşamasında kaliteyi denetleyerek standartlara uygunluğunu kontrol ederler. Üretimde hataları tespit eder, düzeltici önlemler almakta ve üretim süreçlerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.
- İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Uzmanı: Makine imalat sanayisinde sağlık ve güvenlik risklerini minimize etmekten sorumlu olan İSG uzmanları, işyeri risk değerlendirmesi yaparak, önleyici ve koruyucu tedbirler geliştirmektedir. Özellikle dijital dönüşüm ile ortaya çıkan yeni güvenlik risklerini de ele almaktadır (Hale, 2019). Makine imalat sanayisinde çalışan profili, sürekli olarak gelişen teknolojilere ayak uydurabilen, ileri düzey teknik bilgiye sahip ve dijital dönüşümü takip edebilen işgücünü kapsamaktadır. Bu çalışanlar, üretim süreçlerinin her aşamasında katkı sağlayarak sektördeki verimliliği ve yeniliği artırmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır.

Makine imalat sektöründe çalışanların sahip olması gereken temel nitelikler şu şekilde özetlenebilir (Groover, 2019; Grossman & Kaestner, 1997):

- Makine ve Otomasyon Bilgisi: Makine imalat sanayisinde çalışanların, özellikle mühendislerin ve teknikerlerin, otomasyon sistemleri, robotlar ve CNC makineleri hakkında derin bilgiye sahip olmaları gerektirmektedir. Bu, makineleri tasarlama, kurma, çalıştırma ve bakımını yapabilme yeteneğini içermektedir.

- CAD/CAM Yetenekleri: Tasarım ve üretim sürecini dijital ortamda gerçekleştirebilmek için CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) ve CAM (Bilgisayar Destekli Üretim) yazılımlarını etkin bir şekilde kullanabilme becerisi, özellikle mühendisler ve teknikerler için önemli bir niteliktir.
- Programlama ve Yazılım Becerileri: Otomasyon sistemleri, robotlar ve makineler için programlama bilgisi (örneğin, PLC programlama, Python, C++ gibi diller), üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesinde önemli bir yer tutmaktadır.
- Makine Bakımı ve Arıza Giderme: Teknik personelin, makinelerin bakımını yapabilme, arıza tespitini doğru şekilde gerçekleştirebilme ve gerekli onarımları yapabilme becerileri gereklidir.
- Endüstri 4.0 ve IoT (Nesnelerin İnterneti), 5.0 ve 6.0 Uzantıları: Endüstri 4.0 uygulamaları, makinelerin dijital izlenmesi, veri toplama ve analiz etme yeteneklerini gerektirir. Bu, veri analitiği, makine öğrenimi ve bulut tabanlı sistemlerin kullanımı konusunda bilgi sahibi olmayı zorunlu kılar. Endüstri 5.0 ile bu teknolojilere, insan-merkezli tasarım anlayışı, insan-makine iş birliği, yaratıcılık ve etik sorumluluk gibi nitelikler eklenmiştir. Üretim süreçlerinde, verimlilikle toplumsal değerin, çalışan deneyiminin ve sürdürülebilirliğin bütünleşmesi hedeflenmektedir. Endüstri 6.0 aşamasında üretim ortamları, yapay zekâ destekli karar mekanizmaları, dijital ikiz sistemleri ve otonom geri besleme döngüleri ile donatılarak, hiper-bağlantılı ve sürekli öğrenen üretim ekosistemlerine dönüşmektedir. Bu yeni yapılar, teknik uzmanlık yanında sistem entegrasyonu, öngörüsel analiz ve veri güvenliği gibi yüksek düzeyde dijital yetkinlikleri de gerekli kılmaktadır.
- Veri Analizi ve Yönetimi Becerileri: Üretim süreçlerini iyileştirmek için büyük veri analizi ve üretim verilerinin işlenmesi yeteneği, dijital dönüşüm süreçlerinde önemlidir.

Siber Güvenlik Bilgisi: Dijital sistemlerin kullanımıyla birlikte, siber güvenlik risklerine karşı korunma bilinci ve bu risklere karşı uygun önlemleri alma yeteneği de önemli bir nitelik haline gelmiştir.

Makine imalat sanayindeki insan kaynağı profili, üretim süreçlerinin sürekli gelişen teknolojilere ayak uydurabilen, ileri düzey teknik bilgi ve dijital yetkinliklere sahip profesyonellerden oluşmaktadır. Bu profesyoneller, üretim süreçlerinde yenilik, kalite ve verimlilik sağlamak için sürekli olarak becerilerini geliştirmektedir.

2.2.1.1. Beceri ve Yetkinlik Gereksinimleri

Makine imalat sanayinde Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikler, hiyerarşik ve merkezî yönetim yapılarını da dönüştürmektedir. Klasik piramidal hiyerarşi yerine daha esnek ve merkezi olmayan ağ tabanlı iletişim modelleri benimsenmektedir. Bu modelde her çalışan bir düğüm görevi görür ve karar alma süreçleri dijital platformlar üzerinden daha hızlı ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirilir. Bu durum, çalışanların motivasyonunu artırarak bireysel sorumluluğu, yaratıcılığı ve yaşam boyu öğrenme yeteneğini güçlendirmektedir (Flores vd., 2019).

Endüstri 4.0'ın işgücü üzerindeki etkileri dört temel yeterlilik alanında yoğunlaşmaktadır:

- Yumuşak İşgücü Yeterliliği: Çalışanların iletişim, takım çalışması, liderlik ve farklı kültürlerle iş birliği yapabilme gibi sosyal ve duygusal yeteneklerini kapsamaktadır. Bu yetkinlikler, çalışma ortamının uyumlu ve verimli hale gelmesini sağlayarak Endüstri 4.0'ın esnek çalışma modellerini desteklemektedir (Weilkiens, 2015; Hecklau vd., 2017).
- Teknik ve Dijital İşgücü Yeterliliği: Çalışanların dijital teknolojileri etkin şekilde kullanabilmesi için gerekli teknik bilgi ve becerileri içermektedir. Programlama, robotik sistemlerin kullanımı, siber güvenlik, büyük veri analizi gibi alanlardaki yetkinlikler, üretim süreçlerinin dijital dönüşümünü desteklemektedir (Hecklau vd., 2017).
- Bilişsel İşgücü Yeterliliği: Karmaşık problem çözme, analitik düşünme ve karar alma gibi bilişsel yetenekleri ifade etmektedir. Sözel, sayısal ve mekânsal beceriler bu yeterlilik türünün temel bileşenleridir ve sürekli öğrenme ve adaptasyon süreçlerinde önemlidir (Hecklau vd., 2017).
- Duygusal İşgücü Yeterliliği: Empati, öz farkındalık ve motivasyon gibi kişisel gelişimi destekleyen yeteneklerden oluşmaktadır. Bu beceriler, çalışanların stres ve değişim süreçlerini yönetebilme kapasitelerini artırır ve motivasyonu güçlendirerek üretkenliği yükseltir (Flores vd., 2019).

Endüstri 4.0'ın getirdiği dönüşüm, şirketlere yeni fırsatlar sunmakla birlikte çalışanlar açısından önemli zorluklar da ortaya çıkarmaktadır. Dijital becerilere sahip, teknolojiye hızlı uyum sağlayabilen, sürekli gelişime açık, multidisipliner ve yenilikçi bir beşerî sermaye yapısının oluşturulması, makine imalat sektörünün sürdürülebilir büyümesi açısından hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, şirketler ve kamu kurumları eğitim, sürekli öğrenme ve beceri geliştirme faaliyetlerine yatırım yapmalı ve çalışanlarının dijital yetkinliklerini yükseltmelidirler (Rüßmann vd., 2015; Kagermann vd., 2013).

Bu bağlamda, Endüstri 5.0 yaklaşımı işgücüne teknik yeterlilikler ile insan-merkezli değerler, etik sorumluluk ve insan-makine etkileşimi gibi yeni beceri alanları kazandırmayı hedeflemektedir. Çalışanlardan, teknolojiyi insan odaklı kullanma, yaratıcılıklarını ortaya koyma ve üretim süreçlerine duygusal zekâyı entegre etme yetkinlikleri beklenmektedir. Endüstri 6.0 ise yapay zekâ temelli karar alma sistemleri, dijital ikizler ve hiper-entegrasyon gibi ileri teknolojilerin gerektirdiği sistemsel düşünme, öngörüsel analiz ve sürekli öğrenme kapasitesini zorunlu kılmaktadır. Bu yeni aşamalar, çalışan profiline çok katmanlı ve entegre beceri kümeleri kazandırmayı gerektirmektedir.

2.2.1.2. Eğitim Düzeyi

Makine imalat sanayinde beşerî sermayenin eğitimi, sektörün ihtiyaç duyduğu yetkinliklerin çalışanlar tarafından kazanılmasını ve güncel tutulmasını sağlamak için önemli bir rol oynamaktadır. Eğitim stratejileri, sektörün teknolojik gelişmelere uyum sağlaması, üretim süreçlerinin verimliliğini artırması ve rekabet gücünü koruması açısından büyük önem taşımaktadır.

Dijital sistemler, yapay zekâ ve ağ bağlantılarının artışı, sektörlerde köklü değişimler yaratırken dijital yetkinliklere sahip işgücü talebini artırmaktadır. Bu nedenle, ülkelerin küresel rekabette öne çıkabilmesi ve dijital dönüşüme uyum sağlayabilmesi için nitelikli insan sermayesi yetiştirmesi önemli hale gelmiştir. Dijital dönüşüm, işgücü piyasası ve eğitim sistemleri arasındaki etkileşimi dinamik ve yenilikçi bir yapıya dönüştürmektedir. (Lase, 2019). Makine imalat sanayisinde beşerî sermayenin sahip olması gereken eğitimler, sektörün dijital dönüşümü, otomasyon sistemleri ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ile uyumlu olmalıdır. Bu alanda gerekli olan temel eğitimler şunlardır:

Meslekî ve teknik eğitim; bireylerin iş ve toplumsal yaşamda başarılı olmalarını sağlamak amacıyla gerekli bilgi, beceri ve uygulama yeteneklerini kazandırmayı hedeflemektedir. Dijitalleşen işgücü piyasasına uyum sağlamak için bu eğitimlerin, inovasyon, sürdürülebilirlik ve çevre bilinci gibi unsurları da içermesi gerekmektedir. Pandemi, eğitim sistemlerinin esnek ve çağdaş altyapılarla desteklenmesi gerektiğini göstermiştir. Dijital teknolojiler, eğitimde fırsat eşitliği sunarak coğrafi engelleri ortadan kaldırmayı mümkün kılmaktadır (Gürbüz, 2024).

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB), 21. yüzyıl becerilerine uygun dijital ve akademik yeterliklere sahip bireyler yetiştirmeyi amaçlayan projeler geliştirmiştir. Bunlar arasında

FATİH projesi, EBA, EBA TV, ÖBA öğretmen portalı, Dijital E-Sınav ve robotik atölyeler yer almaktadır (Yalap & Gazioğlu, 2023).

Meslekî Eğitim Alanında Erasmus Akreditasyonu, Meslekî Eğitime Kazandırma Programı (MEK), Sektörel Mükemmeliyet Merkezlerinin Kurulması Yoluyla Meslekî ve Teknik Eğitimin Kalitesinin Artırılması Operasyonu (METEK III), Meslekî ve Teknik Eğitim Yoluyla Toplumsal ve Ekonomik Uyum Projesi-I (SEUP I) ve Meslekî ve Teknik Eğitim Yoluyla Sosyal ve Ekonomik Uyum Projesi-II (SEUP II) projeleri MEB bünyesinde devam etmektedir. Ayrıca Meslekî ve Teknik Eğitimin Artırılmış Gerçeklik Uygulaması ile Desteklenmesine yönelik projelerde olmuştur (MEB, 2024).

İşbaşı eğitimleri ve staj programları; meslekî ve teknik eğitimde dijital dönüşüm, geleneksel eğitim süreçlerinde önemli değişiklikler ve yenilikler getiriyor. Teori, uygulama ve iş yeri stajı temelinde şekillenen eğitim modeli, dijital dönüşümle birlikte daha esnek ve erişilebilir bir hale geliyor. Bu dönüşüm, eğitim sürecini sadece sınıf ve atölye ortamlarından çıkararak çevrimiçi ve mobil öğrenme platformlarına entegre etmektedir (ILO, 2020a).

3308 sayılı Meslekî Eğitim Kanunu, Türkiye'deki meslekî eğitim ve çıraklık sistemini düzenleyen önemli bir yasal çerçevedir. Bu kanun kapsamında, aday çıraklar ve çıraklar ile işletmelerde meslekî eğitim gören, staj veya tamamlayıcı eğitime devam eden öğrencilere ödenecek ücretlere yönelik devlet katkısı uygulaması yer almaktadır. Ancak, bu katkıların hangi alanlarda yapılacağı ve ne şekilde verileceği, her yıl güncellenen usul ve esaslara göre belirlenmektedir (mevzuat.gov.tr).

2023 itibarıyla, dijital dönüşüm ve teknolojinin etkisiyle bazı teknik alanlarda devlet desteği devam ederken, daha geleneksel alanlar, örneğin muhasebe ve finansman, destekten çıkarılmıştır. Teknoloji ve dijital araçların artan kullanımı, bu alandaki işgücü ihtiyacını azaltmıştır (Gürbüz, 2024).

Dijital dönüşüm ve teknoloji eğitimi; Dijital dönüşüm, teknolojik yeniliklerle iş dünyasında ve toplumsal yapılarda derin değişimlere yol açmaktadır. Yapay zekâ, robotik ve biyoteknoloji gibi gelişmeler iş süreçlerini verimli hale getirirken, dijital becerilere sahip olmayanlar geri planda kalacaktır. Bu sorunları aşmak için eğitim sistemlerinin dijital dönüşümü ve sürekli mesleki gelişim fırsatları sunulması önemlidir (World Economic Forum, 2017).

Yapay zekâ, blockchain, sanal gerçeklik ve ağ bilişim teknolojileri gibi dijital gelişmeler, meslekî ve teknik eğitimi dönüştürerek üretim süreçlerini ve eğitim yöntemlerini yeniden şekillendirmektedir (Gürbüz, 2024). 22.yy'da yüzyılda yaratıcılık, problem çözme, öğrenmeyi öğrenme ve girişimci zihniyet gibi beceriler işgücü piyasasında giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu beceriler, dijital dönüşüm ve değişen ekonomik ortamda başarı için önemli rol oynamaktadır (UNESCO, 2021).

Makine imalatında, tasarım CAD programlarıyla, üretim ise CNC makineleri ve CAM yazılımlarıyla yapılmaktadır. Geleneksel takip yöntemlerinin yerini barkod ve QR sistemleri alırken, ERP, MRP ve MRPII gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Bu dijital dönüşüm, yazılım becerileri (ör. Python, MATLAB, SCADA) ve CAD/CAM yazılımlarının kullanımını artırmaktadır (Etyemez & Güngör, 2018).

Sürekli eğitim ve mesleki gelişim; bireylerin eğitim sonrası bilgi ve becerilerini geliştirirken, mesleki gelişim ise meslek hayatı boyunca beceri ve yetkinlikleri artırmayı hedeflemektedir. Sanayi sektöründe dijital dönüşüme uyum sağlamak için tüm işgücü kademelerinde sürekli öğrenme gereklidir. Mühendisler ve teknikerler mesleki becerilerini güncellerken, işçiler dijital üretim sistemlerine uyum sağlamak için temel teknoloji okuryazarlığı kazanmalıdır. Bu eğitimler hem bireylerin iş güvencesini artırır hem de sektörün rekabet gücünü yükseltir (Abou-Assali, 2014).

İş sağlığı ve güvenliği eğitimleri; sanayi sektöründe iş sağlığı ve güvenliği (İSG) eğitimleri, çalışanların sağlığını koruyarak iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemeyi, verimliliği artırmayı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamayı hedeflemektedir. Teknolojik gelişmeler, İSG alanında güvenliği artıran ve iş süreçlerini daha verimli hale getiren çözümler sağlamaktadır. Akıllı koruyucu donanımlar, dijital izleme sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR), robotik, yapay zekâ (AI) ve giyilebilir teknolojiler gibi İSG teknolojileri, iş kazalarını önlemede önemli araçlardır. Ancak, bu teknolojilerin aşırı güvenle kullanımı bazı riskler doğurabilir. Bu nedenle, teknolojinin insan faktörüyle birlikte kullanılması ve çalışanların sürekli eğitim alması önemlidir. (Leso vd., 2018).

Çalışanların İSG alanında alacakları eğitim yeni sistemler ve teknolojik İSG'ye yönelik uygulamaları ile bilgilendirmeleri şeklinde olmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında eğitim, sadece geleneksel güvenlik önlemleriyle sınırlı kalmamalı, aynı zamanda yeni sistemler, teknolojiler ve dijital İSG uygulamaları ile entegre edilmelidir. Bu

eğitimlerin amacı, çalışanları güncel İSG teknolojileri hakkında bilgilendirerek, güvenli bir çalışma ortamının oluşturulmalıdır (EU-OSHA, 2021).

Eğitim ve sanayi iş birliği; sanayi ve üniversite iş birliği, ekonomik gelişme, inovasyon ve teknoloji transferi için önemlidir. Üniversiteler, araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) kapasitesini sanayiye aktararak yenilikçi çözümler üretmeye yardımcı olmaktadır. Ortak Ar-Ge projeleri, yeni ürün ve süreçlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Teknoloji transfer ofisleri, üniversitelerin araştırmalarını sanayiye aktarır ve patentlerin ticarileştirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, üniversiteler ve sanayi sektörü, seminerler, konferanslar ve çalıştaylarla bilgi paylaşımını teşvik etmektedir. Sanayi, üniversitelerle iş birliği yaparak çalışanlara sertifikalı eğitimler sunarak teknolojik yetkinliklerini artırmaktadır (Yardımcı & Müftüoğlu, 2015).

2.2.1.3. Deneyim ve Kıdem Yapısı

Makine imalat sanayinde deneyim ve kıdem yapısı, sektörün teknik doğası ve üretim süreçlerinin karmaşıklığı nedeniyle oldukça belirgin bir hiyerarşik düzene sahiptir. Bu yapı, çalışanların mesleki bilgi ve becerilerine, iş güvenliği farkındalığına, teknoloji kullanma yetkinliğine ve üretim süreçlerine olan hâkimiyetine göre şekillenmektedir.

Tablo 19'da yer alan verilere göre, sektördeki tipik işgücü hiyerarşisi; stajyer, çırak, operatör, kıdemli operatör, atölye şefi, teknisyen ve mühendis sıralamasını izlemektedir. Bu sıralama, iş unvanlarının yanında mesleki deneyim, teknik sorumluluk ve karar alma yetkinliklerini de yansıtan bir yapıyı ifade etmektedir.

Her bir kademede yer alan pozisyonlar, farklı düzeyde teknik bilgi, uygulamalı beceri ve dijital okuryazarlık gereksinimleriyle tanımlanmakta; çalışanlardan beklenen dijital yeterlilikler de buna göre şekillenmektedir. Örneğin; stajyer ve çırak düzeyindeki çalışanlardan temel üretim süreçlerini gözlemleme ve basit işlevsel görevlerde yardımcı olma yeterliliği beklenirken, kıdemli operatör ve teknisyen gibi daha deneyimli pozisyonlar üretim hatlarının dijital arayüzlerini kullanabilme, otomasyon sistemlerine müdahale edebilme ve kalite kontrol süreçlerine aktif katılım gösterebilme gibi daha gelişmiş becerilere sahip olmalıdır. Mühendis düzeyi ise, üretim sistemlerinin optimizasyonundan, veri analitiği tabanlı karar verme süreçlerine kadar stratejik ve yönetsel becerileri içeren bir yeterlilik alanını temsil etmektedir.

Yeni Başlayan / Stajer (0 –1 yıl)	Genellikle meslek lisesi, teknisyen ya da mühendislik öğrencileri yer almaktadır. Usta ya da tekniker gözetiminde çalışır. Basit montaj, malzeme taşıma, temizlik, gözlem gibi görevler alır. Temel iş güvenliği eğitimi ve makinelerin işleyişini öğrenme sürecindedir.
Çırak / Yardımcı Eleman (1-3 yıl)	Temel teknik bilgilere ve el becerisine sahip olur. CNC tezgâhları, torna, freze gibi makinelerde basit operasyonları yapabilir. Genellikle bir ustaya bağlı olarak çalışır. Kendi başına sorumluluk alması sınırlıdır, öğrenme süreci devam eder.
Operatör / Usta Yardımcısı (3-5 yıl)	Makineleri etkin kullanabilir, çizim okuma ve teknik talimatları anlama becerisi gelişmiştir. Üretim süreçlerine daha fazla katkı sağlar. Küçük arızaları giderebilir, kalite kontrol aşamasına katılabilir. Bazı firmalarda bu seviyede yetkin operatörler vardiya sorumluluğu da alabilir.
Usta / Kıdemli Operatör (5-10 yıl)	Karmaşık üretim süreçlerini ve makineleri etkin kullanabilir. Eğitim verme, yeni personeli yetiştirme gibi görevler üstlenebilir. Takım lideri veya hücre sorumlusu olarak görev alabilir. Üretim verimliliği, kalite kontrol ve iş güvenliği konularında bilgi sahibidir.
Baş Usta / Atölye Şefi (10 yıl ve üzeri)	Atölye yönetimi, üretim planlaması, kaynak tahsisi, kalite yönetimi gibi konularda sorumluluk alır. Yeni makinelerin devreye alınması, iş akışlarının iyileştirilmesi gibi konularda yönlendirici rol üstlenir. Genellikle ustalık belgesi veya mesleki yeterlilik belgesine sahiptir. İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği), verimlilik ve üretim hedefleri doğrultusunda çalışanları yönlendirir.
Teknisyen / Tekniker / Mühendis Seviyesi (Paralel Hiyerarşi)	Mühendisler ve teknikerler üretim, kalite, bakım ve AR-GE bölümlerinde görev alır. Çalışanlar arasında kıdeme göre terfi ve proje sorumlulukları değişir. Bu kadrolar saha çalışanları ile yönetim arasında köprü işlevi görür.

Tablo 19: Deneyim ve Kıdem Yapısı

Kaynak: İŞKUR; MYK

2.2.1.4. Meslek Gruplarına Göre İşgücü Dağılımı

Makine imalat sanayinde işgücü dağılımı, üretim süreçlerinin karmaşıklığı ve teknolojik düzeyine bağlı olarak farklı meslek grupları arasında dengeli bir şekilde dağılmıştır. Genellikle bu dağılım, mavi yaka (üretim sahası), beyaz yaka (mühendislik, planlama, kalite, yönetim) ve teknik destek grupları üzerinden sınıflandırılmaktadır.

Tablo 20'de makine imalat sanayinde istihdam edilen meslek gruplarına göre işgücü yoğunluğu detaylandırılmıştır. Verilere göre, sektördeki işgücü dağılımı belirli meslek gruplarında yoğunlaşmakta olup, bu durum sanayi üretim süreçlerinin yapısal özellikleriyle doğrudan ilişkilidir.

İşgücü yoğunluğunun en yüksek olduğu meslek grubu CNC operatörleri olup, bu grubu sırasıyla montaj işçileri, kaynakçılar, bakım personeli, kalite kontrol personeli, mühendisler, planlama personeli, idari personel, teknisyenler, teknik ressamlar ve boyahane elemanları takip etmektedir. Bu dağılım, üretim sürecinin teknik gereksinimleri ve operasyonel akışı doğrultusunda şekillenmektedir.

Her bir meslek grubuna ait görev tanımları, ilgili pozisyonların üretim sürecindeki fonksiyonlarını açık biçimde yansıtmaktadır. Örneğin; CNC operatörleri, bilgisayar destekli üretim makinelerinin çalıştırılması ve denetlenmesinden sorumlu iken; kalite kontrol personeli, üretilen parçaların standartlara uygunluğunu ölçme ve raporlama süreçlerini yürütmektedir. Montaj işçileri ve kaynakçılar, doğrudan üretim hattında fiziksel işgücü gerektiren görevlerde yer almakta; mühendisler ve planlama personeli ise üretim süreçlerinin optimizasyonu, teknik denetimi ve kaynak planlaması gibi daha analitik ve karar verme odaklı işlevleri yerine getirmektedir.

Meslek grubu	İşgücü Oranı (%)	Açıklama
CNC Operatörleri / Tezgâh İşçileri	%25–30	CNC torna, freze, işleme merkezi gibi tezgâhlarda çalışan operatörler. Üretimin temel gücünü oluşturur.
Montaj İşçileri / Ustaları	%15–20	Üretilen parçaların mekanik montajını yapan personel. Bazı firmalarda elektrik/elektronik montajı da içerir.
Kaynakçılar / Metal İşçileri	%10–15	Özellikle büyük makine üreticilerinde, kaynak ve sac işçiliği yapan personel. MIG, TIG, gaz altı gibi kaynak yöntemleri kullanır.
Bakım-Onarım Personeli	%5–8	Üretim makinelerinin mekanik ve elektrik bakımını yapan teknisyenler. Arıza önleyici bakım süreçlerinde görev alır.
Kalite Kontrol Personeli	%5–7	Üretilen parçaların ölçüm, test ve kalite onay işlemlerini yapan teknik elemanlar. Genellikle teknik resim okuma ve ölçüm cihazı bilgisi gerekir.
Mühendisler (Üretim, Mekanik, Kalite, AR-GE)	%7–10	Süreçleri yöneten, üretimi planlayan ve tasarımdan sorumlu mühendisler. CAD/CAM yazılımları, ERP sistemleri, proses optimizasyon gibi konularda çalışır.
Planlama / Lojistik / Satınalma Personeli	%3–5	Üretim planlaması, malzeme tedariki, stok ve lojistik süreçlerinde görev alan personel.
Yönetim / İdari Personel	%2–3	İK, muhasebe, finans, yöneticiler gibi destekleyici idari kadro.
Teknisyen ve Teknik Ressamlar	%3–5	CAD çizimleri, teknik resim hazırlığı, mühendis destek biriminde çalışan teknik personel.
Boyahane / Yüzey İşlem Elemanları	%1–3	Makine parçalarının boyanması, yüzey işlemleri ve kaplama işlemlerini yapan uzman işçiler.

Tablo 20: Meslek Gruplarına Göre İşgücü Dağılımı

Kaynak: MYK; İŞKUR, TÜİK

2.2.2. Makine İmalat Sanayinde Çalışma Koşulları

Makine imalat sanayinde çalışma koşulları, sektörün teknik yapısı ve üretim süreçlerinin doğası gereği hem fiziksel hem zihinsel yoğunluk içeren bir yapıya sahiptir. Bu koşullar, çalışılan pozisyona (örneğin CNC operatörü, mühendis, kalite personeli vb.), firmanın

büyüklüğüne, teknolojik altyapısına ve dijital dönüşüm düzeyine göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca çalışma koşulları sektördeki firmaların politikaları ve yasal düzenlemeler çerçevesinde şekillenmektedir. Aşağıda, bu sektörle ilgili ücret politikası, çalışma süreleri ve esnek çalışma modelleri, ile iş güvenliği uygulamaları konularında genel bilgiler sunulmuştur.

2.2.2.1. Ücret Politikası

Makine imalat sektöründe ücretler; çalışanların bilgi, beceri, deneyim ve mesleki yeterliliklerine dayalı olarak yapılandırılmaktadır. İşverenler, ekonomik ve enflasyonist koşulları göz önünde bulundurur; "eşit işe eşit ücret" ilkesine bağlı kalarak adil bir ücret sistemi geliştirmeye çalışır.

TÜİK verilerine göre, makine imalat sanayinde personel maliyetleri son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir. 2019'da sektör genelinde toplam personel maliyeti 15,083 milyon TL düzeyindeyken, bu rakam 2023'te 105,239 milyon TL'ye yükselmiştir. Bu artış, nominal ücret yükselişlerinin yanında sektördeki istihdam büyümesini de yansıtmaktadır. Nitekim aynı dönemde sektör bünyesinde çalışan sayısı 240.440'tan 315.911'e çıkarak yaklaşık %31 oranında bir artış sergilemiştir.

Bu göstergeler, makine imalat sanayinde hem işgücüne olan talebin arttığını hem de ücretlerin enflasyon ve maliyet baskılarına paralel olarak yeniden yapılandırıldığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, takvim etkilerinden arındırılmış brüt ücret ve maaş endeksi (2010=100 baz alınarak) 2017'de 337,3 seviyesine ulaşmıştır. Endeksteki bu artış, sektör genelinde ücretlerin reel olarak da yükseldiğini göstermektedir. Aynı yıl için yıllık endeks değişim oranı %14,8 olarak kaydedilmiş olup bu oran, ücretlerdeki artışın enflasyonla birlikte seyrettiğini ve çalışanların satın alma gücünün korunmasına yönelik bir eğilim bulunduğunu göstermektedir. Bu veriler, sektörün hem istihdamı artırma kapasitesine sahip olduğunu hem de ücret politikasında görece dinamik ve piyasa koşullarına duyarlı bir yapı izlediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca sektörün ücret düzeyini, çalışan niteliği ve teknik yeterlilik gibi faktörlerle ilişkilendirdiği; bu durumun da ücret farklılaşmalarını açıklamada önemli bir değişken olduğu söylenebilir.

Ücret politikaları, toplu iş sözleşmeleri (TS), teknik eğitim/sertifikasyon, bölgesel koşullar ve dijital dönüşüm dinamikleri doğrultusunda şekillenmektedir. CNC operatörlüğü, robotik sistem entegrasyonu gibi teknik yeterlilik gerektiren görevlerde ücretler daha yüksektir. Üretim bölgelerindeki coğrafi konum da ücret farklılıklarına yol

açmaktadır. Otomasyon ve Endüstri 4.0 uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte, yazılım ve makine entegrasyonu uzmanlarına olan talep artmış; bu pozisyonlardaki ücretler de yükselmiştir. Bu gelişme, sektörde yeni nitelikli iş istihdamı ile gelir dağılımı arasında dengeli bir yenilenme sürecini beraberinde getirmektedir (ÇSGB).

2.2.2.2. Çalışma Süreleri ve Esnek Çalışma

Türkiye'de 4857 Sayılı İş Kanunu'na göre haftalık çalışma süresi en fazla 45 saattir. Kısmi süreli (part-time) çalışma ise haftada ortalama 25 saat olarak uygulanır. Gece çalışmaları 20.00-06.00 saatleri arasında yapılır ve bu süre zarfında 7,5 saati geçen çalışmalar için mesai ücreti %50 zamlı olarak ödenir. Denkleştirme uygulamasıyla, haftalık çalışma süresinin ortalama 45 saati geçmeyecek şekilde düzenlenmesi mümkündür; bu durumda fazla mesai ücreti ödenmez. Denkleştirme süresi en fazla 8 hafta olabilir.

TÜİK verileri, imalat sanayinde çalışma saatlerinin 2010–2017 döneminde genel olarak artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. İmalat sanayinde takvim etkilerinden arındırılmış çalışma saat endeksi 2010 ‘da %100,2 seviyesinde olup, 2017’ye gelindiğinde %113,4’e yükselmiş, ancak yıllık değişim oranı 2017’de %0,1 gibi oldukça düşük bir seviyeye gerilemiştir. Bu durum, sektörde toplam çalışılan saatte artış olsa da büyümenin giderek durağanlaştığını ve üretim süreçlerinde verimlilik veya otomasyon kaynaklı bir optimizasyonun devreye girdiğini düşündürmektedir.

Makine imalat sanayinde mevsim ve takvim etkilerinden arındırılmış çalışılan saat endeksi 2010 yılında %100,1 iken, 2017 yılına gelindiğinde %137,9 düzeyine yükselmiştir. Bu, aynı dönemde yaklaşık %37,7’lik bir artış anlamına gelmektedir. Yıllık değişim oranının %8,3’ten %2’ye düşmesi sektördeki büyüme hızının yavaşladığını ve üretim süreçlerinin giderek daha verimli hale geldiğini, dolayısıyla daha az emekle daha fazla üretim yapılabildiğini göstermektedir. Özellikle makine imalat sanayinde üretimin giderek daha dijital, daha bütünleşmiş ve daha otomatik hale gelmesi, birim üretim başına düşen insan emeği süresinin azalmasına neden olmuştur (Schwab, 2017; Acemoğlu & Restrepo, 2020). Ayrıca, bu süreçte işgücünün niceliksel büyümesinden çok, niteliksel dönüşümünün ön plana çıktığı söylenebilir. Otomasyon ve dijital dönüşüm düşük vasıflı işgücü talebini azaltırken; dijital sistemleri kullanabilen, veri okuryazarlığına sahip, çok disiplinli çalışanlara olan ihtiyacı artırmaktadır (Frey & Osborne, 2017; Bessen, 2019). Bu bağlamda, endeksin büyüme oranlarındaki farklılıklar, üretim hacmine yanında işgücünün dijital yeterliliği ve sektörel dönüşüm hızına da bağlıdır.

Bu veriler, Türkiye imalat sektöründe 2010 sonrası dönemde işgücü kullanım biçiminin değiştiğine, üretimin daha az emek yoğun hale gelerek daha fazla teknoloji odaklı bir yapıya evrildiğine işaret etmektedir. Endüstri 4.0 çerçevesinde değerlendirildiğinde, bu dönüşüm dijitalleşme, otomasyon ve üretim süreçlerinin esnekleşmesiyle ilişkilendirilebilir.

OECD verilerine göre "imalatta saatlik çalışma" endeksi 2023 üçüncü çeyrekte 120,95 (2015=100) olarak kaydedilmiştir. Bu, imalat genelinde yaklaşık 44 saat/hafta çalışma anlamına gelmektedir. TÜİK verileri de 2022 yılı itibarıyla 44,4 saat/hafta ortalamasını doğrulamaktadır. OECD Employment Outlook 2021 raporu, Türkiye'deki imalat çalışanlarının diğer OECD ülkelerine göre yüksek çalışma saatlerine sahip olduğunu belirtmektedir, bu da hem ekonomik dinamiklere hem de sosyal-ekolojik risklere dikkat çekmektedir.

Makine imalatı gibi yoğun fiziksel üretim süreçlerine dayanan sektörlerde, tele-çalışma imkânlarının sınırlı olması yapısal bir özellik olarak öne çıkmaktadır. OECD (2021) raporunda belirtildiği üzere, kriz dönemlerinde dahi tele-çalışma uygulamaları düşük vasıflı işlerde yaygınlaşmamış, daha çok yüksek vasıflı çalışanlara yönelik bir uygulama olarak kalmıştır. Bu durum, makine imalatı sektöründe iş süreçlerinin doğası gereği fiziksel varlık ve doğrudan müdahale gerektirmesinden kaynaklanmaktadır.

Esnek çalışma düzenlemeleri bakımından ise, sektörün yasal çerçevede esnek çalışmaya olanak tanıyan altyapıya sahip olmasına rağmen, fiili uygulamaların henüz sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu durum, sektörün geleneksel üretim modellerine bağlılığı, işgücü planlamasında esnek modellerin henüz tam olarak benimsenmemesi ve teknolojik dönüşümün esnek çalışma kültürünü yaygınlaştırma konusundaki sınırlılıklarını göstermektedir.

2.2.2.3. İş Güvenliği Uygulamaları

Makine imalat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği (İSG) politikaları, çalışanların güvenli ve sağlıklı bir iş ortamında çalışmalarını sağlamak amacıyla oluşturulmaktadır. Firmalar, İSG ile ilgili tüm yasal düzenlemelere ve uluslararası standartlara tam uyum sağlamayı taahhüt etmektedir. Bu kapsamda, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek için risk değerlendirmeleri yapılır, önleyici tedbirler alınmakta ve çalışanlara düzenli eğitimler verilmektedir. Ayrıca, acil durum planlaması yapılarak, olası risklere karşı hazırlıklı olunması hedeflenmektedir (Ayma, 2019).

Endüstriyel makineler, çeşitli tehlikeler barındırır. Bu tehlikeler; yapısal (keskin kenarlar, çıkıntılar), mekanik (ezilme, kesilme), fiziksel (elektrik, gürültü, sıcaklık), ergonomik (uygunsuz pozisyonlar, tekrarlayan hareketler), kayma/düşme (kötü zeminler, eksik korkuluklar), kimyasal (gaz, sıvı, duman), biyolojik (küf, bakteri) ve çevresel koşullar (konum, işyeri düzeni) olarak sınıflandırılır. Çalışanlar; kurulum, işletme, bakım, temizlik ve onarım gibi tüm aşamalarda bu risklerle karşı karşıyadır (Bluff, 2014).

Makine imalat sektöründe iş güvenliği uygulamaları, işçilerin sağlığını korumak ve iş kazalarını önlemek için oldukça önemlidir. Bu sektörde kullanılan ağır makineler, kesici aletler ve yüksek enerji gerektiren prosesler nedeniyle riskler yüksektir. Başlıca iş güvenliği uygulamaları şunlardır (Tuncay & Ekmekçi, 2022):

Risk Analizi ve Değerlendirmesi; işyerindeki tehlikeler belirlenir, riskler değerlendirilir ve önleyici tedbirler planlanır.

Makine Koruma ve Bakımı; tüm makinelerde koruyucu kapaklar, acil durdurma butonları ve güvenlik sensörleri bulunmalı, düzenli bakım yapılmalıdır.

Kişisel Koruyucu Donanım (KKD); işçilere baret, eldiven, gözlük, iş ayakkabısı gibi koruyucu ekipmanlar sağlanır ve kullanımı zorunlu kılınır.

Eğitim ve Bilinçlendirme; çalışanlara iş güvenliği konusunda düzenli eğitimler verilir, güvenli çalışma yöntemleri öğretilir.

Ergonomi; çalışma alanları, iş yükü ve pozisyonlar çalışanların sağlığını koruyacak şekilde düzenlenir.

Acil Durum Prosedürleri; yangın, kaza ve diğer acil durumlara karşı planlar hazırlanır ve tatbikatlar yapılır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri (İSGYS); ISO 45001 gibi standartlara uygun sistemler kurulup işletilir.

4857 sayılı İş Kanunu iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili genel hükümleri içerir. İşverenlerin iş güvenliği tedbirlerini alma zorunluluğu vardır. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu işyerlerinde sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınmasını, risk değerlendirmesi yapılmasını zorunlu kılmakta iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi bulundurma şartlarını düzenlemektedir. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Standartları makine emniyeti ile ilgili TS EN ISO 12100 gibi standartlar, makinelerin tasarım ve kullanımında güvenlik şartlarını belirlemektedir.

3. BÖLÜM: DİJİTALLEŞMENİN MAKİNE İMALAT SANAYİNDEKİ İŞGÜCÜ PROFİLİNE YANSIMALARI: ALAN ARAŞTIRMASI

Dijital dönüşüm üretim teknolojilerinin yanı sıra işgücünün yetkinlik profili, organizasyonel yapılar ve sektörel rekabet stratejileri üzerinde de köklü etkiler oluşturmaktadır. Bu araştırma, makine imalat sanayinde dijital dönüşümün insan kaynağı üzerindeki etkilerini inceleyerek, firmaların bu değişime nasıl tepki verdiğini ve ne tür beşerî sermaye stratejileri geliştirdiğini anlamayı amaçlamaktadır. Dönüşüm süreci, teknik altyapının ötesinde çalışanların adaptasyon kapasitesini, beceri gereksinimlerindeki değişimi ve işgücünün yapısal olarak yeniden biçimlenmesini kapsamaktadır. Bu çerçevede araştırma, dijital dönüşümün beşerî sermayeye yansıyan boyutlarını sektörel düzeyde çok yönlü bir perspektifle değerlendirmektedir.

3.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, dijital dönüşüm süreçlerinin Türkiye'de makine imalat sanayinin istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürdüğünü sektörel düzeyde analiz etmektir. Dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu ile ortaya çıkan dönüşüm, teknolojik, örgütsel ve insana ilişkin boyutlarıyla ele alınmıştır. Çalışmada, firmaların dijital dönüşüm yolculuğunda insan kaynağını nasıl dönüştürdüğü, çalışanların bu yeni yapıya nasıl uyum sağladığı ve tüm bu sürecin sektörel düzeyde istihdam yapısına nasıl yansıdığı analiz edilmektedir.

Bu amaç doğrultusunda çalışma, gelecekteki işgücü ihtiyaçlarını belirlemek ve dijital dönüşüm sürecinde firmaların stratejik kararlarını yönlendirmek adına kapsamlı bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca, Türkiye'nin makine imalat sanayinde dijital dönüşümün etkinliğini artırmak ve sektörün rekabet gücünü sürdürülebilir bir şekilde yükseltmek adına önemli bir referans kaynağı olmayı da hedeflemektedir.

Dijital dönüşüm sürecindeki makine imalat sanayi firmalarının beşerî sermayelerini nasıl yönettikleri, çalışanlarını bu sürece nasıl adapte ettikleri ve dijital dönüşümün sektörel düzeyde istihdam yapısı ile üretim süreçlerine ne tür etkilerde bulunduğu araştırmanın temel odak noktalarını oluşturmaktadır.

Bu çerçevede, çalışmada yanıtlanması hedeflenen temel ve alt sorular şunlardır:

Temel araştırma sorusu: Dijital dönüşüm, makine imalat sanayinde istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürmektedir?

Alt sorular:

1. Dijital dönüşüm, makine imalat sanayinde istihdam eğilimlerini nasıl şekillendirmektedir?

1.1. Dijital dönüşüm yeni iş fırsatları oluşturuyor mu?

- Yeni kurulan firmalar mı, köklü firmalar mı daha fazla yeni pozisyon açıyor?
- İhracat yapan firmalar mı, iç piyasada faaliyet gösterenler mi daha fazla işgücü talep ediyor?
- Büyük ölçekli firmalar mı, küçük ölçekli firmalar mı dijital becerilere daha fazla yatırım yapıyor?

1.2. Hangi Firmalar Daha Fazla Dijital Yetkinlik Talep Ediyor?

- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı veri analitiği, yazılım ve kodlama becerilerine yatırım yapıyor?
- İhracat yapan firmalar mı, iç pazara yönelik firmalar mı daha fazla dijital pazarlama ve e-ticaret uzmanı istihdam ediyor?

1.3.Dijital dönüşüme Bağlı Beceri Dönüşümü Nerede Daha Güçlü?

- Yeni kurulan firmalar mı, köklü firmalar mı çalışanlarına daha fazla robotik ve otomasyon eğitimi sağlıyor?
- Dijital dönüşüme yeni başlayan firmalar mı, dijital dönüşümü benimsemiş firmalar mı çalışanlarının uyum yeteneğine daha fazla yatırım yapıyor?

1.4. Beşerî Sermaye Dönüşümüne Direnç veya Kabul Durumu

- Köklü firmalar mı, yeni kurulan firmalar mı dijital dönüşüme daha olumlu yaklaşıyor?
- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı çalışanlarını dijital süreçlere uyarlamakta zorlanıyor?
- İhracat yapan firmalar mı, iç pazara çalışan firmalar mı esnek çalışma modellerini daha hızlı benimsiyor?

1.5.Çalışanların Dijital Dönüşüm Sürecine Katılımı

- Dijital dönüşüm sürecine geçiş yapan firmalar mı, henüz başlamayan firmalar mı çalışanlarının katılım haklarını daha fazla önemsiyor?
- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı çalışanlarının dijital dönüşüm sürecine olan tepkilerini daha olumlu algılıyor?

2. Beşerî Sermayenin Gelecekteki Evrimi ve Öngörüleri Nelerdir?

2.1. Dijital Dönüşüm Yatırım Planları

- Firmalar önümüzdeki dönemde hangi beceri setlerine daha fazla yatırım yapmayı düşünüyor?
- Firmalar daha çok yazılım tabanlı mı yoksa donanım tabanlı mı bir dönüşüm geçirecek?
- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı beşerî sermaye dönüşümüne daha fazla yatırım yapacak?

2.2.Gelecekte İstihdam Eğilimleri Nasıl Olacak?

- Yeni mezunlara olan talep artacak mı, azalacak mı?
- Firmalar gelecekte daha fazla dijital beceriye sahip kişileri mi istihdam edecek, yoksa mevcut çalışanları mı dönüştürecek?
- Hangi meslekler uzun vadede daha fazla önem kazanacak, hangileri kaybolacak?

2.3.Çalışma Modellerinin Gelecekteki Değişimi Nasıl Olacak?

- Esnek çalışma modeli yaygınlaşacak mı?
- Firmalar, dijital dönüşüm ile çalışma sürelerini kısaltacak mı, yoksa artıracak mı?
- Uzaktan çalışmaya yatkın sektörler ve firmalar hangi alanlarda yoğunlaşacak?

2.4. Beşerî Sermaye Yatırımlarına Devam Edilme Eğilimi Nasıldır?

- Devlet teşvikleri firmaları daha fazla dijital dönüşüme teşvik edecek mi?
- Verimlilik artışı, firmaların beşerî sermayeye daha fazla yatırım yapmasını sağlayacak mı?
- Firmalar önümüzdeki 5 yıl içinde hangi beceri gelişim alanlarına en fazla yatırım yapacak?

Bu çalışma, yukarıda belirtilen temel ve alt araştırma sorularına yanıt arayarak, makine imalat sanayinde dijital dönüşümün beşerî sermaye üzerindeki etkilerine ilişkin çok boyutlu bir analiz sunmayı amaçlamaktadır.

3.2. Araştırmanın Kapsamı, Özgün Değeri ve Önemi

Bu araştırma, dijital dönüşüm süreçlerinin Türkiye'de makine imalat sanayinin istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürdüğünü sektörel düzeyde incelemektedir. Çalışma kapsamında, dijital dönüşümün oluşturduğu yeni beceri gereksinimleri, bu becerilerin istihdam yapısına etkileri, otomasyon-insan emeği etkileşimi ve dönüşümün üretim süreçlerine yansımaları analiz edilmiştir. Araştırma, makine imalat sektöründe dijital dönüşüm sürecini uygulamakta olan ya da bu sürece yeni geçiş firmalarla sınırlı tutulmuştur.

Nitel araştırma kapsamında Sakarya, Kocaeli ve Bursa illerinde faaliyet gösteren 38 farklı ölçekteki işletmeyle mülakat gerçekleştirilmiş, nicel araştırmada Makine İmalatçıları Birliği'ne (MİB) üye 60 firmaya anket uygulanmıştır. Elde edilen veriler üzerinden, dijital dönüşümün istihdam yapısına, üretim sistemlerine, mesleki beceri gereksinimlerine ve yeni iş alanlarına etkileri çok boyutlu olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın özgünlüğü, dijital dönüşümün makine imalat sanayindeki beşerî sermaye dönüşümüne ilişkin literatürdeki sınırlı ampirik analizleri genişleterek, sektörel düzeyde sistematik bir çözümleme sunmasından kaynaklanmaktadır. Niteliksel boyutta firmaların dijital dönüşüm sürecine nasıl yaklaştığı, çalışanların bu sürece nasıl uyum sağladığı ve yönetim süreçlerinin nasıl değiştiği derinlemesine ele alınmıştır. Aynı zamanda nicel veriler aracılığıyla, dijital dönüşümün doğurduğu beceri boşlukları ve potansiyel işgücü kazanımları sektörel düzeyde ortaya konmuştur.

Bu yönüyle araştırma, sadece mevcut durumu ortaya koymakla kalmayıp beşerî sermayede yaşanan dönüşümün yönünü ve dinamiklerini anlamaya yönelik kapsamlı bir çerçeve geliştirmiştir. Dijital dönüşüm ile insan kaynağı arasındaki ilişkiyi makro değil, sektöre özgü mikro ölçekli analizlerle ele alması, çalışmayı alan yazında özgün kılmaktadır.

Dijital dönüşüm süreci, üretim altyapısının ötesinde; organizasyonel yapı, karar alma biçimleri ve işgücü profili gibi alanlarda da önemli değişimlere yol açmaktadır. Bu bağlamda çalışma, yöneticilerin dijital dönüşüm algıları ile işgücünün bilgi, beceri ve

yeterlilik düzeyinde yaşanan dönüşümleri birlikte analiz ederek, sektördeki dönüşümün çok katmanlı doğasına ışık tutmaktadır.

Çalışma, dijital dönüşümün sadece teknoloji yatırımı olmadığını; aynı zamanda işgücü piyasasında yeni fırsatlar ve zorluklar yarattığını veri temelli olarak göstermektedir. Sektördeki nitelikli işgücü ihtiyacına yönelik politika önerileri geliştirmesi, bu araştırmayı hem karar alıcılar hem de akademik dünya için önemli bir referans noktası haline getirmektedir. Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecindeki konumu göz önüne alındığında, bu araştırma sadece makine imalat sanayinde değil ileride farklı sektörlerde yapılacak çalışmalara da model teşkil edebilecek bir kaynak niteliği taşımaktadır.

3.3. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada, karma yöntem (mixed methods) yaklaşımı benimsenmiş olup nitel ve nicel veri toplama teknikleri bütünleştirilerek kullanılmıştır. Bu yaklaşımın tercih edilmesindeki temel gerekçe, araştırma sorularına çok boyutlu, derinlikli ve kapsamlı yanıtlar üretebilecek güçlü bir veri seti oluşturabilmektir (Creswell & Creswell, 2017). Çalışma, keşifsel ve betimsel bir analiz niteliği taşımakta olup, önceden belirlenmiş hipotezler üzerinden nedensel ilişkileri test etmek yerine, araştırma sorularına dayalı olarak yürütülmüştür (Vittinghoff vd., 2005). Dijital dönüşüm sürecinin işgücü üzerindeki etkilerini çok yönlü olarak anlamayı amaçlayan araştırmada, nitel ve nicel yöntemlerin bir arada kullanılması, sektörel eğilimleri belirlemek ve dönüşüm süreçlerine dair derinlemesine bilgiler elde etmek için gerekli görülmüştür. Araştırmanın nitel aşamasında sektördeki dönüşümün dinamikleri, yönetim uygulamaları ve insan kaynağı politikaları üzerine daha detaylı analizler yapılırken nicel aşamasında sektörel eğilimlerin genel görünümü ortaya koyulmuştur (Maxwell, 2013). Böylelikle, araştırma sorularının cevaplanmasında karma yöntem yaklaşımının sunduğu bütüncül bakış açısından faydalanılması sağlanmıştır (McKim, 2017).

3.3.1. Araştırma Deseni

Araştırmanın karma yöntem tasarımı, keşfedici sıralı desen (Exploratory Sequential Mixed Method Design) çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu desenin tercih edilmesindeki temel neden, öncelikle nitel verilerle sektördeki dönüşümün altında yatan dinamikleri ve beşerî sermayenin nasıl şekillendiğini derinlemesine anlamaya yönelik analizler yapmak, sektör genelinde mevcut duruma dair kapsamlı ve genellenebilir bir tablo ortaya koymak için nicel yöntemlerden yararlanmaktır (Bowen vd., 2017).

Araştırmanın ilk aşaması olan nitel bölümde, yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşme tekniği kullanılmıştır. Görüşmelerin katılımcıları üst düzey yöneticiler, Ar-Ge uzmanları ve insan kaynakları yöneticilerinden oluşmakta olup katılımcıların seçiminde özellikle dijital dönüşüm sürecini aktif şekilde yürütmüş olmaları dikkate alınmıştır. Nicel bulgulardan da yola çıkarak sektörde karşılaşılan zorlukları, başarı faktörlerini ve çalışanlarda görülen yeni yetkinlik ihtiyaçlarını daha derinlikli ve bağlamsal olarak anlamak hedeflenmiştir.

Nicel bölümde sektör genelinde faaliyet gösteren firmaların dijital dönüşüm seviyeleri, çalışanların mevcut beceri düzeyleri ve gelecekteki beceri ihtiyaçları nicel anket tekniği aracılığıyla belirlenmiştir. Bu aşamada anket soruları nitel veriler aracılığıyla oluşturulmuştur.

Desenin bu biçimde yapılandırılmasıyla, nitel verilerin sunduğu derinlemesine analizlerin, nicel bulgularla desteklenerek genellenebilir biçimde doğrulanması ve pekiştirilmesi sağlanmıştır (Yin, 2017). Böylelikle araştırma sorularının yanıtları hem genelleştirilebilir hem de elde edilen bilgiler açısından zengin, bütüncül bir çerçevede değerlendirilmiştir.

Farklı araştırma desenleri ve sınıflandırmalar mümkün olmakla birlikte, çalışmada benimsenen sınıflandırma, araştırmanın metodolojik tutarlılığını güçlendiren uygun bir çerçeveoluşturmaktadır (Dannels, 2018).

3.3.2. Nitel ve Nicel Soruların Oluşturulması

Araştırmanın yöntemsel sağlamlığını artırmak ve elde edilen verilerin güvenilirliğini maksimize etmek amacıyla, nitel görüşme ve nicel anket soruları sistematik bir yaklaşımla tasarlanmış, geçerlik ve güvenirlik önlemleri titizlikle uygulanmıştır. Bu süreç, kapsamlı bir literatür taraması, sektörel analizler ve uzman görüşlerinin sentezlenmesi ile desteklenmiş olup veri toplama araçlarının araştırma sorularına doğrudan ve etkin şekilde yanıt verecek biçimde oluşturulmasını sağlamıştır. Nitel ve nicel soru setleri, araştırmanın temel sorularını çok boyutlu bir perspektiften ele alacak şekilde yapılandırılmıştır. Nitel araştırma, katılımcıların deneyimlerine odaklanarak bağlamsal analizler sunmayı amaçlarken; nicel veriler, sektör genelinde genellenebilir bulgular sağlayarak karma yöntem yaklaşımının tamamlayıcı yapısını güçlendirmiştir. (Schoonenboom, 2023).

Araştırma sorularının oluşturulmasında uygulanan bu titiz yöntem, veri toplama araçlarının geçerliliğini ve güvenirliğini artırmış, sonuçların bilimsel tutarlılığını pekiştirmiştir (Fox & Geichman, 2001). Böylece, elde edilen bulguların araştırma çerçevesi içinde daha geniş bir teorik ve pratik bağlamda da geçerli ve anlamlı olması sağlanmıştır.

3.3.2.1. Nitel Görüşme Sorularının Oluşturulması

Nitel araştırmada kullanılacak yarı yapılandırılmış görüşme sorularının geliştirilmesi süreci şu aşamalardan oluşmuştur (Agee, 2009):

Araştırma Sorularıyla Uyumlu Temaların Belirlenmesi: Görüşmelerde ele alınacak temalar; dijital dönüşüm sürecindeki deneyimler, karşılaşılan zorluklar, başarı faktörleri, çalışan becerilerindeki değişim ve stratejik adaptasyon süreçleri olarak belirlenmiştir.

Literatür ve Önceki Çalışmaların Analizi: Daha önce farklı sektörlerde yapılan dijital dönüşüm odaklı nitel araştırmalar incelenerek, benzer çalışma alanlarında kullanılan soru setleri değerlendirilmiştir.

Esnek ve Derinlemesine Yanıt Elde Etmeye Yönelik Soru Yapılandırması: Katılımcıların doğrudan deneyimlerini paylaşmalarını teşvik eden açık uçlu sorular tercih edilmiştir. Örneğin "Firmanızda dijital dönüşüm süreci hangi aşamalardan geçti?", "Bu süreç çalışanların beceri setlerinde ne tür değişimlere yol açtı?", "Karşılaştığınız en büyük zorluklar nelerdi ve bunları nasıl aştınız?" gibi derinlemesine analiz sağlayacak sorular oluşturulmuştur.

Uzman ve Sektör Temsilcileri ile Ön Değerlendirme: Görüşme formu, akademisyenler ve sektörde çalışan profesyoneller tarafından değerlendirilmiş, gereksiz tekrarlardan kaçınılmış ve soruların netliği artırılmıştır.

Pilot Uygulama Öncesi Son Revizyonlar: Görüşme süresinin optimal uzunlukta olması için sorular düzenlenmiş, fazla uzun ve gereksiz görülen ifadeler sadeleştirilmiştir.

3.3.2.2. Nicel Soru Setinin Oluşturulması

Nicel araştırma kapsamında kullanılacak anket formunun oluşturulmasında şu temel adımlar izlenmiştir (Boraie & Gebril, 2015):

Literatür Taraması:

- Dijital dönüşümün işgücü üzerindeki etkilerine dair uluslararası ve ulusal akademik çalışmalar incelenmiştir.

• Makine imalat sanayinde dijital dönüşümün beceri gereksinimleri, işgücü profilleri ve organizasyonel dönüşümler üzerindeki etkileri ele alınan çalışmalardan yararlanılmıştır.

• Daha önce yapılan benzer ölçek ve anket çalışmaları değerlendirilmiş, mevcut ölçüm araçları araştırmaya uygun şekilde uyarlanmıştır.

Sektör Analizi ve Uygulama Alanına Uyarlama:

• Türkiye'de makine imalat sektörünün dijital dönüşüm sürecindeki durumu sektör raporları, meslek odası belgeleri ve saha analizleri üzerinden değerlendirilmiştir.

• Dijital dönüşüm düzeyi, çalışanların beceri gereksinimleri ve gelecekte öngörülen istihdam dinamiklerine ilişkin özel sorular geliştirilmiştir.

Uzman Görüşleri ile İçerik Geçerliği Sağlama:

• Alanında uzman akademisyenler, sektördeki insan kaynakları profesyonelleri ve dijital dönüşüm danışmanlarıyla görüşmeler yapılmıştır.

• Anket formundaki soruların anlaşılırlığı, ölçüm gücü ve kapsamı değerlendirilerek revizyonlar gerçekleştirilmiştir.

Nitel görüşme bulgularından uyarlama:

• Nitel görüşme bulgularından elde edilen temalar yapılandırılmış; ayrıca pilot uygulama sürecinden elde edilen geri bildirimler gerekli revizyonlar yapılarak son haline getirilmiştir.

Soru Formu Yapılandırma:

• Anket, 5'li likert tipi ölçekler, demografik bilgi soruları ve açık uçlu yanıt alanları içerecek şekilde yapılandırılmıştır.

• Faktör analizi ve güvenilirlik testlerinin sağlıklı şekilde uygulanabilmesi için ölçüm değişkenlerinin dengeli dağılımı gözetilmiştir.

3.3.3. Pilot Çalışma

Araştırmanın nitel ve nicel aşamalarına geçmeden önce yöntemlerin test edilmesi, geçerliliklerinin kontrol edilmesi ve saha uygulamalarında karşılaşılabilecek sorunların önceden belirlenebilmesi amacıyla pilot çalışma yapılmıştır. Pilot çalışma aşaması, araştırmanın güvenilirliği açısından ön adım teşkil etmektedir (Williams-McBean, 2019). Pilot çalışma, nitel ve nicel yöntemler için ayrı ayrı uygulanmıştır. Nitel veri toplama aşamasındaki pilot çalışma kapsamında, hazırlanan görüşme soru seti, sektörde görev yapan ve hedef gruba yakın pozisyondaki iki yöneticiyle test edilmiştir. Bu pilot görüşmelerin temel amacı şunlar olmuştur:

- Soruların katılımcılar tarafından kolaylıkla anlaşılabilirliğini test etmek,
- Görüşme süresini tahmin etmek ve optimum süreyi belirlemek,
- Görüşme akışının doğallığını değerlendirmek ve soru sırasını gözden geçirmek,
- Potansiyel belirsiz ya da yanlış anlaşılabilecek soruları belirleyerek açıklığa kavuşturmak.

Bu süreç sonunda elde edilen geri bildirimler ışığında görüşme soru setinde iyileştirmeler yapılmıştır. Bazı sorular yeniden düzenlenmiş, görüşmelerin akıcılığını ve derinlemesine veri elde etme potansiyelini artırmak üzere ek yönlendirme soruları eklenmiştir.

Nicel veri toplama aşamasında tasarlanan anket formu, sektörde faaliyet gösteren fakat örneklem dışında bırakılan üç firma üzerinde uygulanarak test edilmiştir. Bu pilot uygulama sırasında katılımcılardan özellikle şu hususlarda geri bildirimler alınmıştır:

- Soruların netliği ve anlaşılabilirliği,
- Anketin uzunluğu ve doldurulma süresi,
- Dijital dönüşüme ilişkin kullanılan terimlerin sektördeki yaygınlığı,
- Anket formunun teknik ve içerik açısından bütünlüğü.

Pilot çalışma sonucunda katılımcılardan gelen geri bildirimler doğrultusunda anket formunda önemli revizyonlar yapılmıştır. Bazı soruların ifade biçimleri daha açık ve anlaşılır hale getirilmiş, sektöre özgü terimlerin açıklamaları eklenerek soru anlaşılırlığı güçlendirilmiş, böylece anket formunun saha uygulamasında karşılaşılabilecek muhtemel sorunların önüne geçilmiştir.

Pilot çalışma süreci araştırmanın temel aşamasında ortaya çıkabilecek zorlukları önceden tanımlama, araştırma araçlarının etkililiğini artırma ve veri kalitesini güvence altına alma açısından vazgeçilmez bir adımdır (Van Teijlingen & Hundley, 2001). Bu süreçte kazanılan deneyim, araştırmanın sonraki aşamalarında karşılaşılabilecek sorunları azaltmış ve saha çalışmasının genel başarısına önemli katkı sağlamıştır.

3.3.4. Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, Türkiye'de makine imalat sanayinde faaliyet gösteren ve dijital dönüşüm sürecini uygulayan ya da yeni geçiş yapmış firmalar oluşturmaktadır. Makine imalat sektörü, sanayinin birçok alt dalına etki eden ve dijital dönüşümün üretim süreçlerini doğrudan dönüştürdüğü önemli bir alan olarak değerlendirilmektedir. Dijital dönüşüm süreçlerinin istihdam, beceri gereksinimleri ve iş yapış biçimleri üzerindeki

etkilerini anlamak için bu sektörü seçmek, dönüşüm dinamiklerinin en net şekilde gözlemlenebilmesini sağlamaktadır.

Makine imalat sanayi, yüksek katma değerli üretim süreçlerine sahip olması ve dijital dönüşüm uygulamalarının sektörde rekabet avantajı açısından belirleyici bir faktör haline gelmesi nedeniyle incelenmeye değer görülmüştür. Özellikle Endüstri 4.0 kapsamında nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, yapay zekâ destekli üretim sistemleri gibi teknolojilerin sektörde artan kullanım oranları, beşerî sermaye üzerindeki etkilerin anlaşılmasını gerektirmektedir.

Örneklem seçimi, amaçlı örnekleme (purposive sampling) tekniği ile gerçekleştirilmiştir (Etikan vd., 2016). Bu teknik, dijital dönüşüm süreçlerinde belirli aşamaları geçmiş, sektörde öncü rol oynayan ve dijital dönüşüm yolculuğunda deneyim sahibi firmaların araştırmaya dahil edilmesini sağlamıştır. Böylece, çalışmanın odaklandığı konulara ilişkin zengin veri seti elde edilmesi hedeflenmiştir.

3.3.4.1. Nitel Araştırmanın Örneklemi

Nitel araştırma kapsamında, dijital dönüşüm süreçlerinde doğrudan deneyim sahibi olan 38 yönetici, Ar-Ge uzmanları ve insan kaynakları yöneticileriyle yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu katılımcılar, firmalarının dijital dönüşüm stratejilerini belirleyen ve süreçleri yöneten uzmanlar olmaları nedeniyle bilgi zenginliği açısından seçilmişlerdir.

Nitel araştırma kapsamında makine imalat sanayinde dijital dönüşüm süreçlerini derinlemesine incelemek amacıyla Sakarya, Kocaeli ve Bursa illeri stratejik olarak örneklem bölgesi seçilmiştir. Bu illerin tercih edilmesindeki temel gerekçe, sahip oldukları yüksek sanayi yoğunluğu ve sektörel temsiliyet gücüdür. Türkiye'nin önemli üretim merkezleri arasında yer alan bu şehirler, makine imalat sektörünün farklı düzeyde gelişim ve uzmanlık alanlarını temsil etmektedir. Bursa, özellikle otomotiv ve makine üretiminde sahip olduğu çeşitlilik ile dijital dönüşüm uygulamalarını entegre biçimde yürüten firmalara ev sahipliği yapmaktadır. Kocaeli ise ağır sanayi ve teknoloji tabanlı üretim altyapısıyla İstanbul'a yakın düzeyde Endüstri 4.0 uygulamalarının yerleşiklik kazandığı bir merkez konumundadır. Sakarya, organize sanayi bölgeleri sayesinde gelişen üretim ağıyla dijital dönüşüm sürecine geçiş aşamasındaki işletmeleri içermesi bakımından sektördeki geçiş dinamiklerinin gözlemlenmesine imkân tanımaktadır.

Bu illerde yürütülen saha çalışmaları, dijital dönüşüm sürecine aktif olarak katılan veya bu süreci planlayan firmalarla gerçekleştirilmiştir. Seçilen firmalar, dijital dönüşüm kapsamında ile üretim süreçlerinde otomasyon sistemlerini benimseyen, veri temelli karar alma mekanizmalarını uygulamaya koyan ve insan-makine etkileşimi çerçevesinde organizasyon yapılarını yeniden şekillendiren işletmelerden oluşmaktadır. Bu durum, dijital dönüşümün işgücü üzerindeki etkilerini hem teknik altyapı hem de beşerî sermaye boyutunda gözlemleme açısından güçlü bir araştırma zemini oluşturmuştur.

Ayrıca bu şehirlerdeki firmalar, organizasyonel dönüşümle birlikte çalışan profilini yeniden şekillendirme, yeni beceri setlerine yönelik talep oluşturma ve dijital dönüşümün getirdiği fırsat ve risklere karşı stratejiler geliştirme süreçlerini somut olarak yansıtmaktadır. Yöneticilerle yapılan görüşmeler aracılığıyla firmaların dijital dönüşüm stratejileri, insan kaynağı politikaları ve beceri geliştirme yaklaşımları kapsamlı şekilde analiz edilebilmiştir. Bu sayede araştırmanın ana amacına uygun olarak beşerî sermayenin dijital dönüşüm sürecindeki konumu detaylı biçimde değerlendirilmiştir.

Sakarya, Kocaeli ve Bursa'da yürütülen araştırma süreci, bu illerdeki üniversiteler, sanayi ve ticaret odaları ile sektörel birlikler aracılığıyla sağlanan desteklerle kolaylaştırılmıştır. Kurulan iş birlikleri sayesinde firmalara erişim daha güvenilir hale getirilmiş, görüşme süreçleri sağlıklı biçimde yürütülmüştür. Bu bağlamda, saha çalışmasının hem zamanlaması hem de verimliliği açısından önemli avantajlar sağlanmıştır. Tüm bu nedenlerle söz konusu iller, nitel araştırmanın amacı doğrultusunda anlamlı, temsil gücü yüksek ve stratejik öneme sahip örneklem bölgeleri olarak değerlendirilmiştir.

Nitel araştırmada doygunluk ilkesi esas alınmıştır (Saunders vd., 2018). Bu bağlamda, yeni veri toplamanın araştırmaya anlamlı katkı sağlamadığı ve mevcut bulguların tekrar etmeye başladığı noktada görüşme süreci sonlandırılmıştır. Böylece, veri analizinde kapsamlı ve derin bilgi sağlayan bir tematik yapı oluşturulmuştur.

Görüşme sürecinde katılımcıların farklı sektör segmentlerini temsil etmeleri sağlanmış, dijital dönüşümün farklı ölçeklerdeki firmalar üzerindeki etkilerinin karşılaştırılabilir bir şekilde incelenmesine olanak tanınmıştır.

3.3.4.2. Nicel Araştırmanın Örneklemi

Nicel araştırmada, sektördeki genel eğilimleri anlamak amacıyla belirlenen örneklem büyüklüğü, ulaşılabilirlik koşulları ve sektörel temsiliyet arasındaki denge gözetilerek oluşturulmuştur (Delice, 2010). Araştırmanın temel hedeflerinden biri, makine imalat

sektöründeki dijital dönüşüm süreçlerini genellenebilir bir perspektiften ele almak olduğundan, temsil gücü yüksek bir örneklem belirleme yönünde bir çaba sarf edilmiştir. Ancak, sektördeki firmaların araştırmalara katılım konusundaki çekinceleri, yoğun iş temposu ve ulaşılabilirlik zorlukları bu süreci kısıtlamış, planlanan örneklem büyüklüğüne ulaşmayı zorlaştırmıştır.

Nicel araştırmalarda örneklem büyüklüğü, araştırmanın amacına, kullanılan analiz türlerine, evrenin büyüklüğüne ve hedeflenen güven düzeyine göre değişkenlik göstermektedir. Sosyal bilimlerde, özellikle keşfedici nitelikteki saha araştırmalarında, örnekleme ulaşma imkânlarının kısıtlı olduğu durumlarda 30 ila 60 arasında değişen örneklem sayıları küçük ve orta ölçekli çalışmalar için yeterli kabul edilmektedir (Cohen, 1992; Field, 2013; Mursa vd., 2025).

Büyüköztürk (2021) bu durumu şu şekilde açıklamaktadır: "Eğer araştırmanın örneklem çerçevesi net biçimde belirlenmiş, homojen bir gruba odaklanılmış ve analizlerde çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılmıyorsa, 50–100 arası bir örneklem büyüklüğü sosyal bilimler alanı için yeterli sayılabilir." Benzer şekilde, Delice (2010) sosyal bilimlerde sık karşılaşılan erişim zorluklarını dikkate alarak örneklem büyüklüğünün bağlamsal olarak değerlendirilmesi gerektiğini savunmakta, nitelikli analizlerin sayıca sınırlı örneklemlerle de gerçekleştirilebileceğini vurgulamaktadır.

Ayrıca, literatürde örneklemin temsil gücü, veri toplama sürecinin titizliği ve kullanılan analiz tekniklerinin geçerliliği ön plana çıkarılmaktadır (Marshall vd., 2013; Guest, Bunce & Johnson, 2006). Bu bağlamda, araştırmanın örneklemi, saha gerçeklikleri çerçevesinde en ulaşılabilir maksimum düzeyde tutulmuş, analizlerde tutarlılığı ve anlamlılığı korumak adına istatistiksel varsayımlar titizlikle gözetilmiştir.

Bu araştırmada, dijital dönüşüm sürecindeki beşerî sermaye dinamiklerini analiz edebilmek amacıyla nicel veri toplama süreci, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan makine imalat sanayi firmalarını kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır. Seçilen iller (Sakarya, Kocaeli, Bursa, Konya, Ankara, Giresun ve İstanbul), örneklem çeşitliliği, bölgesel temsil gücüne stratejik gözlem fırsatları sunması bakımından araştırmanın amacıyla yüksek düzeyde örtüşmektedir. Örneklem seçimindeki başlıca gerekçeler aşağıda sıralanmıştır:

Sanayi Yoğunluğu ve Sektörel Temsiliyet:

- Kocaeli, Bursa ve Sakarya, Türkiye'nin önde gelen üretim merkezleri arasında yer almakta olup, makine imalat sanayinde yoğunlaşmış üretim yapıları, teknoloji tabanlı sanayi kümelenmeleri ve organize sanayi bölgeleri ile öne çıkmaktadır.
- Bursa, özellikle otomotiv ve makine imalatı entegrasyonuyla birlikte yüksek teknolojiye geçiş sürecinde aktif konumda bulunmaktadır.
- Kocaeli, ağır sanayi ve ileri mühendislik üretimleriyle birlikte dijital otomasyon yatırımlarının sık gözlemlendiği bir merkezdir.
- Sakarya hem stratejik konumu hem de son yıllarda dijital dönüşüm ve organize sanayi bölgesi yatırımları ile gelişmekte olan bir sanayi kenti olarak seçilmiştir.

Dijital Dönüşüm Sürecinin Aktif Takibi:

Araştırmanın temel amacı, dijital dönüşüm süreçlerinin Türkiye'de makine imalat sanayinin istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürdüğünü sektörel düzeyde analiz etmektir. Bu nedenle, örneklem iller arasında dijital dönüşüm stratejilerini uygulayan, Endüstri 4.0 yatırımları gerçekleştiren veya dijital dönüşüm sürecine hazırlık yapan firmaların yoğun olduğu bölgeler tercih edilmiştir. Özellikle Konya, Ankara ve İstanbul, bu yönüyle üretim teknolojilerini dönüştürmeye yönelik çabaların sürdüğü önemli merkezler arasında yer almaktadır.

Bölgesel Denge ve Farklılaşan Kalkınma Dinamikleri:

İstanbul, ülke genelinde üretim ve teknoloji altyapısının en gelişmiş olduğu metropol konumundayken; Giresun, Doğu Karadeniz bölgesinde sanayi çeşitliliğini ve bölgesel farklılıkları yansıtma potansiyeli nedeniyle örnekleme dahil edilmiştir. Bu çeşitlilik, çalışmanın hem ileri sanayi bölgelerine hem de farklı kalkınma düzeylerine sahip bölgelerdeki dijital dönüşüm eğilimlerine de ışık tutmasını sağlamıştır.

Ulaşılabilirlik ve Kurumsal İş Birliği Potansiyeli:

Araştırma sürecinde erişilebilirlik, saha uygulamalarının verimliliğini doğrudan etkileyen bir faktör olmuştur. Bu bağlamda, örneklem iller, hem lojistik olarak araştırma ekibinin erişimini kolaylaştıran hem de sanayi ve ticaret odaları, sektörel birlikler ve yerel kurumlarla iş birliği kurulabilen şehirler olarak tercih edilmiştir. Bazı firmaların gizlilik, zaman kısıtı ya da iç süreç yoğunluğu gibi gerekçelerle çalışmaya katılmaktan kaçınması örneklem büyüklüğünü sınırlamış olsa da seçilen iller üzerinden sağlanan çeşitlilik, araştırmanın sektörel geçerliliğini desteklemektedir.

Bu kısıtlara rağmen, erişilebilen firmaların sektörel çeşitliliği ve dijital dönüşüm seviyelerinin farklılık göstermesi, elde edilen verilerin temsil gücünü artırmıştır.

3.3.5. Veri Toplama Süreci

Araştırmanın nicel ve nitel aşamalarında veri toplama süreciyle ilgili uygulama deneyimleri, karşılaşılan zorluklar ve bu zorlukların aşılmasına yönelik geliştirilen çözüm stratejileri önemli tecrübeleri barındırmaktadır. Bu başlık altında genel yöntem açıklamalarının tekrarından kaçınarak, veri toplama sürecinde elde edilen spesifik pratik tecrübeler, sahada karşılaşılan güçlükler ve araştırmacılara yol gösterecek somut öneriler vurgulamaktır.

3.3.5.1. Nitel Veri Toplama Süreci

Nitel veri toplama aşamasında katılımcı seçiminde titizlik gösterilmiş, dijital dönüşüm konusunda doğrudan tecrübeye sahip olan yöneticiler özellikle tercih edilmiştir. Bu süreçte üst düzey yöneticilere erişimin zorluğu dikkate alınarak, ilk temaslarda araştırmanın sektöre sağlayacağı somut katkılar özellikle vurgulanmıştır. Ayrıca, görüşme tarihleri katılımcıların çalışma yoğunluğuna göre esnek şekilde düzenlenerek katılım kolaylaştırılmıştır.

Görüşmeler sırasında, katılımcıların kimi zaman sorulara genel veya yüzeysel yanıtlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu durumda, araştırmacının konuya dair ön bilgisi ve hakimiyetinin önem kazandığı görülmüştür. Katılımcıların verdikleri genel cevapları daha spesifik hale getirmek için ek sorular ve örnek olaylarla desteklenen yönlendirmeler yapılmıştır. Özellikle görüşme öncesi, her firmanın dijital dönüşüm hikâyesi hakkında ön hazırlık yapılmasının, görüşmelerde daha derinlemesine bilgiler elde edilmesine katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

Görüşmelerin kayıtlarının transkript haline dönüştürülmesi sırasında, zaman zaman sektör spesifik kavramların hatalı yazılması gibi sorunlarla karşılaşılmıştır. Bu nedenle transkriptlerin analiz öncesinde hem katılımcılarla hem de sektör uzmanlarıyla birlikte gözden geçirilmesi, olası anlam kaymalarının önüne geçilmesi açısından önemli bulunmuştur (Jensenius, 2014).

3.3.5.2. Nicel Veri Toplama Süreci

Anket uygulamasına başlamadan önce firmaların anketi yanıtlamaya yönelik motivasyonlarının düşük olabileceği öngörülmüş ve buna yönelik proaktif stratejiler geliştirilmesi planlanmıştır (Sandelowski, 2000). Firmaların ankete katılım oranını

yükseltmek amacıyla sektör dernekleri, meslek örgütleriyle ve sektörden tanıdıklarla iş birliği yapılmış, böylece firmalar ile kurulan ilk temas daha güven verici ve güçlü hale getirilmeye çalışılmıştır. Firmaların üst düzey yöneticileriyle kişisel iletişime geçilmesi, araştırmaya verilen önemi ve katılımcılara sağlanacak faydayı vurgulayan kısa bilgilendirme toplantıları yapılmasının, sürecin olumlu sonuçlanmasına katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Bununla birlikte, tüm bu planlamalara ve çabalara karşın, saha sürecinde ciddi zorluklarla karşılaşılmıştır. Gerek elektronik posta ve telefon yoluyla yapılan doğrudan davetler, gerekse sektörel ağlar üzerinden kurulan bağlantılar istenilen düzeyde geri dönüş sağlamamıştır. Firma yöneticilerinin zaman kısıtları, dijital anket formatına olan mesafe, veri paylaşımı konusundaki çekinceleri ve araştırma faaliyetlerine yönelik genel ilgisizlik gibi çeşitli nedenlerle yanıt oranı sınırlı kalmıştır. Türkiye'deki sektör temelli saha araştırmalarında sıkça karşılaşılan bu durum, literatürde "uygulamalı erişim engelleri" (applied access barriers) olarak tanımlanmakta ve özellikle özel sektör temsiliyetinin yüksek olduğu çalışmalarda yaygın biçimde raporlanmaktadır (Edwards & Holland, 2013; Boddy, 2016).

Araştırma sürecinde, hedeflenen örneklem büyüklüğünün altında kalınmış olsa da ulaşılan 60 anket verisi, araştırmanın temel analizlerini gerçekleştirmek açısından nitelikli ve geçerli bir veri seti oluşturmaktadır. Söz konusu katılımcı firmalarının dijital dönüşüm düzeyleri, çalışan profilleri ve sektör içi dağılımları açısından temsil kabiliyeti dikkate alınarak, örneklemin anlamlı ve tutarlı çıktılar ürettiği gözlemlenmiştir. Bu durum hem nitelikli örneklem temsili hem de uygulama güçlüklerinin açık biçimde raporlanması bakımından, çalışmanın şeffaflığı ve metodolojik bütünlüğü adına önemli bir hassasiyetin göstergesi olarak değerlendirilmelidir.

Uygulama sırasında özellikle dijital dönüşüm konusunda hassas bilgiler içeren soruların firmalar tarafından çekince ile karşılandığı görülmüştür. Bu nedenle katılımcılara verilecek gizlilik güvencesinin yazılı metinlerle ve bire bir görüşmelerde sözlü olarak da vurgulanmasının etkili olduğu gözlemlenmiştir (Caracelli & Greene, 1993).

Elektronik ortamda uygulanan anketlerin doldurulma oranlarını artırmak için anketin mobil cihazlarda kullanımının kolaylaştırılması gibi küçük ama önemli teknik iyileştirmeler yapılmıştır. Ayrıca veri kalitesini artırmak üzere, tamamlanan her anket hızla kontrol edilerek eksik ya da tutarsız cevaplar belirlenmiş, bu tür sorunlarda

katılımcılarla kısa süre içerisinde tekrar iletişime geçilmiştir (Ataseven, 2012). Bu uygulamanın, anketin genel kalitesini ve güvenilirliğini belirgin şekilde artırdığı tespit edilmiştir.

3.3.5.3. Etik Hassasiyetler ve Katılımcı Güveninin Sağlanması

Araştırmanın her iki aşamasında da katılımcı güvenini kazanmak için bilgilendirilmiş rıza formlarının yanı sıra, katılımcılarla birebir görüşmelerde etik prensiplerin sözlü olarak vurgulanması önem arz etmiştir (Rosnow & Rosenthal, 2013). Ayrıca, araştırmaya katılımın gönüllülük temeline dayandığı ve katılımcıların istedikleri aşamada araştırmadan çekilebilecekleri hususu net biçimde dile getirilmiştir. Etik ilkelere sıkı sıkıya bağlı kalınarak katılımcıların gizlilik hakları korunmuştur. Bu yaklaşım, veri toplama sürecinde katılımcıların daha açık, samimi ve güvenle bilgi paylaşmasını kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte tüm araştırma süreci ve bulgular açık ve şeffaf bir biçimde sunularak, bilimsel etik ve güvenilirlik en üst seviyede tutulmuştur (Wiedicke, 2023).

3.3.5.4. Sahada Karşılaşılan Veri Toplama Zorlukları ve Pratik Çözüm Önerileri

Veri toplama sürecinden elde edilen temel çıkarımlardan biri, katılımcı motivasyonunun yüksek tutulması için araştırmanın sektöre ve akademik alana sağlayacağı katkıların sürekli vurgulanmasının önemli bir unsur olduğudur. Ayrıca, katılımcılarla şeffaf bir iletişim kurulmasının ve araştırma süreci boyunca düzenli bilgilendirme yapılmasının, katılım oranlarını artırdığı ve veri kalitesini önemli ölçüde güçlendirdiği gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, veri toplama sürecinin etkinliğini artırmak ve araştırma bulgularının güvenilirliğini sağlamak adına edindiğimiz tecrübeler çerçevesinde aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

- Veri toplama araçları, sahada gerçekleştirilecek pilot uygulamalar ile önceden test edilmeli ve olası problemler öngörülerek, elde edilen bulgular doğrultusunda yenilenmelidir. Böylece, veri toplama araçlarının ölçüm gücü artırılarak geçerlilik ve güvenilirlik sağlanabilir.
- Nitel görüşmelere katılacak kişilerin seçiminde çeşitliliğe önem verilmelidir. Dijital dönüşüm sürecinde farklı roller üstlenmiş yöneticiler, Ar-Ge uzmanları ve insan kaynakları profesyonelleri gibi aktörlerin sürece dahil edilmesi, daha kapsamlı ve karşılaştırılabilir nitel verilerin elde edilmesini sağlayacaktır.

• Veri toplama sürecinde güvenilirliğin korunması için veri yönetimi süreçleri sistematik hale getirilmelidir. Veri setlerinin düzenli olarak kontrol edilmesi, eksik veya hatalı girişlerin minimize edilmesi ve transkriptlerin en az iki bağımsız araştırmacı tarafından çapraz doğrulamasının yapılması, analiz sürecinin güvenilirliğini artıracaktır.

3.3.6. Analiz Yöntemleri

Bu araştırmada elde edilen verilerin bilimsel geçerliliğini ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla, nicel ve nitel veri analiz süreçleri ayrı ayrı ve sistematik bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde, her veri türüne uygun yöntemler kullanılarak, araştırma sorularına en doğru şekilde yanıt verebilecek bir metodoloji benimsenmiştir (Sandelowski, 2000).

3.3.6.1. Nitel Veri Analizi

Nitel araştırma kapsamında elde edilen veriler, tematik analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir (Castleberry & Nolen, 2021). Görüşmelerden elde edilen notlar ve ses kayıtları kelimesi kelimesine yazılı hale getirilmiş ve MaxQDA Analytics Pro 2024 programı aracılığıyla sistematik bir şekilde analiz edilmiştir. Nitel veri analiz süreci şu aşamalardan oluşmaktadır (Bachiochi & Weiner, 2002):

• Veri Transkripsiyonu: Görüşmeler sırasında alınan ses kayıtları, doğruluk kontrolü sağlanarak yazılı hale getirilmiştir. Transkriptlerin güvenilirliği artırmak amacıyla, kodlayıcılar arasında çapraz kontrol yapılmış ve anlam kaymalarını önlemek için katılımcıların ifadeleri doğrudan korunmuştur.

• Kodlama Süreci ve Uzman Görüşü: Görüşme transkriptleri, içerdiği anlam birimlerine göre açık kodlara ayrılarak sistematik biçimde kodlanmıştır. Kodlama sürecinde hem önceden belirlenmiş temalar (dedüktif yaklaşım) hem de veri odaklı yeni kavramlar (endüktif yaklaşım) dikkate alınmıştır. Kodların geçerliliğini artırmak amacıyla, nitel veri analizinde deneyimli iki bağımsız uzman araştırmacı ile paralel kodlama süreci yürütülmüştür. Kodlayıcılar arası tutarlılığı değerlendirmek için MAXQDA üzerinden Cohen's Kappa katsayısı hesaplanmış ve .80'in üzerinde bir uyum değeri elde edilmiştir (Guest, vd.,2012). Bu oran, sosyal bilimlerde yüksek güvenirlik düzeyine işaret etmektedir (McHugh, 2012).

• Tematik Analiz ve Uzman Değerlendirmesi: Kodlardan hareketle benzer içerikler gruplandırılarak üst temalar ve ana kategoriler oluşturulmuştur. Bu süreçte, dijital dönüşüm sürecinin işgücü üzerindeki etkilerini daha derinlikli analiz edebilmek için

örüntüler belirlenmiş, çapraz ilişkilendirmeler yapılmıştır. Tematik yapının geçerliliğini güçlendirmek amacıyla oluşturulan tema seti, daha önce kodlama sürecine dâhil edilen uzman araştırmacılarla birlikte tekrar gözden geçirilmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda bazı temalar yeniden yapılandırılmış ve içeriksel bütünlük sağlanmıştır (Silver & Lewins, 2014). Bu yöntemsel yaklaşım, bulguların iç geçerliliğini (internal validity) ve yorumlayıcı güvenirliğini pekiştirmiştir (Nowell, vd., 2017).

- Örneklem Doygunluğu ve Güvenirlik Kontrolü: Nitel veri analizi sürecinde, görüşmelerde yinelenen temaların ortaya çıkması ve yeni kavramsal bilgi üretilmemesiyle birlikte teorik doygunluk noktasına ulaşıldığı tespit edilmiştir (Guest, vd., 2006). Bu aşamadan sonra yeni katılımcı eklenmesine gerek görülmemiştir. Kodlama sürecinde elde edilen verilerin yorumlayıcı güvenirliğini artırmak amacıyla, kodlar bağımsız bir ikinci araştırmacı tarafından yeniden değerlendirilmiştir (Creswell, 2013). Kodlar arası uyum, tematik örüntülerin tutarlılığı ve kavramsal bütünlük esas alınarak incelenmiş; bulgular arasında uzlaşı sağlanamayan durumlarda araştırmacılar arasında görüş birliğine dayalı düzenlemeler yapılmıştır (Lincoln & Guba, 1985). Bu uygulama, nitel araştırmalarda önerilen çoklu kodlayıcı kontrolü (multiple coder verification) yaklaşımına dayanmaktadır (Ridder, 2014).
- Doğrudan Alıntılar ve Bağlamsal Çözümleme: Analiz edilen verilerin akademik geçerliliğini artırmak ve yorumlara daha fazla derinlik kazandırmak amacıyla, görüşmelerden doğrudan alıntılar kullanılmıştır. Böylece, katılımcı ifadeleri bağlamsal olarak yorumlanmış ve çıkarımların sağlam bir temele dayandırılması sağlanmıştır.

Bu süreç sonucunda, nitel analiz kapsamında dijital dönüşüm sürecinin farklı sektör aktörleri üzerindeki etkileri bağlam içinde incelenmiştir.

3.3.6.2. Nicel Veri Analizi

Nicel araştırma kapsamında anket verileri, istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen nicel veriler, IBM SPSS Statistics 22.0 istatistik programı aracılığıyla değerlendirilmiş ve şu analiz teknikleri uygulanmıştır:

- Betimsel İstatistikler: İlk aşamada, örneklem grubunun demografik özelliklerini ve temel değişkenler arasındaki genel eğilimleri belirlemek amacıyla frekans, yüzde, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.
- Güvenilirlik Analizi: Ölçeklerin iç tutarlılığını test etmek için Cronbach’s Alpha katsayısı hesaplanmış ve ölçeklerin güvenilir olup olmadığı değerlendirilmiştir.

- Faktör Analizi: Anket formunda kullanılan ölçeklerin yapısal geçerliliğini test etmek amacıyla Keşfedici Faktör Analizi (Exploratory Factor Analysis - EFA) uygulanmıştır.
- Korelasyon Analizi: Değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson Korelasyon Analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, araştırmada incelenen değişkenlerin birbirleriyle nasıl ilişkilendiğini anlamak için kullanılmıştır.

Nicel analiz sürecinde uygulanan bu istatistiksel yöntemler, çalışmanın genellenebilir sonuçlar üretmesini ve araştırma bulgularının akademik açıdan güvenilirliğini artırmasını sağlamış ve nitel bulguları destekleyici detaylı bilgiler elde edilmiştir.

3.4. Benzer Araştırmalar İçin Öneriler

Bu araştırma sürecinde elde edilen deneyimler doğrultusunda, benzer çalışmalar gerçekleştirmeyi planlayan araştırmacılar için çeşitli öneriler sunulabilir. Araştırma sürecinde karşılaşılan zorlukların nasıl aşıldığı, veri toplama sürecinin etkinliğini artıran yöntemler ve genel olarak araştırma sürecinin daha verimli yürütülebilmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi faydalı olacaktır.

Katılımcıların Araştırmaya İlgi ve Motivasyonlarının Artırılması: Katılımcıların araştırmaya olan ilgisini ve motivasyonlarını artırmak, veri toplama sürecinin başarısını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Bu kapsamda, sektör örgütleri, meslek odaları ve dernekler gibi kurumsal yapılar ile iş birliği yaparak araştırmanın duyurulması, çalışmaya olan ilgiyi göreli olarak artırmış ve katılım oranlarını yükseltmiştir. Sektörde tanınan önemli firmaların ve lider yöneticilerin araştırmaya katılımının sağlanması, diğer katılımcılar üzerinde teşvik edici bir etki oluşturmuştur. Araştırmanın sektöre sağlayacağı faydanın açık bir şekilde anlatılması, katılımcıların araştırmaya katkı sağlamalarını motive eden en önemli unsurlardan biri olmuştur.

- Katılımcıların Bilgi Paylaşımına Yönelik Çekincelerinin Azaltılması: Özellikle nitel görüşmeler sırasında ticari hassasiyetlerin yüksek olduğu konuların ele alınması, bazı katılımcıların bilgi paylaşımında çekinceler yaşamasına neden olmuştur. Bu tür durumları aşmak için, görüşme başlangıcında yazılı bilgilendirilmiş rıza formunun sunulmasının yanı sıra, sözlü olarak da gizlilik taahhüdünün vurgulanması, katılımcıların daha rahat bilgi paylaşmasını sağlamıştır. Araştırmanın yalnızca akademik amaçlarla yürütüldüğünün ve ticari çıkarlarla ilişkilendirilmediğinin net bir şekilde ifade edilmesi, özellikle üst düzey yöneticilerin daha açıklayıcı yanıtlar vermesine katkıda bulunmuştur.

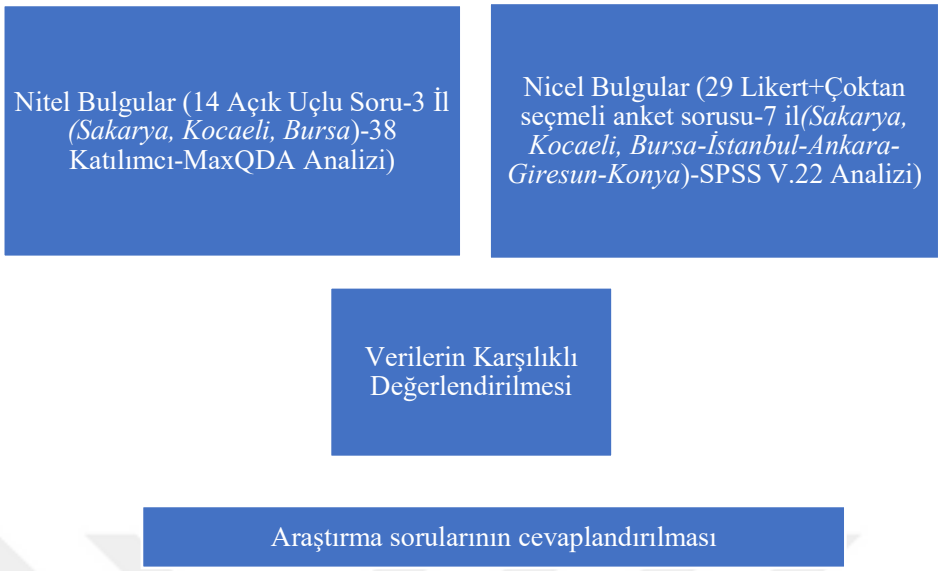
Anonimlik garantisi verilerek, verilerin bireysel veya kurumsal bazda paylaşılmayacağına dair güven oluşturulması, özellikle hassas konulara ilişkin bilgi paylaşımını kolaylaştırmıştır.

- Veri Kalitesinin Artırılması ve Kontrol Mekanizmalarının Güçlendirilmesi: Araştırmada elde edilen verilerin geçerliliği ve güvenilirliği, doğru ve eksiksiz veri toplama sürecine bağlıdır. Bu nedenle, veri kalitesinin artırılması için aşağıdaki önlemler alınmalıdır:
- Nitel verilerde transkriptlerin doğruluğunu artırmak için çift aşamalı bir kontrol sistemi benimsenmelidir. Görüşme kayıtlarının transkripsiyon süreci tamamlandıktan sonra, içerik bağımsız bir araştırmacı tarafından gözden geçirilmelidir.
- Nicel verilerde eksik veya hatalı girişleri önlemek için sistematik takip mekanizmaları oluşturulmalıdır. Anketlerin tamamlanma oranları düzenli olarak kontrol edilmeli ve eksik cevaplar hızlı bir şekilde tamamlatılmalıdır.
- Kodlama ve analiz sürecinde bağımsız kodlayıcılar ile çapraz doğrulama yapılmalıdır. Bu uygulama, veri analizinde subjektif hataların önüne geçmek için önemli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.
- Pilot uygulama süreci dikkatle yürütülmeli ve veri toplama araçları sahada test edildikten sonra revize edilmelidir. Anket sorularının ve görüşme formunun sahada nasıl karşılandığı gözlemlenmeli, gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra nihai veri toplama aşamasına geçilmelidir.

Bu araştırmadan elde edilen deneyimler, benzer araştırmaları yürütecek akademisyen ve araştırmacılar için yol gösterici olabilecek önemli çıkarımlar oluşturmaktadır. Özellikle katılımcı motivasyonunu artırmak, bilgi paylaşımını teşvik etmek ve veri kalitesini güvence altına almak araştırma sürecinin başarısını doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Bu kapsamda yapılacak diğer araştırmacıların, yukarıdaki önerileri dikkate alarak metodolojik çerçevelerini güçlendirmeleri ve veri toplama sürecinin her aşamasında dikkatli planlama yapmaları önerilir.

3.5. Bulgular

Aşağıda bu bölümde bahsedilecek olan nitel ve nicel verilerden elde edilen bulguların şeması verilmiştir:



Şekil 1: Nitel ve Nicel Analiz Süreçlerinin Yöntemsel Özeti

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

3.5.1.Nitel Bulgular

Nitel araştırmada, katılımcılara yöneltilen açık uçlu nitel sorular (NS) çerçevesinde elde edilen bulgular, soru sırasına göre şöyledir:

NS1. Firmanız hangi alanda faaliyet gösteriyor, istihdam/üretim yapınız nasıldır? (İşgücü yoğun/Otomasyon/Her ikisi de) İhracat yapıyor musunuz?

Katılımcı firmaların %70'i işgücü yoğun istihdam yapısına sahipken %20'si otomasyon sürecinin baskın olduğunu belirtmiştir. %10'u her iki istihdam yapısının dengeli dağıldığını belirtmiştir. İstihdam yapısına göre katılımcı firmaların faaliyet gösterdiği alanlar şöyledir:

Faaliyet Alanı
Metal ve sac malzemelerin kesiminde kullanılan abkant presler, giyotin makaslar, köşe kesme makineleri, kesim makineleri, hidrolik makineler vb. imalatı
Endüstriyel temizlik makineleri imalatı
Kaynak, kompresör makineleri imalatı
Endüstriyel fan sistemleri imalatı, aydınlatma imalatı
Demir çelik imalatı
Motorlu kara taşıtlarının parça imalatı
Üretim ve montaj hatları, paketleme makineleri imalatı
Tarımsal sulama sistemleri imalatı
Saha depolama tankları imalatı, talaş imalatı
Otomotiv ve montaj ürünlerinde kullanılan klips ve montaj ürünlerinin imalatı
Tavuk kümes ve kafes ekipmanlarının üretimi imalatı
Gaz armatürü regülatörler yani doğal gaz akış ekipmanları imalatı
Endüstriyel kapılar yükleme teknolojileri acil çıkış kapıları, branda kapılar vb. imalatı.

Tablo 21: İşgücü Yoğun Firmaların Faaliyet Gösterdiği Alanlar (Cevap Sıklığına Göre Sıralama)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Faaliyet Alanı
Demir çelik endüstrisinde faaliyet gösteren çubuk, kangal ve sıcak sac için makine, ekipman ve yedek parça imalatı
Endüstriyel otomasyon ürünleri imalatı
Yapay zekâ çalışmaları, görüntü işleme, AGV vb. yüksek teknolojili makinelerin üretimi

Tablo 22: Otomasyon Yoğun Firmaların Faaliyet Gösterdiği Alanlar (Cevap Sıklığına Göre Sıralama)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Araştırma kapsamındaki katılımcı firmaların %41'i ihracat yapmaktadır. İhracat yapan firmaların, %79,5'i işgücü yoğun üretim süreci yürüttüklerini, %20,5'i ise otomasyon baskın üretim yaptıklarını belirtmişlerdir.

“NS2. Dijital dönüşüm sürecine ihtiyaç duyuyor musunuz? Dijital dönüşümden ne anlıyorsunuz (yazılım, donanım, her ikisi de)”

“NS2.1. Dijital Dönüşüm Sürecine İhtiyaç Duyulup Duyulmadığına Yönelik Bulgular”

Araştırmada yöneltilen “Dijital dönüşüm sürecine ihtiyaç duyuyor musunuz?” sorusuna katılımcı firmaların büyük çoğunluğu olumlu yanıt vermiştir. Katılımcıların %94’ü dijital dönüşüm sürecine ihtiyaç duyduklarını açıkça ifade etmiştir. Özellikle bir önceki soruda “ihracat yapıyor musunuz?” sorusuna olumlu yanıt veren firmaların tamamı, dijital dönüşümün uluslararası rekabetçilik açısından vazgeçilmez olduğunu vurgulayarak dijital dönüşüm ihtiyacını güçlü şekilde dile getirmiştir.

Otomasyonun baskın olduğu üretim sektörlerinde faaliyet gösteren firmalar, dijital dönüşümün süreç iyileştirme, hata payını azaltma ve verimliliği artırma gibi nedenlerle artık zorunlu hale geldiğini belirtmiştir. Bu firmalar, dijital dönüşümü üretim altyapısının sürdürülebilirliği ve kalite kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi açısından da önemli bir unsur olarak değerlendirmiştir.

Diğer yandan, işgücü yoğun sektörlerde yer alan bazı firmalar, dijital dönüşüm sürecine duydukları ihtiyacı kabul etmekle birlikte, sürecin yüksek maliyetli ve uzun vadeli olması nedeniyle dijital dönüşüm adımlarını sürekli erteleddiklerini beyan etmiştir. Bu firmalar, dijital dönüşüme geçiş için öncelikle mali ve teknik desteklerin artırılması gerektiğini ifade etmiştir.

Katılımcı firmaların yalnızca %1’i dijital dönüşüme ihtiyaç duymadıklarını ve geleneksel üretim yöntemlerinin kendileri için daha verimli olduğunu belirtmiştir. Bu firmalar, mevcut üretim biçimlerinin işleyişinden memnun olduklarını, müşterilerinin de doğrudan temas ve klasik yöntemlere dayalı hizmetleri tercih ettiğini ifade etmişlerdir.

“NS2.2. Katılımcıların Dijital Dönüşüm Algısına Yönelik Bulgular”

Araştırmada dijital dönüşümün ne anlama geldiği sorulduğunda, katılımcı firmalar arasında dikkat çekici bir çeşitlilik gözlemlenmiştir. Katılımcıların %70’i dijital dönüşümü hem donanım (makineleşme, robotikleşme, sensörler, üretim hattı teknolojileri) hem de yazılım (otomasyon yazılımları, veri işleme sistemleri, ERP çözümleri) bileşenlerini birlikte kapsayan bütüncül bir süreç olarak tanımlamıştır. Bu firmalara göre dijital dönüşüm, üretimden yönetime kadar uzanan tüm iş süreçlerinin otomatikleştirilmesi, insan hatasını azaltma, verimliliği artırma ve süreçleri daha sürdürülebilir hale getirme amacıyla hem fiziksel hem dijital altyapının entegrasyonunu

gerektirmektedir. Katılımcıların bu yaklaşımı, dijitalleşme ve sayısallaştırma kavramlarını bir bütün olarak gören anlayışla uyumludur. Özellikle endüstriyel robotların, CNC makinelerinin ve montaj hatlarının çalışabilir hale gelmesi için yazılımla entegre edilmesi gerektiği, bu nedenle iki unsurun birbirinden ayrı düşünülemeyeceği ifade edilmiştir.

Katılımcıların %19'u dijital dönüşümü yalnızca yazılım temelli bir dönüşüm olarak algılamıştır. Bu firmalar özellikle hizmet, bilişim ve ofis süreçlerinin dijitalleştirilmesinde yazılım tabanlı çözümleri (ör. müşteri ilişkileri yönetimi, veri analitiği, dijital kontrol sistemleri) temel araçlar olarak değerlendirmiştir. Yazılım odaklı dijital dönüşümün, özellikle veri akışını sağlama, kontrol mekanizmalarının oluşturulması ve aksaklıkların önlenmesi gibi yönleriyle ön plana çıktığı ifade edilmiştir. Bu firmalar için dijital dönüşüm; manuel süreçlerin dijital ortama aktarılması, rutin görevlerin otomatikleştirilmesi ve operasyonel esnekliğin artırılması anlamına gelmektedir.

Katılımcıların %11'i ise dijital dönüşümü yalnızca donanım boyutuyla ilişkilendirmiştir. Bu firmalar açısından dijital dönüşüm, üretim hattında kullanılan makineler, robotik sistemler ve fiziksel otomasyon ekipmanlarıyla sınırlı bir dönüşüm olarak değerlendirilmiştir. Özellikle imalat sanayinde yer alan bu firmalar, otomasyon kavramını fiziksel üretim sürecine entegre edilen mekanik ve elektronik sistemler bağlamında tanımlamıştır. Yazılımı, donanımı destekleyen ikincil bir unsur olarak değerlendiren bu grup, üretim kapasitesinin artışı ve fiziksel işgücü ihtiyacının azaltılması yönüyle donanımı merkeze almaktadır.

Ayrıca bazı katılımcılar, dijital dönüşümü teknolojik dönüşüm yanında aynı zamanda şirket kültürünün yeniden yapılandırılması, kurumsal görünürlüğün artırılması ve markalaşma sürecinin bir parçası olarak da değerlendirmiştir. Bu firmalara göre dijital dönüşüm, organizasyonel yenilik ve dışa açılma açısından stratejik bir kaldıraç işlevi görmektedir.

"NS3. Dijital dönüşüm sürecinde herhangi bir teşvik aldınız mı? Teşvikler ulaşılabilir mi?"

Görüşmeler neticesinde, dijital dönüşüm sürecinde katılımcı firmaların %47'sinin teşvik aldığı, %53'ünün herhangi bir teşvik almadığı görülmüştür. Ancak teşviklere ulaşım konusunda tamamen olumsuz bir tablo çizilmemektedir. Firmaların %29'u teşviklere

erişimin mümkün olduğunu, prosedürlerin yerine getirildiği ve gerekli proje hazırlıklarının yapıldığı takdirde destek alınabildiğini belirtmiştir. Bu bağlamda, KOSGEB tarafından sunulan AR-GE ve tasarım destekleri en sık başvurulan ve olumlu sonuçlanan teşvik türleri olarak öne çıkmıştır.

Katılımcıların %45'i teşviklere erişimin giderek zorlaştığını, özellikle son yıllarda bütçesel kısıtlar ve denetimlerin artması nedeniyle destek mekanizmalarının etkinliğinin azaldığını ifade etmiştir. Bu görüşe göre, daha önce kolaylıkla erişilebilen teşviklerin son yıllarda daha fazla sorgulanır hale geldiği ve alınan desteklerin kullanım süreçlerinde artan bürokratik denetimlerle karşılaşıldığı belirtilmiştir. Bu duruma örnek olarak AR-GE merkezlerinin kapanması, bakanlıklar tarafından projelere yönelik format beklentilerinin sıkılaştırılması ve süreçlerin karmaşık hale gelmesi verilmiştir. Teşvik başvuru sürecinin zaman alıcı ve emek yoğun bir yapıda olduğu, bu nedenle bazı firmaların dijital dönüşüm yatırımlarını ertelediği ifade edilmiştir.

Bazı katılımcılar, teşviklere ulaşmanın "kolay ya da zor" olmasının büyük ölçüde firmaların teşvik sürecine hazırlık düzeyine, yani proje yazma yetkinliğine, deneyime ve teknik kapasiteye bağlı olduğunu vurgulamıştır. Teşviklerin erişilebilirliğini kolaylaştıran en önemli etkenlerin; iyi hazırlanmış bir proje dosyası, ilgili alanda deneyimli bir ekip ve gerekli belgelerin eksiksiz sunulması olduğu ifade edilmiştir. Bu çerçevede değerlendirildiğinde, prosedürlerin bilinmesi ve hazırlık sürecine yatırım yapılması, teşvik almanın başarısını doğrudan etkilemektedir.

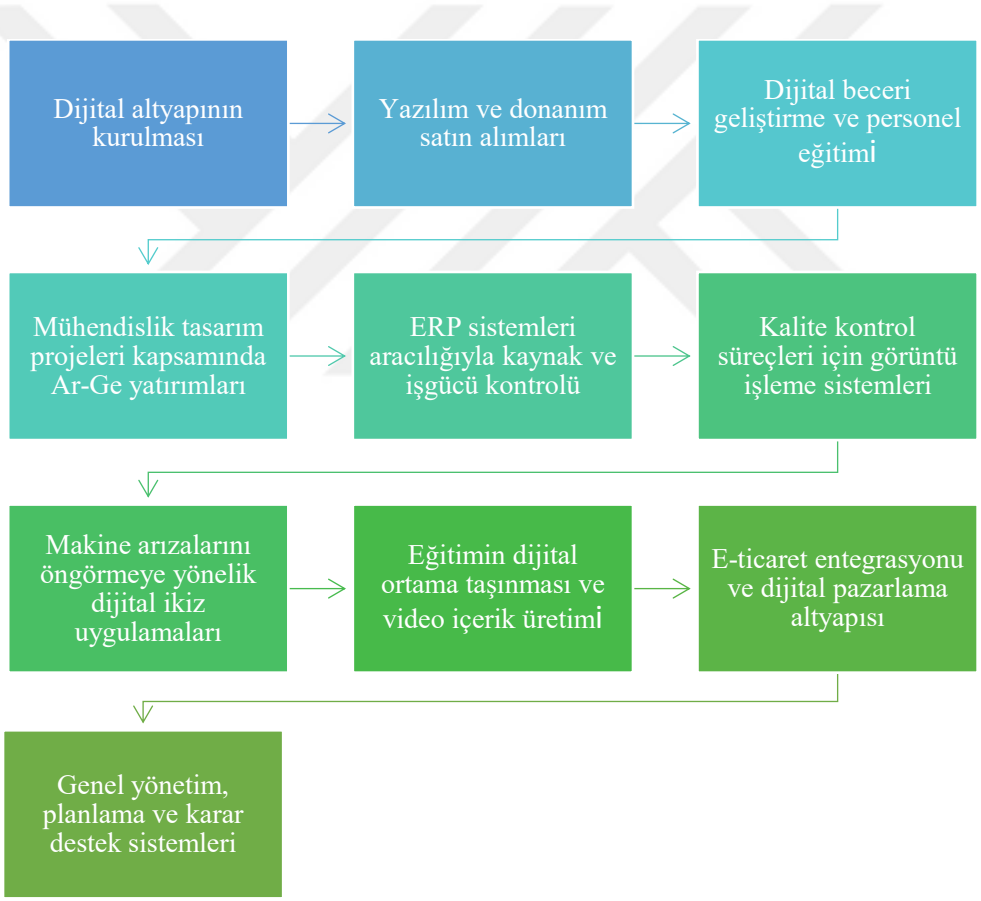
"NS3.1. Hangi alanlara yatırım yapıyorsunuz?"

Katılımcı firmalar hem teşvikleri hem de öz sermayelerini kullanarak da dijital dönüşüm yatırımları yapmaktadır. Teşvik alınamayan ya da yeterli bulunmayan durumlarda, firmaların dijital altyapılarını kendi kaynaklarıyla güçlendirmeye çalıştıkları görülmektedir. Bu durum, dijital dönüşümün firmalar için stratejik bir öncelik haline geldiğini ve kamu destekleri dışında da sürdürülebilirlik arayışlarının bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 2'de, araştırma kapsamındaki firmaların dijital dönüşüm sürecinde yatırım gerçekleştirdikleri alanlar, yoğunluk sırasına göre sunulmuştur. Elde edilen bulgular, firmaların dijital dönüşüm uygulamalarında ağırlıklı olarak teknolojik altyapının güçlendirilmesine odaklandıklarını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, firmaların ilk

olarak öz sermaye veya devlet teşvikleri aracılığıyla dijital altyapı kurulumu ve yazılım-donanım satın alımları gibi teknik bileşenlere yatırım yaptığı görülmektedir.

Dijital altyapı yatırımlarını takiben, personel eğitimi ve dijital beceri geliştirme programları, mühendislik tabanlı Ar-Ge projeleri ile birlikte ikinci düzeyde yatırım önceliği taşıyan alanlar olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, bulgular firmaların dijital dönüşüm yatırımlarını yönetsel ve stratejik süreçler açısından sınırlı ölçüde ele aldığını da ortaya koymaktadır. Özellikle genel yönetim, kurumsal planlama ve karar destek sistemleri gibi alanlara yapılan yatırımların görece düşük düzeyde kalması, dijital dönüşümün hâlen daha çok operasyonel süreçler üzerinden kurgulandığını ve kurumsal karar alma mekanizmalarına sınırlı ölçüde entegre edildiğini göstermektedir.



Şekil 2: Katılımcı Firmaların Teşvik Kullanım Alanları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Katılımcı firmaların dijital dönüşüm sürecinde hem teşviklerle hem de öz sermayeyle yapılan yatırımların çeşitliliği, dijital dönüşümün artık yalnızca teknolojik bir tercihten öte stratejik bir zorunluluk haline geldiğini ortaya koymaktadır.

“NS4. Dijital dönüşüm en fazla hangi süreçleri dönüştürmektedir? (Üretim, operasyon, yönetsel süreçler)”

Bu soru kapsamında katılımcı firmaların %84’ü üretim süreçleri, %8’i yönetsel süreçler ve %8’i operasyonel süreçler yanıtını vermiştir. Bu dağılım, dijital dönüşüm sürecinde firmaların öncelikli olarak üretim alanına odaklandığını açıkça göstermektedir. Üretim süreçlerinin otomasyonu; makineleşme, robotik sistemlerin entegrasyonu, üretim hattı optimizasyonu ve sensör tabanlı kontrol sistemlerinin kullanımı gibi uygulamalarla hayata geçirilmektedir. Bu tercihin temelinde, üretim süreçlerinin doğrudan maliyet, verimlilik ve kalite kontrolü ile ilişkili olması yatmaktadır. Firmalar için bu alan, dijital yatırımların hızlı geri dönüş sağlayabileceği ve ölçülebilir çıktılar üretebileceği bir öncelik sahası olarak değerlendirilmektedir. Dijital dönüşümün üretim eksenli ilerlemesi, Türkiye sanayisinin dijital dönüşüme yönelik önceliklerini ve yapısal dinamiklerini ortaya koymaktadır. Bu durum, Endüstri 4.0 uygulamalarının ülke içinde daha çok üretim süreçlerine entegre edildiğini göstermektedir.

Yönetsel ve operasyonel süreçlerin dijital dönüşüm oranlarının düşük kalması, bu alanlardaki dönüşümün henüz arka planda kaldığını ortaya koymaktadır. Ancak %8 oranında da olsa yönetsel süreçlerin dijitalleştirilmesi, veri temelli karar alma mekanizmalarının, dijital raporlama araçlarının ve kurumsal kaynak planlama (ERP) yazılımlarının kullanımına işaret etmektedir. Operasyonel süreçlerin dijitalleştirilmesi, özellikle lojistik, envanter yönetimi, tedarik zinciri yönetimi ve benzeri destekleyici iş süreçlerinin otomasyonuna yönelik adımların atıldığını göstermektedir. Bu tür uygulamalar, dijital dönüşümün sadece üretimle sınırlı kalmayıp, tedarik ve hizmet zincirine kadar genişlediğini işaret etmektedir.

Elde edilen veriler, dijital dönüşümün Türkiye'deki sanayi firmalarında hâlen üretim odaklı yürütüldüğü, ancak kurumsal olgunluk düzeyi yükseldikçe diğer süreç alanlarında da dijital dönüşümün beklendiği söylenebilir. Firmalar henüz tüm süreçlerinde bütüncül bir dijital dönüşüm gerçekleştirememiştir. Firmalar şu anda seçici bir dijital dönüşüm yaklaşımı benimsemektedir; yani dönüşüm, belli işlevsel alanlarla sınırlı kalmakta ve genellikle pilot uygulamalar veya kademeli geçiş stratejileri ile ilerlemektedir.

“NS5. Dijital dönüşüm istihdam ettiğiniz çalışan sayısını nasıl etkiledi?”

Bu soru kapsamında firmaların %48’i dijital dönüşümün istihdamı azaltacağı yönünde görüş bildirmiştir. Bu firmalara göre, tekrarlayan ve rutin işlerin robotlar ve otomatik sistemler tarafından üstlenilebilir hale gelmesi, işgücü ihtiyacını azaltmakta ve bazı pozisyonlar için iş kaybına yol açabilmektedir. Özellikle üretim süreçlerinde makinelerin komutlarla işlem yapabilmesi, daha önce birkaç çalışanın birlikte yürüttüğü işlerin tek bir operatör tarafından yönetilebilmesine olanak tanımaktadır. Bu gelişme, personel sayısında azalma eğilimi yaratmaktadır. Firmalar, geliştirdikleri makinelerin artık yazılım ve robotik sistemlerle insansız olarak üretim yapabildiğini, bu durumun ise insan kaynağına duyulan ihtiyacı minimuma indirdiğini ifade etmiştir. Bu bağlamda dijital dönüşümün, özellikle vasıfsız ya da tekrarlı işgücünü doğrudan etkilediği görülmektedir.

Dijital dönüşümün istihdamı artırabileceği yönünde görüş bildiren firmalara (%32) göre, dijital dönüşüm kurumsallaşmanın önemli bir adımı olarak değerlendirilmektedir. Dijital sistemler sayesinde süreçler kolaylaşmakta, firmaların üretim kapasitesi artmakta ve bu artışa bağlı olarak yeni ürünler (örneğin, A üretim hattına B ve C ürünlerinin eklenmesi gibi) piyasaya sunulabilmektedir. Bu durumda, personel azaltımı yerine personel ihtiyacında artış meydana gelebileceği ifade edilmiştir. Üretimin artması, pazarlama ve satış gibi işlevleri de genişleteceğinden, süreç bütününde daha fazla işgücüne ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir.

Bazı firmalar (%20), dijital dönüşümün istihdamda herhangi bir değişikliğe yol açmadığını belirtmiştir. Bu görüşe göre, dijital dönüşüm personelin yalnızca iş yükünü hafifletmekte, mevcut çalışanlar farklı görev alanlarına kaydırılmaktadır. Örneğin, makine sayısındaki artış, bu makinelerin programlanması, bakımı ve kontrolü için teknik personel ihtiyacını doğurmaktadır. Dolayısıyla, personel sayısında azalma olmamakta, ancak görev tanımlarında revizyon ve yeniden yapılandırma söz konusu olmaktadır. Ayrıca bu firmalar, personel seçimini dijital dönüşüm doğrultusunda şekillendirdiklerinden, sürece uyumlu istihdam profilleri oluşturduklarını ve gelecekte iş kaybı riskiyle karşılaşmayacaklarını ifade etmişlerdir.

Dijital dönüşümün işgücünün niteliği üzerindeki etkisine ilişkin olarak, katılımcı firmaların %69’u bu dönüşümün işçilerin niteliği üzerinde olumlu bir etkisi olacağını belirtmiştir. Bu firmalara göre, dijital dönüşüm süreci, daha donanımlı ve yetkin personel ihtiyacını artırmakta, bu da çalışanların sahip oldukları becerilere yeni beceriler

eklemelerini zorunlu kılmaktadır. Özellikle otomasyon dili, yazılım bilgisi, veri okuryazarlığı, programlama ve dijital kontrol sistemleri gibi teknik yeterliliklerin öne çıktığı görülmektedir. Bu bağlamda işçilerin "bedensel emek" sunan ve "dijital sistemlerle entegre çalışabilen" bireyler haline gelmeleri beklenmektedir. Ayrıca çevrimiçi öğrenme platformları, sürekli eğitim olanakları ve yaşam boyu öğrenme eğilimleri sayesinde işçilerin bu dönüşüme ayak uydurabilecekleri, hatta bu durumun iş-yaşam dengesini ve verimliliği artırabileceği belirtilmektedir. Bu dönüşüm, işçilerin üretimde, karar destek, izleme ve veri analizi gibi alanlarda da daha stratejik roller üstlenmelerine olanak sağlayabilir.

Ancak dönüşüm süreci tüm işgücü için eşit koşullarda gerçekleşmemektedir. Bazı firmalar, özellikle eğitim düzeyi düşük, yaşça büyük, dijital teknolojilere uzak ya da emekliliğe yaklaşmış işçilerin, bu sürece adapte olmakta zorlanabileceklerini ifade etmiştir. Bu grubun dijital dönüşüm sürecinde iş güvencesi, yetkinlik uyumsuzluğu veya dışlanma riskiyle karşı karşıya kalabileceği belirtilmektedir. Bu durum, dijital dönüşümün yarattığı fırsatların yanı sıra yeni bir dijital eşitsizlik yaratma potansiyeline de işaret etmektedir. Dolayısıyla firmaların bu süreci dengeli yürütmeleri; hem yeni nesil dijital yetkinlikleri olan bireyleri istihdam etmeleri hem de mevcut personelin dönüşümünü desteklemeleri önem taşımaktadır.

"NS6. Dijital dönüşüm sürecinde yeni mezun istihdam etmek ister misiniz?"

Bu soru kapsamında katılımcı firmaların %81,5'i olumlu yanıt vermiştir. %10,5'i yeni mezun istihdam etmeyeceğini, %8'i ise kararsız olduğunu belirtmiştir. Bu dağılım, firmaların büyük çoğunluğunun genç kuşağı dijital dönüşüm süreçlerinde bir avantaj olarak gördüğünü ortaya koymaktadır**.**

Katılımcı firmalar, yeni mezunların dijital teknolojilere yatkınlıkları, güncel eğitim bilgisine sahip olmaları, öğrenmeye açıklıkları ve dijital dünyada doğmuş olmaları nedeniyle dijital dönüşüm süreçlerine hızla entegre olabileceklerini düşünmektedir. Özellikle otomasyon diline hâkimiyet, yazılım bilgisi ve yabancı dil gibi yetkinlikler, yeni mezunları tercih edilir kılmaktadır.

Ayrıca firmalar, yeni mezunları erken aşamada istihdam ederek kurum kültürüne uygun şekilde yetiştirmeyi ve uzun vadeli sadakat oluşturarak şirket içi beşerî sermayeyi güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

Bazı firmalar, yeni mezunların sanayi tecrübesinden yoksun olması, çalışma disiplini ve motivasyon eksikliği ya da yüksek beklentiler içinde olmaları nedeniyle istihdamlarında çekinceler yaşamaktadır. Özellikle sahaya veya üretim ortamına uzak kalan mezunların uygulamalı bilgi eksikliği, sanayi sektörüne adaptasyonlarını zorlaştırmaktadır. Bu firmalar, hâlihazırda gerekli eğitimleri verdiği ve mevcut personelini yetiştirdiği için yeni mezun ihtiyacı hissetmediğini de ifade etmektedir. Ayrıca, nitelikli eleman bulamama problemi, özellikle otomasyon alanında uzman personel arayan firmalar için belirginleşmiştir. Bu durum, işgücü piyasası ile eğitim sistemi arasındaki uyumsuzluğu da gözler önüne sermektedir.

Kararsız veya koşullu talep beyan eden firmalar ise yeni mezunların ancak belirli kriterleri karşılamaları hâlinde (örneğin analitik düşünme becerisi, hızlı öğrenme yeteneği, temel dijital yeterlilikler) istihdam edilebileceğini belirtmektedir. Ancak bu firmalar, genel anlamda piyasadaki yeni mezun profilini "iç açıcı" bulmadıklarını ifade etmişlerdir. Bu da mezunların sanayiyle bütünleşik beceri setleriyle mezun olmalarının hâlâ sınırlı düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.

"NS7. Dijital dönüşümün uluslararası standartlardaki algısı, endüstrinin dijital dönüşüm süreci sonrasında ortaya çıkan işgücü taleplerini karşılayabilir mi, yoksa bu süreç sektörel bazda talep farklılıklarına mı yol açar?"

Katılımcı firmaların tamamı dijital dönüşümün gerektirdiği talepler ile mevcut endüstriyel talepler arasında belirgin bir fark oluşacağını ifade etmiştir. Uluslararası standartlar düzeyinde dijital dönüşüm, mobilite, esneklik, otomasyon, veri temelli karar alma, düşük maliyet ve yüksek verimlilik gibi kavramları ön plana çıkarır. Bu süreç, özellikle veri analitiği, yapay zekâ, siber güvenlik, bulut bilişim, yazılım geliştirme ve dijital pazarlama gibi becerilere sahip bir işgücüne olan ihtiyacı artırmaktadır.

Ancak firmaların değerlendirmelerine göre, Türkiye'de eğitim sisteminin mevcut yapısı, bu yüksek teknoloji taleplerine doğrudan cevap verebilecek nitelikte değildir. Sektörler, dijital dönüşümün gerektirdiği niteliklere sahip işgücü bulmakta zorlanmakta; bu durum da beceri uyuşmazlığı ve yetenek açığı gibi yapısal sorunları ortaya çıkarmaktadır.

Katılımcı firmalar, dijital dönüşümün etkilerinin sektörel düzeyde farklılaştığını ifade etmiştir. Örneğin, ileri imalat sanayii, otomasyon sistemlerine geçişte hızlı davranırken daha teknik ve yazılım bilgisi yüksek çalışanlara ihtiyaç duymaktadır. Makine ve üretim sektörleri, otomasyona entegre olabilecek teknik personel bulmakta zorlanmakta, bu da

dijital dönüşümün hızını düşürmektedir. Dolayısıyla, dijital dönüşüm tekil bir işgücü profili yerine sektörün doğasına uygun çok yönlü ve esnek becerilere sahip çalışanlar talep etmektedir. Bazı firmalar, mevcut farkların zamanla kapatılabileceğini düşünmekte ve bu sürecin başarılı olabilmesi için üç temel dinamiğin altını çizmektedir: Eğitim sisteminin yeniden yapılandırılması, devlet destekleri ve teşvikler, işgücünün yeniden becerilendirilmesidir.

Dijital dönüşümün kısa vadede belirli alanlarda işsizlik yaratabileceği, özellikle geleneksel becerilere sahip çalışanların yerlerini daha dijital yetkinliğe sahip bireylere bırakabileceği öngörülmektedir. Ancak uzun vadede yeni meslekler ve sektörlerin doğması, yeni iş modellerinin gelişmesi, işgücü piyasasında dönüşüme uyum sağlamış bireylerin daha yüksek katma değer üretmesi beklenmektedir. Dolayısıyla, bu dönüşüm bir tehdit olarak değil de bir geçiş süreci olarak değerlendirilmelidir.

"NS8. Dijital dönüşüm süreci çalışanlarınıza duyduğunuz güveni nasıl etkiledi?"

Dijital dönüşümün işletmeler üzerindeki etkileri çok boyutlu olup, bu süreç yalnızca teknolojik entegrasyonla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda çalışan-işveren ilişkilerini, beşerî sermayeye duyulan güveni ve kurumsal kültürü de derinden etkilemektedir. Bu bağlamda, çalışmada yer alan katılımcı firmaların %69'u, dijital dönüşümün çalışanlara duyulan güven üzerinde olumsuz bir etkisi olmayacağını ifade ederken; %31'i bu sürecin belirli riskleri beraberinde getirebileceğini ve güven ilişkisini zedeleyebileceğini dile getirmiştir.

Olumsuz bir etki beklemeyen firmalar, dijital dönüşümün insan faktörünü tamamen ortadan kaldırmak yerine, onu tamamlayıcı bir unsura dönüştürdüğünü ifade etmektedir. Bu firmalara göre etik, yaratıcılık ve problem çözme gibi alanlarda insan katkısı hâlen vazgeçilmezdir. Bu nedenle, çalışanlara duyulan güvenin zedelenmediği, aksine dijital becerilere sahip olan ve sürece uyum sağlayabilen çalışanların daha da değer kazandığı belirtilmektedir.

Diğer yandan, dijital dönüşümün çalışanlara duyulan güven üzerinde belirli riskleri beraberinde getirebileceğini düşünen %31'lik kesim, özellikle veri güvenliği ve gizlilik konularında yeni tehditlerin ortaya çıkabileceğine dikkat çekmektedir. Küçük ölçekli işletmelerde, çalışanların birbirini tanıdığı ortamlarda, personelin yerini korumak için bilgiyi paylaşmaktan kaçınması ya da sistemsel denetimlerden dolayı baskı altında kalması gibi durumların güven ilişkisini zayıflatabileceği ileri sürülmektedir. Bu nedenle,

veri sızıntılarını önlemek ve sistemi korumak amacıyla daha caydırıcı ve kapsayıcı yeni sözleşmelerin hazırlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, otomasyon nedeniyle işgücünde meydana gelebilecek azalmaların çalışanlarda kırgınlık yaratabileceği ve bu durumun şirket sırlarını açığa çıkarma gibi olumsuz sonuçlar doğurabileceği yönünde endişeler dile getirilmektedir.

Bazı firmalar ise bu tür olumsuzlukların önüne geçebilmek için sürecin başından itibaren şeffaf bir şekilde yönetilmesini önermektedir. Dijital dönüşümün neden gerekli olduğu, geçilmediği takdirde şirketin rekabet gücünü yitireceği ve hatta kapanma riskiyle karşılaşabileceği açıklanarak çalışanların bu süreci daha sağlıklı karşılayacağı düşünülmektedir. Her çalışanın dijital dönüşüme yaklaşımının farklı olabileceği, makinelerle ikame edilen çalışanların kendilerini daha vasıfsız hissedebileceği ve bu durumun güven ilişkisini zedeleyebileceği de bazı firmalar tarafından dile getirilen bir başka tespittir.

“NS9. Dijital dönüşüm süreci iş sağlığı ve güvenliği politikalarınızı nasıl etkiledi? Yeni riskler öngörüyor musunuz?”

Dijital dönüşüm süreci, üretim ve yönetim süreçlerini, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarını da dönüştürmektedir. Katılımcı firmaların tamamı (%100), dijital dönüşüm sürecinin iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından olumlu sonuçlar doğuracağını belirtmiştir. Bu ortak kanaat, dijital teknolojilerin özellikle yüksek risk içeren sektörlerde insan faktörünü azaltarak daha güvenli çalışma ortamlarının oluşturulmasına katkı sağladığını göstermektedir. Firmalar, dijital dönüşümün iş kazalarının önlenmesine doğrudan katkı sunduğunu ifade etmekte; bu süreci, insan müdahalesini asgariye indirerek hem fiziksel riskleri azaltan hem de kontrol mekanizmalarını güçlendiren bir araç olarak görmektedir.

Özellikle endüstriyel otomasyon, yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), nesnelerin interneti (IoT) ve sensör temelli izleme uygulamaları gibi teknolojilerin yaygınlaşması, işyerlerinde potansiyel tehlikelerin erken aşamada tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknolojilerin sağladığı anlık veri akışı ve acil durum bildirimleri, hızlı müdahale kabiliyetini artırmakta, böylelikle iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda, robotik sistemlerin devreye alınması sayesinde ağır yük kaldırma, tekrarlayan hareketlerin

yapılması ya da toksik ortamlarda çalışılması gibi fiziksel riski yüksek görevlerde insan maruziyeti ciddi oranda azalmaktadır.

İSG politikalarının dijital ortama taşınması ise, süreç yönetimi açısından firmalara önemli avantajlar sağlamaktadır. Personel kayıtlarının, periyodik muayenelerin ve eğitimlerin dijital platformlar üzerinden takip edilmesi; İSG uzmanlarının daha hızlı ve veriye dayalı kararlar almasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, çevrimiçi eğitim içerikleri sayesinde İSG uygulamalarının daha geniş kitlelere ulaştırılabildiği ve böylelikle önleyici politikaların daha etkin bir biçimde hayata geçirilebildiği belirtilmektedir. Uzaktan çalışma olanaklarının artması da çalışanların tehlikeli alanlarda geçirdiği sürenin azalması bakımından, riskleri doğrudan düşüren bir diğer etkendir.

Bununla birlikte, firmaların %61,5'i dijital dönüşümün yeni türde riskleri de beraberinde getirdiğini ifade etmiştir. Bu oran, dijital dönüşümün İSG politikaları üzerindeki etkisinin yalnızca olumlu yönlerden ibaret olmadığını, aynı zamanda risk türlerinde ve kaynaklarında bir çeşitlenme yaşandığını ortaya koymaktadır. Üretim sahasında faaliyet gösteren bazı firmalar, otomasyon sistemlerinin belirli senaryolarda manuel müdahale kadar esnek olamamasının teknik sorunlara yol açabileceğini belirtmiştir. Örneğin, bir sistem hatasının insan operatör tarafından anında fark edilip düzeltilmesinin mümkün olduğu bir senaryoda, dijitalleşmiş sistemin bu hatayı zamanında algılayamaması durumunda ekipman arızaları ya da maddi kayıplar yaşanabileceği, bunun da dolaylı biçimde iş güvenliği açısından tehdit oluşturabileceği dile getirilmiştir.

Ayrıca, firmaların önemli bir kısmı, dijital dönüşüm süreciyle birlikte siber güvenlik tehditlerinin de İSG kapsamında ele alınması gerektiğine dikkat çekmektedir. IoT cihazları, bağlı üretim sistemleri ve sensör ağlarının siber saldırılara açık yapısı; veri güvenliği, fiziksel ortamların güvenliği açısından da risk teşkil etmektedir. Bir siber saldırı sonucunda üretim hatlarının durması, otomasyon sistemlerinin arızalanması ya da tesis içi operasyonların kontrol dışı kalması gibi durumların, doğrudan ya da dolaylı olarak iş sağlığı ve güvenliğini tehdit edebileceği ifade edilmektedir. Bu bağlamda, dijital güvenlik ile fiziksel güvenlik arasındaki ilişkinin yeniden tanımlanması ve daha bütüncül bir İSG yaklaşımının benimsenmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

"NS10. Dijital dönüşüm sürecinin meslekler üzerindeki etkisini nasıl değerlendiriyorsunuz? Bu dönüşümün hangi meslek gruplarını artıracağını ya da azaltacağını düşünüyorsunuz?"

Katılımcı firmaların %52'si dijital dönüşümün meslek kayıplarına yol açmayacağını belirtmiştir. Bu firmalar, dijital dönüşümün iş kollarını dönüştürdüğünü, belirli mesleklerin niteliğini artırdığını ifade etmektedir. %10'luk bir kesim bu konuda net bir görüş beyan etmemiştir.

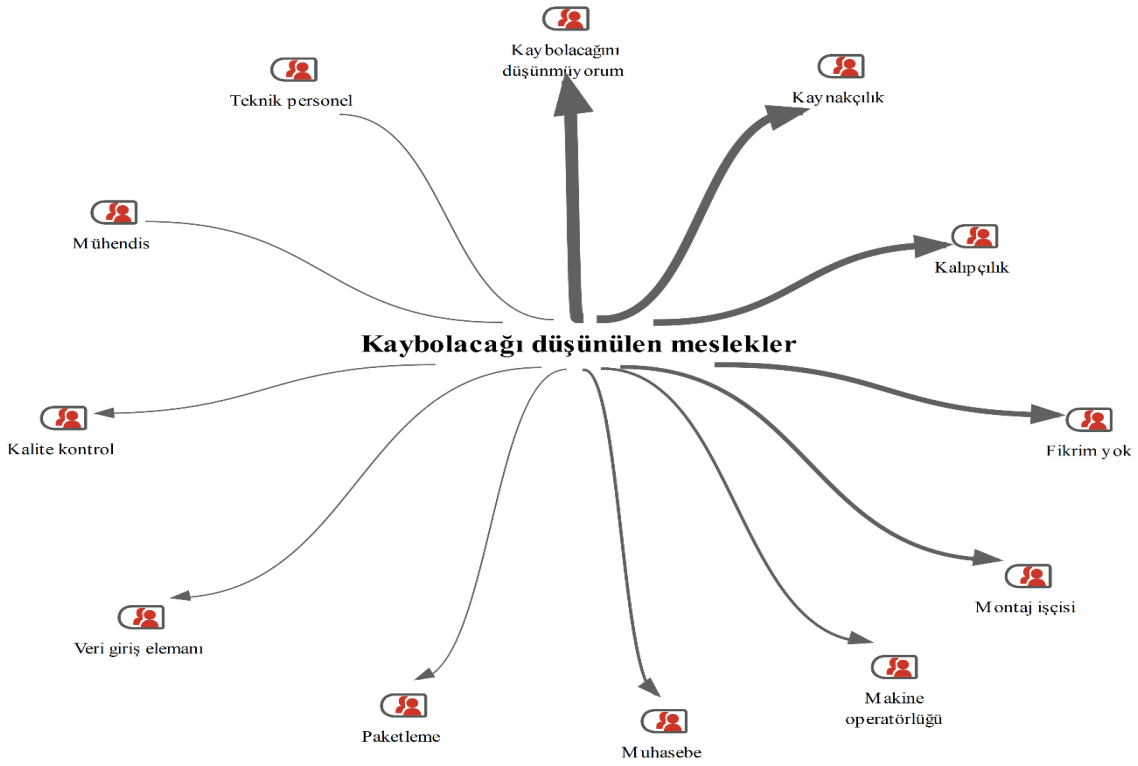
Katılımcı firmaların büyük bir bölümü, dijital dönüşümün meslekler üzerinde kısa vadede kayıplara yol açmayacağını belirtmiştir. Görüşlere göre, en az 10 yıllık bir süreçte ciddi bir meslek kaybı beklenmemektedir. Bu firmalar, dijital dönüşümün meslekleri tamamen ortadan kaldırmak yerine mevcut iş yapış biçimlerini değiştireceğini, fiziksel yükü azaltarak personelin farklı görev alanlarında değerlendirilebileceğini ifade etmektedir.

Katılımcıların firmalar, otomasyonun artmasıyla birlikte birçok geleneksel iş kolunun yükünün azalacağını; bu nedenle söz konusu personelin tamamen işsiz kalmayacağını, aksine farklı görevlerde değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Örneğin, üretim hattında çalışan bir operatörün, dijital sistemlerin yönetiminde ya da bakım süreçlerinde görevlendirilebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi, yazılım güncellemeleri ve veri analizleri gibi yeni görev tanımları nedeniyle; otomasyon mühendisi, veri analisti, sistem operatörü gibi yeni meslek gruplarına olan ihtiyacın artacağı vurgulanmaktadır. Bu kapsamda, dijital dönüşümün geleneksel meslekleri ortadan kaldırmaktan çok, bu mesleklerin dijital becerilerle yeniden tanımlanmasına neden olacağı düşünülmektedir.

Öte yandan, bazı katılımcı firmalar, dijital dönüşüm süreciyle birlikte bazı meslek gruplarının önümüzdeki dönemde ciddi oranda azalacağını öngörmektedir. Bu firmalara göre, otomasyona geçişin temel gerekçesi, fiziksel güce dayalı işlerin minimize edilmesidir. Bu doğrultuda, kaynakçılık, kalıpçılık, montaj işçiliği, makine operatörlüğü gibi manuel beceriye dayalı meslekler ile, muhasebe gibi ofis tabanlı rutin işlerin de risk altında olduğu ifade edilmektedir. Katılımcılar, bu tür işlerin yazılımlar, otomatik muhasebe sistemleri, üç boyutlu yazıcılar ve yapay zekâ tabanlı araçlarla daha az insan gücüne ihtiyaç duyularak yapılabileceğini vurgulamaktadır. Özellikle geleneksel kalıpçılığın yerini, dijital modelleme ve 3D yazıcı teknolojileriyle gerçekleştirilen yeni nesil üretim tekniklerinin aldığı belirtilmektedir.

Dijital dönüşümün meslekler üzerindeki etkisine ilişkin bir başka önemli bulgu ise, üretim hacmindeki artışın ve yeni iş alanlarının doğuşunun bazı meslek gruplarına olan talebi artırabileceği yönündedir. Bu görüşe göre, otomasyon yalnızca iş yükünü azaltmakla

kalmayacak, aynı zamanda üretim süreçlerini hızlandırarak yeni üretim sahalarının ve ürün kategorilerinin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bu da doğrudan ya da dolaylı olarak yeni istihdam alanlarının doğmasına katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda, dijital dönüşümün bir yandan bazı meslek gruplarının önemini azaltırken, diğer yandan dijital bilgiye ve teknik beceriye sahip insan kaynağına olan ihtiyacı artırdığı görülmektedir. Genel olarak firmalar, dijital dönüşümün üretim hacmini artıracağını, yeni üretim alanları ve süreçleri oluşturacağını, bunun da yeni meslek türlerini ortaya çıkaracağını belirtmektedir. Bu çerçevede, dijital dönüşüm sürecinin en az 10 yıllık bir geçiş dönemi içinde meslek kaybı değil, işgücü niteliğinde dönüşüm yaratacağı düşünülmektedir.



Şekil 3: Azalacağı Düşünülen Meslekler

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

“NS11.Ddijital dönüşüm sürecinde esnek çalışma modeline geçtiniz mi?”

Katılımcı firmaların %76’sı, dijital dönüşüm sürecine rağmen esnek çalışma modeline geçmeyi düşünmediklerini ifade etmiştir. Bu firmalar, özellikle üretim ve imalat sektörlerinde faaliyet göstermeleri nedeniyle, esnek ya da uzaktan çalışmanın operasyonel olarak sınırlı uygulanabilirliğine dikkat çekmektedir. Mavi yaka personelin fiziksel olarak üretim sahasında bulunmasının zorunlu oluşu, bu modelin geniş kapsamlı uygulanmasının önünde en büyük engel olarak görülmektedir.

Firmaların %24’ü ise esnek çalışmayı tamamen reddetmemekte; belirli koşullar altında, özellikle idari birimlerde bu modelin değerlendirilebileceğini belirtmektedir. Bu bağlamda satış, pazarlama, muhasebe, insan kaynakları, finans ve satın alma gibi ofis temelli birimlerde haftanın belirli günlerinde dönüşümlü olarak çalışmayı mümkün kılacak hibrit modellerin gündeme gelebileceği ifade edilmiştir. Ancak, bu düşünceler çoğunlukla planlama aşamasında kalmış, henüz yaygın biçimde hayata geçirilmemiştir.

Bazı firmalar, COVID-19 pandemisi sürecinde esnek çalışma modelini uygulama girişiminde bulunduklarını, ancak gerek çalışanların alışkanlıkları gerekse iş akışının doğası nedeniyle bu uygulamaların kalıcı hale getirilemediğini aktarmıştır. İnsan kaynakları süreçlerinde yüz yüze yürütülmesi gereken işlemler, belgelerle ilgili prosedürler ve işe giriş süreçleri de bu modelin önünde teknik engel olarak değerlendirilmektedir.

Bazı firmalar uzun vadeli bir perspektifle değerlendirildiğinde, otomasyonun yaygınlaşmasıyla birlikte işgücü ihtiyacının azalabileceğini ve daha kompakt bir çekirdek kadro ile uzaktan ya da esnek çalışmanın mümkün hale gelebileceğini düşünmektedir. Ancak hâlihazırda üretim hatlarının, makinelerin ve fiziksel kontrol gerektiren süreçlerin yoğunluğu nedeniyle bu geçişin kısa vadede sınırlı kalacağı öngörülmektedir.

Esnek çalışma modeli üretim sektöründeki firmalar için hâlâ sınırlı bir seçenek olarak görülmekte; beyaz yaka pozisyonlarda ise kontrollü ve ihtiyaca dayalı olarak değerlendirilmektedir. Dijital dönüşümün ilerlemesi ve otomasyonun artmasıyla birlikte, gelecekte esnek çalışmanın uygulanabilirliği yeniden gözden geçirilebilir. Ancak mevcut koşullarda, esnek çalışmanın sektör ve pozisyon bazlı farklılıklar gösterdiği ve bu modelin yaygınlaşması için hem teknolojik altyapının hem de kurumsal kültürün bu dönüşüme hazır hale gelmesi gerektiği görülmektedir.

“NS11.1 Esnek çalışma modeli personelin çalışma saati, ücreti ve izinleri üzerinde bir değişikliğe neden olur mu?”

Esnek çalışma modeline geçişin, özellikle idari kadroda görev yapan personelin çalışma saati, ücreti ve izin hakları üzerinde belirli etkiler yaratabileceği öngörülmektedir. Bu modelin doğası gereği, tam zamanlı istihdamdan farklı olarak çalışma süresinde kısalmalar yaşanabileceği ve bu durumun ücretlere orantılı olarak yansıyabileceği ifade edilmektedir. Özellikle yarı zamanlı veya hibrit çalışanlar için, ücretlerin saatlik temelde ya da çalışma süresine göre ayarlanması gerektiği düşünülmektedir.

Bazı firmalar, performans bazlı veya proje odaklı ücretlendirme modellerini gündeme getirmekte; bu yaklaşımın çalışan motivasyonunu artırabileceği ve sonuç odaklı çalışmayı teşvik edebileceği değerlendirilmektedir. Ancak bu tür uygulamaların adil ve şeffaf kriterlerle desteklenmesi gerektiği, aksi takdirde çalışanlar nezdinde güvensizlik yaratabileceği belirtilmektedir.

Sipariş bazlı üretim yapan firmalar, iş hacminin düştüğü dönemlerde esnek çalışma sayesinde maliyetleri kontrol altına alabileceklerini; ancak bu durumun bazı dönemlerde ücretsiz izin uygulamalarını zorunlu kılabileceğini ifade etmektedir. Bu noktada, çalışan haklarını koruyan esnek ama dengeli bir sistemin kurulması önem kazanmaktadır.

İzin kullanımı konusunda ise esnek modelin daha özgürlükçü bir yapı sunabileceği, ancak bu esnekliğin net kurallarla yönetilmemesi durumunda düzensizliklere ve işgücü planlamasında aksamalara neden olabileceği vurgulanmaktadır. Bu nedenle firmalar, esnek izin politikalarını iş yükü ve departman ihtiyaçlarına göre yeniden yapılandırma gereği duymaktadır.

Bununla birlikte, bazı firmalar esnek çalışmanın çalışma saatleri ve ücret üzerinde belirgin bir değişiklik yaratmayacağını, esas değişikliğin yalnızca çalışanın lokasyonu ya da haftalık dağılımı üzerinde olacağını savunmaktadır. Ancak bu görüşler daha sınırlı düzeydedir ve çoğunlukla tam zamanlı beyaz yaka çalışanlara yönelik modelleri kapsamaktadır.

Esnek çalışma modeli personelin çalışma koşullarında birtakım yapısal değişiklikleri beraberinde getirebilir. Bu modelin adil, sürdürülebilir ve verimli bir şekilde uygulanabilmesi için ücretlendirme, izin kullanımı ve performans ölçümleme sistemlerinin yeniden tasarlanması gerekmektedir. Firmalar için önemli olan, bu geçiş

sürecini hem iş verimliliğini hem de çalışan memnuniyetini göz önünde bulundurarak dikkatli bir şekilde yönetmektir.

“NS11.2. Esnek çalışma modeli işgücü piyasasına girişi kolaylaştırır mı?”

Esnek çalışma modeli, işgücü piyasasına girişte belirli demografik gruplar için olumlu etkiler yaratma potansiyeline sahiptir. Özellikle gençler ve kadınlar açısından değerlendirildiğinde, esnek çalışma biçimleri iş ve özel yaşam dengesi sağlama imkânı sunarak bu grupların işgücü piyasasına katılımını kolaylaştırabilir. Dijital dönüşümle paralel ilerleyen esnek çalışma modellerine teknolojiye hâkim bireylerin adaptasyonunun daha hızlı gerçekleşmesi, dijital becerilere sahip kişilerin istihdam edilebilirliğini artırmaktadır. Bu durum, genç ve teknoloji odaklı yeni neslin iş bulma süreçlerini olumlu yönde etkileyebilir.

Kadın çalışanlar açısından esnek çalışma, çocuk bakımı ve aile sorumlulukları gibi toplumsal yükümlülüklerin iş hayatıyla uyumlu hale getirilmesini sağlayarak, kadınların kariyerlerine kesintisiz devam etmelerine olanak tanımaktadır. Bu sayede kadınların işgücüne katılım oranlarında artış beklenmektedir. Ayrıca, esnek çalışma modelleri yaşlı çalışanların da iş hayatına daha uzun süre devam edebilmesi için fiziksel ve zaman açısından daha uygun çalışma koşulları sunabilir.

Esnek çalışma modellerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Genç çalışanların iş deneyimi kazanma süreçlerinde, yüz yüze mentorluk ve sosyal öğrenme imkânlarının azalması nedeniyle gelişimlerinin olumsuz etkilenebileceği belirtilmektedir. Bu durum, gençlerin kariyer ilerlemesi için önemli olan deneyim edinme ve rehberlik süreçlerinde boşluklar yaratabilir.

Bunun yanı sıra, esnek çalışma modelinin etkileri sektör, pozisyon ve departman bazında farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle işgücü piyasasına katılımın kolaylaştırılması ve sürdürülebilirliği açısından yaş, cinsiyet ve iş kolu kriterlerine göre detaylı analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu sayede esnek çalışma modellerinin hem işverenlerin verimlilik beklentilerine hem de farklı çalışan gruplarının ihtiyaçlarına uygun şekilde yapılandırılması mümkün olacaktır.

“NS11.3. Esnek çalışma modeli işyeri bağlılığı, iletişim, motivasyon ve verimlilik üzerinde bir değişiklik oluşturur mu?”

Esnek çalışma modeli, işyeri bağlılığı, iletişim, motivasyon ve verimlilik üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yaratabilen çok boyutlu bir dönüşümdür. Bir yandan, esnek çalışma çalışanlara zaman ve mekân bağımsızlığı sağlayarak iş-özel yaşam dengesini iyileştirir, bu da çalışan memnuniyetini ve motivasyonunu artırabilir. Bireysel özerklik ve sorumlulukların artması, çalışanların işlerine karşı daha sahiplenici bir yaklaşım geliştirmesine, dolayısıyla bağlılık ve verimlilik düzeylerinin yükselmesine olanak tanır. Özellikle teknolojiye yatkın çalışanlar için esnek çalışma, performansı destekleyici bir ortam oluşturabilir. Diğer yandan, esnek çalışma modelinin bazı önemli zorlukları da bulunmaktadır. Yüz yüze iletişim imkânının azalması, ekip içi etkileşim ve sosyal bağların zayıflamasına neden olabilir; bu durum çalışanların aidiyet duygusunu ve dolayısıyla işyeri bağlılığını olumsuz etkileyebilir. Uzaktan çalışmanın getirdiği izolasyon, iletişim kopuklukları, disiplin ve zaman yönetimi problemleri, motivasyon düşüşüne ve verimlilik kaybına yol açabilir. Ayrıca, yöneticilerin çalışan performansını ve ihtiyaçlarını uzaktan etkin takip edememesi, sorunların geç fark edilmesine sebep olabilir.

Esnek çalışma modeli uygulanırken, iletişim kanallarının güçlendirilmesi, düzenli geri bildirim mekanizmalarının kurulması, sosyal etkileşimi destekleyecek sanal ya da yüz yüze etkinliklerin organize edilmesi ve çalışanların özerkliği ile bağlılığı arasında denge kurulması önemlidir. Bu şekilde esnek çalışma hem çalışan memnuniyetini artırabilir hem de sürdürülebilir bir verimlilik ortamı yaratabilir.

NS12. Dijital dönüşüm ve teknolojik dönüşüm süreçleri karşısında firma olarak mevcut yapılanmanızı korumayı mı, farklılaştırmayı mı öngörüyorsunuz; bu süreçlerin işgücü üzerindeki etkilerine karşı bir tedbir programınız var mı ve çalışanlarınız bu değişime nasıl tepki veriyor?

Dijital dönüşüm süreçlerine yönelik firmaların aldığı tedbirler incelendiğinde, katılımcıların %76'sının çalışanlara yönelik önlem aldığı, %70'inin ise mevcut yapılanmayı koruma niyetinde olduğu görülmektedir.

Bu dönüşümün çalışanlar üzerinde tedirginlik oluşturmadığı, personelin sürece bilinçli yaklaştığı anlaşılmaktadır. Firmalar, dijital dönüşümün etkilerine karşı ilk adım olarak işten çıkarma düşüncesini geri planda tutmaktadır. Mevcut yapının korunarak geliştirileceği, bu süreçte çalışanlara eğitim verileceği, testlerle gelişimlerinin izleneceği,

gerekirse rotasyon uygulanacağı belirtilmiştir. Amaç, teknolojik dönüşümün başarıyla gerçekleştirilmesi ve doğabilecek risklerin en aza indirilmesidir.

Bazı firmalar, çalışanlarını mesleki yeterlilik belgeleriyle desteklemekte, fon çalışmaları yürütmekte, anketlerle memnuniyeti ölçmektedir. Elde edilen verilere göre iyileştirme yapılmakta; yetişmiş personelin elde tutulması, farklı alanlarda değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda kariyer gelişim programları hazırlanmakta, dijital becerilerin geliştirilmesi, yazılım ve yeni teknolojilerin etkin kullanımı sağlanmaktadır. Özellikle mavi yaka çalışanlar için ustalık, kalfalık veya MYK belgeleri gibi resmi yeterliliklerin önemi vurgulanmaktadır. Yönetim kademesi için de dönüşüm sürecini yönetme becerilerini geliştirmeye yönelik eğitimler planlanmaktadır. Ayrıca dijital araçlar ile çalışan performansı ve verimliliği düzenli izlenmektedir.

Ancak, verilen eğitim ve desteğe rağmen sürece uyum sağlayamayan, performans düşüklüğü tespit edilen çalışanlar için işten çıkarma seçeneğinin gündeme gelebileceği ifade edilmiştir. Bazı firmalar, özellikle makineleşmenin artmasıyla işgücü ihtiyacının azalmasına bağlı olarak işten çıkarma yoluna gittiklerini belirtmektedir. Bu doğrultuda dönüşüm sürecinde çalışanlarla açık ve şeffaf iletişim kurulduğu, değişimin nedenleri ve çalışan rollerinin net biçimde ifade edildiği aktarılmıştır. Süreci yakından takip eden, gereklerini bilen çalışanların bu nedenle direnç göstermediği, hatta yeni nesil çalışma biçimlerine daha yatkın olduğu gözlemlenmiştir.

Öte yandan tedbir almayan firmalar, dijital dönüşümün henüz sınırlı düzeyde olduğunu, dönüşümün tüm yapıyı kapsamadığını, bu nedenle yapısal bir değişiklik ya da işten çıkarma planlamadıklarını ifade etmiştir. Eğer böyle bir durum söz konusu olursa, ilk olarak yaşı ilerlemiş, vasıf seviyesi düşük, makine kullanımı konusunda yetersiz kişilerin etkilenebileceği belirtilmiştir.

“NS13. Otomasyon teknolojilerinin üretim süreçlerinizde nasıl bir etkisi olduğunu düşünüyorsunuz? Bu bağlamda, üretim hattında insan gücü ile robotik sistemler arasında tercih yapmanız gerekse hangi unsurları dikkate alarak birini diğerine önceliklendirirsiniz?”

Yapılan araştırma kapsamında elde edilen bulgular, otomasyon teknolojilerinin üretim süreçlerine etkisi ve insan-robot tercihi bağlamında firmaların bakış açılarını kapsamlı şekilde ortaya koymaktadır. Firmaların %95’i, otomasyonun üretim süreçlerinde yaşanan işgücü sorunlarının yönetilmesini kolaylaştırdığını ifade etmektedir. Bu oran,

otomasyonun yalnızca üretim verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda insan kaynaklı yönetimsel zorlukları da minimize eden stratejik bir araç olarak görüldüğünü göstermektedir.

Katılımcı firmaların %74'ü ise insan gücü ile otomasyon teknolojileri arasında keskin bir tercih yapmak yerine, iki unsurun birlikte düşünülmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu firmalar, insan olmadan üretimin sürdürülebilir olamayacağını, otomasyonun ise mevcut yapıyı destekleyici bir rol üstlendiğini vurgulamaktadır. Otomasyonun, kas gücüne dayalı iş yükünü hafifleterek fiziksel efor gerektiren işleri minimize ettiği, böylece daha az yorulan ve hata yapma olasılığı düşen bir çalışan profili oluşturduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, vardiya planlaması, izin kullanımı, performans düşüklüğü gibi operasyonel yönetim sorunlarının da otomasyon ile azaltılabileceği dile getirilmiştir.

Özellikle nano teknoloji, yapay zekâ ve bilgisayar destekli üretim teknolojilerinin gelişimi ile, üretim süreçlerinde insan unsurunun tamamen ortadan kalkabileceği düşünülse de firmalar, otomasyon yatırımı yapıldığı durumlarda dahi bu sistemlerin kurulumu, bakımı, kontrolü ve yönetimi için nitelikli insan kaynağına ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Bu noktada dijital dönüşüm ile insan gücüne olan ihtiyacın tamamen ortadan kalkmadığı, bilgiye dayalı bir istihdam modeline geçiş olduğu anlaşılmaktadır.

Firmalar otomasyonun sağladığı zaman, maliyet ve kalite avantajlarının farkında olmakla birlikte, üretim süreçlerinde insan faktörünü tamamen dışlamak yerine, insan-makine iş birliğini esas alan bir model geliştirme eğilimindedir. Bu yaklaşımın, uzun vadede firmalara hem operasyonel hem de rekabet gücü açısından önemli avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir.

"NS14. Dijital dönüşüm süreçlerinin beşerî sermaye ile ilişkisini nasıl değerlendiriyorsunuz?"

Dijital dönüşüm süreçleri, beşerî sermaye ile karşıt değil, tamamlayıcı bir ilişki içindedir. Bu dönüşüm, işgücü piyasasında niteliksel bir yeniden yapılanmayı beraberinde getirirken, klasik iş tanımlarını da köklü şekilde değiştirmektedir. Beşerî sermaye fiziksel emek gücüne, dijital okuryazarlık, veri okuma, yazılım kullanımı, problem çözme ve adaptasyon becerilerine dayalı olarak yeniden tanımlanmaktadır.

Dijital dönüşüm, rutin ve tekrarlı işleri makinelerin üstlenmesini sağlayarak çalışanları daha yaratıcı, analitik ve stratejik rollerle buluşturmakta; bu da işgücünün niteliğini

artıran bir dönüşüme işaret etmektedir. Ancak bu süreç, düşük beceri düzeyine sahip çalışanlar için işsizlik riski ve beceri uyumsuzluğu gibi tehditleri de beraberinde getirmektedir. Bu noktada mesleki eğitim, yaşam boyu öğrenme ve yeniden beceri kazandırma programlarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Firmalar açısından bakıldığında, beşerî sermayeye yatırım yapmadan dijital dönüşümden verim almak mümkün değildir. Otomasyon sistemlerinin kurulumu, kullanımı, bakımı ve optimizasyonu için nitelikli insan kaynağına ihtiyaç artmıştır. Bu, beşerî sermayenin nicelik değil nitelik açısından yeniden şekillendiğini göstermektedir. Özellikle yazılım geliştirme, veri analitiği, robotik sistem entegrasyonu gibi alanlarda uzmanlaşmış çalışanlar, dijital dönüşümün anahtarı haline gelmiştir.

Eğitim kurumlarının, bu yeni işgücü ihtiyacına cevap verecek şekilde teknoloji odaklı müfredatlar geliştirmesi, öğrencileri uygulamalı deneyimlerle desteklemesi büyük önem taşımaktadır. Staj programları, sanayi-üniversite iş birlikleri ve teknoloji odaklı sertifika programları, beşerî sermayenin dönüşümünü hızlandıracaktır.

Dijital dönüşüm beşerî sermayeyi daha stratejik kılan bir güçtür. Bu dönüşüm sürecinde ayakta kalacak olan hem birey hem de kurumlar, değişimi yöneten taraf olacaktır. Bu nedenle, dijital becerilerin geliştirilmesi bireysel, kurumsal ve ulusal bir öncelik haline gelmelidir. Uzun vadede rekabet avantajı, sermayenin yanında dijital yetkinliğe sahip beşerî sermayeye bağlıdır.

3.5.2. Nicel Bulgular

Anket araştırmasında bir ölçme aracının en önemli özellikleri geçerlilik ve güvenilirliktir. Eğer bu iki özellik yeterli düzeyde değilse, ölçülen nitelikler ve araştırma sonuçları da güvenilir ve geçerli kabul edilemez. Bu nedenle, ölçme araçlarının geçerlilik ve güvenilirlik düzeyleri kabul edilebilir sınırlar içinde olmalıdır.

3.5.2.1.Geçerlilik

Geçerlilik, bir ölçeğin veya anketin, ölçmek istediği kavramı ne kadar doğru ölçtüğünü ifade etmektedir. Ölçme araçlarında 3'tür geçerlilik söz konusudur. Bunlar (Seçer, 2017); Kapsam geçerliliği; ölçülen kavramın tüm boyutlarını yeterli şekilde temsil edip etmediğinin analizidir. Kapsam geçerliliği yüksek olan bir ölçme aracının ölçmeye çalıştığı nitelikleri olabildiğince yüksek düzeyde temsil edebilme gücüne sahip olduğu söylenilebilir.

Ölçüt geçerliliği; ölçümün, benzer olmayan yapılarla karıştırılıp karıştırılmadığını test etmektedir. Yordama geçerliliği ve uygunluk geçerliliği olarak ikiye ayrılmaktadır. Bilinen durumlardan hareketle bilinmeyen durumlar hakkında tahminde bulunma işlemi yordama geçerliliği olarak bilinmektedir. Uygunluk geçerliliği de yordama geçerliliğinde yapılan işlemin tersi olarak ele alınmaktadır.

Yapı geçerliliği; ölçme aracının ölçmeye çalıştığı teorik yapıyı ölçebilme derecesi olarak tanımlanmaktadır. En yaygın kullanılan türdür; faktör analizi (özellikle Keşifsel Faktör Analizi- KFA ve Doğrulayıcı Faktör Analizi - DFA) ile yapılmaktadır.

Görünüş geçerliliği; Soruların mantıken uygun olup olmadığının uzman görüşüyle değerlendirilmesi ile ilişkilidir.

Keşfedici faktör analizinde örneklem büyüklüğünün yeterliliğine ilişkin tekniklerde Kaiser-Meyer-Olkin'in (KMO) ölçüm tekniği sık başvurulan tekniklerden biridir. KMO değeri 0 ile 1 arasında bir değer ortaya koymaktadır. Elde edilen değerin 1'e yaklaşması örneklem büyüklüğünün yeterli olduğunu gösterir (Seçer, 2017). Pallant (2001), KMO değerinin en az 0.60 ve üzerinde olması gerektiğini, Hutcheson ve Sofroniou (1999) ise KMO değerinin 0.7 ile 0,8 arasında çıkması durumunda örneklem büyüklüğünün iyi düzeyde, 0.8 ile 0,9 arasında çıkması durumunda örneklem büyüklüğünün çok iyi ve 0.9'dan yüksek çıkmasının ise mükemmel düzeyde bir örneklem büyüklüğüne sahip olduğunu göstermektedir.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,782
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	554,883
	Df	136
	Sig.	,000

Tablo 23: KMO ve Bartlett's Testi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Yukarıdaki sonuç incelendiğinde Kaiser-Meyer-Olkin'in (KMO) değerinin ,78 olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonucun örneklem büyüklüğünün faktör analizi uygulanması açısından yeterli olduğu şeklinde değerlendirilebilir. Bu durumda örneklem grubunu arttırmaya gerek kalmadığı söylenilebilir.

3.5.2.2.Güvenilirlik

Bir ölçeğin tutarlı ve kararlı ölçüm yapıp yapmadığını ifade etmektedir. Aynı sonuçların benzer koşullarda tekrar elde edilip edilemeyeceğini test etmektedir. Ölçme aracında hata oranı azaldıkça güvenilirliğin artacağı söylenilmektedir. Güvenilirlikte üç özellik yer almaktadır. Bunlar (Seçer, 2017).;

Duyarlılık; ölçme aracının ölçmek istediği özelliğe ne kadar hassas olarak ölçtüğü ile ilgilidir. Ölçme birimleri küçüldükçe ölçme duyarlılığı artmaktadır.

Kararlılık; ölçme aracından elde edilen sonuçlar benzer şartlar altında belli bir zaman sonra tekrar uygulandığında aynı veya yakın sonuçları vermesidir.

Tutarlılık; bir niteliğin bir ölçme aracıyla birkaç kere ölçülmesi sonucu aynı ya da birbirine çok yakın sonuçların elde edilmesi işlemidir.

Güvenilirlik analizinde, Cronbach Alpha katsayısı aracılığıyla ölçeğin güvenilirlik düzeyi belirlenir. Alpha değeri 0.00–0.40 aralığında ise ölçek güvenilir kabul edilmez. 0.40–0.60 arasındaki değerler düşük güvenilirlik gösterirken, 0.60–0.80 arası yeterli düzeyde güvenilirlik anlamına gelmektedir. 0.80–1.00 aralığındaki alpha değerleri ise ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğunu ifade etmektedir (Kalaycı, 2014).

Cronbach's Alpha	N of Items
,846	45

Tablo 24: Güvenilirlik Analizi Cronbach-Alpha Değerler

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Uygulanan anketin geneline ilişkin Cronbach Alpha değerinin α=,84'tür. Elde edilen bu değer doğrultusunda ölçeğin iç tutarlılık düzeyinin iyi bir düzeyde olduğu söylenebilir.

3.5.2.3.Katılımcı Firmalarının Demografik Bilgileri

Araştırmaya katılan 60 katılımcı firmanın demografik bilgileri aşağıda sunulmuştur.

		N	%
Firmanın bulunduğu il	Sakarya	21	35,0
	Kocaeli	23	38,3
	Bursa	10	16,7
	Ankara	3	5,0
	İstanbul	1	1,7
	Giresun	1	1,7
	Konya	1	1,7
Firma yılı	Yeni kurulan firmalar (0-10 yıl)	7	11,7
	Orta yaşlı firmalar (10-30 yıl)	34	56,7
	Köklü firmalar (30 yıl ve üstü	19	31,7
Firma ölçeği	50'den az çalışan	27	45,0
	50 ve 250'den az çalışan	32	53,3
	250'den fazla çalışan	1	1,7
İthalat	Evet	15	25,0
	Hayır	45	75,0
İhracat	Evet	52	86,7
	Hayır	8	13,3
Dijital dönüşüm sürecindeki konumu	Tamamen benimseyen	40	66,7
	Yeni başlayanlar	15	25,0
	Henüz başlamayan	5	8,3
Toplam		**60**	**100**

Tablo 25: Araştırmaya Katılan Firmaların Demografik Bilgileri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Araştırma kapsamında katılımcı 60 firmanın %35'i Sakarya, 38,3'ü Kocaeli, %16,7'si Bursa, %5'i Ankara, %1,7'si İstanbul, %1,7'si Giresun, %1,7'si Konya oluşturmaktadır. Katılımcı firmaların %11,7'si yeni kurulan firmalara (0-10 yıl), %56,7'si orta yaşlı firmalara (10-30 yıl), %31,7'si köklü firmalara (30 yıl ve üstü) aittir.

Bu firmaların %45'i 50'den az çalışana sahip, %53,3'ü 50 – 250 arası çalışanı olan firmalara sahip, %1,7'si 250'den fazla çalışana sahiptir.

Katılımcı firmaların %25'i ithalat yaparken, %75'i ithalat yapmamaktadır.

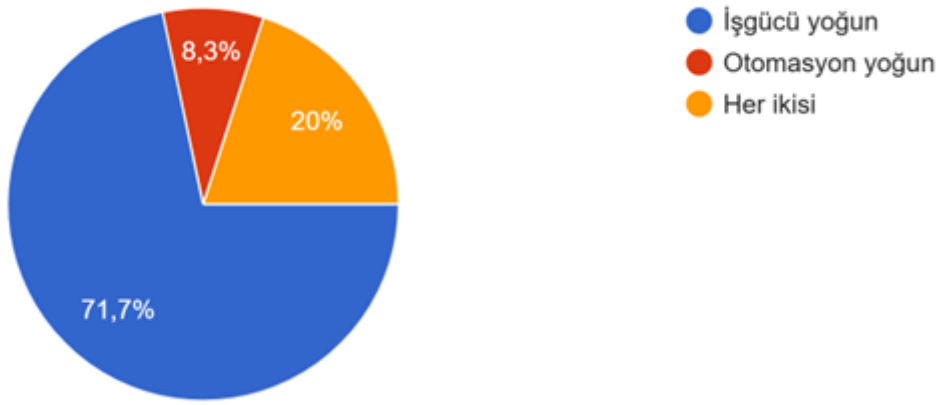
Katılımcı firmaların %86,7'si ihracat yaparken %13,3'ü ihracat yapmamaktadır.

Katılımcı firmaların %66,7'si dijital dönüşümü tamamen benimsemiş, %25'i dijital dönüşüm sürecine yeni başlamış, %8,3'ü henüz dijital dönüşüme başlamamıştır.

3.5.2.4.Katılımcı Firmaların Üretim Yapısına İlişkin Bulguları

Dijital dönüşüm sürecinde olan katılımcı firmaların üretim yapısına yönelik bulguları şu şekildedir:

“NS1. Firmanızın üretim süreçleri ağırlıklı olarak hangi yapıya sahiptir?”



Grafik 3: Üretim Süreci Yoğunluğu

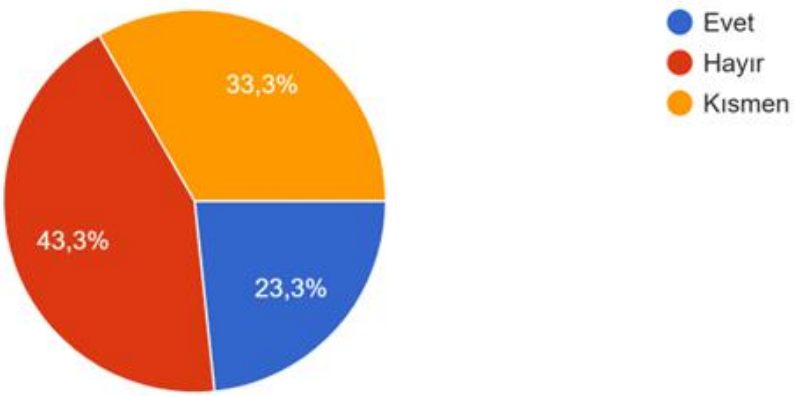
Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Katılımcı firmaların %71,7’sinin üretim süreçlerini işgücü yoğun olarak tanımlaması, dijital dönüşümün beşerî sermaye üzerindeki etkilerine ilişkin nitel bulgularla tutarlılık göstermektedir. Bu bulgu, firmaların büyük bir bölümünün hâlen geleneksel üretim kalıplarına bağlı olduğunu ve teknolojik dönüşümün erken aşamasında bulunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, nitel verilerde dile getirilen "düşük becerili işgücünün işsizlik riski" ve "rutin işlerin otomasyon yoluyla ortadan kalkma ihtimali" gibi risklerin, henüz tüm firmalar için güncel bir tehdit değil, ama orta vadede karşı karşıya kalınacak bir dönüşüm baskısı olduğunu ortaya koymaktadır.

Yalnızca %8,3’lük bir kesimin otomasyon yoğun yapıya sahip olması, otomasyonun sınırlı düzeyde uygulanması, firmaların hem nitelikli işgücü yetersizliğiyle karşı karşıya kaldığını hem de yüksek maliyetli dönüşüm yatırımlarına dair çekinceler taşıdığını göstermektedir.

%20’lik karma yapılar ise, nitel bulgularda sözü edilen "uyum sağlayan bireylerin avantaj elde edeceği" ve "firmaların stratejik dönüşüm planlarıyla rekabet avantajı sağlayacağı" öngörülerine uygun olarak, dönüşüme adım atmış ancak hâlen insan gücüne dayalı üretimi tamamen terk edememiş yapıları işaret etmektedir.

“NS2. Firmanız Endüstri 4.0 teknolojilerini (ör. IoT, yapay zekâ, büyük veri) kullanıyor mu?”

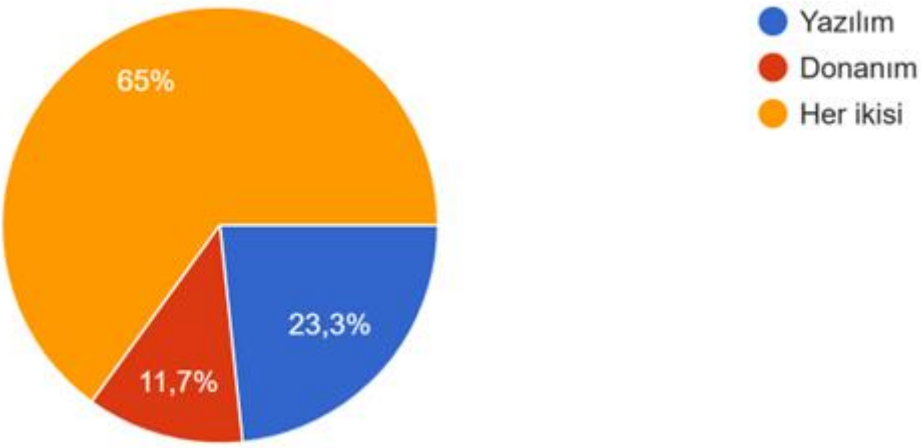


Grafik 4: Endüstri 4.0 Teknolojilerin Kullanımı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Katılımcı firmaların sadece %23,3’ü Endüstri 4.0 teknolojilerini aktif olarak kullandığını, %33,3’ü kısmen, %43,3’ü ise hiç kullanmadığını ifade etmiştir. Bu dağılım, nitel bulgularda sıklıkla vurgulanan dijital dönüşümün sektörel düzeyde hâlen sınırlı kaldığını ve tam anlamıyla kurumsallaşmadığını ortaya koymaktadır. Özellikle IoT, yapay zekâ ve büyük veri gibi ileri düzey teknolojilerin düşük kullanım oranı, firmaların önemli bir kısmının dijital dönüşüm yol haritası oluşturmakta zorlandığını göstermektedir.

“NS3. Firmanız için dijital dönüşüm hangi unsurları kapsamaktadır?”

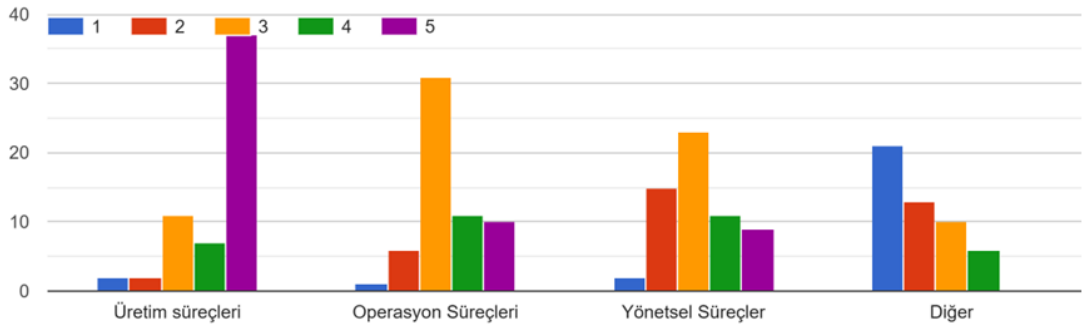


Grafik 5: Dijital Dönüşüm Unsurları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Anket sonuçlarına göre katılımcıların %65'i dijital dönüşümü hem yazılım hem donanımın bir bütün olarak değerlendirmekte, %23,3'ü yalnızca yazılıma, %11,7'si ise yalnızca donanıma odaklanmaktadır. Bu dağılım, dijital dönüşümün firmalar nezdinde teknik bir dönüşüm ile çok boyutlu bir yapısal değişim olarak algılanmaya başlandığını göstermektedir. Özellikle dijital dönüşümün donanım ve yazılım bileşenlerinin birlikte ele alınması, nitel bulgularda sıklıkla vurgulanan "otomasyonun makineleşme ile yazılım temelli süreç yönetimini de içerdiği" anlayışıyla birebir örtüşmektedir. Dijital dönüşümün fiziksel üretim sistemlerini, veri işleme, süreç optimizasyonu, performans izleme, insan-makine etkileşimi gibi alanları da kapsadığını göstermektedir. Dolayısıyla dijital dönüşümü hem yazılım hem donanım bütünlüğü içinde ele alan firmaların dönüşüme daha stratejik ve kapsamlı baktığı söylenebilir.

"NS4. Üretim hatlarında dijital dönüşümün en fazla dönüştürdüğü süreçleri yoğunluk derecesine göre belirtir misiniz? (1 en az, 5 en çok) "



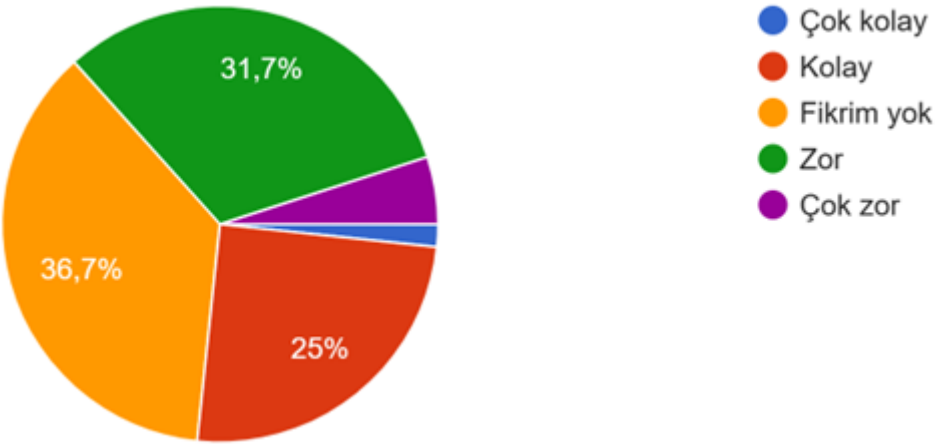
Grafik 6: Üretim Hatlarında Dijital Dönüşümün En Fazla Dönüştürdüğü Süreçler

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Anket bulgularına göre dijital dönüşümün üretim hatlarında en yoğun etkilediği alanlar sırasıyla üretim, operasyonel, ardından yönetim süreçleridir. Firmalar dijital dönüşüm yatırımlarını ilk olarak fiziksel üretimi dönüştürmek amacıyla kullanmakta, ardından operasyonel (ör. stok takibi, planlama, kalite kontrol) ve en son olarak da yönetimsel süreçlerde (ör. insan kaynakları, raporlama, karar destek) kullanmaya başlamaktadır. Bunun başlıca nedeni, üretim süreçlerinde dijital dönüşümün doğrudan maliyet düşürme, verimlilik artırma ve zaman tasarrufu sağlama potansiyelinin yüksek olmasıdır.

Nitel verilerde belirtildiği üzere firmalar genellikle hâlâ işgücü yoğun geleneksel üretim yapısına sahiptir (%71,7 oranında), bu nedenle dijital dönüşüm öncelikle üretim bandına entegre edilmektedir. Bu da üretim sürecini dönüştürmenin bir zorunluluk olduğunu, diğer süreçlerde ise dönüşümün daha yavaş ilerlediğini göstermektedir.

"NS5. Dijital dönüşüm sürecinde sağlanan teşviklere ulaşım sürecinizi nasıl değerlendiriyorsunuz?"

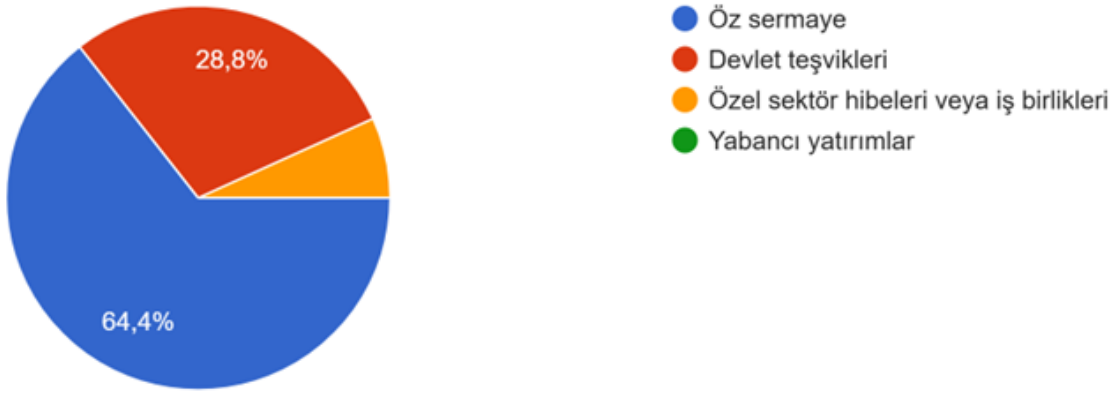


Grafik 7: Teşviklere Ulaşım Süreci

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Anket sonuçlarına göre firmaların yalnızca %25'i dijital dönüşüm teşviklerine kolay ulaştığını belirtirken, önemli bir kısmı (%31,7) sürecin zorlayıcı olduğunu ve %36,7 gibi yüksek bir oran ise teşvik mekanizmaları hakkında fikri olmadığını ifade etmektedir. Bu sonuç nitel bulgularda öne çıkan bilgiye erişim sorunu ve rehberlik eksikliği nedeniyle devlet desteklerinden yararlanamadığıyla örtüşmektedir. Dijital dönüşüm süreciyle ilgili devlet desteklerinin varlığı bilinse bile, firmalar bu desteklere nasıl erişileceğini, hangi kurumların sorumlu olduğunu ya da hangi belgelerin gerektiğini yeterince bilememektedir.

“NS6. Firmanızın dijital dönüşüm sürecinde kullandığı başlıca finansman kaynakları nelerdir?”



Grafik 8: Dijital Dönüşüm Sürecinde Kullanılan Finansman Kaynakları

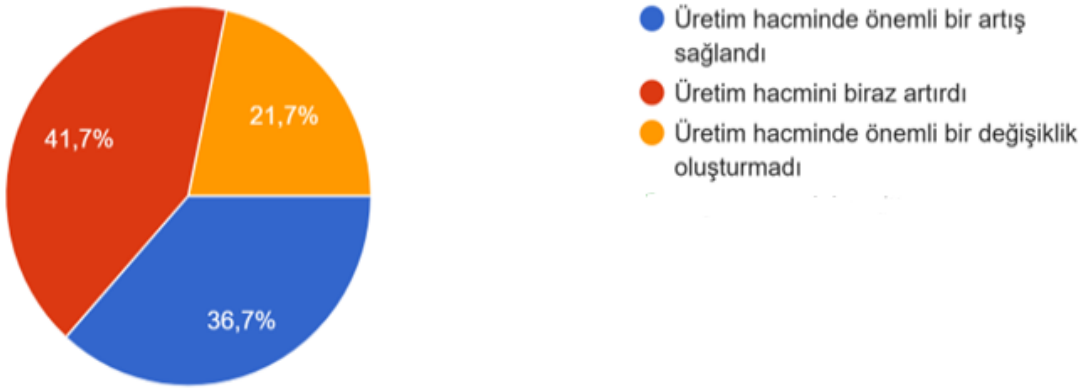
Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Katılımcı firmaların %64,4’ü dijital dönüşüm yatırımlarını öz sermayeleri ile finanse ettiklerini belirtmiştir. Bunun yanı sıra, katılımcıların %28,8’i devlet teşviklerinden faydalandığını ifade ederken, yalnızca %6,7’si özel sektör hibeleri veya iş birlikleri yoluyla finansman sağladığını belirtmiştir.

Bu bulgular, daha önce yapılan nitel görüşmelerle önemli ölçüde örtüşmektedir. Görüşmelere katılan firma temsilcileri, dijital dönüşüm sürecinde devlet teşviklerine erişimin zor olduğunu, sürecin yoğun bürokrasi, karmaşık başvuru prosedürleri ve bilgi eksikliği gibi nedenlerle sekteye uğradığını ifade etmiştir.

Devlet teşviklerinden faydalanan firmaların oranının görece düşük olması, kamusal destek mekanizmalarının saha uygulamalarında yetersiz kaldığını göstermektedir. Özel sektör hibeleri ve iş birliklerinden finansman sağlayan firmaların oranının oldukça düşük (%6,7) olması ise, Türkiye’de dijital dönüşüm konusunda sanayi-içi iş birliği, ağ yapılanmaları ve kümelenme yapılarının yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır.

“NS7. Dijital dönüşüm süreci firmanızın üretim hacmine nasıl etki etti?”



Grafik 9: Dijital Dönüşümün Üretim Hacmine Etkisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

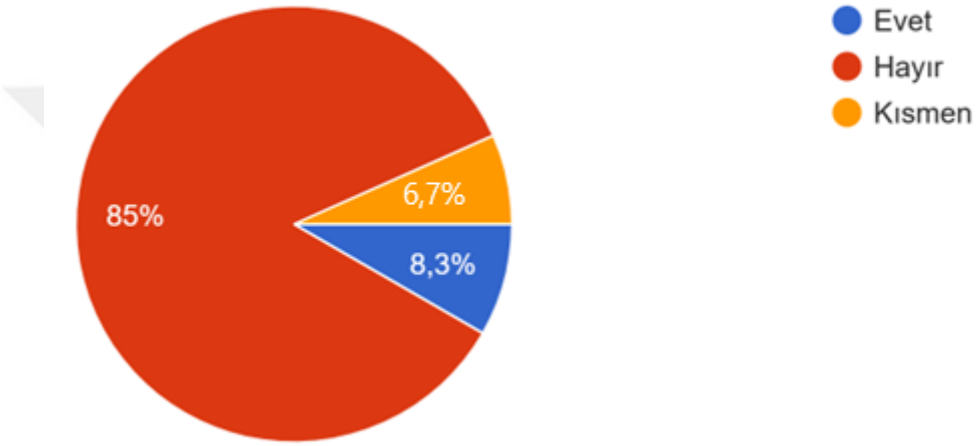
Anket sonuçlarına göre, firmaların yalnızca %36,7’si dijital dönüşümün üretim hacmini “çok artırdığını” belirtmiş; %21,7’si “artırdığını” ifade ederken, yaklaşık %41,7’si dijital dönüşümün üretimi etkilemediğini belirtmiştir. Bu dağılım, dijital dönüşümün üretim süreçlerine etkisinin firmalar arasında heterojen olduğunu göstermektedir.

Nitel verilerle desteklendiğinde, dijital dönüşümün üretim hacmi üzerindeki etkisinin sektör, üretim yapısı ve firmaların dijital olgunluk düzeyine bağlı olarak farklılık gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Daha önceki görüşmelerde belirtildiği gibi, geleneksel işgücü yoğun üretim süreçlerine sahip firmalar, dijital dönüşüm yatırımlarının üretim hacmini doğrudan artırmada sınırlı kaldığını ifade etmişlerdir. Bu tür firmalar için dijital dönüşüm, daha çok üretim süreçlerinde kalite kontrol, operasyonel verimlilik ve esneklik sağlamaya yönelik bir araç olarak görülmektedir.

Dijital dönüşüm sürecinde otomasyonun yoğun kullanıldığı firmalar, özellikle teknoloji odaklı ve Ar-Ge yatırımlarını artıran işletmeler, üretim kapasitelerinde anlamlı artışlar gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Bu durum, nitel bulgularda da belirtildiği üzere, dijital dönüşümün sadece üretim hacmini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda üretim süreçlerinin hızlanması, hata oranlarının azalması ve daha esnek üretim modellerinin benimsenmesini sağladığı şeklinde yorumlanabilir.

Ancak, yaklaşık %41,7'lik "etkilemedi" cevabı, dijital dönüşüm yatırımlarının henüz yeterince yaygınlaşmadığını veya bazı firmalarda dönüşümün başlangıç aşamasında olduğunu göstermektedir. Nitel görüşmelerde bu durum, teknoloji adaptasyonundaki zorluklar, yüksek yatırım maliyetleri ve dijital beceri eksiklikleri gibi faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijital dönüşüm sürecinde yaşadığı direnç ve kaynak sınırlamaları da üretim hacmi üzerinde hızlı bir artış yaşanmamasının nedenleri arasında gösterilmiştir.

"NS8. Dijital dönüşüm ile firmanızda esnek çalışma modeline geçiş oldu mu?"



Grafik 10: Dijital Dönüşüm Sürecinde Esnek Çalışma Modeli

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Anket sonuçlarına göre, katılımcı firmaların %85'i dijital dönüşüm sürecinde esnek çalışma modeline geçiş yapmadığını belirtmiştir. Sadece %8,3'ü esnek çalışma modelini kullanmış, %6,7'si ise kısmen uyguladığını ifade etmiştir. Bu bulgu, dijital dönüşümün henüz geniş çapta esnek çalışma uygulamalarına dönüşmediğine işaret etmektedir.

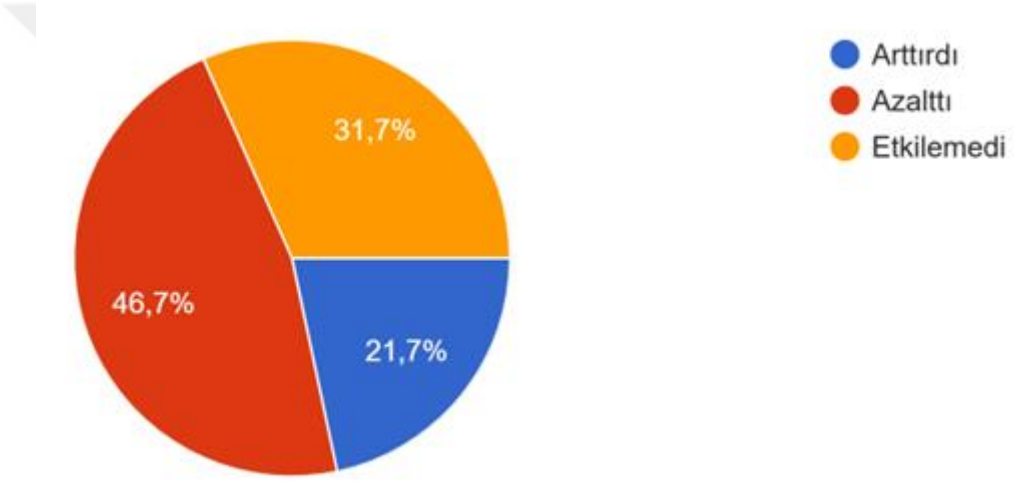
Nitel verilerle ilişkilendirildiğinde katılımcı firmalar, özellikle üretim ve işgücü yoğun sektörlerde, fiziksel varlığın ve yerinde çalışma zorunluluğunun yüksek olması nedeniyle esnek çalışma modellerinin uygulanmasının sınırlı kaldığını belirtmiştir. Bu bağlamda, dijital dönüşüm yatırımları üretim ve operasyonel verimliliği artırsa da esnek çalışma gibi insan kaynakları uygulamalarında beklenen dönüşümü henüz tam olarak gerçekleştirememiştir.

Dijital dönüşüm sürecinde esnek çalışma modellerinin yaygınlaşması için teknolojik altyapının, işgücü yapısının ve kurum kültürünün dönüşümü gerekmektedir. Özellikle, üretim ağırlıklı ve işgücü yoğun sektörlerde dijital dönüşümün esnek çalışma uygulamalarına yansıması sınırlı kalırken, beyaz yakalı ve bilgi teknolojisi odaklı pozisyonlarda bu dönüşümün daha hızlı gerçekleştiği görülmektedir.

3.5.2.5.Dijital Dönüşüm Sürecindeki Firmaların İstihdam Yapısına Yönelik Bulguları

Dijital dönüşüm sürecinde olan katılımcı firmaların istihdam yapısına yönelik bulguları şu şekildedir:

"NS9. Dijital dönüşüm genel olarak istihdam ettiğiniz çalışan sayısına nasıl etki etti?"



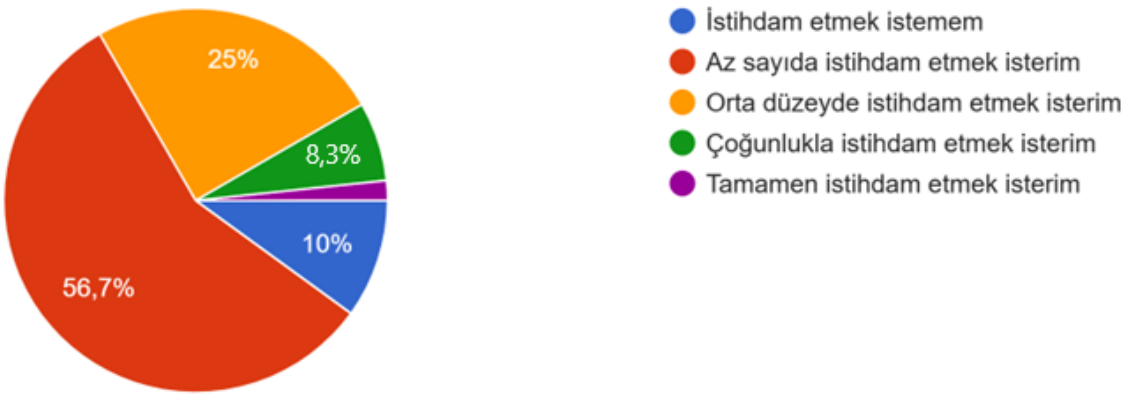
Grafik 11: Dijital Dönüşümün İstihdama Etkisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Firmaların %46,7'si dijital dönüşümün istihdamı azalttığını belirtmiş, buna karşın %31,7'si bir değişim olmadığını ifade etmiş ve sadece %21,7'si artış bildirmiştir. Dijital dönüşümün işgücü yapısında köklü dönüşümlere yol açtığı, özellikle rutin, tekrarlayan ve düşük beceri gerektiren işlerin otomasyonla ikame edildiği görülmektedir. Bu durum, düşük becerili işgücünün istihdam edilebilirliğini olumsuz etkileyerek işsizlik riskini artırmakta, işgücü piyasasında yapısal dönüşüm sorunlarını derinleştirmektedir. Öte yandan, nitel veriler dijital dönüşümün aynı zamanda yeni iş alanları ve pozisyonlar yaratarak nitelikli işgücüne olan talebi artırdığına işaret etmektedir.

Dijital dönüşüm sürecinin istihdam üzerinde hem risk hem de fırsat barındırdığı, bu sürecin yönetiminde işgücünün beceri yapısının güçlendirilmesi, eğitim ve adaptasyon mekanizmalarının etkin hale getirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Firmaların dijital dönüşüme hızla uyum sağlaması, yüksek katma değerli işlerde istihdam yaratırken, düşük becerili işgücünün dönüşüme uyum sağlayamaması istihdamda azalma riskini beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, politika yapıcılar ve eğitim kurumları ile iş dünyasının eşgüdümlü çalışması, dijital dönüşümün istihdama olumlu yansımalarını artırmada önem taşımaktadır.

"NS10. Dijital dönüşüm sürecine giren firmanızda yeni mezunları ne düzeyde istihdam etmek istersiniz?"



Grafik 12: Dijital Dönüşüm Sürecinde Yeni Mezun Talebi

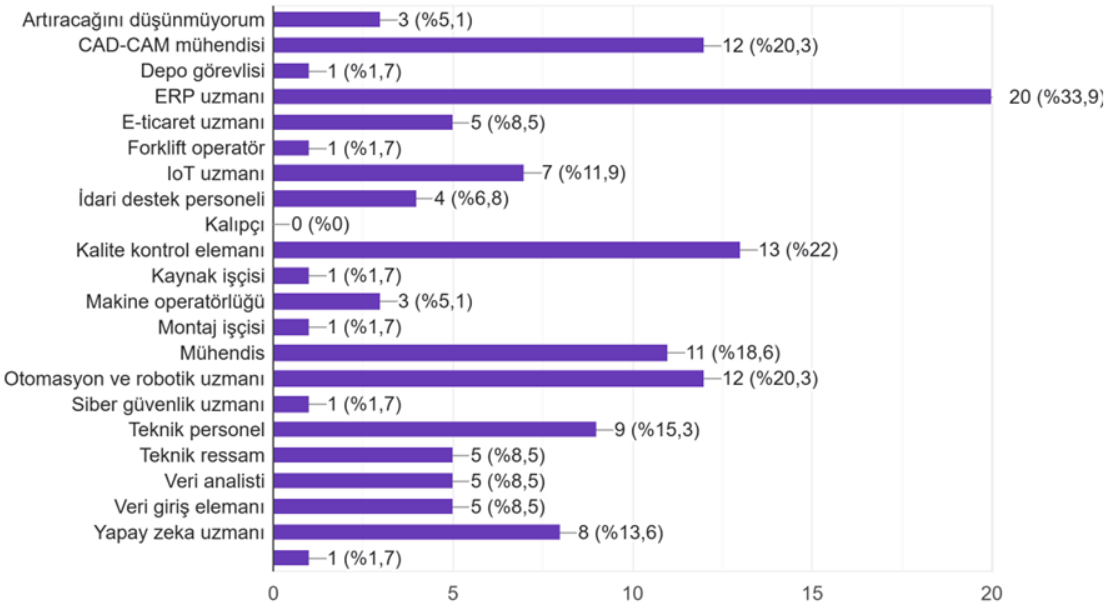
Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Anket sonuçlarına göre, dijital dönüşüm sürecine giren firmaların %8,3'ü çoğunlukla yeni mezun istihdam etmek istediğini, %25'i orta düzeyde bir istihdam etmek istediğini, %46,7'si az sayıda istihdam istediğini ifade etmiştir. Öte yandan, firmaların %10'u ise yeni mezunları istihdam etmeyi tercih etmediğini beyan etmiştir. Bu bulgular, firmaların dijital dönüşüm sürecinde genç işgücüne yönelik yaklaşımının oldukça temkinli olduğunu göstermektedir.

Dijital dönüşüm sürecinin getirdiği teknik gereklilikler nedeniyle yeni mezunların diplomanın yanında sektöre özgü dijital becerilere sahip olmalarını beklemektedir. Görüşmelerde bazı firma temsilcileri, üniversitelerden mezun olan bireylerin "işe hazır" olmadığını; özellikle yazılım, otomasyon, veri analizi gibi alanlarda pratik bilgi eksikliği

yaşandığını vurgulamıştır. Bu nedenle firmalar, yeni mezun istihdamı konusunda ihtiyatlı davranmakta; tercihlerini genellikle belirli bir deneyim ya da teknik altyapı sahibi bireylerden yana kullanmaktadır.

“NS11. Dijital dönüşüm firmanızda hangi mesleklerin talebini artırdı?”



Grafik 13: Dijital Dönüşüm İle Artan Meslekler

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

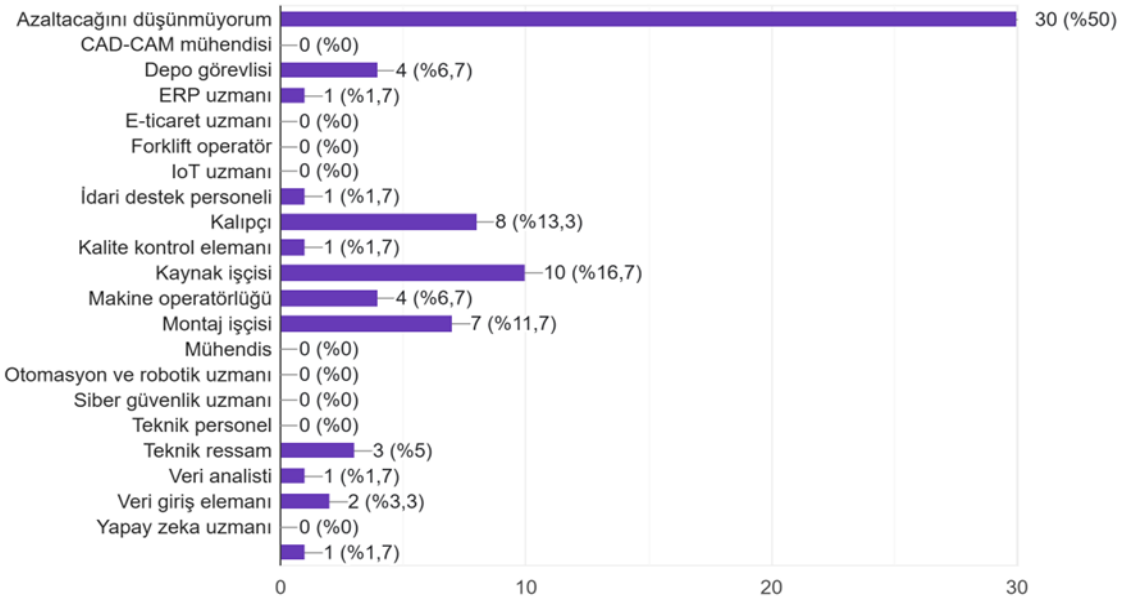
Katılımcıların verdiği cevaplara göre en çok talep artışı gösteren meslek grubu %33,9 ile ERP uzmanları olurken, onu %22 ile kalite kontrol elemanları, %20,3 ile CAD-CAM mühendisleri ve otomasyon ve robotik uzmanları izlemiştir. Yapay zekâ uzmanı (%13,6), IoT uzmanı (%11,9) ve siber güvenlik uzmanı (%15,3) gibi dijital dönüşüm temelli pozisyonlara olan talep de dikkat çekici düzeydedir. Buna karşın, fiziksel üretime dayalı pozisyonlar örneğin kaynak işçisi, montaj işçisi, makine operatörlüğü gibi düşük oranlarda kalmıştır.

Bu nicel bulgular, daha önce yapılan nitel görüşmelerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Görüşmelerde dijital dönüşümün, firmalarda üretimden yönetime uzanan birçok süreci yeniden yapılandırdığı vurgulanmış ve bu bağlamda yazılım bilgisi, veri analizi becerisi ve otomasyon sistemlerine hâkimiyet gibi yetkinliklerin ön plana çıktığı ifade edilmiştir. Firmalar, özellikle üretim süreçlerinin dijital kontrolü, veri toplama ve analiz gibi

alanlarda dijital yetkinliğe sahip teknik personele duyulan ihtiyacın hızla arttığını belirtmiştir.

Nitel verilerde ayrıca firmaların dijital dönüşümü nitelikli insan kaynağına olan talebi yeniden şekillendiren yapısal bir değişim olarak değerlendirdiği görülmektedir. Örneğin, ERP sistemlerinin kurulumu ve işletilmesi için özel uzmanlık gerektiren pozisyonlara yönelim artarken; IoT, yapay zekâ ve siber güvenlik gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinde eğitim almış bireyler rekabet avantajı sağlamaktadır. Bu da dijital dönüşümün beyaz yaka rollerinde daha güçlü bir mesleki dönüşüm etkisi yarattığını ortaya koymaktadır.

“NS12. Dijital dönüşüm firmanızda hangi mesleklerin talebini azalttı? “



Grafik 14: Dijital Dönüşüm ile Azalan Meslekler

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Katılımcı firmaların verdiği yanıtlar doğrultusunda, firmaların %50’si herhangi bir meslekte azalma öngörmediklerini ifade etmiştir. Bununla birlikte, %16,7’si kaynak işçisi, %13,3’ü kalıpçı, %11,7’si montaj işçisi ve %6,7’si makine operatörlüğü ile depo görevlisi gibi ağırlıklı olarak mavi yaka ve manuel üretim temelli pozisyonlarda azalma yaşandığını bildirmiştir.

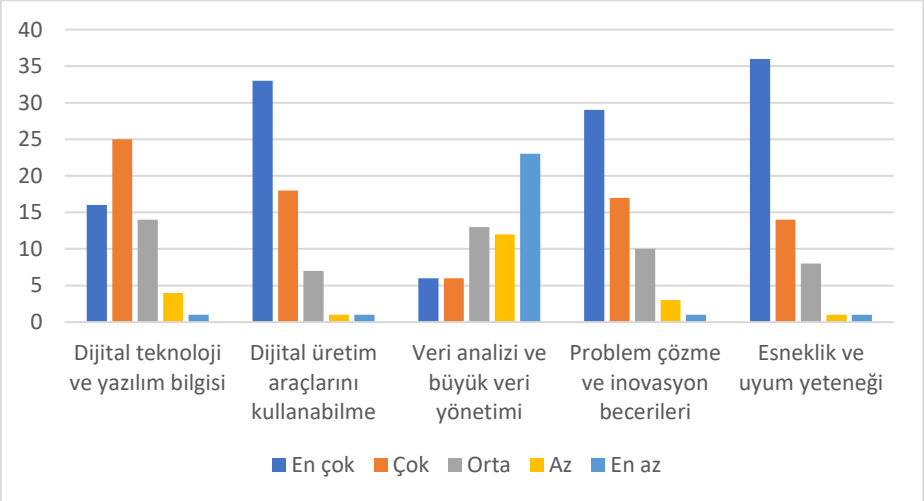
Bu bulgular, daha önce yürütülen nitel görüşmelerle paralellik göstermektedir. Katılımcı firmalar, özellikle üretim hattında kullanılan robotik sistemler, otomatik kaynak

makineleri ve CNC tabanlı kesim/kalıplama sistemleri sayesinde birçok işlemin insan müdahalesine gerek kalmadan yürütülebildiğini ifade etmiştir. Ayrıca firmaların büyük bölümü dijital dönüşüm ile verimlilik ve hız beklentilerinin arttığını, bu nedenle işgücünü niteliksel olarak yeniden yapılandırdıklarını belirtmiştir. Bunun doğal bir sonucu olarak düşük beceri gerektiren pozisyonlara olan talep azalmış, yerine otomasyon sistemlerini kullanabilecek ya da süreci yönetecek teknik bilgiye sahip personel ihtiyacı doğmuştur. Bu dönüşüm, işgücü sayısını ve çalışan profiline ilişkin beklentileri de değiştirmiştir.

Özellikle "kalıpçı", "kaynak işçisi", "makine operatörü" gibi pozisyonlardaki azalmanın, dijital dönüşüm ile daha az insanla daha çok iş yapılması anlayışıyla doğrudan bağlantılı olduğu görülmektedir. Aynı şekilde "idari destek personeli" gibi daha önce manuel veri girişleriyle yürütülen roller de artık ERP sistemleri ile otomatikleştirildiğinden dolayı azalmakta ya da dönüşmektedir.

Ancak dikkat çekici biçimde, firmaların %50'si herhangi bir meslekte azalma öngörmediğini belirtmiştir. Bu durum, nitel verilerde de yansımasını bulduğu üzere, birçok firmanın dijital dönüşümü daha çok tamamlayıcı ve destekleyici bir dönüşüm olarak değerlendirdiğini göstermektedir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde dijital sistemlerin hâlâ insan denetimiyle çalıştığı, bu nedenle üretimden tümüyle insan gücünün çıkarılmasının yakın vadede mümkün görülmediği anlaşılmaktadır.

"NS13. Dijital dönüşüm firmanızda hangi yeni yetenek/beceri setlerini öne çıkardı? Lütfen önem derecesine göre işaretleyiniz. (1 en az, 5 en fazla)"



Grafik 15: Dijital Dönüşümün Ortaya Çıkardığı Yetenek/Beceri Setleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

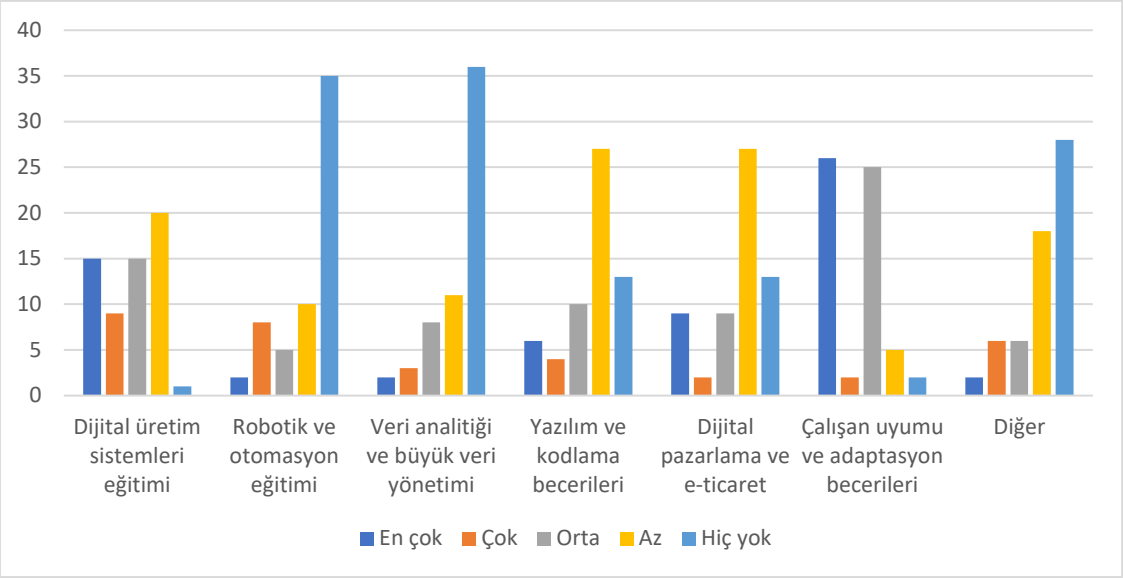
Firmaların çoğu dijital üretim araçlarını kullanabilme bu yetkinliği “5-En çok” olarak değerlendirmiştir. Bu durum, özellikle otomasyon sistemleri, ERP yazılımları, CNC makineleri gibi dijital üretim araçlarının sahada yaygınlaşması ile doğrudan bağlantılıdır. Esneklik ve uyum yeteneğinin de “5-En çok” düzeyinde yüksek puanlandığı görülmektedir. Nitel bulgularda da benzer şekilde dijital dönüşümün doğası gereği firmalar artık daha hızlı değişen süreçlere uyum sağlayabilen personel profili aramaktadır. Katılımcılar, çalışanların bir alanda birden fazla dijital sisteme entegre şekilde çalışabilmesini ve değişen teknolojilere hızla uyum sağlamasını beklediklerini belirtmiştir.

Problem çözme ve inovasyon becerileri için dijital dönüşüm süreci, teknik uyum, karar alma, sistemsel analiz yapabilme ve yenilikçi çözümler üretebilme becerilerini de gerekli kılmıştır.

Dijital teknoloji ve yazılım bilgisi becerinin de yüksek öncelik taşıdığı anlaşılmaktadır. Nitel verilerde firmalar, yazılım geliştirme, dijital sistemleri okuyabilen, uygulayabilen ve yönlendirebilen çalışanlara ihtiyaç duyduklarını belirtmiştir.

Veri analizi ve büyük veri yönetimi “1- En az” yanıtı da dikkat çekmektedir. Bu durum nitel görüşmelerde de vurgulanan dijital dönüşüm düzeyindeki firmalar arası farklılığı yansıtmaktadır. Veriyle çalışan firmalar bu beceriyi zorunlu olarak görürken, henüz tam anlamıyla dijital dönüşüme geçmemiş firmalarda bu yetkinlik öncelik kazanmış değildir.

“NS14. Firmanızın dijital dönüşüm sürecinde en fazla yatırım yaptığı beceri gelişim alanları hangileridir?”



Grafik 16: Dijital Dönüşüm Sürecinde En Fazla Yatırım Yapılan Beceri Gelişim Alanları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Anket sonuçlarına göre firmalar, dijital dönüşüm sürecinde en fazla yatırımı çalışan uyumu ve adaptasyon eğitimlerine yapmaktadır. Bu sonucu takiben dijital üretim sistemleri eğitimi yüksek düzeyde önemsenirken; yazılım ve kodlama ile dijital pazarlama ve e-ticaret eğitimleri orta düzeyde; robotik ve otomasyon ile veri analitiği ve büyük veri yönetimi ise daha düşük düzeyde yatırım yapılan alanlar olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu dağılım, daha önce gerçekleştirilen nitel görüşmelerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Özellikle mavi yaka ve operasyonel personelin dijital sistemlerle çalışmaya uyum sağlaması için temel eğitimlerin ve pratik uyum süreçlerinin önceliklendirildiği belirtilmiştir.

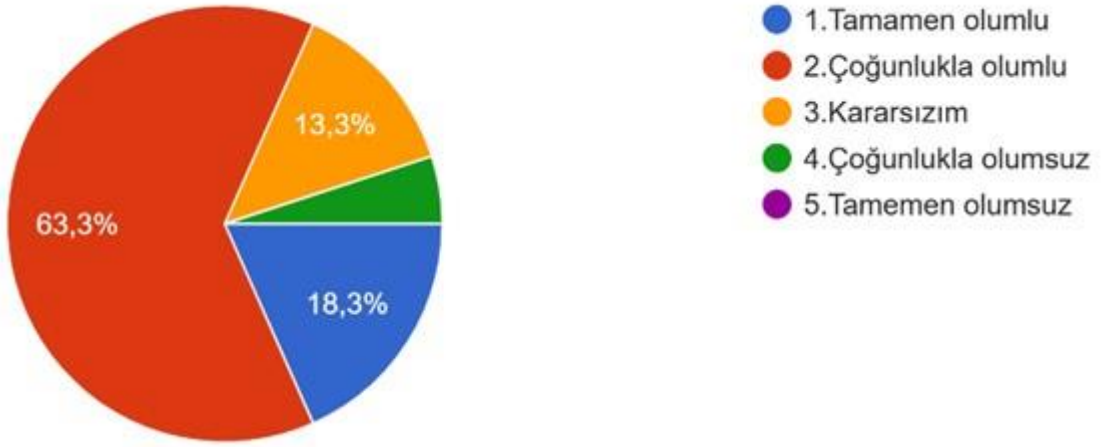
Bazı firmalar, çalışanların direncini kırmak ve adaptasyonu kolaylaştırmak amacıyla önce farkındalık eğitimi, ardından temel dijital yetkinlik eğitimleri verdiklerini belirtmişlerdir. Bu durum, çalışan uyumu ve adaptasyon eğitimine yapılan yüksek yatırımın gerekçesini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, yazılım, kodlama, veri analitiği gibi daha ileri dijital yetkinliklere yatırımın sınırlı kalması, birçok firmanın halen dijital dönüşümün üretim tabanlı donanımsal tarafına odaklandığını göstermektedir. Nitel verilerde de bu durum

vurgulanmış; birçok firma dijital dönüşümü üretim verimliliği artıran sistemlerle ilişkilendirmiş ve ileri düzey dijital becerilere sahip insan kaynağı ihtiyacını sadece teknik pozisyonlarla sınırlı görmüşlerdir.

Ayrıca nitel görüşmelerde, firmaların dijital dönüşüm sürecinde hala bütçe kısıtları yaşadığı, dolayısıyla yüksek maliyetli eğitim programları yerine kısa süreli iç eğitimlerle süreci yürüttükleri bilgisi de paylaşılmıştır. Bu da ileri düzey dijital becerilere yapılan sınırlı yatırımı açıklamaktadır.

"NS15. Çalışanlarınızın dijital dönüşüm sürecine yaklaşımını nasıl değerlendiriyorsunuz?"



Grafik 17: Çalışanların Dijital Dönüşüm Sürecine Yaklaşımı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

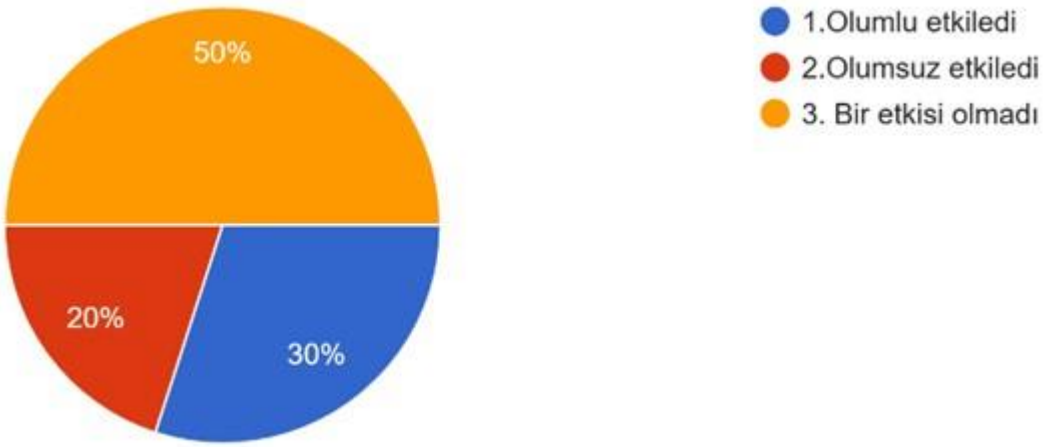
Katılımcıların %63,3'ü "çoğunlukla olumlu", %18,3'ü ise "tamamen olumlu" bir tutum sergilemektedir. Buna karşılık %13,3'lük bir kesim kararsız olduğunu belirtmiştir. Bu veri, dijital dönüşümün çalışanlar tarafından tehditten çok fırsat olarak algılandığını göstermektedir. Nitel görüşmelerde ortaya çıkan "zorunlu adaptasyon" yerine, bu bulgu dijital dönüşümün benimsenme oranının arttığını ve kurumsal iletişimin olumlu etkisini işaret etmektedir.

%13,3'lük "kararsız" kesim, nitel görüşmelere göre genellikle dijital sistemlere alışkın olmayan, yaşça daha büyük veya teknolojik bilgi düzeyi düşük çalışanlardan oluşmaktadır. Bu çalışanlar, dijital dönüşümün kendi işlerini nasıl etkileyeceğini tam

olarak kestiremedikleri için çekimser davranabilmektedirler. Bu da firmaların daha kapsayıcı ve bireyselleştirilmiş eğitim stratejileri geliştirmesini gerekli kılmaktadır.

Çalışanlar dijital dönüşüm sürecine genel olarak olumlu yaklaşmakta ve bu durum firmaların dönüşüm stratejilerinin etkinliğini artırmaktadır. Bu olumlu tablo, genç kuşağın adaptasyon hızı, çalışanlara verilen eğitimler ve dijital dönüşümün iş süreçlerini kolaylaştırıcı etkisi ile doğrudan bağlantılıdır.

"NS16. Dijital dönüşüm süreci, çalışanlarınıza duyduğunuz güveni nasıl etkiledi?"



Grafik 18: Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışanlara Duyulan Güven

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

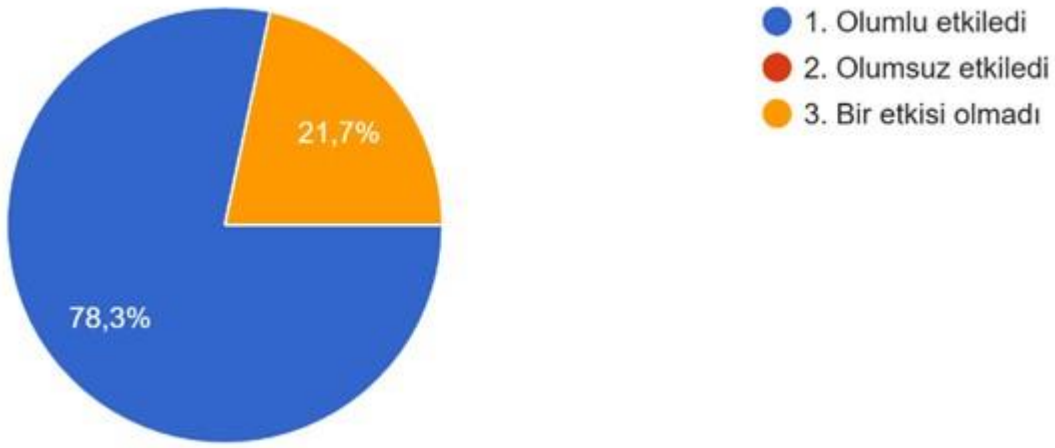
Anket sonuçlarına göre katılımcıların %50'si dijital dönüşümün çalışanlara duyulan güven üzerinde bir etkisi olmadığını, %30'u olumlu etkilediğini, %20'si ise olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Bu dağılım, dijital dönüşümün güven ilişkisiniçok boyutlu etkilediğini göstermektedir. Dijital araçlar, çalışanların performansını ölçülebilir kıldığı gibi, aynı zamanda onların sisteme katkısını daha görünür hale getirmiştir. Bu da yöneticilerin çalışanlara duyduğu güveni artıran bir unsur olmuştur.

Katılımcıların yarısı (%50), dijital dönüşümün güven ilişkisini etkilemediğini belirtmiştir. Nitel verilerde bu durum, genellikle geleneksel yönetim anlayışına sahip, dijital dönüşümü daha çok operasyonel araç olarak kullanan firmalarda gözlemlenmiştir. Bu şirketlerde dijital araçlar iş süreçlerini kolaylaştırıcı olarak görülmektedir.

%20'lik "olumsuz etkiledi" yanıtı, dijital dönüşümün bazı durumlarda çalışanlar üzerinde baskı veya denetim hissi oluşturduğuna işaret etmektedir. Nitel verilerde bu durum,

özellikle saha çalışanları arasında sistemlerin sürekli veri kaydı yapması, zaman takibi, performans ölçümü gibi unsurlar nedeniyle ortaya çıkmıştır. Bu durum bazı yöneticilerin çalışanların hata yapma olasılığına odaklanarak daha mesafeli bir güven yaklaşımı benimsemesine yol açmıştır.

"NS17. Dijital dönüşüm süreciniz iş güvenliği ve çalışan sağlığı politikalarınızı nasıl etkiledi?"



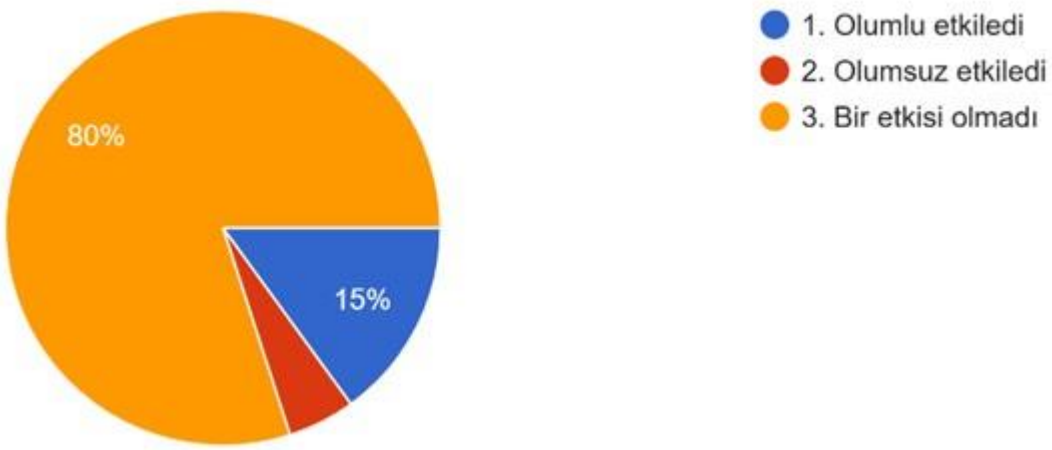
Grafik 19: Dijital Dönüşümün İş Güvenliği Ve Çalışan Sağlığı Politikalarına Etkisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Nicel bulgulara göre katılımcıların %78,3'ü, dijital dönüşümün iş güvenliği ve çalışan sağlığı politikalarını olumlu etkilediğini ifade etmiştir. Bu güçlü oran, dijital dönüşümün verimlilik artışı ile insan odaklı faydalar sunduğunu da göstermektedir. Riskli işlerde otomasyonun kullanılması fiziksel tehlikelerin azaltılmasına, IoT, sensörler ve veri takibi ile anlık tehlike uyarıları ve çevresel kontrol yardımcı olmuştur.

Katılımcıların %21,7'si dijital dönüşümün bu konuda bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Nitel veriler incelendiğinde, bu durum genellikle dijital dönüşüm seviyesi düşük ya da manuel üretimin hâlâ baskın olduğu küçük/orta ölçekli işletmelerde görülmektedir. Bu durum, teknolojik altyapının yeterince gelişmemesi veya maliyet kaygıları nedeniyle iş güvenliğinde dijital dönüşümün sınırlı kaldığını göstermektedir.

“NS18. Dijital dönüşüm süreci personelin izin yapısını nasıl etkiledi?”



Grafik 20: Dijital Dönüşüm Sürecinin Personelin İzin Yapısına Etkisi

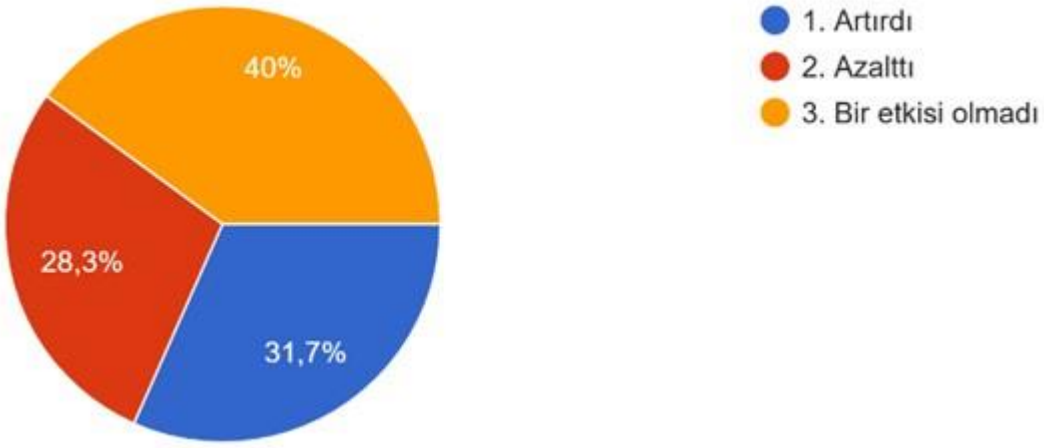
Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Nicel veriler, dijital dönüşümün firmaların %80’ininde personel izin yapısı üzerinde ciddi bir değişikliğe yol açmadığını göstermektedir. Bu sonuç, nitel görüşmelerde de sıklıkla dile getirilen “dijital dönüşüm üretimi ve kaliteyi etkiliyor, ama izin gibi İK politikalarında ciddi bir fark yaratmadı” görüşleriyle uyumludur.

%15’lik “olumlu etkilendi” yanıtını veren katılımcı firmaların nitel verilerde bazı firmalar dijital dönüşümün izin süreçlerini hızlandırdığını, şeffaflaştırdığını ya da uzaktan çalışmaya olanak verdiği ifadesiyle desteklenmektedir. Ancak bu etkiler genellikle beyaz yaka çalışanlar ve dijital altyapısı daha güçlü firmalarda görülmektedir.

%5’lik “olumsuz etkiledi” cevabını veren katılımcıların nitel görüşmelerde dijital sistemlerin personelin ne zaman çalıştığını veya sahada olup olmadığını sürekli izlediğini belirterek, bunun izin süreçlerinde yönetici baskısı yaratabileceğini ifadesiyle örtüşmektedir.

“NS19. Dijital dönüşüm süreci, genel ücret maliyetlerinizi nasıl etkiledi?”



Grafik 21: Dijital Dönüşüm Sürecinin Genel Ücret Maliyetlerine Etkisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

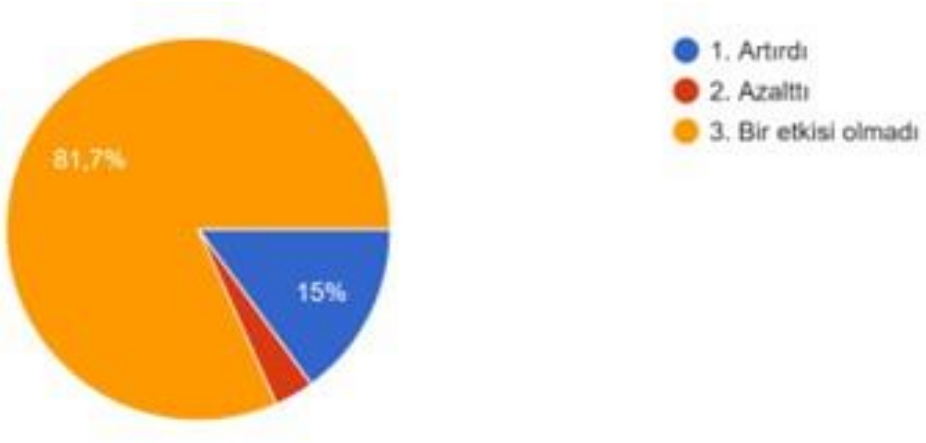
Nicel bulgular, dijital dönüşümün genel ücret maliyetleri üzerinde firma bazlı değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Katılımcı firmaların %40’ı dijital dönüşümün ücret maliyetlerine bir etkisi olmadığını belirtmiş, buna karşın %31,7’si maliyetlerin arttığını, %28,3’ü ise azalttığını ifade etmiştir.

Firmaların %31,7’sinin ‘artırdı’ yanıtı, nitel görüşmelerde birçok firmanın, dijital dönüşüm sürecinde daha nitelikli, teknolojiye hâkim personel istihdam etmek zorunda kaldıkları, özellikle yazılım, otomasyon, veri analizi gibi alanlarda uzman personel talebi, ücretlerin artmasına yol açmıştır ifadesiyle örtüşmektedir.

%28,3’lük ‘azalttı’ diyen firmaların dijital dönüşümün bazı firmalarda operasyonel süreçleri otomatize ederek özellikle düşük nitelikli işgücüne olan ihtiyacı azalttığı görülmektedir. Bu durum hem personel sayısında düşüşe hem de toplam ücret giderlerinde azalmaya neden olduğu yönüyle örtüşmektedir

%40’lık ‘bir etkisi olmadı” yanıtını veren bazı firmaların dijital dönüşüm sürecini ağırlıklı olarak üretim takibi, kalite kontrol, stok izleme gibi alanlarda sınırlı tuttuğu ve insan kaynağına ilişkin mevcut yapıda ciddi bir değişiklik yapmadığı yaklaşımıyla uyumludur.

“NS20. Dijital dönüşüm süreci çalışma süresini nasıl etkiledi?”



Grafik 22: Dijital Dönüşüm Sürecinin Çalışma Süresine Etkisi

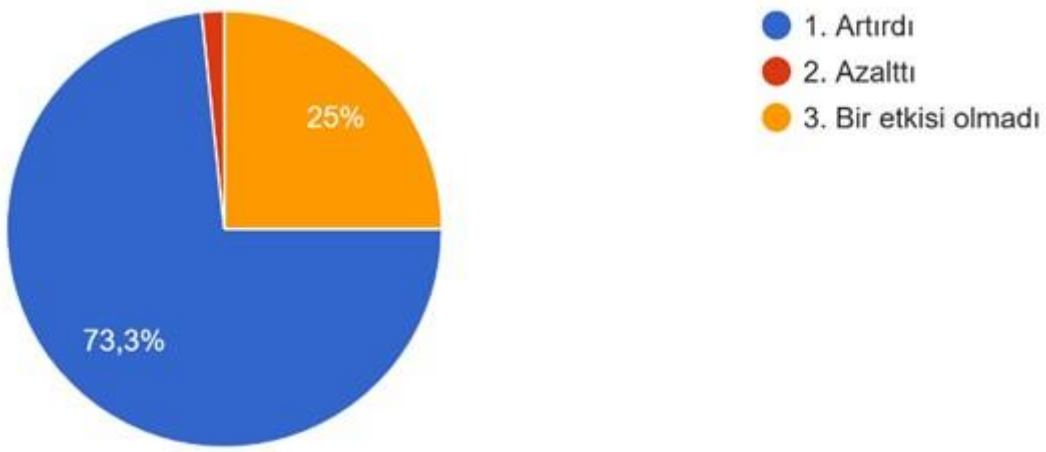
Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Katılımcı firmaların %81,7’si dijital dönüşüm sürecinin çalışanların çalışma süresi üzerinde bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Buna karşılık, yalnızca %15’lik bir kesim çalışma sürelerinin arttığını ifade etmiştir.

%81,7’lik ‘bir etkisi olmadı’ cevabını veren firmalara göre dijital dönüşümün özellikle üretim süreçlerinde verimliliği artırdığı, hata oranlarını azalttığı ve tekrar eden işlerin otomasyon sistemleriyle yapıldığı nitel görüşmelerle örtüşmektedir. Firmaların çoğu, dijital dönüşümün çalışma sürelerinden çok işin niteliğini değiştirdiğini ifade etmiştir.

Çalışma süresinin arttığını belirten %15’lik kesim ise genellikle dijital dönüşüm sürecinin ilk aşamalarında olan firmaları kapsamaktadır. Nitel verilerde, özellikle dijital altyapının henüz tam oturmadığı firmalarda takip, kontrol ve raporlama işlemleri nedeniyle çalışanların daha uzun süre çalışmak zorunda kaldıkları ifade edilmiştir.

“NS21. Dijital dönüşüm süreci personelin verimliliğini nasıl etkiledi?”



Grafik 23: Dijital Dönüşüm Sürecinin Personelin Verimliliğine Etkisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Anket bulgularına göre, dijital dönüşümün çalışan verimliliği üzerindeki etkisi oldukça belirgindir. Katılımcı firmaların %73,3’ü dijital dönüşümün personel verimliliğini artırdığını ifade etmiştir. Buna karşın %25’i herhangi bir değişim yaşanmadığını belirtmiştir. Bu durum, dijital dönüşümün üretim ve hizmet süreçlerinde performans artışı sağlayarak çalışanların daha etkin ve üretken hale gelmelerine katkı sunduğunu göstermektedir.

Bu nicel sonuç, daha önce yürütülen nitel görüşmelerde ortaya çıkan bulgularla da örtüşmektedir. Görüşme yapılan firmaların büyük bölümü, dijital dönüşüm sayesinde süreçlerin otomatikleştiğini, tekrar eden işlerin azaldığını ve çalışanların daha nitelikli görevlerde değerlendirilmeye başlandığını belirtmiştir. Örneğin, bazı katılımcılar üretim hattında görev yapan çalışanların daha çok kalite kontrol, analiz ve denetim gibi bilişsel yönü yüksek işlerde görevlendirildiğini ifade etmiştir. Bu da işgücünün daha verimli kullanılmasına olanak sağlamıştır.

Katılımcıların dijital dönüşümün üretim sürecinde sağladığı katkılardan biri olarak hata oranlarını düşürme ve zaman kazancı sağlama gibi unsurları da vurguladıkları görülmüştür. Bu bağlamda, dijital araçların insan gücünü ikame etmekten çok,

destekleyici ve tamamlayıcı bir rol üstlendiği, bu sayede personelin daha verimli çalışabildiği anlaşılmaktadır.

“NS22. Dijital dönüşüm süreci personelin kendilerini ilgilendiren durumlarda katılım haklarını nasıl etkiledi?”

Grafik 24: Dijital Dönüşüm Sürecinin Personelin Kendilerini İlgilendiren Durumlarda Katılım Haklarına Etkisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturuldu.

Yapılan anket sonuçlarına göre, katılımcı firmaların %46,7’si dijital dönüşümün personelin katılım haklarını artırdığını belirtirken, %53,3’ü bu konuda herhangi bir değişim olmadığını ifade etmiştir. Bu durum, dijital dönüşümün kurumsal iç iletişim ve katılımcı yönetim anlayışı üzerindeki etkilerinin firma bazında farklılık gösterebildiğini göstermektedir.

Daha önce elde edilen nitel veriler incelendiğinde, bazı firmaların dijital dönüşüm ile iç iletişim sistemlerini (örneğin dijital panolar, anlık bildirim sistemleri, kurumsal yazılımlar) daha etkin hale getirdikleri, böylece çalışanların süreçlere daha hızlı erişebildiği ve geri bildirim verme imkânlarının arttığı görülmektedir. Özellikle üretim dışı alanlarda görev yapan personelin, dijital sistemler aracılığıyla yöneticilere görüş bildirme, talep iletme veya öneride bulunma imkanlarının genişletildiği ifade edilmiştir.

Ayrıca bazı yöneticiler, dijital dönüşüm sayesinde şeffaflık ve izlenebilirliğin arttığını, bu durumun da çalışanların kendilerini daha görünür ve sürece dahil hissetmelerine katkı

sunduğunu belirtmiştir. Örneğin performans verilerinin dijital platformlarda açık şekilde izlenebilmesi veya anket tabanlı dijital geri bildirim sistemlerinin kullanılması, çalışanların yönetime etkide bulunma olasılıklarını artırmıştır.

Bazı firmalar hâlâ dijital dönüşüm yalnızca üretim veya teknik süreçlerle sınırlı görmekte ve kurumsal katılım kültürünü dijital platformlarla bütünleştirmemektedir. Bu durum, bazı firmalarda neden hâlâ "katılım üzerinde bir etkisinin olmadığı" algısının baskın olduğunu açıklayabilir.

3.6. Değerlendirme ve Tartışma

Bu araştırmanın temel amacı, dijital dönüşüm süreçlerinin Türkiye'de makine imalat sanayinin istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürdüğünü sektörel düzeyde analiz etmektir. Karma yöntemle yürütülen bu çalışmada hem nitel hem de nicel veriler birlikte değerlendirilmiş; anket bulguları derinlemesine görüşmelerle desteklenmiştir. Araştırmanın temel sorusu cevaplandırmadan önce alt sorular cevaplandırılmıştır.

"A.S.1. Dijital dönüşüm, makine imalat sanayinde istihdam eğilimlerini nasıl şekillendirmektedir?"

"A.S.1.1. Dijital dönüşüm yeni iş fırsatları oluşturuyor mu?"

Dijital dönüşüm, doğrudan yaygın bir istihdam artışı yaratmaktan çok, işgücünün niteliğini dönüştüren yeni uzmanlık alanları ortaya çıkarmakta; ancak bu dönüşüm firma ölçeği, faaliyet türü ve dijital stratejiyle sınırlı olarak gelişmektedir. Yeni iş fırsatları vardır; fakat bunlar daha çok belirli bilgi ve beceri setlerine sahip bireyler için oluşmaktadır.

- Yeni kurulan firmalar mı, köklü firmalar mı daha fazla yeni pozisyon açıyor?

Yeni iş pozisyonları yarattığına dair beklenti, özellikle orta yaşlı firmalar (%56,7) ve köklü firmalar (%31,7) arasında daha yüksek düzeydedir. Yeni kurulan firmaların bu yöndeki oranları ise daha düşüktür. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir (Ki-kare = 2,415; p = 0,299> 0,05). Yani firma yaşı ile dijital dönüşümün yeni pozisyon yaratma potansiyeli arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Bu durum, bazı firmaların dijital dönüşümü stratejik istihdam politikalarıyla ilişkilendirirken bazılarının henüz dönüşümün bu etkisini deneyimlemediğini göstermektedir (Field, 2013). Worl Economic Form'un (2020) raporuna göre dijital dönüşüm ile ortaya çıkan yeni mesleklerin ve

becerilerin firmaların dönüşüm düzeyine ve hazırlık kapasitesine göre farklılaştığını belirtmektedir.

Nitel bulgular ise bu sayısal eğilimleri daha ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. Katılımcı firmalar, özellikle dijital dönüşüm sürecinde ortaya çıkan yeni istihdam alanları arasında ERP uzmanı, CAD-CAM mühendisi, kalite kontrol elemanı, otomasyon ve robotik uzmanı, IoT uzmanı, veri analisti, yapay zekâ uzmanı, siber güvenlik uzmanı ve e-ticaret uzmanı gibi mesleklerin öne çıktığını belirtmiştir. Bu pozisyonların çoğu, dijital teknolojilere yatırım yapan kurumsallaşmış, üretim odaklı ve belli bir dijital kapasiteye sahip firmalarda talep görmektedir. Bu bulgular, literatürde yer alan "Dijital dönüşümün işgücünü niteliksel olarak dönüştürme" görüşüyle örtüşmektedir (Arntz, Gregory & Zierahn, 2016; Bessen, 2019).

Firmaların dijital dönüşüm sürecinde yeni becerilere yatırım yaptığı alanların başında da çalışan adaptasyonu, dijital üretim sistemleri eğitimi ve kodlama gibi teknik alanlar gelmektedir. Bu durum, firmaların yeni pozisyonlar oluşturma yönünde adımlar attığını ve mevcut insan kaynağını da bu doğrultuda dönüştürmeye çalıştığını göstermektedir (ILO, 2020a; OECD, 2019).

- İhracat yapan firmalar mı, iç piyasada faaliyet gösterenler mi daha fazla işgücü talep ediyor*?*

Araştırma kapsamında elde edilen nicel veriler, dijital dönüşüm süreci ile işgücü talebi dinamiklerinin firma türüne göre farklılaştığını ortaya koymaktadır. Verilere göre, ihracat odaklı firmaların %21,7'si dijital dönüşüm sürecinde yeni işgücü talep ettiğini belirtirken, ithalat yapan firmalarda bu oran yalnızca %5 düzeyindedir. Bu durum, ihracat yapan firmaların daha yüksek üretim kapasitesi, küresel rekabet baskısı ve dijital altyapı yatırımlarının istihdam yaratma potansiyeline kısmen katkı sağladığını göstermektedir. Ancak, her iki grubun işgücü talebine ilişkin ki-kare analizinde anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir (ihracat için $\chi^2 = 2,595$; $p = 0,273 > 0,05$, ithalat için $\chi^2 = 2,209$; $p = 0,331 > 0,05$). Worl Bank (2020) raporuna göre küresel değer zincirlerine entegre olan (örneğin ihracat yapan) firmaların daha fazla yatırım, kapasite artırımı ve dolayısıyla işgücü genişlemesine eğilimli olduğunu vurgulamaktadır.

Bulgulara ilişkin nitel veriler incelendiğinde işgücü talebinin arttığı pozisyonların genellikle nitelikli teknik personel (örneğin, kalite kontrol, yazılım uzmanları, dış ticaret yöneticileri, veri analistleri) olduğu, düşük nitelikli işgücü ihtiyacının ise otomasyon

sistemleriyle ikame edildiği anlaşılmaktadır. Bu gözlem, dijital dönüşümün işgücü yapısını niteliksel olarak dönüştürdüğü ve bu dönüşümün dışa açılan, küresel tedarik zincirlerine entegre firmalarda daha belirgin yaşandığını desteklemektedir (Arntz, Gregory & Zierahn, 2016; Schwab, 2017).

- Büyük ölçekli firmalar mı, küçük ölçekli firmalar mı dijital becerilere daha fazla yatırım yapıyor?

Elde edilen nicel bulgular, dijital becerilere yapılan yatırımların firma ölçeğine göre çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır. En yüksek yatırım oranının %53,3 ile orta ölçekli firmalarda, bunu %45 ile küçük ölçekli firmalar takip etmektedir. Ancak, yapılan ki-kare analizi (χ^2 = 40,177; p = 0,551> 0,05) istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Bu durum, dijital beceri yatırımlarının yalnızca firma ölçeği ile açıklanamayacağını, bunun yerine firmaların dijital vizyonları, stratejik yönelimleri ve liderlik kapasitesi gibi değişkenlerin belirleyici olabileceğini ortaya koymaktadır (Westerman vd., 2014; OECD, 2020; Bharadwaj vd., 2013).

Nitel veriler incelendiğinde ise, özellikle orta yaşlı ve köklü firmaların çalışanların dijital adaptasyonunu hızlandırmaya yönelik çeşitli stratejiler geliştirdiği görülmektedir. Bu firmaların, dijital dönüşüm sürecini teknik donanım yanında insan sermayesinin yeniden yapılandırılması olarak da gördüğü anlaşılmaktadır. Nitekim bu tür firmalar, dijital üretim sistemleri, yazılım kodlama, dijital pazarlama ve e-ticaret gibi alanlara yönelik personel eğitimlerine daha fazla yatırım yapmaktadır.

Ancak dikkat çeken bir diğer bulgu, ileri düzey dijital beceri alanlarına (örneğin büyük veri yönetimi, yapay zekâ, veri analitiği, robotik ve otomasyon) yapılan yatırımların görece sınırlı kalmasıdır. Bu durum, firmaların dijital dönüşüm sürecine öncelikle temel düzeyde (örneğin ERP sistemleri, dijital pazarlama, temel yazılım araçları) uyum sağlamaya çalıştığını ve henüz ileri teknoloji aşamasına geçemediklerini ortaya koymaktadır. Literatürde de özellikle KOBİ'lerin ve bazı büyük firmaların dijital dönüşümde "hazırlık seviyesi" düşük olduğunda ileri teknolojilere yatırım yapmaktan çekindiği ve dönüşümün çoğunlukla temel sistemlerde kaldığı belirtilmektedir (Matt vd., 2015; Kane vd., 2015).

"A.S.1.2. Hangi Firmalar Daha Fazla Dijital Yetkinlik Talep Ediyor?"

Dijital yetkinlik yatırımları sektörün doğası, uluslararası faaliyet düzeyi ve firmanın stratejik yönelimi gibi faktörlerden etkilenmektedir. Özellikle ihracat yapan firmalar ile orta yaşlı işletmeler, dijital beceri gelişimini rekabet avantajı yaratmak için bir araç olarak görmektedir. Ancak genel düzeyde ileri dijital beceri yatırımları hâlen sınırlıdır ve bu da kamu politikalarında dijital işgücü gelişimi konusunda daha yapısal destek ihtiyacını gündeme getirmektedir.

- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı veri analitiği, yazılım ve kodlama becerilerine yatırım yapıyor?

Araştırma bulguları, dijital dönüşüm kapsamında ileri düzey dijital beceri alanlarına (veri analitiği, yazılım, kodlama, robotik ve otomasyon) yapılan yatırım seviyesinin genel olarak düşük olduğuna işaret etmektedir. Nicel verilerde veri analitiği, yazılım ve kodlama eğitimlerine en fazla yatırım yapan firmaların, çoğunlukla orta ölçekli ve küçük ölçekli firmalar olduğu belirlenmiştir. Ancak, "hiç yok" seçeneğini işaretleyen firma oranının yüksekliği, bu alandaki yatırımların yeterli olmadığını göstermektedir. Nitekim Bessen (2019), KOBİ'lerin bu gibi teknik beceri alanlarında yatırıma istekli olsalar bile, çoğu zaman finansal kısıtlar ve insan kaynağı eksikliği nedeniyle bu yatırımları sınırlı düzeyde gerçekleştirdiğini belirtmektedir. OECD (2020) ve Vial (2019), ileri düzey dijital becerilere yönelik yatırımların sektörel asimetriler taşıdığını, bu alanlardaki gelişimin daha çok dijital dönüşüm stratejisini benimsemiş firmalarda yoğunlaştığını vurgulamaktadır.

- İhracat yapan firmalar mı, iç pazara yönelik firmalar mı daha fazla dijital pazarlama ve e-ticaret uzmanı istihdam ediyor?

Günümüz iş dünyasında dijital dönüşüm üretim süreçlerini, satış, pazarlama ve müşteri etkileşimi stratejilerini de köklü biçimde dönüştürmektedir. Özellikle e-ihracat olanaklarının genişlemesi ve dijital pazar yerlerinin yaygınlaşması, firmaların dijital pazarlama ve e-ticaret alanlarında yetkin insan kaynağına olan ihtiyacını ciddi biçimde artırmıştır (UNCTAD, 2020). Araştırma bulguları da bu durumu desteklemektedir: İhracat yapan firmalar, iç pazara odaklanan firmalara kıyasla dijital pazarlama ve e-ticaret eğitimlerine daha fazla yatırım yapmaktadır. Bu eğilim, dijital pazarlamanın uluslararası rekabet gücünü artırma, müşteri segmentasyonunu daha doğru yapma ve küresel pazarlara erişim sağlama açısından stratejik bir yetkinlik haline geldiğini göstermektedir (OECD, 2020; Kraus vd., 2021).

Nitel görüşmelerde firmalar, dış pazarlarda rekabet edebilmek için çalışanlarının dijital pazarlama yetkinliklerini geliştirmek zorunda olduklarını ifade etmişlerdir. Özellikle çok kanallı satış, dijital reklamcılık, e-ihracat platformları kullanımı gibi alanlarda bilgi sahibi personel ihtiyacı vurgulanmıştır. Bu eğilim, Avrupa Komisyonu'nun (2020) da altını çizdiği gibi, dış ticaretin dijital beceri talebini artırıcı etkisiyle örtüşmektedir.

Bununla birlikte, yapılan ki-kare analizlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamış olması (0,009> 0,05), bu eğilimin henüz genelleştirilebilecek düzeyde kurumsallaşmadığını göstermektedir. Yani, dijital pazarlama ve e-ticaret eğitimi yatırımları açısından ihracat yapan firmalar öne çıksa da bu durum tüm sektör ve firmalar için yaygın bir stratejiye dönüşmemiştir. Bu da ülke çapında dijital pazarlama okuryazarlığının ve e-ticaret farkındalığının artırılmasına yönelik kamusal destek ve teşvik ihtiyacını gündeme getirmektedir (OECD, 2021).

"A.S.1.3. Dijital Dönüşüme Bağlı Beceri Dönüşümü Nerede Daha Güçlü?"

Dijital dönüşüme bağlı beceri dönüşümünün özellikle dijital dönüşüm sürecini benimsemiş ve kurumsallaşma yolunda ilerleyen firmalarda daha güçlü bir şekilde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Veriler, çalışanların dijital dönüşüme uyum sağlaması amacıyla yapılan eğitim yatırımlarının, dijital dönüşüm düzeyi yüksek firmalarda anlamlı biçimde daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu durum, dijital dönüşüm sürecinin teknoloji temelli ve insan sermayesine yönelik stratejik bir yeniden yapılandırma gerektirdiğini göstermektedir (Westerman vd., 2014; Vial, 2019).

- Yeni kurulan firmalar mı, köklü firmalar mı çalışanlarına daha fazla robotik ve otomasyon eğitimi sağlıyor?

Araştırma kapsamında yapılan analizler, robotik ve otomasyon eğitimlerine en fazla yatırım yapan firmaların 10–30 yıl arası faaliyet gösteren orta yaşlı işletmeler olduğunu göstermektedir. Bu firmalar, genellikle büyüme ve kurumsallaşma süreçlerinin ortasında yer aldıklarından, dijital dönüşümün gereklerini daha sistematik bir şekilde uygulamaya koyabilmekte ve insan kaynağını bu doğrultuda yeniden yapılandırmaktadırlar (Li vd., 2020; Schumacher vd., 2016). Ancak yapılan ki-kare testi sonucunda ($\chi^2 = 5{,}252$; $p = 0{,}730$), firma yaşı ile robotik ve otomasyon eğitimine yatırım düzeyi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Bu sonuç, farklı yaş gruplarındaki firmaların robotik eğitim konusunda henüz ortak ve sistematik bir strateji oluşturmadığını, yatırımların plansız ve sektörel farklılıklar temelinde şekillendiğini ortaya koymaktadır.

Nitel görüşmelerde de bu eğilim desteklenmiştir. Orta yaşlı firmalar, rekabet baskısı ve üretim verimliliğini artırma zorunluluğu nedeniyle robotik ve otomasyon teknolojilerini iş süreçlerine entegre etmenin bir zorunluluk haline geldiğini vurgulamış, buna paralel olarak çalışanlarına yönelik teknik beceri eğitimlerini planlamaya başladıklarını belirtmişlerdir.

Buna karşılık, yeni kurulan firmalar çoğu zaman finansal kısıtlar, ölçek küçüklüğü ve istikrarsız büyüme stratejileri nedeniyle bu tür teknik eğitim yatırımlarına yeterli kaynak ayıramamaktadır. Köklü firmalar ise kimi zaman oturmuş üretim sistemlerine müdahale etmeme eğilimi veya değişime direnç nedeniyle robotik eğitim yatırımlarında sınırlı kalabilmektedir (Matt vd., 2015). Ayrıca 'hiç yok' seçeneğini işaretleyen firma oranının yüksekliği, bu alandaki genel yetersizliği de vurgulamaktadır. Bu durum, Türkiye'deki firmaların dijital dönüşümde teknik becerilere odaklanmakta hâlâ zorlandığını ve robotik/otomasyon alanında kurumsal kapasite geliştirme ihtiyacının sürdüğünü göstermektedir (TÜSİAD, 2021).

- Dijital dönüşüme yeni başlayan firmalar mı, dijital dönüşümü benimsemiş firmalar mı çalışanlarının uyum yeteneğine daha fazla yatırım yapıyor?

Araştırma kapsamında elde edilen veriler, dijital dönüşümü benimsemiş firmaların, çalışanlarının dijital dönüşüme uyum yeteneklerini artırmaya yönelik eğitim ve gelişim yatırımlarına daha fazla önem verdiğini göstermektedir. Nicel analizlerde bu bulgu, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiyle desteklenmiştir ($\chi^2 = 39{,}494$; $p = 0{,}000 < 0{,}05$). Bu da dijital dönüşüm düzeyi ile çalışan gelişimine yapılan yatırım arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde de benzer şekilde, dijital döşümü içselleştiren firmaların teknolojik altyapıya ve insan kaynağının dijital yeterliliklerini geliştirmeye yönelik yatırımlara da ağırlık verdikleri vurgulanmaktadır (Westerman, Bonnet & McAfee, 2014; Vial, 2019).

Nitel veriler de bu nicel bulguları destekler niteliktedir. Görüşme yapılan firma temsilcileri, çalışanların dijital dönüşüm sürecine uyum sağlayamaması durumunda yapılan yatırımların verimliliğinin düştüğünü, dolayısıyla personelin dijital okuryazarlık, yazılım kullanımı ve süreç yönetimi gibi alanlarda eğitilmesinin zorunlu olduğunu ifade etmiştir. Özellikle dijital dönüşümün ileri aşamalarında olan firmalar, bu süreci hem teknik hem de organizasyonel adaptasyon olarak değerlendirmiştir (Bharadwaj vd., 2013).

Buna karşılık, dijital dönüşüme yeni başlayan firmalarda uyum eğitimlerine yapılan yatırımın daha düşük olması; söz konusu firmaların henüz bu sürecin "teknoloji edinme" aşamasında olmalarından kaynaklanabilir. Bu firmalar, başlangıçta dijital araçlara yatırım yapmayı öncelikli görürken, insan kaynağı gelişimini ikinci planda bırakabilmektedir (Kane vd., 2015). Ancak bu yaklaşım, uzun vadede dijital dönüşümün sürdürülebilirliğini riske atabilir.

"A.S.1.4. Beşerî Sermaye Dönüşümüne Direnç veya Kabul Durumu"

Araştırma bulguları, dijital dönüşüme ilişkin beşerî sermaye dönüşümünün firma yaşı, ölçeği ve faaliyet alanına göre farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Orta yaşlı ve köklü firmalar, dijital dönüşüme daha olumlu yaklaşmakta; bu firmalar dijital dönüşümü hem teknolojik hem de organizasyonel ve kültürel bir dönüşüm olarak görmektedir (Bharadwaj vd., 2013; Sebastian vd., 2017). Ancak bu eğilim, istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamaktadır, dolayısıyla genellenebilir bir sonuç sunmamaktadır.

- Köklü firmalar mı, yeni kurulan firmalar mı dijital dönüşümü daha olumlu yaklaşıyor?

Araştırma kapsamında elde edilen verilere göre, orta yaşlı firmalar (%33,3) ve köklü firmalar (%25) dijital dönüşüm süreçlerine geçme ya da bu süreci planlama konusunda yeni kurulan firmalara göre daha olumlu bir tutum sergilemektedirler. Bu durum, kurumsallaşmış ve operasyonel süreçleri oturmuş firmaların, dijital dönüşümü daha sistematik bir stratejiyle ele aldığını göstermektedir. Ancak bu farklılığa rağmen, istatistiksel analiz sonucunda ki-kare değeri 2,991 ve anlamlılık değeri $p = 0,559 > 0,05$ bulunmuştur. Bu da firma yaşı ile dijital dönüşüme yaklaşım arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir. Her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmamış olsa da gözlemlenen eğilim değerlendirildiğinde kurumsal kapasitesi gelişmiş firmaların dijital dönüşüm süreçlerine daha hazırlıklı yaklaştığı görülmektedir

Nitel veriler de bu durumu desteklemektedir. Derinlemesine görüşmelerde, köklü firmalar dijital dönüşümü rekabet avantajı, uluslararası pazara açılma ve maliyet etkinliği açısından zorunlu gördüklerini ifade etmiştir. Buna karşın, yeni kurulan firmaların bazıları dijital dönüşüme yatkın olsalar da bütçe yetersizlikleri, ölçek küçüklüğü ve belirsizlik korkusu gibi nedenlerle sürece temkinli yaklaşmaktadırlar (Kane vd., 2015; Westerman vd., 2014).

- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı çalışanlarını dijital süreçlere uyarlamakta zorlanıyor?

Araştırma bulgularına göre, firmaların genelinde çalışanları dijital süreçlere uyarlama konusunda ciddi zorluklar yaşanmadığı görülmektedir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), dijital dönüşüm süreçlerine ilişkin olarak çalışanlarından daha olumlu geri bildirimler aldıklarını belirtmiştir. Bu durum, çalışanların dijital dönüşüme yönelik direncinin beklenenden düşük olduğunu ve küçük ölçekli firmaların daha yatay hiyerarşiler, doğrudan iletişim kanalları ve çevik yönetim yapıları sayesinde bu sürece daha hızlı ve etkili şekilde uyum sağlayabildiklerini göstermektedir (Li vd., 2018; Berghaus & Back, 2016).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda ki-kare değeri 4,555 ve anlamlılık düzeyi p = 0,602> 0,05 olarak bulunmuştur. Bu da firma ölçeği ile çalışanların dijital süreçlere uyumu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle, büyük ya da küçük ölçekli olmak dijital adaptasyonda belirleyici bir unsur değildir. Ancak, nitel bulgular KOBİ'lerin dijitalleşme sürecinde daha yüksek oranda esneklik ve içsel uyum kabiliyeti sergilediğini desteklemektedir. Benzer şekilde, Türkiye özelinde yapılan bazı araştırmalar da KOBİ'lerin dijital dönüşüme adaptasyon konusunda büyük ölçekli işletmelere kıyasla daha pragmatik ve operasyonel çözümler üretebildiğini ortaya koymaktadır (TÜSİAD, 2021).

- İhracat yapan firmalar mı, iç pazara çalışan firmalar mı esnek çalışma modellerini daha hızlı benimsiyor?

Araştırma bulguları, ihracat odaklı firmaların, iç pazarda faaliyet gösteren firmalara kıyasla esnek çalışma modellerini daha hızlı benimsediğini göstermektedir. Bu durum, ihracat yapan firmaların küresel rekabet, uluslararası müşteri talepleri ve zaman dilimi farklılıklarına uyum sağlamak adına daha çevik organizasyon yapılarına yönelme zorunluluğu ile açıklanabilir. Nitekim dijital dönüşüm ile esnek çalışma, uluslararası ölçekte faaliyet gösteren firmalar için rekabet avantajı sağlayan önemli bir unsur haline gelmiştir (Spencer, 2020).

Ancak makine imalat sektörünün doğası gereği, yani üretim süreçlerinin fiziksel emek yoğun olması, bu tür firmalarda esnek çalışma modellerinin yaygın uygulamasını sınırlandırmaktadır. Bu bulgu, üretim sektöründeki dijital dönüşüm çabalarına rağmen hâlâ belirli iş türlerinin fiziksel mevcudiyet gerektirdiğini ve bu nedenle tam zamanlı, yerinde çalışmanın baskın kaldığını göstermektedir (Fana vd., 2020). Nicel bulgulara göre yapılan ki-kare analizinde anlamlılık değerleri p = 0,057 ve p = 0,067> 0,05 olarak

hesaplanmıştır. Bu sonuç, ihracat yapma durumu ile esnek çalışma modelini benimseme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Yani gözlemlenen eğilim, istatistiksel düzeyde genellenebilir bir fark oluşturacak kadar güçlü değildir.

Bununla birlikte, nitel verilere dayalı gözlemler ihracat yapan firmaların dijital çözümlere daha yatkın, çevik organizasyonel yapılara daha açık ve çalışma modelinde yenilikçiliğe daha istekli olduklarını ortaya koymaktadır (Reuschke & Felstead, 2020). Bu eğilim, dijital dönüşüm olgunluğu daha yüksek firmaların organizasyonel esneklik alanında daha ileri seviyede olduğunu desteklemektedir (Berghaus & Back, 2016)

"A.S.1.5.Çalışanların Dijital Dönüşüm Sürecine Katılımı"

Araştırma bulgularına göre, dijital dönüşüm sürecine geçmiş firmalar çalışanların katılım haklarına daha fazla önem vermekte, bu firmalarda karar alma süreçlerine çalışanların daha fazla dâhil edildiği gözlemlenmektedir. Ancak bu eğilim istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamakta, dolayısıyla tüm firmalara genellenebilir bir sonuç sunmamaktadır. Benzer şekilde, orta yaşlı ve köklü firmalarda dijital dönüşüme yönelik çalışan tepkileri daha olumlu görünse de firma ölçeği ile çalışanların tepkileri arasında da anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Bu bulgular, dijital dönüşümün teknik bir dönüşümün yanında kurumsal kültür, katılımcı yönetim ve insan kaynakları stratejileriyle birlikte yürütülmesi gerektiğini; ancak bu dönüşümün tüm firmalarda eş zamanlı ve homojen şekilde gerçekleşmediğini göstermektedir (Kane vd., 2015; Brennen & Kreiss, 2016).

- Dijital dönüşüme geçiş yapan firmalar mı, henüz başlamayan firmalar mı çalışanlarının katılım haklarını daha fazla önemsiyor?

Araştırma bulguları, dijital dönüşüm sürecine geçmiş firmalarda çalışanların katılım haklarına daha fazla önem verildiğini göstermektedir. Nicel verilere göre, dijitalleşmeyi benimsemiş firmalarda çalışanların %30'u, kendilerini doğrudan ilgilendiren kararlarda daha fazla söz hakkı tanındığını ve bu hakların kurumlarca dikkate alındığını ifade etmiştir. Özellikle çevik yönetim (agile management), dijital liderlik ve şeffaf karar alma süreçlerinin dijitalleşen işletmelerde daha görünür hale geldiği; bunun da çalışan bağlılığı, motivasyonu ve organizasyonel aidiyet gibi alanlara yansıdığı belirtilmektedir (Schwarzmüller vd., 2018). Ancak yapılan ki-kare analizine göre, anlamlılık değeri p = 0,202> 0,05 olduğundan, dijital dönüşüm ile çalışan katılım hakları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Bu da söz konusu eğilimin genellenebilir güçlü

bir yapısal fark oluşturmadığını, dijital dönüşüm sürecinin firmalar arasında katılımcılık açısından homojen ilerlemediğini göstermektedir. Nitekim dijital teknolojilerin sunduğu olanaklar (örneğin iç iletişim platformları, dijital geri bildirim sistemleri) katılımı artırabilecek potansiyele sahip olsa da bu olanakların etkin kullanımı kurumsal kültürle doğrudan ilişkilidir (Brennen & Kreiss, 2016).

Bu bulgu, dijital dönüşüm sürecinde katılımcı yönetim kültürünün, çalışanların motivasyonunu artırıcı yönde yeniden yapılandığını ve organizasyonel karar süreçlerine daha şeffaf ve kapsayıcı bir bakış açısı kazandırıldığını göstermektedir.

- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı çalışanlarının dijital dönüşüme olan tepkilerini daha olumlu algılıyor?

Araştırma bulguları, çalışanların dijital dönüşüm sürecine yönelik tepkilerinin firma geçmişine göre belirli farklılıklar gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle orta yaşlı (10–30 yıl arası) firmalarda çalışanların %24'ü dijital dönüşüme olumlu yaklaştığını belirtmiştir. Benzer şekilde, köklü firmalarda da dijital dönüşüme yönelik olumlu çalışan tepkileri gözlemlenmiştir. Ancak yapılan ki-kare testi sonuçlarına göre ($\chi^2 = 4{,}555$; $p = 0{,}602 > 0{,}05$), firma geçmişi ile çalışanların dijital dönüşüme verdiği tepkiler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Bu durum, gözlemlenen farkların örneklem düzeyinde rastlantısal olabileceğini ve genellenemez olduğunu göstermektedir. Dijital dönüşüme ilişkin olumlu çalışan algısının yalnızca büyük veya kurumsallaşmış firmalara özgü olmayabileceği; küçük ölçekli firmalarda da dijitalleşmeye yönelik esnek ve pozitif yaklaşımların mümkün olduğunu düşündürmektedir. Nitekim dijital dönüşüm hem "üstten aşağı teknoloji aktarımı" hem de çalışanlar arası etkileşim, öğrenme süreçleri ve kurumsal adaptasyonla şekillenen çok boyutlu bir dönüşümdür (Brennen & Kreiss, 2016).

Bu duruma somut bir örnek olarak, Almanya'da bir KOBİ olan Krones AG firması gösterilebilir. Şirket, dijital dönüşüm sürecinde çalışanlarının dijital okuryazarlığını artırmak için tasarlanmış eğitim atölyelerine ve saha uygulamalarına öncelik vererek dönüşümün başarısını sağlamıştır (Schallmo, Williams & Boardman, 2017).

"A.S.2. Beşerî Sermayenin Gelecekteki Evrimi ve Öngörüleri Nelerdir?"

"A.S.2.1. Dijital Dönüşüm Yatırım Planları"

Araştırma bulgularına göre, firmaların dijital dönüşüm yatırım planları öncelikle çalışan uyumu ve temel dijital beceri gelişimi üzerine odaklanmaktadır. Özellikle uyum ve

adaptasyon eğitimleri, yazılım-kodlama ve dijital üretim sistemleri en fazla yatırım yapılması planlanan alanlardır. Bu durum, dijital dönüşümün beşerî sermayeyi kapsayan bütüncül bir dönüşüm olduğunu göstermektedir. Firmalar yazılım ve donanımı birlikte ele alan entegre dijital dönüşüm stratejilerine yönelmekte; veri yönetimi, ERP, otomasyon ve iş zekâsı çözümleri bu sürecin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Beşerî sermaye yatırımları açısından ise özellikle orta ve küçük ölçekli işletmeler öne çıkmakta, bu firmalar sınırlı kaynaklarına rağmen dijital dönüşüme uyum sağlamak için insan kaynağına öncelik vermektedir. Büyük ölçekli firmalar ise genellikle teknolojik altyapılarını tamamlamış ya da donanım ağırlıklı yatırımları ön planda tutmaktadır.

- Firmalar önümüzdeki dönemde hangi beceri setlerine daha fazla yatırım yapmayı düşünüyor?

Araştırma bulgularına göre, firmalar dijital dönüşüm sürecinin hız kazanmasıyla birlikte öncelikli olarak çalışanların dijital dönüşüme uyum sağlamalarını hedefleyen eğitim ve gelişim faaliyetlerine yönelmektedir. Uyum ve adaptasyon eğitimleri, firmaların kısa vadede en yüksek yatırım yapmayı planladıkları beceri alanı olarak öne çıkmaktadır. Bunu sırasıyla dijital üretim sistemleri ve yazılım-kodlama becerileri izlemektedir. Özellikle KOBİ'lerde ve orta yaş grubundaki firmalarda bu tip yatırımların operasyonel verimlilik ve çalışan bağlılığı ile doğrudan ilişkili olarak planlandığı ifade edilebilir. Almanya'daki Mittelstand segmentinde yer alan üretim odaklı firmalar, dijitalleşmeye geçerken çalışanlarının dijital adaptasyonuna özel eğitim bütçesi ayırmakta ve bu süreci işletme içi danışmanlarla yürütmektedir (Schröder, 2016).

Nitekim literatür, dijital dönüşümün aşamalı bir geçiş süreci olduğunu ve firmaların önce temel dijital yeterlilikleri (örneğin dijital üretim ve yazılım becerileri), daha sonra ise ileri düzey teknolojilere yatırım yaptığını belirtmektedir (Westerman vd., 2014; Vial, 2019). Bu bağlamda, dijital olgunluk seviyesi düşük olan firmaların önceliği, çalışanların genel uyumu ve temel dijital işlevler üzerinde yoğunlaşmaktadır.

- Firmalar daha çok yazılım tabanlı mı yoksa donanım tabanlı mı bir dönüşüm geçirecek?

Araştırma bulgularına göre, firmaların dijital dönüşüm yaklaşımı ya donanım (hardware) ya da yazılım (software) eksenli değil; bütüncül bir strateji üzerinden şekillenmektedir. Özellikle orta ölçekli firmaların %36,7'si, dijital dönüşümü hem yazılım hem donanım temelli bir dönüşüm olarak ele almakta; yalnızca donanım odaklı dönüşüm benimseyen firmaların oranı ise %11,7 gibi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Bu durum, dijitalleşmenin

giderek yatay ve dikey entegrasyon anlayışıyla ele alındığını ve işletmelerin hem operasyonel sistemleri hem de karar destek mekanizmalarını kapsayan kapsayıcı dijital çözümlere yöneldiğini göstermektedir (Bharadwaj vd., 2013; Vial, 2019).

Nitekim Siemens Almanya örneğinde olduğu gibi, üretim tesislerinde yalnızca otomasyon ekipmanlarının (donanım) kurulmasıyla yetinilmeyip, aynı zamanda dijital ikiz teknolojisi, bulut tabanlı veri yönetimi ve yapay zekâ destekli kestirimci bakım sistemleri gibi yazılım çözümleriyle üretim süreçlerinin entegre edildiği görülmektedir (Siemens, 2020).

- Küçük ölçekli firmalar mı, büyük ölçekli firmalar mı beşerî sermaye dönüşümüne daha fazla yatırım yapacak?

Yapılan nicel analiz bulgularına göre, beşerî sermaye dönüşümüne en fazla yatırım yapacağını belirten firmalar arasında %53,3'lük bir oranla orta ölçekli, %45'lik oranla küçük ölçekli firmalar öne çıkmaktadır. Bu durum, insan kaynağının dijital dönüşüm sürecine entegrasyonu açısından özellikle KOBİ'lerin (küçük ve orta ölçekli işletmelerin) yüksek bir farkındalığa sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın büyük ölçekli firmalar, bu soruya ilişkin cevap dağılımında daha düşük bir oranda temsil edilmiştir; bu durum ya mevcut altyapılarını büyük ölçüde tamamlamış olmalarından ya da yatırımlarını daha çok teknoloji donanımına yönlendirmiş olmalarından kaynaklanıyor olabilir.

Saha verileri ve firma görüşmeleri göstermektedir ki, orta ölçekli firmalar, büyüme potansiyelleri ve kurumsallaşma süreçleri dolayısıyla dijital dönüşüm odaklı beşerî sermaye yatırımlarına daha sistemli ve stratejik yaklaşıyor. Özellikle adaptasyon eğitimleri, dijital üretim sistemleri, yazılım ve kodlama gibi alanlara yatırım yaparak çalışanlarını dijital dönüşüme hazırlamaya odaklanıyorlar (World Bank, 2021).

Öte yandan, küçük ölçekli firmalar, kaynaklarının sınırlı olmasına rağmen rekabet güçlerini sürdürebilmek adına beşerî sermaye yatırımlarını öncelikli alanlardan biri olarak görüyor. Bu firmalarda, daha yalın organizasyon yapılarının da etkisiyle, çalışanların dönüşüm süreçlerine daha hızlı entegre olabildiği gözlemlenmektedir (OECD, 2020).

"A.S.2.2.Gelecekte İstihdam Eğilimleri Nasıl Olacak?"

Makine imalat sanayisinde yürütülen araştırmaya göre, gelecekte istihdam eğilimleri dijital beceri temelli bir dönüşüm gösterecektir. Firmaların birçoğu, yeni mezunları sınırlı düzeyde istihdam etmeye sıcak bakmakta, yalnızca uygulamalı becerilerle dijital

dönüşüm sürecinde firmalar, yeni personel alımı yerine mevcut çalışanlarını uyum ve adaptasyon eğitimleriyle dönüştürmeyi tercih etmektedir. Bu strateji, kurumsal aidiyetin sürdürülmesi, maliyetin azaltılması ve iç kaynakların etkin kullanımı açısından önemlidir. Ayrıca, ERP uzmanı, robotik ve otomasyon uzmanı, yapay zekâ mühendisi, veri analisti ve siber güvenlik uzmanı gibi dijital temelli meslekler ön plana çıkarken; kaynak işçisi, montaj elemanı ve kalıpçı gibi manuel pozisyonların öneminin azalacağı öngörülmektedir.

- Yeni mezunlara olan talep artacak mı, azalacak mı?

Araştırma kapsamında analiz edilen verilerde, katılımcı firmaların %56,7'si yeni mezunları yalnızca sınırlı düzeyde istihdam etmek istediklerini, %25'i ise orta düzeyde istihdam fırsatı tanımaya istekli olduklarını belirtmiştir. Bu veriler, yeni mezunlara olan talebin yüksek düzeyde olmadığını, ancak tamamen ortadan kalkmadığını göstermektedir. Diğer bir deyişle, dijital dönüşümün şekillendirdiği işgücü piyasasında yeni mezunlara yönelik talep sınırlı bir artış eğilimindedir, ancak bu artış koşullu bir nitelik taşımaktadır.

Saha gözlemleri ve katılımcı firma görüşmeleri, firmaların dijital dönüşüm süreçlerinde deneyimli, teknik bilgiye sahip ve dijital yetkinliği yüksek çalışanlara öncelik verdiğini göstermektedir. Yeni mezunların bu taleplere cevap verebilmesi için akademik bilgi, uygulamalı beceri, yazılım bilgisi, dijital okuryazarlık ve adaptasyon yeteneği gibi yetkinlikleri de geliştirmeleri beklenmektedir. Bu noktada, işletmelerin staj ve işbaşı eğitim programlarıyla desteklenmiş yeni mezunları daha fazla tercih ettikleri anlaşılmaktadır. Ancak bu tür bir destek almamış yeni mezunlar, dijitalleşmiş sektörlerde iş bulmada zorlanabilmektedir. Ayrıca, ILO (2021) ve World Economic Forum (2020) gibi uluslararası kuruluşlar, "işe hazır mezun" profilinin teknolojiye adapte olabilen, problem çözme becerisi yüksek ve dijital araçları kullanabilen bireyler olarak tanımlandığını belirtmektedir. Almanya'daki "Berufsausbildung" (ikili mesleki eğitim sistemi) veya Hollanda'daki staj-temelli mezuniyet sistemleri, yeni mezunların işgücü piyasasına entegrasyonunu kolaylaştıran başarılı örnekler olarak gösterilmektedir (OECD, 2021b).

- Firmalar gelecekte daha fazla dijital beceriye sahip kişileri mi istihdam edecek, yoksa mevcut çalışanları mı dönüştürecek?

Araştırma verilerine göre, firmaların önemli bir bölümü dijital dönüşüm sürecinde dijital becerilere sahip çalışanları istihdam etmek yerine, mevcut çalışanlarını uyumlaştırma ve adaptasyon eğitimleriyle dönüştürmeye odaklanmaktadır. Katılımcı firmaların beyanlarına göre, önümüzdeki dönemde yapılması planlanan beceri yatırımlarında en çok payı alan başlık "çalışan uyum ve adaptasyon eğitimleri" olmuştur. Bu bulgu, dijital dönüşüm sürecinde firmaların mevcut işgücünü dışsal işe alım yerine içsel yetkinlik geliştirme yoluyla dönüştürmeyi tercih ettiğini göstermektedir.

Nitel veriler, firmaların özellikle kurumsal aidiyet ve tecrübe birikimine sahip olan çalışanlarını dijital üretim sistemleri, temel yazılım okuryazarlığı, otomasyon sistemleri gibi alanlarda dönüştürmeyi stratejik olarak daha uygun bulduğunu ortaya koymaktadır. Bu tercih, yüksek personel devri maliyetinden kaçınmak, kurumsal hafızayı korumak ve dijital dönüşümün içselleştirilmesini sağlamak açısından anlamlıdır. Ayrıca küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), sınırlı finansal kaynakları nedeniyle yeni istihdam yerine mevcut işgücünün yeniden eğitilmesine öncelik vermektedir (OECD, 2020). Bu strateji, organizasyonel dirençle daha az karşılaşılan bir dönüşüm süreci yaratmakta ve dijital dönüşüme daha yumuşak bir geçiş sağlamaktadır.

- Hangi meslekler uzun vadede daha fazla önem kazanacak, hangileri kaybolacak?

Araştırma bulgularında, firmaların dijital dönüşüm sürecinde en fazla yatırım yapacaklarını belirttikleri beceriler arasında dijital üretim sistemleri, yazılım ve kodlama, çalışan adaptasyonu, veri yönetimi gibi alanlar ön planda yer almıştır. Bu yatırımlar, şu meslek gruplarının önümüzdeki dönemde önem kazanacağını göstermektedir: ERP uzmanı, CAD-CAM mühendisi, kalite kontrol elemanı, otonom ve robotik uzmanı, mühendis, teknik personel, yapay zekâ uzmanı, veri giriş eleman, veri analisti, teknik ressam, siber güvenlik uzmanı, IoT uzmanı, e ticaret uzmanı, depo görevlisi. Bu bulgu, World Economic Forum'un (2020) yayınladığı The Future of Jobs Report ile uyumludur. Raporda, dijital becerilere sahip nitelikli çalışanların önümüzdeki beş yıl içinde talep göreceği ve programlama, veri analizi, dijital pazarlama, sistem entegrasyonu gibi alanlara yönelik istihdam artışı yaşanacağı ifade edilmektedir.

Nitel bulgularda, özellikle manuel üretim, idari destek ve mekanik işlere dayalı pozisyonların dijital dönüşüm ile önemini yitirdiği görülmektedir. Firmaların bu pozisyonlara yatırım niyetlerinin düşük olması, gelecekteki istihdam planlarını da doğrudan etkilemektedir. Azalacak meslekler arasında ise; kalıpçı, kaynak işçisi, montaj

işçisi, makine operatörü idari destek personeli yer almaktadır. Autor, Mindell & Reynolds (2020) ise teknolojik değişimin, özellikle üretim sektöründe orta düzey becerilere dayalı işlerde azalma yaratırken, yüksek becerili teknik meslekleri destekleyici bir etki yarattığını savunmaktadır.

"A.S.2.3.Çalışma Modellerinin Gelecekteki Değişimi Nasıl Olacak?"

Makine imalat sanayisinde yürütülen araştırma sonuçlarına göre, esnek ve uzaktan çalışma modelleri sektörde yaygınlaşma potansiyeline sahip değildir. Katılımcı firmaların birçoğu esnek çalışmayı uygulamayı düşünmediğini belirtmiş, yalnızca sınırlı bir kesim bu modele geçmeyi planlamaktadır. Dijital dönüşümün çalışma süreleri üzerindeki etkisi de sınırlı kalmakta; firmaların büyük bir bölümü sürelerde herhangi bir değişiklik olmadığını ifade etmiştir. Nitel bulgular, işin doğasının yer-bağımlı olmasının çalışma modellerinde dönüşümü engellediğini göstermektedir. Bununla birlikte, dijital tasarım, veri analizi ve yazılım gibi bazı pozisyonlarda uzaktan çalışmaya kısmi geçiş mümkün görünmektedir.

- Esnek çalışma modeli yaygınlaşacak mı?

Katılımcı firmaların %85'i esnek çalışmayı uygulamayı düşünmediğini, yalnızca %8,3'ü bu modele geçmeyi planladığını, %6,7'si ise kısmen uygulayabileceğini ifade etmiştir. Bu bulgular, makine imalat sanayinde esnek çalışma modelinin yaygınlaşma potansiyelinin oldukça sınırlı olduğunu göstermektedir. Veriler, üretim süreçlerinin doğası gereği yüksek düzeyde yer-bağımlılığı ve fiziksel işgücü gereksinimi içerdiğini, bu nedenle esnek ve uzaktan çalışma modellerinin sektör genelinde uygulanabilirliğinin düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Benzer sonuçlara, Fana vd. (2020) tarafından Avrupa'daki imalat sektörlerine yönelik yapılan araştırmada da ulaşılmıştır. Çalışmada, sanayi sektöründe istihdam edilen işgücünün büyük bölümünün zaman ve mekân esnekliğine düşük düzeyde uyum sağlayabildiği, bu nedenle esnek çalışmanın özellikle üretim hatlarında sınırlı uygulanabildiği vurgulanmıştır. Yine OECD (2021) raporları da fiziksel üretim gerektiren sektörlerde uzaktan çalışmanın yalnızca destek ve yönetim birimleriyle sınırlı kalabileceğini belirtmektedir.

Türkiye özelinde ise, TÜSİAD (2021) tarafından yayınlanan Dijitalleşme ve Yeni Nesil Çalışma Modelleri raporu, üretim sektörü işverenlerinin büyük çoğunluğunun uzaktan çalışmayı sadece beyaz yaka personel için değerlendirdiğini, mavi yaka çalışanlar

açısından esnekliğin uygulanabilir bulunmadığını ortaya koymuştur. Örnek olarak, İstanbul'da faaliyet gösteren bir CNC makine üreticisi, üretim hattı operatörleri için vardiya sistemini sürdürülebilirlik ve iş güvenliği gerekçesiyle değiştirmemekte, yalnızca ERP ve dijital satış departmanlarında hibrit modele geçebilmektedir. Bu örnek, esnekliğin işin doğasına göre farklılaştığını ve dijitalleşmeye rağmen sektörel sınırların varlığını sürdürdüğünü göstermektedir.

- Firmalar, dijital dönüşüm ile çalışma sürelerini kısaltacak mı, yoksa artıracak mı?

Katılımcı firmaların %81,7'si dijital dönüşümün çalışma süresinde herhangi bir değişiklik yaratmadığını, %15'i ise çalışma sürelerinin arttığını ifade etmiştir. Sadece %3,3'lük bir kesim çalışma sürelerinin azaldığını belirtmiştir. Bu bulgular, makine imalat sanayinde dijitalleşmenin henüz iş süreçlerinin zaman yapısını dönüştürecek düzeyde bir olgunluğa ulaşmadığını göstermektedir. Üretim faaliyetlerinin çoğunlukla fiziksel mevcudiyet gerektiren, vardiyalı ve operasyonel yoğunluğu yüksek iş modellerine dayanması, dijital teknolojilerin zaman tasarrufu yaratacak biçimde entegre edilmesini sınırlandırmaktadır. Benzer biçimde, Eurofound (2020) tarafından yürütülen çalışmada da Avrupa'daki imalat sektörlerinde dijitalleşmeye rağmen çalışma saatlerinde anlamlı bir azalma yaşanmadığı, özellikle üretime dayalı sektörlerde zaman-mekân bağımsızlığının hâlen düşük düzeyde seyrettiği ortaya konulmuştur. Ayrıca Degryse (2016), dijital teknolojilerin daha çok iş yapış biçimlerini dönüştürdüğünü; ancak bu dönüşümün süreye değil, verimlilik, hız ve otomasyon düzeyine odaklandığını belirtmektedir.

- Uzaktan çalışmaya yatkın sektörler ve firmalar hangi alanlarda yoğunlaşacak?

Katılımcı firmaların %85'i, uzaktan veya esnek çalışmayı uygulamayı düşünmediklerini ifade etmiştir. Yalnızca %8,3'ü bu modele geçmeyi planladığını, %6,7'si ise kısmen uygulayabileceğini belirtmiştir. Bu veriler, makine imalat sektörü gibi fiziksel üretim ağırlıklı sektörlerde, uzaktan çalışmanın genel olarak uygulanabilir bulunmadığını ortaya koymaktadır. World Economic Forum (2020) tarafından yayımlanan veriler, imalat çalışanlarının yalnızca %46'sının uzaktan izleme süreçlerine erişebildiğini, üretimin büyük kısmının hâlâ alanda yapılması gerektiğini belirtmektedir.

Makine imalat sanayi, bütünsel olarak uzaktan çalışmaya yatkın bir yapı sunmamaktadır. Ancak destek, yönetim, dijitalleştirilmiş tasarım, yazılım ve veri temelli görevler, sektörde uzaktan çalışmanın uygulanabilir olduğu az sayıdaki alanlar olarak öne çıkmaktadır. Gelecekte bu alanların daha fazla dijitalleştirilmesi ve yapay zekâ destekli

otomasyon sistemlerinin yaygınlaşması durumunda, sınırlı da olsa uzaktan/hibrid çalışmanın sektörel kapsamı genişleyebilir.

"A.S.2.4. Beşerî Sermaye Yatırımlarına Devam Edilme Eğilimi Nasıldır?"

Araştırma bulgularına göre firmalar, dijital dönüşüm sürecine bağlı olarak beşerî sermaye yatırımlarını sürdürme ve geliştirme yönünde güçlü bir eğilim göstermektedir. Her ne kadar devlet teşvikleri bu süreçte potansiyel bir destek unsuru olarak öne çıksa da firmaların yalnızca %26,7'si bu teşviklerden faydalandığını belirtmiştir. Buna karşın, teşvik almayan firmaların %60'ı dijital dönüşüme kendi kaynaklarıyla yönelmiştir. Bu durum, beşerî sermaye yatırımlarında temel belirleyicinin dışsal teşviklerden çok, firma içi stratejik yönelimler olduğunu göstermektedir.

- Devlet teşvikleri firmaları daha fazla dijital dönüşüme teşvik edecek mi?

Firmaların yalnızca %26,7'si dijital dönüşüm sürecinde devlet teşvikinden faydalandığını belirtmiştir Buna karşın, teşvik kullanmayan firmaların %60'ı kendi inisiyatifiyle dijital dönüşüme yönelmiştir. Bu durum, teşvik kullanımının yaygın olmadığını, buna rağmen firmaların kendi iç motivasyonlarıyla dijital dönüşüm sürecine yatırım yapabildiğini göstermektedir. Devlet teşvikleri tetikleyici rol oynasa da araştırmada dijital dönüşüm sürecini belirleyen temel unsur firma içi stratejik yönelimler ve kaynak kullanımıdır. Nitel araştırmalar da firmaların devlet desteklerinin prosedürel zorlukları ve zamanlama uyumsuzluğu nedeniyle dijital dönüşüm kararlarını dışsal teşviklerden bağımsız olarak aldığını göstermektedir.

- Verimlilik artışı, firmaların beşerî sermayeye daha fazla yatırım yapmasını sağlayacak mı?

Makine imalat sanayisinde yürüttüğünüz araştırmada, firmaların beşerî sermayeye yaptıkları yatırım ile personel verimliliği arasındaki ilişki istatistiksel olarak (Ki-kare, 82,455; (p): 0,000 <0,05) anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, beşerî sermaye yatırımlarının personel verimliliğiyle doğrudan ilişkili olduğunu ve verimlilik artışının firmaları daha fazla insan sermayesi geliştirmeye teşvik ettiğini göstermektedir. Bu bulgu, eğitim, mesleki gelişim ve dijital becerilerin artırılmasının organizasyonel verimliliği de artırdığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, beşerî sermaye yatırımlarının makro-ekonomik verimlilik üzerinde uzun dönem etkilerini inceleyen çalışmalar, eğitim harcamalarının işgücü verimliliğini güçlendirdiğini ortaya koymaktadır (Nurdoğan & Türkoğlu, 2023).

• Firmalar önümüzdeki 5 yıl içinde hangi beceri gelişim alanlarına en fazla yatırım yapacak?

Önümüzdeki 5 yıl içinde firmaların yatırım yapacağı başlıca beceri gelişim alanları:

1. Temel düzeyde dijital adaptasyon (uyum & değişim yönetimi)
2. Dijital üretim sistemleriyle çalışma (ör. ERP, CAD/CAM)
3. Yazılım ve kodlama becerileri
4. Veri analitiği ve veri okuryazarlığı
5. Robotik & otomasyon sistemlerinin kullanım becerisi
6. Siber güvenlik, IoT gibi ileri düzey alanlara sınırlı fakat artan ilgi

Bu sıralama, firmaların kendi dijital dönüşüm olgunluğu, sektörel konumları ve stratejik planlamalarıyla doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla her firma için öncelikler aynı hızda gelişmemekle birlikte, insan kaynağını teknolojiyle senkronize etme yönündeki ortak eğilim belirgindir.

"T.S. Dijital dönüşüm, makine imalat sanayinde istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl dönüştürmektedir?"

Araştırmanın temel sorusu hem nitel hem de nicel veriler ışığında elde edilen bulgular ve bu çerçevede yapılandırılmış alt araştırma sorularının kapsamlı analizi doğrultusunda değerlendirilmiştir.

"T.S.1. Üretim süreçlerinde dönüşüm"

Araştırma bulguları, özellikle ihracat yapan ve köklü/orta yaşlı firmaların dijital beceri gelişimini stratejik bir rekabet aracı olarak benimsediklerini göstermektedir. Bu firmalar, dijital dönüşüm sürecini benimsemiş olmalarının yanı sıra çalışan uyumu ve adaptasyonuna yönelik ciddi yatırımlar yaparak beşerî sermayeyi de sürecin merkezine yerleştirmektedir (Dinh Van Hoang vd, 2025). Orta yaşlı ve köklü firmalar, dijital dönüşüme daha pozitif yaklaşmakta; bu transformasyon süreçlerini kurumsal kültür, katılımcı yönetim ve insan kaynakları stratejileriyle bütünleştirmektedirler. Dijital liderlik ve absorpsiyon kapasitesi aracılığıyla dijital becerilerin sürdürülebilir rekabet avantajı sağladığı literatürde de vurgulanmaktadır. Sui vd. (2024)'e göre, dijital dönüşümün üretim yapan şirketlerin rekabet gücüne olumlu etki ettiğini, dijital dönüşüm derecesindeki %1'lik artışın şirket rekabet gücünde %0,015'lik bir artışa yol açtığını göstermektedir. Dijital dönüşüm bunu, şirketlerin toplam faktör verimliliğini , araştırma-geliştirme yoğunluğunu ve insan sermayesini artırarak, dolayısıyla genel rekabet

güçlerini geliştirerek başarmaktadır. Bu bulgular, dijital dönüşümü "makine veya yazılım yatırımı" yanında bir insan sermayesi dönüşümü ve organizasyonel değişim süreci olarak ele alan bütünlüklü stratejilerle desteklenen bir kurumsal olgunlaşma sürecinin göstergesidir. Yazılım ve donanımı bütüncül bir yaklaşımla ele alan firmalar, entegre dijital dönüşüm stratejilerine yönelmekte; bu bağlamda veri yönetimi, kurumsal kaynak planlaması (ERP), otomasyon sistemleri ve iş zekâsı çözümleri dijital dönüşümün temel bileşenlerini oluşturmaktadır (Parviainen vd., 2017; Westerman vd., 2011).

"T.S.2. İstihdam yapısında dönüşüm"

Dijital dönüşüm doğrudan istihdam artışı yaratmaktan çok, işgücünün niteliğini dönüştüren yeni uzmanlık alanları, yeni bilgi beceri setleri ortaya çıkarmaktadır. Araştırmanın genel bulgularına göre, dijital dönüşüm süreci, işgücü talebini artırmak yerine baskılayan bir unsur olarak da işlev görebilmektedir. Firmaların büyük çoğunluğunun işgücü talebinde azalma yaşadığı yönündeki ifadeleri, teknolojik dönüşümün istihdam üzerinde ikame etkisi yarattığını düşündürmektedir (Autor, 2015). Özellikle otomasyonun yaygınlaşması, tekrarlayan ve manuel işlerin makinelerle gerçekleştirilmesine neden olmakta; bu durum hem iç piyasaya hem de dış pazarlara çalışan firmalar açısından verimlilik kazancı sağlarken, istihdamda daralma riskini de beraberinde getirmektedir (Acemoglu & Restrepo, 2018). Bu istihdam yapısı dijital beceri setlerine sahip olan ya da bu doğrultuda eğitilen beşerî sermaye için fırsat oluşturmaktadır.

"T.S.3. Beşerî sermaye yönetiminde dönüşüm"

Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), sınırlı kaynaklarına rağmen dijitalleşme süreçlerine uyum sağlamak adına beşerî sermaye yatırımlarına öncelik vermektedir. Bu işletmeler, dijital becerilere sahip işgücünün dönüşüm sürecinin başarısında önemli bir rol oynadığını fark etmiş durumdadır (OECD, 2019c; Gfrerer vd., 2023). Öte yandan büyük ölçekli firmalar ise genellikle donanımsal yatırımlarını tamamlamış ya da bu yatırımları stratejik olarak önceliklendirmiş olup daha çok altyapısal teknolojilere yönelme eğilimindedir (Schallmo vd., 2017; Işık & Aksoy, 2021). Gelecekteki istihdam eğilimlerinin, dijital beceri temelli bir dönüşüm göstereceği öngörülmektedir. Dijital teknolojilerin üretimden hizmet sektörüne kadar tüm iş kollarını dönüştürmesiyle birlikte, istihdam yapısı da önemli ölçüde değişmektedir (World Economic Forum, 2020). Bu doğrultuda, ERP uzmanı, robotik ve otomasyon teknisyeni,

yapay zekâ mühendisi, veri analisti ve siber güvenlik uzmanı gibi dijital temelli mesleklerin ön plana çıkması beklenmektedir (ILO, 2021; OECD, 2023). Diğer yandan, kaynak işçisi, montaj elemanı ve kalıpçı gibi fiziksel emek yoğun ve tekrara dayalı meslek gruplarının önemi zamanla azalacaktır. Otomasyon, yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojileri, özellikle düşük nitelikli ve manuel işgücüne olan talebi azaltırken; analitik düşünme, dijital okuryazarlık ve teknik uzmanlık gerektiren alanlarda istihdam talebini artırmaktadır (Autor, 2015; Manyika vd., 2017).

SONUÇ

Dijital dönüşüm, küresel ölçekte sanayi üretimini yapısal, örgütsel ve beşerî düzeyde dönüştürmektedir. Bu bağlamda, dijital üretim çağının etkilerini sektörel düzlemde ele almak, her ülkenin kalkınma stratejisi açısından önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Türkiye'nin sanayi yapısında önemli bir paya sahip olan makine imalat sanayi hem teknoloji entegrasyonu hem de insan kaynağının dönüşümü bakımından bu sürecin merkezinde yer almaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'de makine imalat sanayinde dijital dönüşümün istihdam yapısını, üretim süreçlerini ve beşerî sermaye yönetimini nasıl etkilediği karma yöntem ile kapsamlı biçimde ele alınmıştır.

Araştırmanın nitel ve nicel bulguları bütünsel bağlamda bakıldığında ulaşılan sonuç şu şekildedir:

Makine imalat sektörü firmalarında dijital dönüşüme yönelik belirgin bir farkındalık oluşmuş durumdadır. Bu doğrultuda, firmalar mevcut kaynak ve kapasite imkânları çerçevesinde dönüşüm süreçlerini başlatmış ve çeşitli düzeylerde uygulamaya geçirmiştir. Katılımcı firmaların büyük bir bölümü dijital dönüşümü tamamen benimsemiş ya da bu sürece yeni geçmiş firmalardan oluşmaktadır.

Bu firmaların ortak özellikleri; köklü geçmişe sahip olmaları, orta ölçekli yapıda faaliyet göstermeleri, ihracat ve üretim odaklı stratejiler benimsemeleri ile işgücü yoğun bir organizasyonel yapıyı sürdürmeleridir.

Geleneksel üretim kalıplarına bağlı olan bu işgücü yoğun firmalar düşük becerili işgücünün işsizlik riski ve rutin ve tekrarlayan işlerin otomasyon yoluyla ortadan kalkma ihtimalinin bir tehdit değil orta vadede karşılaşabilecekleri bir dönüşüm baskısı olarak görülmektedir. Bulgulara göre, dijital dönüşümün başında ya da ortalarında olan firmaların üretim sürecinde dönüşüme gittiği görülmektedir. Firmalar dijital dönüşüm yatırımlarını ilk olarak fiziksel üretimi dönüştürmek amacıyla kullanmakta, sonra operasyonel ve yönetsel süreçlerde kullanmaya başlamaktadır. Endüstri 4.0 uygulamalarının daha çok üretim sürecine entegre edilmesi, maliyet, zaman tasarrufu, kalite kontrol gibi avantajlar sağlaması yönüyle otomasyon ve makineleşmenin bu alanda yoğun kullanıldığını göstermektedir. Operasyonel ve yönetim süreçlerinde dijital dönüşümün arka planda kaldığını göstermektedir.

Dijital dönüşüm, firmalar tarafından hem donanım hem de yazılım bileşenlerini içeren bütüncül bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Endüstriyel robotların, CNC makinelerin

ve montaj hatların çalışabilmesi için yazılımla entegre olması gerekmektedir. Otomasyon donanım ile yazılım temelli bir süreç yönetimini de içermektedir.

İncelenen firmaların önemli bir bölümü dijital dönüşüm yatırımlarını kendi öz sermayeleriyle gerçekleştirmiştir. Bu süreçte özellikle işgücü yoğun yapıdaki firmalarda dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu, üretim hacminde sınırlı da olsa bir artış sağlamıştır. Bütçesel kısıtlar ve karmaşık bürokratik denetimlerin olması bazı firmalara göre teşviklere ulaşımı zor kılmaktadır. Teşviklere ulaşım konusunda problem yaşamayan firmalara göre gerekli prosedür sağlandığında, deneyimli proje ekibi ile çalışıldığında, istenilen evraklar hazırlandığında bir sorun yaşanmayacaktır. Teşvik kullanım konusunda belirsiz olan firmalar belirsizliğinin nedeni olarak hangi teşviği hangi kurum hangi şartlarla veriyor konusunda bilgi ve rehberlik eksikliğinden kaynaklandığı görülmüştür. Devlet teşviklerine ve özel sektör hibelerine ulaşanların sayısının görece az olması Türkiye'de dijital dönüşüm konusunda sanayi içi ağ bağlantısının zayıf olmasıdır. Firmaların öz sermaye, devlet teşviği, özel sektör hibelerini kullanarak dijital dönüşüm sürecinde yatırım yaptığı alanlar şunlardır: Dijital alt yapının kurulması, yazılım ve donanım satın alımı, dijital becerileri artırmak için beşerî sermaye yatırımları, Ar-Ge yatırımları, makine arızalarını gidermek için dijital ikiz uygulamaları, e-ticaret ve dijital pazarlama entegrasyonudur. Bu yatırımların çeşitliliği dijital dönüşümün sadece teknolojik bir tercih olmadığı bunun artık stratejik bir zorunluluk olduğu görülmektedir.

Dijital dönüşüm işgücü yoğun firmaların üretim hacmini kısmen artırmıştır. Bu firmalar için dijital dönüşüm daha çok kalite kontrol, operasyonel verimlilik sağlayan bir araç olarak görülmektedir. Ar-Ge ve otomasyon yoğun firmalar dijital dönüşümün olgunluk düzeyi daha yüksek olduğundan üretim hacimlerinde önemli bir artış yaşandığı gözlenmektedir. Üretimde artış yaşanmadığını belirten firmaların dijital alt yapılarının yetersiz olduğu, dijital adaptasyondaki zorluklar, yüksek yatırım maliyeti ve dijital beceri eksikliği yaşadığı görülmektedir.

Araştırma bulguları, dijital dönüşümün istihdam üzerinde azaltıcı bir etki yaratacağı yönündeki algının firmalar arasında daha yaygın olduğunu ortaya koymaktadır. Tekrarlayan ve rutin işlerin makine ve robotlar tarafından üretilmesi işgücü ihtiyacını azaltacak ve bazı pozisyonların kaybına yol açacaktır. Dijital dönüşüm işgücü üzerinde fırsat ve tehdit oluşturmaktadır. İşgücü becerisinin yeniden dönüştürülmesi, eğitim

adaptasyon mekanizmaların aktif hale gelmesi gerekmektedir. Firmaların bu dönüşüm sürecine hızla uyum sağlaması, katma değerli işlerin üretiminin artmasına, ürün kalemlerinin çoğalmasına, bu durumun istihdamda niceliksel olarak artmasına etki edecektir. Ancak dönüşüme uyum sağlayamama durumunda işgücünün azalmasına neden olacağı tespit edilmiştir. Dönüşümün işgücü istihdamı üzerinde bir etki görmeyen firmalara göre dijital dönüşüm araçları işgücünün iş yükünü hafiflettiği için çalışanlar farklı görev ve alanlara geçirilmektedir.

Dijital dönüşüm yeni iş alanları ve pozisyonlar açarak nitelikli işgücüne olan talebi de artırmaktadır. Otomasyon dili, yazılım bilgisi, veri okur yazarlığı, programlama gibi dijital yetkinlikler öne çıkmaktadır. Dijital sistemlerle entegre çalışabilen bireyler haline gelmeleri beklenmektedir. Dijital dönüşümün öne çıkardığı beceri setleri arasında dijital üretim ve araçlarını kullanabilme, esneklik ve uyum, problem çözme ve inovasyon, dijital teknoloji ve yazılım bilgisi, veri analizi ve büyük veri yönetimidir. Dijital dönüşüm sürecinde en fazla yatırım yapılan beceri setleri; çalışan uyumu ve adaptasyon, dijital üretim sistemleri, yazılım ve kodlama, dijital pazarlama ve e-ticaret ile veri analitiği ve büyük veri yönetimidir.

Dijital dönüşüm ile talep gören meslekler arasında, ERP uzmanı, kalite kontrol elemanı, CAD-CAM mühendisi, otomasyon ve robotik uzmanı, yapay zekâ uzmanı, IoT uzmanı, siber güvenlik uzmanı ön plana çıkmıştır. Fiziksel ve mekanik üretime dayalı kaynak işçisi, montaj işçisi, makine operatörlüğü, kalıpçılık gibi otomasyonun da yapabildiği işlere olan talep azalmaktadır.

Firmalar, yeni mezun işgücü talebine temkinli yaklaşmaktadır. Diploma ile sektöre özgü dijital becerilere de sahip olmak gereklidir. Yeni mezunların dijital çağda doğmuş olmaları, teknolojiye yatkınlıkları, güncel eğitim bilgisine sahip olmaları nedeniyle dijital dönüşüm sürecine hızlı entegre olabilecektir. Otomasyon diline hakimiyet, yazılım bilgisi, yabancı dil bilgisi yeni mezunları tercih edilebilir kılmaktadır. Öte yandan sanayi tecrübesinden yoksun, çalışma disiplini ve motivasyon eksikliği, yüksek beklentiler içinde olması yeni mezunların istihdam edilebilirliğini düşürmektedir. Bu firmalar mevcut personeli yetiştirerek gerekli eğitimler vererek hem personel devri maliyetini düşürmenin hem de iç kaynakları etkin kullanmanın yeni mezun almaktan daha etkili olduğunu düşünmektedir.

Dijital dönüşümün uluslararası standartlardaki talebi mobilite, esneklik, otomasyon, veri

temelli karar alma, düşük maliyet ve yüksek verimlilik gibi kavramları ön plana çıkarmaktadır. Bu durum veri analitiği, yapay zekâ, siber güvenlik, bulut bilişim, yazılım geliştirme ve dijital pazarlama gibi dijital becerilere sahip işgücüne olan ihtiyacı oluşturmaktadır. Tekil bir işgücü profili yerine sektörün doğasına uygun çok yönlü ve esnek becerilere sahip çalışanlar talep edilmektedir. Türkiye' de eğitim sisteminin mevcut yapısı, yüksek teknoloji taleplerine doğrudan yanıt verebilecek nitelikte değildir. Sektörler dijital dönüşümün gerektirdiği niteliklere sahip işgücü bulmakta zorlanmaktadır. Bu durum beceri uyuşmazlığı ve yetenek açığı gibi yapısal sorunları ortaya çıkarmaktadır. Dijital dönüşüm kısa vadede işsizlik yaratsa da uzun vadede yeni meslekler, yeni sektörler, yeni iş modelleri, yeni becerilerle işgücü piyasasında dönüşüme uyum sağlamış bireylerle daha yüksek katma değer üretmesi beklenmektedir. Bu dönüşüm bir geçiş süreci olarak değerlendirilir.

Dijital dönüşümün çalışanlara duyulan güven ilişkisini etkilemeyeceği görüşü hakimdir. Özellikle işgücü yoğun ve dijital dönüşümü kontrol mekanizması, iş kolaylaştırıcı bir unsur olarak gören firmalarda bir güven problemi yaşanmamaktadır. Dijital dönüşüm insan faktörünü tamamen ortadan kaldırmak yerine onu tamamlayıcı bir unsura dönüşmüştür. Dijital becerilere sahip olanlar bu sürece uyum sağladığı takdir değer kazanacaktır. Öte yandan çalışanların üzerinde baskı, denetim ve izlenim hissi oluşturması çalışanların hata yapma olasılığına odaklanarak mesafeli bir güven yaklaşımı benimsenmesine yol açmıştır.

Çalışanların dijital dönüşüm sürecine yaklaşımı olumludur. Bu dönüşüm çalışanlar tarafından fırsat olarak algılanmaktadır. Teknolojik bilgi düzeyi sınırlı, yaşça büyük çalışanların kendileri için bir dezavantaj olarak gördükleri bu sürece yaklaşımı olumlu olmamaktadır. Firmaların dönüşüm sürecinde gerek görmedikçe çalışanlarını işten çıkarmayı düşünmedikleri, onları bu süreçte aldıkları tedbirlerle korumayı düşündükleri ön plandadır. İşe alım sürecinde işgücünün bu dönüşümün getirdiği fırsatları ve tehditleri bildiği varsayımıyla işe alınması olası bir işten çıkarmada direnç göstermeyeceği gözlenmiştir. Çalışanların kendilerini ilgilendiren durumlarda katılım haklarının arttığı görülmüştür. Dijital dönüşüm ile iç iletişim sistemlerinin (dijital panolar, anlık bildiri sistemleri gibi) daha etkin hale geldiği böylece çalışanların sürece daha hızlı erişebildiği ve geri bildirim verme imkanlarının arttığı görülmektedir.

Dijital dönüşümün iş sağlığı ve güvenliği üzerinde olumlu etkileri vardır. Dijital

dönüşüm verimlilik ve insan odaklı faydalarda sağlamaktadır. Endüstriyel otomasyon, yapay zekâ destekli erken uyarı sistemi, AR, nesnelerin interneti ve sensör temelli izleme uygulamaları ile oluşabilecek tehlikeleri tespit ederek kazaların önüne geçmektedir. Dijital dönüşüm yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Siber güvenlik saldırısı anında üretim hatlarının durması, otomasyon sistemlerinin arızalanması İSG'yi tehdit edecektir. İşgücü yoğun ve üretim odaklı firmalar esnek çalışma modeline sıcak bakmamaktadır. Bu firmaların fiziksel varlığın ve yerinde çalışma zorunluluğun yüksek olması nedeniyle esnek ve uzaktan çalışma operasyonel ve yönetsel alanda sınırlı kalacaktır. Çalışma süresi ve izin konusunda bir değişiklik oluşturmadığı tespit edilmiştir. İstihdam ve ücret maliyeti arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Dijital dönüşüm sürecinde kapasite artışı olarak istihdam artırımına gidilirse ücret maliyetleri de buna bağlı olarak artacaktır. Dijital araçların etkin kullanımı ile işgücü verimliliği arasında da pozitif korelasyon gözlenmiştir. Dijital dönüşüm araçları iş süreçlerini otomatikleştirdiği, tekrar eden işleri azalttığı ve işgücünün daha nitelikli alanlarda görev almasını sağladığı için işgücünün verimliliği de artmaktadır. Dijital araçların insan gücünü ikame etmekten çok destekleyici ve tamamlayıcı rol üstlenmesi personelin daha verimli çalışmasını sağlamıştır.

Otomasyonun üretim süreçlerinde yaşanan işgücü sorunlarını kolaylaştırdığı tespit edilmiştir. Otomasyon sadece üretim verimliliğini artırmakla kalmayıp insan merkezli sorunları da minimize etmektedir. Ancak insan-robot ikamesi yerine ikisinin beraber kullanılması rekabetin sürdürülebilirliğini artıracaktır. Otomasyona yatırım yapılsa dahi bu sistemi kuracak, işleyecek, onarımını ve kontrolünü yapacak nitelikli beşerî sermaye ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

Dijital dönüşüm beşerî sermayeyi tamamlayıcı bir unsurdur. Teknolojik dönüşüm organizasyonel yapıda ve işgücünde niteliksel yapılanmayı gerektirirken klasik iş tanımlarını da dönüştürür. Sadece fiziksel emek gücü dönüştürmemekte dijital okuryazarlık, veri okuma, yazılım kullanımı gibi becerileri de dönüşmektedir. Rutin ve tekrarlayan işlerin makinelerin yapması işgücünü daha analitik ve stratejik rollerde buluşturmaktadır. Beşerî sermayeye yatırım yapmadan dijital dönüşümden verim almak mümkün değildir.

Çalışmanın sonuçları, firmaların beşerî sermaye stratejilerinde iki temel yönelim benimsediğini ortaya koymaktadır:

- Dijital dönüşümü stratejik bir zorunluluk olarak gören ve yeni yetkinliklere sahip çalışanları doğrudan istihdam eden firmalar.
- Mevcut işgücünü dönüştürmeye ve dijital beceriler kazandırmaya odaklanan firmalar.

Bu farklılaşma, dijital dönüşümün tek yönlü bir süreç olmadığını ve firmaların kaynaklarına, sektörlerine ve pazar yapılarına göre farklı stratejiler geliştirdiğini göstermektedir.

Geleceğe yönelik beşerî sermaye dönüşüm beklentileri incelendiğinde, firmaların büyük çoğunluğunun dijital dönüşüm süreçlerini hızlandırmayı planladığı, ancak çalışanların yeni beceriler kazanması için yapılan yatırımların yeterli olup olmadığı konusunda belirsizliklerin devam ettiği görülmektedir. Özellikle dijital üretim sistemleri, veri analitiği ve yazılım becerilerine yönelik eğitimlerin yaygınlaştırılması, firmaların rekabet gücünü artırmada önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. Sonuçlar, firmaların, teknolojik yatırımlarla beşerî sermaye gelişimini birlikte ele almazlarsa, uzun vadede rekabet avantajı kaybına uğrayacağını göstermektedir.

Dijital dönüşümün firmaların insan kaynakları politikaları üzerindeki etkisi, yalnızca teknik beceri dönüşümü ile sınırlı kalmamakta; örgütsel yapı, iş güvenliği politikaları, çalışan bağlılığı ve kurum içi güven ilişkileri gibi daha geniş bir perspektiften ele alınması gereken bir olgu haline gelmektedir. Gelecekteki işgücü piyasası yapısını anlamak ve beşerî sermaye yatırımlarının yönünü şekillendirmek için firmaların dijital dönüşüme kapsamlı bir insan kaynağı stratejisi olarak yaklaşmaları gerekmektedir.

Araştırma sonucunda beşerî sermaye dönüşümünün firmalar ile makro düzeyde ekonominin genel rekabetçiliği açısından da belirleyici bir faktör olduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, politika yapıcılar, akademik çevreler ve özel sektör temsilcilerinin, dijital dönüşümün işgücü üzerindeki uzun vadeli etkilerini daha sistemli bir şekilde ele alması önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, araştırmada dijital dönüşümün beşerî sermayeyi tamamlayıcı bir unsur olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmada kullanılan nitel ve nicel sorular, diğer sanayi sektörlerine de uyarlanabilir niteliktedir. Bu kapsamda, farklı sanayi alanlarında mevcut beşerî sermaye gereksinimleri, dijital dönüşümün etkileri ve olası niteliksel/niceliksel dönüşümler hakkında bilgi edinmek mümkündür. Ayrıca, hizmet sektörü gibi farklı bir bağlama yönelik mülakat soruları yenilenerek, o sektörün özgün ihtiyaçları ve eksiklikleri tespit

edilebilir. Böylece, bu çalışma farklı sektörlerde de dijital dönüşüm ve beşerî sermaye ilişkisi üzerine yapılacak yeni araştırmalar için temel teşkil ederek araştırmacılara yeni bir çalışma alanı sağlamaktadır.

Bu çerçevede yapılan araştırmalara, hızla değişen dünya koşullarında çok ciddi ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma, makine imalat sanayi sektöründeki işgücünün dijital dönüşüm konusundaki ihtiyaç ve eksiklerini tespit etmekle beraber; diğer sektörlerde benzer dönüşümler üzerine yapılacak nitelikli akademik çalışmalara da yön gösterici bir katkı sunması amacıyla hazırlanmıştır.

Öneriler

Bulgulara Dayalı Spesifik Öneriler

1. Dijital Dönüşüm Sürecinde Beşerî Sermaye Stratejilerinin Güçlendirilmesi: Çalışmanın bulguları, dijital dönüşümü benimseyen firmaların beşerî sermayeye yönelik daha fazla yatırım yaptığını, ancak özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin bu süreçte finansal ve organizasyonel zorluklar yaşadığını göstermektedir. Bu bulgular kapsamda geliştirilen öneriler:

- Firmalar, dijital dönüşüm süreçlerini beşerî sermaye yatırımlarıyla eş zamanlı yürütmelidir. Bunun için dijital yetkinlik geliştirme merkezleri kurulmalıdır.
- Yalnızca yazılım ve donanım yatırımı yapmak yerine, çalışanların dijital beceri gelişimine yönelik programlar başlatılmalıdır. Örneğin Arçelik'in başlattığı "Digital Upskilling" programı makine imalat sektörlerinde de uygulanmalıdır.
- Büyük ölçekli firmalar, KOBİ'ler için rehberlik mekanizmaları geliştirmeli ve dijital dönüşüm konusunda iş birliği yapmalıdır. KOBİ'lere dijital dönüşüm danışmanlığı verilmelidir.
- Dijital dönüşüm sürecinde çalışanların kaygılarını azaltmak için kurumsal iletişim güçlendirilmelidir. Örneğin Ford Otosan'ın geliştirdiği "Açık Kapı İletişim Platformu" makine imalat sektörleri için de yaygınlık göstermelidir.

2. Gelecekte Önemli Olacak Dijital Becerilere Yatırım Yapılması: Araştırma, veri analitiği, yazılım, yapay zekâ ve robotik alanlarının en çok talep gören beceriler olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, firmalar bu becerilere yatırım yapmakta yeterince hızlı hareket edememektedir. Bu bulgular kapsamda geliştirilen öneriler:

- Firmalar, önümüzdeki 5 yıl içinde en fazla talep görecek dijital becerilere yönelik iç eğitim programları ve sertifikasyon mekanizmaları oluşturmalıdır.

- Özellikle veri analitiği, yapay zekâ ve siber güvenlik uzmanlığı gibi alanlarda çalışanların yeniden beceri kazanmasını sağlayan hibrit eğitim modelleri geliştirilebilir.
- Üniversiteler ve özel sektör arasında iş birliği programları oluşturularak, dijital beceri eğitimleri müfredata entegre edilmelidir.

3. Yeni Mezunların Dijitalleşen İş Gücüne Entegre Edilmesi: Bulgular, ihracat yapan firmaların yeni mezun istihdamına daha sıcak baktığını, ancak iç piyasaya çalışan firmaların dijital becerilere sahip genç işgücünü yeterince değerlendirmediğini göstermektedir. Bu bulgular kapsamda geliştirilen öneriler:

- Firmalar, dijitalleşen işgücü ihtiyacına uygun staj ve iş başı eğitim programları oluşturmalıdır. Aselsan'da uygulanan sanal staj programı makine imalat sektöründe mühendislik, yazılım, yapay zekâ ve veri analitiği gibi alanlarda uygulanmalıdır.
- Yeni mezun istihdamı artırılmalı ve mezunların sektöre entegrasyonunu kolaylaştıran hibrit eğitim süreçleri geliştirilmelidir.
- Küçük ve orta ölçekli firmalar, yeni mezunlara yönelik daha esnek çalışma modelleri sunarak, bu çalışanları işgücüne kazandırabilir.

4. Esnek ve Uzaktan Çalışma Modellerine Uygun Beşerî Sermaye Politikalarının Geliştirilmesi: Araştırma, dijital dönüşümün esnek çalışma modellerine geçişi teşvik ettiğini, ancak firmaların bu süreci yönetmekte zorlandığını göstermektedir. Bu bulgular kapsamda geliştirilen öneriler:

- Firmalar, esnek ve hibrit çalışma modellerine yönelik açık, esneklik sözü kapsamında sürdürülebilir politikalar geliştirmelidir.
- Performans değerlendirme kriterleri, çıktıya dayalı olacak şekilde yeniden düzenlenmelidir.
- Dijital çalışma ortamlarında güven ilişkisini artıracak yönetim modelleri uygulanmalıdır (örn. şeffaf veri paylaşımı, çalışan bağlılığı artıran dijital platformlar). Örneğin anlık çalışan geri bildirim programı oluşturulmalıdır.

5. Devlet Teşviklerinin Beşerî Sermaye Yatırımlarına Yönlendirilmesi: Çalışmanın bulguları, dijital dönüşüm sürecine giren birçok firmanın devlet teşviklerinden yeterince yararlanamadığını ve bu sürecin karmaşık bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgular kapsamda geliştirilen öneriler:

• Devlet teşvik mekanizmaları, beşerî sermayeye yönelik projelere de yönlendirilmelidir. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın başlattığı "Yetenek Kazanımı ve Geliştirme Destek Programı (YETKAP)" nın firmalar tarafından bilinirliği artırılmalıdır.

• Teşvik başvuru süreçleri sadeleştirilmeli ve özellikle KOBİ'lerin dijital dönüşüm desteklerine erişimi kolaylaştırılmalıdır. KOSGEB'in "KOBİ Dijital Dönüşüm Destek Programı" hakkında firmalara bilgi sunacak destekler verilmelidir.

• Sektörel bazda dijital dönüşüm destek programları oluşturularak, belirli alanlarda yetkin insan kaynağı yetiştirilmesi teşvik edilmelidir. Örneğin eğitim kampları, istihdam garantili kurslar ve mentorluk projeleri desteklenmelidir.

6. İş Gücü Adaptasyon Sürecinin Kolaylaştırılması: Araştırma, dijital dönüşüm sürecine giren firmaların işgücü adaptasyonunda zorluk yaşadığını ve çalışanların bu sürece karşı kararsız veya olumsuz yaklaştığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular kapsamda geliştirilen öneriler:

• Dijital dönüşüm sürecinde çalışanlara yönelik farkındalık ve beceri kazandırma programları zorunlu hale getirilmelidir. Dijital okuryazarlık eğitimi zorunlu hale gelmelidir.

• Çalışanların dijital dönüşüm sürecine katılımını artırmak için kurum içi dijital beceri testleri uygulanmalı ve bireysel gelişim planları oluşturulmalıdır. Örneğin çevrim içi eğitim içerikleri oluşturulmalıdır.

• Dijital dönüşüm sürecinde çalışan kaygılarını gidermek için insan kaynakları birimleri daha aktif roller üstlenmelidir.

7. Verimlilik Artışının Beşerî Sermaye Gelişimiyle Desteklenmesi: Bulgular, dijital dönüşüm ile verimlilik artışı sağlandığını, ancak bu artışın uzun vadede çalışan gelişimiyle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular kapsamda geliştirilen öneriler:

• Firmalar, çalışanlarının dijital dönüşüm sürecinde gelişimlerini desteklemek için "yetkinlik bazlı kariyer planlaması" yapmalıdır.

• Çalışan bağlılığını artıran teşvik mekanizmaları (eğitim destekleri, kariyer gelişim fonları, mentorluk programları) uygulanmalıdır.

• Dijital dönüşüm nedeniyle azalan iş rollerinin, yeni beceri kazandırma programlarıyla dönüştürülmesi sağlanmalıdır.

Araştırmada ulaşılan bütüncül sonuçlara göre genelleştirilmiş öneriler

Genelleştirilmiş öneriler, firmaların beşerî sermaye politikalarını daha etkin yönetmesine yardımcı olmayı, politika yapıcıların dijital dönüşümü hızlandırmasına katkıda bulunmayı ve akademik dünyada yeni araştırma alanları oluşturmayı hedeflemektedir. Bu araştırmadan ulaşılan genel sonuçtan hareketle, firmalar, politika yapıcılar ve akademik dünya için aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

1. Firmalar İçin Öneriler:

- Dijital dönüşüm stratejisi beşerî sermaye politikaları ile uyumlu hale getirilmelidir.
- Firmalar, yalnızca teknolojiye yatırım yapmak yerine, çalışanlarının dijital becerilerini geliştirmeye yönelik eğitim programları oluşturmalıdır.
- Özellikle KOBİ'ler için dijital dönüşüm sürecinde insan kaynağına yatırım yapmayı teşvik eden destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.
- Yeni mezun istihdamı artırılarak, genç işgücünün dijital becerilerle iş piyasasına kazandırılması sağlanmalıdır.

Esnek çalışma modellerine geçiş için altyapı ve yönetim sistemleri geliştirilmelidir.

- Firmalar, performans değerlendirme kriterlerini çıktıya dayalı olarak yeniden şekillendirmelidir.
- Uzaktan ve hibrit çalışma modellerine geçiş sürecinde kurumsal yapıları esnekleştirecek stratejiler geliştirilmelidir.

Dijital dönüşümün işgücü maliyetleri üzerindeki etkisi uzun vadeli planlamalarla yönetilmelidir.

- Kısa vadede artan ücret maliyetleri, verimlilik artışı ve dijital beceri kazandırma stratejileri ile dengelenmelidir.

2. Politika Yapıcılar İçin Öneriler:

Dijital dönüşüme geçişi destekleyen teşvik mekanizmaları beşerî sermaye gelişimini de içermelidir.

Devlet teşvikleri işgücünün yeniden beceri kazanmasını destekleyen programları da kapsayacak şekilde genişletilmelidir.

Küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijital dönüşüme daha hızlı adapte olabilmesi için finansal ve teknik destekler artırılmalıdır.

Üniversite-sanayi iş birliği güçlendirilerek dijital becerilere yönelik müfredat geliştirilmelidir.

Üniversitelerde dijital beceri eğitimleri zorunlu hale getirilerek, öğrencilerin dijitalleşen işgücü piyasasına hazır olması sağlanmalıdır.

Firmalar ve akademik kurumlar arasında ortak eğitim programları oluşturularak, sektörel ihtiyaçlara uygun dijital yetkinlikler kazandırılmalıdır.

3. Akademik Çalışmalar İçin Öneriler:

Dijital dönüşümün beşerî sermaye üzerindeki uzun vadeli etkilerini analiz eden boylamsal çalışmalar yapılmalıdır.

Dijital dönüşüm istihdam üzerindeki uzun vadeli etkilerini görmek için zaman serisi analizleri yapılmalıdır.

Beşerî sermaye dönüşümünün çalışan psikolojisi, iş tatmini ve örgütsel bağlılık üzerindeki etkileri incelenmelidir.

Sektörel farklılıkları anlamak için karşılaştırmalı araştırmalar yapılmalıdır.

Örneğin, imalat sektörü ile hizmet sektöründeki dijital dönüşüm süreçlerinin işgücü üzerindeki etkileri nasıl farklılaşmaktadır?

Kadın ve erkek çalışanlar açısından dijital dönüşümün istihdam dinamiklerine etkisi nasıl farklılaşmaktadır?

KAYNAKÇA

Abou-Assali, M. (2014). The link between teacher professional development and student achievement: A critical view. *International Journal of Bilingual & Multilingual Teachers of English*, 2(1), ss. 39-49. https://www.semanticscholar.org/paper/The-Link-between-Teacher-Professional-Development-A-Abou-Assali/3c4d4bdf40bf189d6f16e0274d6ed2539aa5fda5

Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2020). *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244.

Acet, H. & Koç, Ş. (2020). Dördüncü Sanayi Devrimi'nin (Endüstri4.0) Dünyaya ve Türkiye'ye ekonomik yansımaları. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*,7(58), 2243-2256. https://jshsr.org/index.php/pub/article/view/1265/1217

Agee, J. (2009). Developing qualitative research questions: A reflective process. *International journal of qualitative studies in education*, *22*(4), 431-447.

Altuğ, M. & Nalbant, M. (2008). Makine imalat sektöründe faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmelerin rekabet gücünün artırılmasında ileri imalat teknolojileri ve bir alan araştırması. *Politeknik Dergisi*, 11(1) ss. 19-29. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/384679

Artar, Y. (2019). *Dijital ekonomide vergilendirme, finansal raporlama ve denetime ilişkin sorunlar: Türkiye açısından çözüm önerileri* [Yayımlanmamış doktora tezi]. İstanbul Ticaret Üniversitesi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=FssnpwvMazD80kz5Jn_rGg&no=RPhlczpewb9L-w4lkpEj5w

Ashton K. (2009). That 'internet of things' thing. *Journal.* https://www.rfidjournal.com/thatinternet-of-things-thing .

Ataseven, B. (2012). *Sosyal bilimlerde veri kalitesi ve ölçüm teknikleri* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.

Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30.

Autor, D., Mindell, D., & Reynolds, E. (2020). *The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines*. MIT Work of the Future Report. https://workofthefuture.mit.edu

Ayma, Ö. (2019). Makine imalat sanayi iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının analizi Sakarya makine imalatçıları örneği. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümü, Sakarya.

Bachiochi, P. D. & Weiner, S. P. (2002). Qualitative data collection and analysis. Handbook of Research Methods in Industrial and Organizational Psychology, ss, 161-171.

Bayülken, Y. (2017). Makine imalat sanayi sektör araştırması. Oda Raporu. MMO/672.

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471-482.

Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis with special reference to education.* Chicago, IL: University of Chicago Press.

Becker, G. S. (1993). *Human capital a theoretical and empricial analysis with special referance to education.* 3. edition The University of Chicago Press Ltd., London.

Bessen, J. E. (2019). *AI and Jobs: The Role of Demand*. *NBER Working Paper No. 24235*.

Bluff, E., (2014). Safety in machinery design and construction: Performance for substantive safety outcomes. Safety Science Volume 66, July 2014, Pages 27-35

Boddy, C. R. (2016). Sample size for qualitative research. *Qualitative market research: An international journal*, *19*(4), 426-432.

Bogush, P. (Haziran, 2021). *Digitalization vs digitization knowing the difference.* Businesstechweekly.com. https://www.businesstechweekly.com/operational-efficiency/digital-transformation/digitalization-vs-digitization/.

Boğaziçi Üniversitesi Endüstri 4.0 Platformu (2020). "Türkiye'de Dijital Dönüşüm Değerlendirme Aracı (D3A) 2019-2020 Sonuç Raporu", http://industry4zero.boun.edu.tr/wp-content/uploads/2020/07/Sonuc-Raporu-v2.pdf.

Boraie, D., & Gebril, A. (2015). Creating effective research questions. The cambridge guide to research in language teaching and learning, 190-197.

Bowen, P. W., Rose, R., & Pilkington, A. (2017). Mixed methods-theory and practice. Sequential, explanatory approach. *International Journal of Quantitative and Qualitative Research Methods*, *5*(2), 10.

Brennen, S., & Kreiss, D. (2016). *Digitalization and digitization*. In The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*.

Büyüköztürk, Ş. (2024). Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı (31. Baskı). Pegem Akademi, Ankara.

Caracelli, V.J., & Greene, J.C. (1993). Data analysis strategies for mixed-method evaluation designs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 15, ss, 195–207.

Castleberry, A. & Nolen, A. (2021). Thematic analysis of qualitative research data: Is it as easy as it sounds? *Currents in Pharmacy Teaching and Learning,* 10 (6), ss, 807-815.

Chen, W. (2005). *The electrical engineering handbook.* Elsevier Academic Press.

Chen, J.Y.C. (2010). *Human-Robot İnteractions in future military operations.* CRC Press.

Cohen, J. (1992). *A Power Primer*. Psychological Bulletin, 112(1), 155–159.

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB). (2021). *Uzaktan Çalışma Yönetmeliği*. Resmî Gazete Tarihi: 10.03.2021, Sayı: 31419.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2020). *Emekliliğe geçiş süreçleri ve uygulamaları raporu*. Ankara: ÇSGB Yayınları.

Çelik, S. & Akdamar, E. (2018). Büyük veri ve veri görselleştirme. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi,* (*65*), ss. 253-264. https://dergipark.org.tr/tr/pub/abuhsbd/issue/36059/404871

Çirkin, E. & Özdağoğlu A. (2021). Endüstri 4.0 bünyesindeki otonom robotların sürdürülebilirlik perspektifleri açısından değerlendirilmesi. *Erciyes Akademi*, 35(4), ss. 1534-1553. https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.997049

Dannels, S. A. (2018). Research design. In *The reviewer's guide to quantitative methods in the social sciences* (pp. 402-416). Routledge.

Delice, A. (2010). The sampling issues in quantitative research. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *10*(4), 2001-2018.

Demir, S. & Sarıışık, G. & Öğütlü, A. S. (2022). KOBİ'lerin endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk seviyesinin belirlenmesi: şanlıurfa ili örneği, *İşletme Araştırmaları Dergisi,* 14(4), ss. 2938-2955.

Doğan, K. & Arslantekin, S. (2016). Büyük veri: önemi, yapısı ve günümüzdeki durum. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi,* 56(1), ss. 15-36. https://dergipark.org.tr/tr/pub/dtcfdergisi/issue/66793/1044418

Edwards, R., & Holland, J. (2013). *What is qualitative interviewing?* (p. 128). Bloomsbury Academic.

Erdoğan, E. & Çiğdem, S. (2017). Yeni Bir İstihdam Biçimi Olarak Portföy Çalışma. 2 nd International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS), 19-22.

Ergüneş Emrağ, S. (2016). 4857 Sayılı İş Kanununun Değişik 14. Maddesi Işığında Tele Çalışma. Legal İş Hukuku ve Sosyal Güvenlik Hukuku Dergisi. 13(51). 1413-1443

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American journal of theoretical and applied statistics*, *5*(1), 1-4.

Etyemez, A. & Güngör, F. (2018). *Dijital dönüşüm ve makine imalat sektöründe olası etkileri.* 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 09-11, November, (ISITES2018 Alanya – Antalya - Turkey).

Eurofound (2020), New forms of employment: 2020 update, New forms of employment series, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

EU-OSHA. (2021). *Impact of artificial intelligence on occupational safety and health.* https://osha.europa.eu/en/publications/impact-artificial-intelligence-occupational-safety-and-health

Evans, P. C. & Annunziata, M. (2012). Industrial ınternet: Pushing the boundaries of minds and machines. *Retrieved from* http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.p

Fana, M. & Torrejón Pérez, S. & Fernandez-Macias, E. (2020). Employment impact of Covid-19 crisis: from short term effects to long term prospects. *Journal of Industrial and Business Economics, 47*(3), 391–410. https://doi.org/10.1007/s40812-020-00168-5

Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4th ed.)

Flores, E. & Xu, X. & Yuqian Lu (2019). Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management,* 31(4), ss. 687-703.

Fox, G. T. & Geichman, J. (2001). Creating research questions from strategies and perspectives of contemporary art. *Curriculum Inquiry*, *31*(1), 33-49.

Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280.

Gfrerer, A., Weigl, D., & Hodzic, S. (2023). *Digital transformation and workforce: Skills, structures and strategies for small and medium enterprises (SMEs)*. Technological Forecasting and Social Change, 191, 122506.

Goldin, C. (2016). Human Capital in Handbook of Cliometrics. (Claude Diebolt and Michael Haupert, editors).*Department of Economics Harvard University and National Bureau of Economic Research. https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-3-642-40406-1*

Göktaş, P. & Baysal, H. (2018). Türkiye'de dijital insan kaynakları yönetiminde bulut bilişim. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(4), ss. 1409-1424. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1009561

Gray, J. & Rumpe, B. (2015). Models for digitalization. Software & Systems Modeling, 4, ss. 1319-1320. https://link.springer.com/article/10.1007/s10270-015-0494-9

Groover. M.P.(2019). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials*. Processes, and Systems, 7th Edition.

Grossman, M. & R. Kaestner (1997). Effects of education on health, inJ. Behrman and N. Stacey (eds.), The Social Benefits of Education. Ann Arbor: University of Michigan Press, pp. 69–123.

Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field methods*, *18*(1), 59-82.

Guest, G., MacQueen, K. M., & Namey, E. E. (2012). *Applied Thematic Analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Gürbüz, C. (2024). Mesleki ve teknik eğitim beceri sistemlerinin dijitalleşmesi. *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama*, 15(29), ss.191-222. https://dergipark.org.tr/tr/pub/eibd/issue/84618/1445906

Hale, A. (2019). From national to European frameworks for understanding the role of occupational health and safety (OHS) specialists. Safety Science, 115, ss. 435-445.

Hecklau, F. & Orth, R. & Kidschun, F. & Kohl, H. (2017), Human resources management: meta-study - analysis of future competences in industry 4.0. Proceedings of the 13th European Conference on Management, Leadership and Governance, ss. 163-175.

Henriette, E.& Feki, M., & Boughzala, I. (2016). *Digital transformation challenges*. Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 1-10.

Hozdić E. (2015).Smart factory for Industry 4.0: a revıew. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7(1), ss. 28-35. https://modtech.ro/international-journal/vol7no12015/Hozdic_Elvis.pdf

ILO, (2004). "Work-sharing and job-sharing." https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_protect/%40protrav/%40travail/documents/publication/wcms_169673.pdf

ILO. (2020a). *The digitization of TVET and skills systems.*

ILO. (2020b). *COVID-19: Guidance for labour statistics data collection: Defining and measuring remote work, telework, work at home and home-based work*. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40dgreports/%40stat/documents/publication/wcms_747075.pdf

ILO (2021). *Skills for a greener future: A global view based on 32 country studies*. International Labour Organization.

Işık, Ö., & Aksoy, H. (2021). Dijital dönüşüm sürecinde KOBİ'lerin durumu: Türkiye örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi,* 13(1), 128–142.

Jensenius FR. (2014). The Fieldwork of Quantitative Data Collection. *PS: Political Science & Politics*, 47(2), ss, 402-404.

Kagermann, H. & Wahlster, W. & Helbig, J. & Hellinger, A. (2013), Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group", Forschungsunion. https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf

Kalaycı, Ş. (2014). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri* (6. Baskı). Ankara: Asil Yayın Dağıtım.

Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N.(2015). Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation, MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press.

Klaus, K. & Rosemann R. & Gable, G.G. (2000). What is ERP?. *Information Systems Frontiers,* 2(2), ss. 141–176. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2003203

Khan, S.& Khan, S. & Aftab, M. (2015). Digitization and its impact on economy. *International Journal of Digital Library Services*, 5(2), ss.138-149.

Krasniqi, F. X. & Topxhiu, R. M. (2016). The Importance of Investment in Human Capital: Becker, Schultz and Heckman. *Journal of Knowledge Management,* 6(4). https://www.scientificpapers.org/wp-content/files/1569_KrasniqiTopxhiu-The_Importance_of_Investment_in_Human_Capital.pdf

Kumaş E. & Erol S. (2021). Endüstri 4.0'da anahtar teknoloji olarak dijital ikizler, *Politeknik Dergisi*, 24(2), ss. 691-701. http://dergipark.org.tr/politeknik/archive

Küçük, Ö. (2021). Emeğin dijital dönüşümü ve istihdam. *Uluslararası İnsan Çalışmaları Dergisi,* 8, ss. 381-392. https://dergipark.org.tr/tr/pub/uicd/issue/65886/938951

Lamotte, D. (2012). *Human capital: A driving force for business growth*. ILO Office for the Pacific Island Countries. https://www.ilo.org/publications/human-capital-driving-force-business-growth

Legner, C. & Eymann, T. & Hess, T. & Matt, C. & Böhmann, T. & Drews, P. & Ahlemann, F. (2017). *Digitalization: Opportunity and challenge for the business and information systems engineering community*. Business & Information Systems Engineering, 59(4), 301–308.

Leso, V. & Fontana, L. & Iavicoli, I. (2018). The occupational health and safety dimension of ındustry 4.0", *Med Lav*, 110(5), ss. 327-338. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30378585/

Li, P.L. & Ko, A.J. & Zhu, J. (2015). What makes a great software engineer?. 2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering.

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Newbury Park, CA: Sage.

Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., & Dewhurst, M. (2017). *A future that works: Automation, employment, and productivity*. McKinsey Global Institute.

Marshall, B. & Cardon, P. & Poddar, A. & Fontenot, R. (2013). Does sample size matter in qualitative research?: A review of qualitative interviews in IS research. *Journal of computer information systems*, *54*(1), 11-22

Matt, C. & Hess, T. & Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies, Business and Information Systems Engineering, 57(5),339-343.

Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative research design: An interactive approach: An interactive approach*. SAGE Publications.

McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282

McKinsey. (2016). *Yeni sanayi devrimi akıllı üretim sistemleri teknoloji yol haritası.* https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf

McKinsey. (2022). What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR? https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir#/

MEB. (2024). *Meslekî ve teknik eğitim genel müdürlüğü projeleri.* https://mtegm.meb.gov.tr/www/projeler/icerik/2186

Messenger, J. C. & Ghosheh, N. (eds.) (2013), Work sharing during the great recession: New developments and beyond, International Labour Organization (ILO), Geneva.

McKim, C. A. (2017). The value of mixed methods research: A mixed methods study. *Journal of mixed methods research*, *11*(2), 202-222.

Muro, M. & Liu, S. & Whiton, J. & Kulkarni, S. (2017). Digitalization and the American Workforce. *Economic Development & Workforce*, ss. 9-10. https://digitalscholarship.unlv.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=bmw_lincy_econdev

Mursa, R. A. & Patterson, C. & McErlean, G. & Halcomb, E. (2025). How many is enough? Justifying sample size in descriptive quantitative research. *Nurse Researcher,* 32(1).

Niemann J. & Westkämper E. (2005). *Dynamic life cycle control of integrated manufacturing systems using planning processes based on experience.* 38th International Seminar on Manufacturing Systems, Brazil.

Nordic Co-operation (2020), The crisis could be a new dawn for platform-based working in the Nordic Region, Copenhagen.

Nowell, L. S. & Norris, J. M. & White, D. E. & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1–13.

Nurdoğan, A. K. & Bayar Türkoğlu, H. T. (2023). Beşerî Sermaye Yatırımları ile İş Gücü Verimliliği İlişkisinin Vektör Otoregresyon Modeli ile İncelenmesi. Verimlilik Dergisi, 57(3), 425-438. https://doi.org/10.51551/verimlilik.1231081

OECD. (2015). *Adressing the Tax Challenges of the Digital Economy.* Action 1: Final Report. G20 Base Erosion and Profit Shifting Project. Paris. https://www.oecd.org/en/publications/addressing-the-tax-challenges-of-the-digital-economy-action-1-2015-final-report_9789264241046-en.html

OECD. (2016). *New markets and new jobs background report 2016.* Digital Economy papers No. 255. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jlwt496h37l-en.pdf?expires=1732617711&id=id&accname=guest&checksum=7C0B6260D05B389E726C4D5E1B24184A

OECD. (2017). *Digital Economy Outlook*. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2017_9789264276284-en.html

OECD. (2019a). *Skills Strategy 2019 report.* https://www.oecd.org/en/publications/oecd-skills-strategy-2019_9789264313835-en/full-report.html

OECD. (2019b). *Preparing for the changing nature of work in the digital era.* OECD Going Digital Policy Note,. www.oecd.org/going-digital/changing-nature-of-work-in-the-digital-era.pdf.

OECD (2019c). *SME digitalisation: Enhancing the productivity and competitiveness of small and medium enterprises*. OECD Publishing.

OECD. (2021a). *OECD Employment Outlook 2021.* https://www.oecd.org/en/publications/oecd-employment-outlook-2021_5a700c4b-en.html

OECD. (2021b). *Building an effective adult learning system: Denmark*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9f3fdce6-en

OECD (2023). *Skills Outlook 2023: Thriving in a Digital World*. OECD Publishing.

Oyekunle, D. O. T. & Okwudili Matthew, U. & Bakare, K. M. & Fatai, L. O. & Asnui, O. (2024). Industry 5.0: A Paradigm Shift Towards Sustainability, Adaptability and Human-Centeredness. *David Oyekunle, Ugochukwu Okwudili Matthew, Kafayat Motomori Bakare, Lateef Olawale Fatai, Olasubomi Asuni*.

Özer, G. (2020). Eklemeli üretim teknolojileri üzerine bir derleme. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 9(1), ss 606–621. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/950193

Özsolak, Ö. (2019). Eklemeli imalat yöntemleri ve kullanılan malzemeler. *International Journal of Innovative Engineering Applications,* 3(1), ss. 9-14. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/791086

Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi,* 21(1), ss. 41-64 https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/416062

Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ile çalışma yaşamının geleceği.* Gece Kitaplığı.

Parviainen, P. & Tihinen, M. & Kääriäinen, J. & & Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: How to benefit from digitalization in practice. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 5(1), 63–77.

Polat, H. (2011). Türkiye ekonomisinde imalat sanayi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 1(2), ss. 24-39. https://dergipark.org.tr/tr/pub/duiibfd/issue/32248/357883

Pollack, E. R. & Sarrafian, G. A. & Grimm, M. J. (2021, July), What Do Mechanical Engineers Do? A Content Analysis of Mechanical Engineers' Job Descriptions Paper presented at 2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual Conference. 10.18260/1-2--38040

Rachinger, M. & Rauter, R. & Müller, C. & Vorraber, W. & Schirgi, E. (2019). Digitalization and its influence on business model innovation. *Journal of Manufacturing Technology Management,* 30(8) No. 8, ss. 1143-1160. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jmtm-01-2018-0020/full/pdf?title=digitalization-and-its-influence-on-business-model-innovation

Ridder, H. G. (2014). Qualitative Data Analysis. A Methods Sourcebook 3 rd Edition.

Rosnow, R.L. & Rosenthal, R. (2013). Quantitative methods and ethics. The Oxford Handbook of Quantitative Methods in Psychology, 1, ss, 32-55.

Rüßmann, M. & Lorenz, M. & Gerbert, P. & Waldner, M. & Justus, J. & Engel, P. & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston consulting group*, 9(1), ss. 54-89. https://web-assets.bcg.com/img-src/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf

Sakarinto, W. & Narazaki, H. & Shirase, K. (2011).A decision support system for capturing cnc operator knowledge," *Int. J. Automation Technol.*, Vol.5 No.5, pp. 655-662.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü. (2021). Makine sektörü analiz raporu ve kılavuzu TR83 bölgesi (Samsun, Amasya, Çorum, Tokat). Ankara. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/tr/makine-tr83-.pdf

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü. (2022). *Makine sektör raporu 2021*. https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sektor-raporlari/mu2511011409

Sandelowski, M. (2000), Combining Qualitative and Quantitative Sampling, Data Collection, and Analysis Techniques in Mixed-Method Studies. Res. Nurs. Health, 23, ss, 246-255.

Sarı, T. (2020). Endüstri 4.0 teknolojik olgunluk düzeyinin analitik hiyerarşi prosesi ile modellenmesi: gıda ve içecek imalat sektörü örneği. *Business & Management Studies: an International Journal*, 8(3), ss. 3526-3549. https://www.bmij.org/index.php/1/article/view/1597/1393

Saunders, B., Sim, J. & Kingstone, T. & Baker, S. & Waterfield, J. & Bartlam, B. & Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & quantity*, *52*, 1893-1907.

Schallmo, D. & Williams, C. A. & Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models—Best practice, enablers, and roadmap. *International Journal of Innovation Management*, 21(8), 1740014.

Schoonenboom, J. (2023, January). The fundamental difference between qualitative and quantitative data in mixed methods research. In *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* (Vol. 24, No. 1).

Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.

Sezen, H. K. & Şenaras, A. E. (2022). Dijitizasyon, dijitalizasyon, dijital dönüşüm kavramlarina ilişkin bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 51, ss. 49-59. https://dergipark.org.tr/tr/pub/pausbed/issue/70742/871440

Spiezia, V. (2017). Jobs and skills in the digital economy. *Organisation for Economic Co-operation and Development*. https://www.researchgate.net/publication/314262969

Srirengan, K. (1972). A systems approach to technician education and training, *The Vocational Aspect of Education,* 24:57, 23-28.

Sui, X. & Jiao, S. & Wang, Y. & Wang, H. (2024). Digital transformation and manufacturing company competitiveness. *Finance Research Letters,* 59. https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104683

Şakar, M. & Erkan Şahin, D. (2021). Esnek Çalışma Modellerinden Uzaktan Çalışma ve Uzaktan Çalışanların Sigortalılığı. Sosyal Güvenlik Dergisi (Journal of Social Security). 11(2). 249-267.

Silver, C., & Lewins, A. (2014). *Using Software in Qualitative Research: A Step-by-Step Guide* (2nd ed.). London: Sage Publications.

Subbiah, P., Tyagi, A. K., & Mazumdar, B. D. (2024). The future of manufacturing and artificial intelligence industry 6.0 and beyond. In *Industry 4.0, Smart Manufacturing, and Industrial Engineering* (pp. 347-362). CRC Press.

Tappscott, D. (2015). *The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intellience.* McGraw Hill. https://www.semanticscholar.org/paper/The-Digital-Economy%3A-Promise-and-Peril-in-the-Age-Tapscott-Babu/ea630c824aead80dacc6c3237a15213c440b7e1e

Tezel, T. & Topal, E. S. & Kovan, V. (2018). Hibrit imalat: Eklemeli imalat ile talaşlı imalat yöntemlerinin birlikte kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Internatıonal Journal Of 3d Prıntıng Technologıes And Dıgıtal Industry*, 2(3), ss. 60-65. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ij3dptdi/issue/40932/466869

Tilson, D. & Lyytinen, K. & Sørensen, C. (2010). *Research commentary—Digital infrastructures: The missing IS research agenda*. Information Systems Research, 21(4), 748-759.

Tuncay, C. & Ekmekçi, Ö. (2022). *İş hukuku dersleri* (18. Baskı). İstanbul: Beta Yayınları.

TÜSİAD. (2021). *Dijitalleşme ve Yeni Nesil Çalışma Modelleri Raporu*. Türkiye Sanayici ve İş İnsanları Derneği.

Türkiye İş Kurumu (İŞKUR). (2021). *Esnek çalışma modelleri rehberi*. Ankara: Türkiye İş Kurumu Genel Müdürlüğü.

UNCTAD. (2020). *Dünya Yatırım Raporu.* https://unctad.org/system/files/official-document/wir2020_en.pdf

UNESCO. (2021). *TVET delivery: providing innovative solutions.* https://unesdoc.unesco.org/ark: /48223/ pf0000380178.locale=en

Miçooğulları, S.Ü. (2018). Yeni ekonomide dijital emek. *International Journal of Labour Life and Social Policy*, 1(1), ss. 5-17. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/499655

Van Teijlingen, E., & Hundley, V. (2001). The importance of pilot studies. *Social research update*, (35), 1-4.

Veugelers, R. & Cassiman, B. (2005). R&D cooperation between firms and universities. Some empirical evidence from Belgian manufacturing. International Journal of Industrial Organization, 23 (5-6), ss. 355-379.

Vial, G. (2019). *Understanding digital transformation: A review and a research agenda*. The Journal of Strategic Information Systems, 28(2), 118–144.

Vittinghoff, E. & Shiboski, S. C. & Glidden, D. V. & McCulloch, C. E. (2005). Exploratory and descriptive methods. *Regression methods in biostatistics: linear, logistic, survival, and repeated measures models*, 7-27.

Weilkiens, T. (2015). Soft skill, in Model-Based system architecture. *John Wiley & Sons, Hoboken,* ss. 291-310.

Westerman, G. & Bonnet, D. & McAfee, A. (2011). Digital transformation: A roadmap for billion-dollar organizations. MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting.

Westerman, G. & Bonnet, D. & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.

Wiedicke, A. (2023). Ethical challenges in contemporary quantitative content analysis. *Studies in Communication and Media,* 12(4), ss, 354–376.

Williams-McBean, C. T. (2019). The value of a qualitative pilot study in a multi-phase mixed methods research. The Qualitative Report, 24(5), 1055-1064.

World Bank Group. (2019). *The changıng nature of work a flagship report. https://documents1.worldbank.org/curated/en/816281518818814423/pdf/Main-Report.pdf*

World Bank (2020). *World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains.*

World Economic Forum (WEF). (2017). *The global risks report 2017.* https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2017

World Economic Forum (WEF). (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf

Yalap, H. & Gazioğlu, M. (2023). Türk eğitim sisteminde dijitalleşmeye yönelik uygulamalar. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(ÖS), ss. 80-90. https://dergipark.org.tr/tr/pub/mjss/issue/80599/1301070

Yardımcı, A. & Müftüoğlu, E. B. (2015). Üniversite sanayi işbirliğine sanayi kesiminin bakışı. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi,* 70(4), ss. 815-838. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ausbf/issue/17221/180701

Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage publications.

Yorulmaz, H. & Özgül Ünsal, H. (2016). *Doğu Marmara makine ve teçhizat sektörü raporu.* https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/makine-sektor-raporu.pdf

Zhu, Z. & Dhokia, V. & Nassehi, A. & Newman, S.T. (2013). A review of hybrid manufacturing processes state of the art and future perspectives. *International Journal of ComputerIntegrated Manufacturing,* 26(7), ss. 596-615. https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/11219548/Newman_IJCIM_2013.pdf

Zhang, J., Yu, P.S. and Lv, Y. (2015), "Organizational chart inference", Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 1435-1444.

Zhuang C. & Liu J. & Xiong H. (2018). Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* 96, ss. 1149–1163. https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-018-1617-6

Zühlke D. (2010). Smart factory towards a factory of things. *Annual Reviews in Control,* 34(1), ss. 129-138. https://www.semanticscholar.org/paper/SmartFactory-Towards-a-factory-of-things-Z%C3%BChlke/924b7a60e4a64b0e78a3c3d55d804f5e223b9872

https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket Erişim Tarihi 27/10/2024

https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization Erişim Tarihi 15/08/2024

https://www.hamle.gov.tr/Files/dokumanlar/sts2023-web.pdf Erişim Tarihi 22/03/2024

https://esube.iskur.gov.tr/Meslek/meslekArama.aspx Erişim Tarihi 22/03/2024

https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekler/3/destekler Erişim Tarihi 10/08/2024

https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.4857.pdf Erişim Tarihi 12/07/2024

https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3308&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi 30/11/2024

https://www.myk.gov.tr Erişim Tarihi 25/11/2024

https://stat.unido.org/data/download?dataset=mtd Erişim Tarihi 29/09/2024

https://stat.unido.org/data/table?dataset=indstat&revision=4#data-browser Erişim Tarihi 17/07/2024

https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/59188d94-32e7-4028-b452-d9349a4c33e8/KKO Erişim Tarihi 20/09/2024

https://ticaret.gov.tr/destekler/ihracat-destekleri Erişim Tarihi 12/08/2024

https://iz.tuik.gov.tr/#/showcase/SC-2851FY777F34D2R/db-ad4cb56203nkfak?filters=18792%3D2023%2618792%3D2022%2618792%3D2021%2618792%3D2020%2618792%3D2019%2619259%3D84%20-%20Kazanlar%252C%20makinalar%252C%20mekanik%20cihazlar%20ve%20aletler%252C%20n%C3%BCkleer%20reakt%C3%B6rler%252C%20bunlar%C4%B1n%20aksam%20ve%20par%C3%A7alar%C4%B1&token=8d79727fff862a891ce574d27220bfebbf66fecd Erişim Tarihi 02/09/2024

https://tubitak.gov.tr/tr/destekler Erişim Tarihi 14/08/2024

EK

Ek 1: Mülakat Formu

1. Firmanız hangi alanda faaliyet gösteriyor, istihdam/üretim yapınız nasıldır? (İşgücü yoğun/Otomasyon/Her ikisi de) İhracat yapıyor musunuz?
2. Dijital dönüşüm sürecine ihtiyaç duyuyor musunuz? Dijital dönüşümden ne anlıyorsunuz (yazılım, donanım, her ikisi de)
3. Dijital dönüşüm sürecinde herhangi bir teşvik aldınız mı? Teşvikler ulaşılabilir mi? Hangi alanlara yatırım yaptınız?
4. Dijital dönüşüm en fazla hangi süreçleri dönüştürmektedir? (Üretim, operasyon, yönetsel süreçler)
5. Dijital dönüşüm istihdam ettiğiniz çalışan sayısını nasıl etkiledi?
6. Dijital dönüşüm sürecinde yeni mezun istihdam etmek ister misiniz?
7. Dijital dönüşümün uluslararası standartlardaki algısı, endüstrinin dijitalleşme süreci sonrasında ortaya çıkan işgücü taleplerini karşılayabilir mi, yoksa bu süreç sektörel bazda talep farklılıklarına mı yol açar?
8. Dijital dönüşüm süreci çalışanlarınıza duyduğunuz güveni nasıl etkiledi?
9. Dijital dönüşüm süreci iş sağlığı ve güvenliği politikalarınızı nasıl etkiledi? Yeni riskler öngörüyor musunuz?
10. Dijital dönüşüm sürecinin meslekler üzerindeki etkisini nasıl değerlendiriyorsunuz? Bu dönüşümün hangi meslek gruplarını artıracağını ya da azaltacağını düşünüyorsunuz?
11. Dijital dönüşüm sürecinde esnek çalışma modeline geçtiniz mi? Esnek çalışma modeli personelin çalışma saati, ücreti ve izinleri üzerinde bir değişikliğe neden olur mu? İşgücü piyasasına girişi kolaylaştırır mı? İşyeri bağlılığı, iletişim, motivasyon ve verimlilik üzerinde bir değişiklik oluşturur mu?
12. Dijital dönüşüm sürecinde firma olarak mevcut yapılanmanızı korumayı mı, farklılaştırmayı mı öngörüyorsunuz; bu süreçlerin işgücü üzerindeki etkilerine karşı bir tedbir programınız var mı ve çalışanlarınız bu değişime nasıl tepki veriyor?
13. Otomasyon teknolojilerinin üretim süreçlerinizde nasıl bir etkisi olduğunu düşünüyorsunuz? Bu bağlamda, üretim hattında insan gücü ile robotik sistemler arasında tercih yapmanız gerekse hangi unsurları dikkate alarak birini diğerine önceliklendirirsiniz?
14. Dijital dönüşüm süreçlerinin beşerî sermaye ile ilişkisini nasıl değerlendiriyorsunuz?

Ek 2: Anket Soru Formu

Bölüm 1: Demografik Bilgiler

1. Firmanız hangi ilde faaliyet göstermektedir?.....
2. Firmanızın ölçeği nedir?

50'den az çalışan		50-250'den az çalışan		250'den fazla çalışan	

3. Firmanız hangi yılda kuruldu?.....
4. Firmanızın üretim süreçleri ağırlıklı olarak hangi yapıya sahiptir?

İşgücü yoğun		Otomasyon yoğun		Her ikisi	

5. Firmanız ithalat yapıyor mu?

Evet		Hayır	

6. Firmanız ihracat yapıyor mu?

Evet		Hayır	

Bölüm 2: Dijital Dönüşümün Firma Genel Yapısına Etkisi

7. Firmanız Endüstri 4.0 teknolojilerini (ör. IoT, yapay zeka, büyük veri) kullanıyor mu?

Evet		Hayır		Kısmen	

8. Firmanızda genel olarak dijital dönüşüm sürecine geçmediyseniz geçmeyi düşünüyor musunuz?

Evet		Hayır		Dijital Sürece geçtim	

Buradan itibaren sadece dijital dönüşüm sürecinde olan firmaların yanıtlamasını rica ederiz.

9. Dijital dönüşüm süreci firmanızın üretim hacmine nasıl etki etti?

Üretim hacminde önemli bir artış sağlandı	
Üretim hacmini biraz artırdı	
Üretim hacminde önemli bir değişiklik oluşturmadı	
Üretim hacmini azalttı	

10. Firmanızın dijital dönüşüm sürecinde kullandığı başlıca finansman kaynakları nelerdir?

Öz sermaye	
Devlet teşvikleri	
Özel sektör hibeleri veya iş birlikleri	
Yabancı yatırımlar	
Diğer……	

11. Firmanız dijital dönüşüm sürecinde herhangi bir devlet teşviği kullandı mı?

Evet		Hayır	

12. Dijital dönüşüm sürecinde sağlanan teşviklere ulaşım sürecinizi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Çok kolay	
Kolay	
Fikrim Yok	
Zor	
Çok zor	

13. Firmanız için dijital dönüşüm hangi unsurları kapsamaktadır?

Yazılım		Donanım		Her ikisi	Diğer (yazınız)

14. Üretim hatlarında dijital dönüşümün en fazla dönüştürdüğü süreçleri yoğunluk derecesine göre belirtir misiniz? (1 en az, 5 en çok)

Üretim süreçleri					Operasyon Süreçleri					Yönetsel Süreçler					Diğer……				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Bölüm 3: Dijital Dönüşümün İstihdama Etkisi

15. Dijital dönüşüm süreci genel olarak istihdam ettiğiniz çalışan sayısına nasıl etki etti?

Artırdı		Azalttı		Etkilemedi	

16. Dijital dönüşüm firmanızda hangi mesleklerin talebini artırdı?

Otomasyon ve robotik uzmanı		Siber güvenlik uzmanı		Kalite kontrol elemanı
IoT uzmanı		E-ticaret uzmanı		Depo görevlisi
Yapay zeka uzmanı		Teknik personel		Veri giriş elemanı
Veri analisti		Kaynak işçisi		Teknik ressam
CAD-CAM mühendisi		Kalıpçı		Forklift operatör
ERP uzmanı		Montaj işçisi		İdari destek personeli
Mühendis		Makine operatörlüğü		Diğer Lütfen Belirtiniz

17. Dijital dönüşüm firmanızda hangi mesleklerin talebini azalttı?

Otomasyon ve robotik uzmanı		Siber güvenlik uzmanı		Kalite kontrol elemanı
IoT uzmanı		E-ticaret uzmanı		Depo görevlisi
Yapay zeka uzmanı		Teknik personel		Veri giriş elemanı
Veri analisti		Kaynak işçisi		Teknik ressam
CAD-CAM mühendisi		Kalıpçı		Forklift operatör
ERP uzmanı		Montaj işçisi		İdari destek personeli
Mühendis		Makine operatörlüğü		Diğer Lütfen Belirtiniz

18. Dijital dönüşüm firmanızda hangi yeni yetenek/beceri setlerini öne çıkardı? Lütfen önem derecesine göre işaretleyiniz. (1 en az, 5 en fazla)

	Hiç yok	1 en az	2	3	4	5 en fazla
Dijital teknoloji ve yazılım bilgisi						
Dijital üretim araçlarını kullanabilme						
Veri analizi ve büyük veri yönetimi						

Problem çözme ve inovasyon becerileri						
Esneklik ve uyum yeteneği						

19. Firmanızın dijital dönüşmü sürecinde en fazla yatırım yaptığı beceri gelişim alanları hangileridir?

Dijital üretim sistemleri eğitimi	Hiç yok	1 en az	2	3	4	5 en fazla
Robotik ve otomasyon eğitimi						
Veri analitiği ve büyük veri yönetimi						
Yazılım ve kodlama becerileri						
Dijital pazarlama ve e-ticaret						
Çalışan uyumu ve adaptasyon eğitimleri						
Diğer						

20. Dijital dönüşüm sürecine giren firmanızda yeni mezunları ne düzeyde istihdam etmek istersiniz? Lütfen işaretleyiniz.

1.İstihdam etmek istemem	
2.Az sayıda istihdam etmek isterim	
3.Orta düzeyde istihdam etmek isterim	
4.Çoğunlukla istihdam etmek isterim	
5.Tamamen istihdam etmek isterim	

21. Dijital dönüşüm ile firmanızda esnek çalışma modeline geçiş oldu mu?

Evet		Hayır		Kısmen	

22. Çalışanlarınızın dijital dönüşüm sürecine yaklaşımını nasıl değerlendiriyorsunuz?

1.Tamamen olumlu	
2.Çoğunlukla olumlu	
3.Kararsızım	
4.Çoğunlukla olumsuz	
5.Tamemen olumsuz	

23. Dijital dönüşüm süreci, çalışanlarınıza duyduğunuz güveni nasıl etkiledi?

1.Olumlu Etkiledi	
2.Olumsuz Etkiledi	
3.Etkisi Olmadı	

24. Dijital dönüşüm süreciniz iş güvenliği ve çalışan sağlığı politikalarınızı nasıl etkiledi?

1.Olumlu Etkiledi	
2.Olumsuz Etkiledi	
3.Bir Etkisi Olmadı	

25. Dijital dönüşüm süreci personelin izin yapısını nasıl etkiledi?

1.Olumlu Etkiledi	
2.Olumsuz Etkiledi	
3.Bir Etkisi Olmadı	

26. Dijital dönüşüm süreci, genel ücret maliyetlerinizi nasıl etkiledi?

1.Artırtı	
2.Azalttı	
3.Bir Etkisi Olmadı	

27. Dijital dönüşüm süreci çalışma süresini nasıl etkiledi?

1.Artırtı	
2.Azalttı	
3.Bir Etkisi Olmadı	

28. Dijital dönüşüm süreci personelin verimliliğini nasıl etkiledi?

1.Artırtı	
2.Azalttı	
3.Bir Etkisi Olmadı	

29. Dijital dönüşüm süreci personelin kendilerini ilgilendiren durumlarda katılım haklarını nasıl etkiledi?

1.Artırtı	
2.Azalttı	
3.Bir Etkisi Olmadı	

ÖZ GEÇMİŞ

Ad Soyad: Nazan ÇETİNKAYA	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniversitesi
Fakülte	İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Bölümü	Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri
Yüksek Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniversitesi
Enstitü Adı	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri
Programı	Çalışma Ekonomisi ve Sosyal Siyaset

Makale ve Bildiriler

1.2021 Orta Doğu Uluslararası Çağdaş Bilimsel Araştırmalar Konferansı-V "Dijital Çağda Geleceğin Meslekleri" konulu bildiri

2.2021 Trakya Üniversiteler Birliği V. Lisansüstü Öğrenci Kongresi 2021 Kasım 4-5, "Geçmişten Günümüze Çalışan Şikayetlerinin ve Çözüm Mekanizmalarının Değişimi"

3.Selek Öz ,C. & Budak, N.(2017). Bankacılık sektöründe iş güvencesi ve ücretin örgütsel bağlılığa etkisi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(51), 1101-1108.

4.İslamoğlu, E. & Yiğit, Y. & Budak N. (2020). Türkiye'de engelli bireylerin çalışma koşulları üzerine bir araştırma. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 18(37), 471 – 497.

5.Budak, N., & Özçelik, A. (2022). Devletin Dijitalleşmesini Tartışmak: Dijital Hükümet Literatürü Üzerine Bibliyometrik Bir Analiz. *Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies,* 9(1), 62-82. https://doi.org/10.34232/pjess.1110639

6.Budak Çetinkaya, N. (2022). Beşerî Sermaye ve Dijitalin Tematik Dönüşümü: WoS Tabanlı Bir Bibliyometrik Analiz. Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD) , 14 (27) , 361-380 . DOI: 10.20990/kilisiibfakademik.1156749

7.Akın F. & Budak N. & Gökdoğan Y. & Muslu İ. & Aygün B. & Karaca G. (2019). "Sakarya'nın Sosyo-Ekonomik Analizi – III (2016-2017)". (ed. M. Çağlar Özdemir), Sakarya Yayıncılık, Birinci Baskı.

8.Budak, N. (2021). "Geleceğin Meslekleri ve Dijital Beceriler". Çalışma Ekonomisi Seçme Yazılar V, (ed. Cihan Selek Öz), Değişim Kitabevi, Birinci Baskı.