KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TOPLAM KALİTE YÖNETİMİNİN ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİ İLE ETKİLEŞİMİNİN ANALİZİ

ŞEMSİ KAMİLE CANBAY

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TOPLAM KALİTE YÖNETİMİNİN ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİ İLE ETKİLEŞİMİNİN ANALİZİ

ŞEMSİ KAMİLE CANBAY

Doç.Dr. Gülşen AKMAN		
Danışman,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Prof.Dr. Zerrin ALADAĞ		
Jüri Üyesi,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Prof.Dr. Semra BORAN		
Jüri Üyesi,	**Sakarya Üniversitesi**	**.....**
Prof.Dr. Semra BİRGÜN		
Jüri Üyesi,	**Gedik Üniversitesi**	**.....**
Dr.Öğr. Üyesi Atakan ALKAN		
Jüri Üyesi,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**

Tezin Savunulduğu Tarih: 04.01.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması kapsamında sanayi devrimi niteliğinde sürekli değişimin radikal bir ilerlemesi olarak tanımlanan Endüstri 4.0'ın ve bileşenlerinin, en yaygın yönetim modeli uygulaması olan Toplam Kalite Yönetimi ile etkileşimi ele alınmıştır.

Sırasıyla, Toplam Kalite Yönetimi tarihçesi, Toplam Kalite Yönetimi ve özelde prensipleri ve uygulamaları çalışılmış, Endüstri 4.0'ın temel unsurları ve uygulamaları araştırılmış, daha sonra Toplam Kalite Yönetimi prensiplerinin Endüstri 4.0 ortamındaki konumunu ortaya koyan bir model çalışması yapılmıştır. ISO 9001:2015 TKY Prensipleri'nin Endüstri 4.0 uygulayan işletmelerdeki uygulanma seviyesi araştırılarak ortaya çıkan bilgiler sonuçlar ve öneriler kısmında yer almıştır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesine katkıda bulunan taraflara, özellikle destek ve yönlendirmelerde sürekli yanımda olan danışman hocam Doç. Dr. Gülşen Akman'a, danışma kurulu üyeleri hocalarım Prof. Dr. Zerrin Aladağ'a, Prof. Dr. Semra Boran'a ve uygulama çalışmalarına destek veren özel sektör yöneticilerine, uzmanlarına teşekkür eder, saygılar sunarım.

Ocak 2021 Şemsi Kamile CANBAY

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ 3
1.1. Kalitenin Tanımı 3
1.2. Toplam Kalite Yönetiminin Tarihsel Gelişimi 4
1.2.1. Kalite muayenesi 5
1.2.2. Kalite kontrol ve toplam kalite kontrol 6
1.2.3. Kalite güvence 7
1.2.4. Toplam Kalite Yönetimi (TKY) 7
1.3. TKY'nin Amacı 9
1.4. Toplam Kalite Öncüleri 9
1.4.1. Armand V. Feigenbaum 9
1.4.2. W. Edwards Deming 9
1.4.3. Joseph M. Juran 10
1.4.4. Philip B. Crosby 11
1.4.5. Kaoru Ishikawa 12
1.4.6. Shiego Shingo 12
1.4.7. Masaaki Imai 12
1.4.8. Genchi Taguchi 13
1.4.9. Walter A. Shewhart 13
1.5. Toplam Kalite Yönetimi'nin İlk Aşamalarında TKY Prensipleri 13
1.6. TKY Prensipleri Konusunda Yapılan Çalışmalar 15
1.7. ISO 9001 TKY Prensipleri 31
1.7.1. Müşteri odaklılık 31
1.7.2. Liderlik 33
1.7.3. Çalışanların katılımı 34
1.7.4. Süreç yaklaşımı 35
1.7.5. İyileştirme 36
1.7.6. Kanıta dayalı karar verme 38
1.7.7. İlişki yönetimi 39
1.8. Toplam Kalite Yönetimi Araçları 41
1.9. Toplam Kalite Yönetimi Teknikleri 43
1.10. Toplam Kalite Yönetimi Kısıtları ve Bazı Eleştiriler 44
2. ENDÜSTRİ 4.0 46
2.1. Endüstri 4.0 ve Sanayi Devrimleri 46
2.1.1. Birinci Sanayi Devrimi 47
2.1.2. İkinci Sanayi Devrimi 47
2.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi 48
2.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi 48
2.2. Endüstri 4.0'ın Tanımı 48
2.3. Endüstri 4.0'ın Karakteristikleri, Dijital Dönüşüm Elementleri 52
2.3.1. Büyük Veri Analitiği (Big Data) 52

2.3.2. Bulut bilişim sistemleri 52
2.3.3. Otonom robotlar 53
2.3.4. Eklemeli üretim 53
2.3.5. Artırılmış gerçeklik 54
2.3.6. Yapay zeka 54
2.3.7. Simülasyon 55
2.4. Endüstri 4.0'ın Kilit Bileşenleri 55
2.4.1. Siber fiziksel sistemler (CPS-Cyber Physical Systems) 55
2.4.2. Nesnelerin interneti (IoT-Internet of Things) 56
2.4.3. Hizmetlerin interneti (IoS- Internet of Services) 57
2.4.4. Akıllı fabrika 57
2.5. Endüstri 4.0'ın Değer Zincirleri 59
2.5.1. Yatay değer zinciri 59
2.5.2. Dikey değer zinciri 60
2.6. Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar 61
2.7. Endüstri 4.0'la Beklenen Değişimler 65
2.8. Endüstri 4.0'ın Olumlu Etkileri, İhtiyaçlar ve Zorluklar 67
2.8.1. Endüstri 4.0'ın olumlu etkileri 67
2.8.2. Endüstri 4.0'ın zorlayıcı unsurları 68
2.8.3. Endüstri 4.0'da ihtiyaçlar 69
3. ENDÜSTRİ 4.0 ORTAMINDA TKY PRENSİPLERİNİN DURUMU 72
3.1. Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrika Çerçevesinden TKY Prensiplerinin Yeni Durumu 79
3.1.1. Müşteri odaklılık ilkesi ve Endüstri 4.0 79
3.1.2. Liderlik ilkesi ve Endüstri 4.0 79
3.1.3. Çalışanların katılımı ilkesi ve Endüstri 4.0 80
3.1.4. Süreç yaklaşımı ilkesi ve Endüstri 4.0 83
3.1.5. İyileştirme ilkesi ve Endüstri 4.0 83
3.1.6. Kanıta dayalı karar verme ilkesi ve Endüstri 4.0 85
3.1.7. İlişki yönetimi ilkesi ve Endüstri 4.0 87
3.2. TKY Prensipleri ve Uygulamalarının Endüstri 4.0 Ortamındaki Durumuna Dair Modelleme 88
4. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ, MALZEME VE YÖNTEM 94
4.1. Endüstri 4.0 Ortamında TKY Prensiplerinin Durumu Araştırması 95
4.1.1. Anket formunun geliştirilmesi 95
4.1.2. Araştırma analizi yöntemi 97
4.1.3. Araştırma sonuçları 99
4.1.3.1. Ankete katılanlara ait demografik özellikler 100
4.1.3.2. Ankete katılanlara ait Endüstri 4.0 ile ilgili değerlendirmeler 101
4.1.3.3. Faktör analizi ve güvenilirlik analizi sonuçları 103
4.2. Endüstri 4.0 Ortamında TKY Prensiplerinin Birbirleriyle İlişkisinin Araştırılması 114
4.2.1. Bulanık DEMATEL Yöntemi 114
4.2.2. Bulanık DEMATEL yönteminin probleme uyarlanması 117
5. BULGULAR VE TARTIŞMA 122
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 131
KAYNAKLAR 137
EKLER 154
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 161
ÖZGEÇMİŞ 162

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kalite uygulamalarının evrimi 5
Şekil 1.2. Sürekli gelişim döngüsü 37
Şekil 2.1. Endüstri devrimlerinin şematik gösterimi 46
Şekil 2.2. Endüstri 4.0 bileşenleri 50
Şekil 2.3. 2017-2022'de işletmelerin beklediği Endüstri 4.0 dijitalleşme 60
Şekil 2.4. Üç tip entegrasyonun ve ilişkilerinin bir resmi 61
Şekil 2.5. Endüstri 4.0'da akıllı fabrika çerçevesi.....62
Şekil 3.1. Endüstri 4.0 ve TKY prensipleri karar akış şeması 90
Şekil 3.2. Bir akıllı fabrikada TKY prensiplerinin durumu 91
Şekil 3.3. Literatürde öne çıkan TKY uygulamalarının Endüstri 4.0 içindeki konumu 92
Şekil 3.4. TKY Prensiplerinin Endüstri 4.0 içindeki konumu 93
Şekil 4.1. Bulanık DEMATEL sonucunda etkileyen ve etkilenen faktörler.....121
Şekil 5.1. Endüstri 4.0 uygulamalarına yeni başlamış işletmelerde TKY prensiplerinin yeni durumu 129

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Klasik kalite kontrol ve toplam kalite kontrol karşılaştırması 7
Tablo 1.2. TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi 21
Tablo 1.3. TKY kapsamındaki yayınlarda tanımlanmış TKY uygulamaları 28
Tablo 1.4. TKY uygulamaları.....29
Tablo 1.5. ISO 9001:2015 TKY Prensipleri ve öne çıkan ilişkili TKY uygulamaları.....40
Tablo 1.6. TKY araçları.....41
Tablo 1.7. TKY teknikleri.....43
Tablo 1.8. TKY eleştirilerinin bir analizi 45
Tablo 2.1. Endüstri 4.0 bileşenleri için literatür incelemesi 51
Tablo 2.2. Akıllı fabrika ve geleneksel üretim hattı karşılaştırması 63
Tablo 3.1. Üretim devriminin gelişimi (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017) 72
Tablo 3.2. Endüstri 4.0 uygulamaları, yönetim ve kalite konularını birlikte ele alan çalışmalar.....75
Tablo 3.3. Endüstri 4.0 uygulamalarının ISO 9001:2015 TKY prensiplerine etkisine işaret eden literatür analizi 89
Tablo 4.1. Likert ölçeği.....97
Tablo 4.2. Değişkenlerin kodlanması 97
Tablo 4.3. İşletmede çalışılan pozisyon 100
Tablo 4.4. İşletmede çalışılan süre 100
Tablo 4.5. İşletmenin faaliyette bulunduğu sektör 100
Tablo 4.6. Firmaların büyüklükleri 101
Tablo 4.7. İşletmede Endüstri 4.0 uygulanma durumu 101
Tablo 4.8. Endüstri 4.0 uygulamaları için özel olarak kurulmuş bir birim / departman varlığı.....101
Tablo 4.9. IoT Oranı.....102
Tablo 4.10. Akıllı fabrika uygulaması oranı 102
Tablo 4.11. İnsansız işlemler oranı 102
Tablo 4.12. Müşteri odaklılık için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları.....103
Tablo 4.13. Liderlik için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları 103
Tablo 4.14. Çalışanların katılımı için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları.....103
Tablo 4.15. Süreç yönetimi için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları.....104
Tablo 4.16. İyileştirme için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları.....104
Tablo 4.17. Kanıta dayalı karar verme için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları.....104
Tablo 4.18. İlişki yönetimi için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları.....105
Tablo 4.19. IoT oranı ve TKY prensipleri için korelasyon analizi 107
Tablo 4.20. TKY prensipleri için korelasyon tablosunun analiz sonuçları 108
Tablo 4.21. Akıllı fabrika oranı ve TKY prensipleri için korelasyon analizi 109
Tablo 4.22. Müşteri odaklılık değişkenine ait belirleyici istatistikler.....110
Tablo 4.23. Liderlik değişkenine ait belirleyici istatistikler 110
Tablo 4.24. Liderlikte yeni ihtiyaçlar değişkenine ait belirleyici istatistikler.....110

Tablo 4.25. Çalışanların katılımı değişkenine ait belirleyici istatistikler 111
Tablo 4.26. Süreç yaklaşımı değişkenine ait belirleyici istatistikler 111
Tablo 4.27. İyileştirme değişkenine ait belirleyici istatistikler 111
Tablo 4.28. Kanıta dayalı karar verme değişkenine ait belirleyici istatistikler.....112
Tablo 4.29. İlişki yönetimi değişkenine ait belirleyici istatistikler 112
Tablo 4.30. TKY Prensipleri için ortalama değerler 112
Tablo 4.31. Kalite teknikleri ile ilgili belirleyici istatistikler.....113
Tablo 4.32. Kalite araçları ile ilgili belirleyici istatistikler.....113
Tablo 4.33. Üçgensel bulanık sayılar (Chen, 2000).....117
Tablo 4.34. Bulanık direk ilişki matrisi 118
Tablo 4.35. Normalize direk ilişki matrisi 118
Tablo 4.36. Toplam ilişki matrisi.....119
Tablo 4.37. Bulanık D_i, R_i, D_i+R_i ve D_i-R_i değerleri 120
Tablo 4.38. Durulaştırılmış D_i+R_i, D_i-R_i değerleri 120
Tablo 5.1. TKY Prensiplerinin Endüstri 4.0'daki durumu ile araştırma sonuçlarını karşılaştırma tablosu 126

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AGV : Automated Guided Vehicles (Otomatik Yönlendirmeli Araçlar)
BT : Bilişim Teknolojisi
CNC : Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
CPS : Cyber Physical System (Siber Fiziksel Sistem)
CPPS : Cyber Physical Production Systems (Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri)
ÇK : Çalışanların Katılımı
ERP : Enterprise Resource Management (Kurumsal Kaynak Planlama)
FMEA : Failure Mode Effect Analysis (Hata Modu Etki Analizi)
FTA : Failure Tree Analysis (Hata Ağacı Analizi)
HMI : Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
IaaS : Infrastructure-as-a-Service (Hizmet Altyapısı)
ICT : Information Communication Technologies (Bilgi ve İletişim Teknolojileri)
IoT : Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
IoS : Internet of Services (Hizmetlerin İnterneti)
ISM : Interpretive Structural Modelling (Yorumlayıcı Yapısal Modelleme)
ISO : International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)
IWN : Internet Wifi Network (Internet Wifi Ağı)
İ : İyileştirme
İY : İlişki Yönetimi
JIT : Just In Time (Tam Zamanında)
KMO : Kaiser-Meyer-Olkin Measure
KDK : Kanıta Dayalı Karar Verme
L : Liderlik
LYİ : Liderlikte Yeni İhtiyaçlar
MICMAC : Impact Matrix Cross-Reference Multiplication Applied to a Classification
MO : Müşteri Odaklılık
MBNQA : Malcolm Baldrige National Quality Award (Malcolm Baldridge Ulusal Kalite Ödülü)
QR : Quick Response (Çabuk Tepki)
Paas : Platform-as-a-Service (Hizmet Platformu)
PDCA : Plan-Do-Check-Act (Planla, Yap, Doğrula, Karar Ver)
PDSA : Plan-Do-Study-Act (Planla-Yap-Çalış-Önlem Al)
RFID : Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı İle Tanıma)
SaaS : Software-as-a-Service (Yazılım Platformu)
SPC : Statistical Process Control (İstatistiksel Proses Kontrol)
Std : Standart
SY : Süreç Yönetimi
TKY : Toplam Kalite Yönetimi
TPM : Total Productive Maintenance (Toplam Verimli Bakım)
TSE : Türk Standartları Enstitüsü

TOPLAM KALİTE YÖNETİMİNİN ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİ İLE ETKİLEŞİMİNİN ANALİZİ

ÖZET

İlk üç sanayi devrimi yeni teknolojik gelişmelerle her seferinde insan merkezli uygulamalara yepyeni boyutlar getirmiştir. Dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0'da insanla yapılan pek çok iş, otomasyona ve teknolojiye dayalı sistemlere ve hatta robotlara devredilmekte, tekrarlı ve hata kabul etmeyen işlemler bu insansız sistemlerle neredeyse sıfır hata ile yapılmaktadır. Bu gelişmelerin etkisi ile Endüstri 4.0, bir yandan işletmelere oldukça etkin kaynak yönetimi sağlarken, bir yandan da pek çok kilit taşını yerinden oynatmaya hızla devam etmektedir. Bu açıdan, yönetim sistemlerinin de değişime uğrayacağı aşikârdır. Benzer nedenlerle, Endüstri 4.0, halen işletmelerde yaygın olarak kullanılan ve yönetim uygulamalarından olan Toplam Kalite Yönetimi (TKY) uygulamalarını ve prensiplerini köklü olarak etkileyecektir. Değişimler, yönetimin uygulamada kullanması gereken prensiplerin konumuna ve etkisine farklı bir yön vermektedir. Bazı TKY prensipleri, geliştirilen teknoloji ve sistemlerle, organizasyonda uygulaması tam olarak garanti altına alınmış ve sistemin kendiliğinde var olması sağlanmış "doğal yönetim bileşenleri" haline gelmiştir. Bazı prensipleri uygulamak kolaylaşırken, bazı TKY prensiplerinin ve uygulamalarının da işletme yönetimi açısından yeniden konumlanması gerekebilir.

Bu nedenle bu çalışmada, kapsamlı bir TKY ve Endüstri 4.0 literatür araştırması ve analizinin ardından TKY prensiplerinin Endüstri 4.0 uygulaması yapan işletmelerdeki durumu ve etkileşimi, ISO 9001:2015 TKY Prensipleri çerçevesinden hem bir modelleme yapılmış hem de anket çalışması yapılarak TKY prensiplerinin Endüstri 4.0 ortamındaki değişimlerini belirlemeye yönelik olarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca TKY prensiplerinin Endüstri 4.0 ortamındaki etkileşimlerini belirlemeye yönelik bulanık DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Tez sonucunda IoT ve akıllı fabrika uygulamaları ile TKY prensipleri arasında ilişki tespit edilmiş, kanıta dayalı karar verme, iyileşme ve süreç yönetimi prensiplerinin Endüstri 4.0'la çok daha kolay uygulandığı, liderlik ve çalışanların katılımı prensiplerinin gelişmeye devam ettiği ve yeniden yorumlanması gerektiği, ilişki yönetimi prensibinin henüz yeterli düzeyde bir gelişime ulaşmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Fabrika, Endüstri 4.0, TKY, TKY Prensipleri, TKY Uygulamaları.

ANALYSIS OF INTERACTION BETWEEN TOTAL QUALITY MANAGEMENT AND INDUSTRY 4.0 COMPONENTS

ABSTRACT

The first three industrial revolutions have brought brand-new dimensions to human-centered applications with its new technological developments. With Industry 4.0 which is called fourth industrial revolution, many human-made business systems were transferred to automation, technology based systems and even to robots. These unmanned systems provided almost error-free operations at repeated processes and at critical process steps. It continues rapidly to move many milestones and key factors in sectors. From this point of view, it is obvious that the management systems will also change. For similar reasons, Industry 4.0 will radically influence Total Quality Management (TQM) principles and applications, which are currently widely used in enterprises as part of management practices. The changes provided with Industry 4.0, give a different direction to the position of and impact of TQM applications and principles. Some TQM principles and applications have become "natural management components" of the system with new techologies and technological systems which assure their existance. While the execution of some TQM applications and principles have become rather easy, some TQM applications and principles should be repositioned in terms of business management.

That's why, after a comprehensive literature research and analysis related to TQM and Industry 4.0, both modelling and a survey and its statistical analysis have been applied to detect and define the status of TQM Principles in Industry 4.0 envirenment. Additionally, the interaction among TQM principles in Industry 4.0 envirenment has been examined. The thesis ends with findings and suggestions. In the end of the thesis, a relation was detected between IoT, smart factory and TQM principles. Accordingly, Industy 4.0 supports high level of applications of evidence-based decision making, improvement and process management principles while leadership and employee participation shall need new approaches and relationship management has not reached out efficent application yet.

Keywords: Smart Factory, Industry 4.0, TQM, TQM Principles, TQM Applications.

GİRİŞ

Yönetim, evrensel bir olaydır. Her tür organizasyon, diğer bir ifade ile örgüt, yönetimle ilgilidir çünkü çabaları belirli bir amaca doğru yönlendirir ve yardım eder. Yönetim tarihinde, kilit kişiler yönetime çok çeşitli tanımlar getirmişlerdir. Harold Koontz,

> "Yönetim, formal organize bir gruptaki insanlarla ve insanlar aracılığı ile işleri yoluna koyma sanatıdır. Yönetim, insanların grup hedeflerine ulaşma yolunda iş birliği yapabildiği bunu gerçekleştirebildiği bir ortam yaratma sanatıdır" der (Manichander ve Manjula, 2015).

Taylor, yönetimi şöyle tanımlamıştır;

> "Yönetim ne yapılacağını ne zaman yapılacağını ve en iyi ve en ucuz şekilde yapıldığını bilme sanatı" (Manichander ve Manjula, 2015).

Dünyadaki en geniş uygulamalı yönetim modellerinden biri olan Toplam Kalite Yönetimi (TKY), örgütsel performansta sürekli iyileştirmeler elde etmek için uygulanmaktadır (Gharakhani ve diğ., 2013). Endüstri 4.0 uygulamaları, sadece çıktılarda değil süreçlerde de ortaya koyduğu verimlilik ve kalite iyileştirmeleri sağlar.

Endüstri 4.0, 2011 yılında "Hannover Messe" de Almanlar tarafından ilk kez sunulmuştur (Lee, 2013). O zamandan beri, Endüstri 4.0, sadece teknolojide değil, ürün ve hizmetlerin son kullanıcıları olarak günlük yaşamımızda da giderek daha fazla değişiklik yaptı. Endüstri 4.0'ın işletmelere uygulanması, TKY uygulamaları ve prensiplerinde de etkileşim yapmış olması beklenmelidir.

Bu çalışmada, TKY prensipleri ve uygulamaları, Akıllı Fabrika konseptine özel atıfla, Endüstri 4.0 ile bağlantılı olarak tartışılmış ve değerlendirilmiştir. Ortaya konulan teorik araştırma ve tespit ile, Endüstri 4.0'ın, TKY uygulamaları ve nihayetinde TKY prensipleri üzerinde olumlu ya da olumsuz bir şekilde etkileri olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmayı ileri taşıyan sorgulama, liderlerin rolleri, çalışan bağlılığı, üretimde takım çalışmasının Endüstri 4.0 ile geldiği noktadaki belirsizlikleridir ki bunlar, TKY'nin en etkili uygulamalarındandır (Hung ve diğ., 2011), (ISO Quality Booklet, 2015).

Bu çalışma, Toplam Kalite Yönetimi, Endüstri 4.0; TKY ve Endüstri 4.0 etkileşimi ve model oluşumu, pilot araştırma ve sonuçların eşleştirildiği bulgular ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

TKY bölümünde kalite, toplam kalite ve TKY tarihçesi, TKY öncüleri, TKY uygulamaları ve prensiplerinin gelişimi literatür araştırmaları üzerinden incelenmiş, araştırılmış ve analiz edilmiş, TKY Prensipleri ISO 9001:2015 prensipleri üzerinden açıklanmış, TKY araç ve teknikleri tanımlanarak, TKY prensipleri ve uygulamalarındaki kısıtlar ve eleştiriler ortaya koyan araştırmalar analiz edilmiştir.

Ardından, endüstri devrimleri, çok kısa olarak açıklandıktan sonra, Endüstri 4.0, mevcut araştırma ve incelemeler de göz önünde bulundurularak yapısı kapsamlı olarak ele alınmıştır. Bu bölümde, Endüstri 4.0'ın en önemli ve diğer tüm bileşenlerini içinde barındıran "akıllı fabrikalar" ayrıca araştırılarak açıklanmıştır. Endüstri 4.0'ın faydaları ve zorlukları incelenmiştir.

Endüstri 4.0'ın TKY ve özelde TKY prensiplerine etkisini tespit eden model, 3. bölümde yer almıştır. Bu bölümde, TKY prensipleri ve öne çıkan ilişkili TKY uygulamalarındaki değişimler, Endüstri 4.0 boyutunda tek tek ele alınarak "Endüstri 4.0 ve akıllı fabrika" çerçevesinden değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Endüstri 4.0 ve TKY prensipleri, bilimsel bir modele oturmuştur.

Endüstri 4.0 ile TKY prensipleri ve araçları arasındaki etkileşimi araştıran ve aynı zamanda modelin gerçekteki durumunu belirlemeyi destekleyen saha araştırması ve bulguları, 4. bölümde yer alan metodoloji, malzeme ve yöntemleri ile açıklanarak 5. bölümde bulgular ve tartışma başlığında aktarılmıştır. Teze ait sonuçlar ve öneriler 6. bölümdedir.

Tezin amacı günümüzde halen en geçerli yönetim modeli olan Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ile Endüstri 4.0'ın bileşenlerinin etkileşimini bilimsel metodlar kullanarak analiz etmektir.

1. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ

1.1. Kalitenin Tanımı

Kalite, Latince kökenli bir kelime olup, bir şeyin nasıl oluştuğu anlamına gelen “qualitas” sözcüğünden türemiştir. Kalite kavramı, anlam olarak kullanım amacına göre farklılıklar gösterir. Birçok kişiye göre kalite; “lüks”, “pahalı”, “ender bulunan”, “üstün”, “benzerlerinden farklı ve daha olumlu niteliklere sahip olan” kavramları ile ifade edilmektedir. Kalite, kişiye hitap eden bir olgu olduğu için tanımları da kişiden kişiye farklılıklar göstermektedir. Bazı yazarlar kaliteyi “şartlara uygunluk derecesi” bazıları da “mal ya da hizmetin belirli bir ihtiyacı karşılayabilme derecesi” olarak ifade etmektedirler.

Japon yönetim bilimi ve kalite uzmanı Kaoru Ishikawa kaliteyi şu şekilde tanımlamaktadır: “Dar anlamda kalite, ürün kalitesi demektir. Geniş anlamda kalite iş kalitesi, hizmet kalitesi, iletişim kalitesi, proses kalitesi, firma kalitesi, hedeflerin kalitesidir” (Ishikawa, 1995).

Dünya çapındaki kuruluş ve uzmanların kalite ile ilgili tanımlamalarından bazıları şunlardır:

“Kalite, kusursuzluk anlayışına sistemli bir yaklaşımdır. Kalite kullanıma uygunluktur.” (J. Joseph Juran, 1988).

“Kalite, şartlara uygunluktur. Kalite bedelsizdir, mutlaka kendini öder.” (Philip Crosby,1979).

“Kalite, müşterinin gelecekteki beklentilerinin doğru tahminine göre yapılan yeniliklerdir.” (W. Edwards Deming, 1986).

“Kalite hiçbir zaman tesadüfi değildir; ona hep bilinçli çabalar sonucu ulaşılır.” (John Ruskin, 1853).

“Ürünün sevkiyat sonrasından itibaren toplumda sebep olduğu en az zarardır.” (Bryne and Taguchi, 1986).

“Kalite; doğru ürün ya da hizmeti, müşterinin eline doğru zamanda ve doğru fiyatla koymaktır.” (Charles A. Mills, 1989).

Müşterinin beklentisini karşılayan ve kullanımı devam eden toplam ürün ve hizmet ve bakımının bütünüdür (Feigenbaum, 1991).

Yukarıdaki tanımlarda, Taguchi’nin tanımı hariç diğerlerinin tanımlarında en çok öne çıkan konu, müşterinin sesine kulak vererek, ihtiyaçları ve beklentilerini karşılamadır. Taguchi, kaliteyi, toplumun maruz kalacağı zarar riski üzerinden tanımlamıştır.

Feigenbaum ve Deming’in kalite tanımında işaret ettikleri detayda, beklenen çıktıları elde etmek için sürekli gelişim gerekliliği vardır. Zira şartlara veya gereksinimlere uygunluk, her koşulda sürekli bir adaptasyon gerektirir. Bu adaptasyon ihtiyacı, müşteri şartları ve ihtiyaçları değiştikçe veya müşterinin ihtiyaçları daha ileri beklentilere doğru yol aldıkça, işletmenin, şartları karşılayabilmek için sürekli gelişmek zorunda olmasından dolayıdır.

Müşteri şartlarını karşılama, ürün ve hizmetlerin fonksiyonel özelliklerini kısıtlamaz. Örneğin çocukların ilgi duyduğu bir ürünün kalitesi, onun fonksiyonundan ziyade sahip olmakla daha fazla ilişkilidir. Benzer şey antika sektöründe de giyim sektöründe de veya statü sembolündeki bazı arabalar için de geçerlidir. Burada “sahip olmak”, müşteri ihtiyacını en öncelikli karşılayan unsurdur. Zira müşteri ürünü değil markayı ya da ürüne sahip olmakla elde edeceği statüyü satın alma ihtiyacındadır (Oakland, 2014).

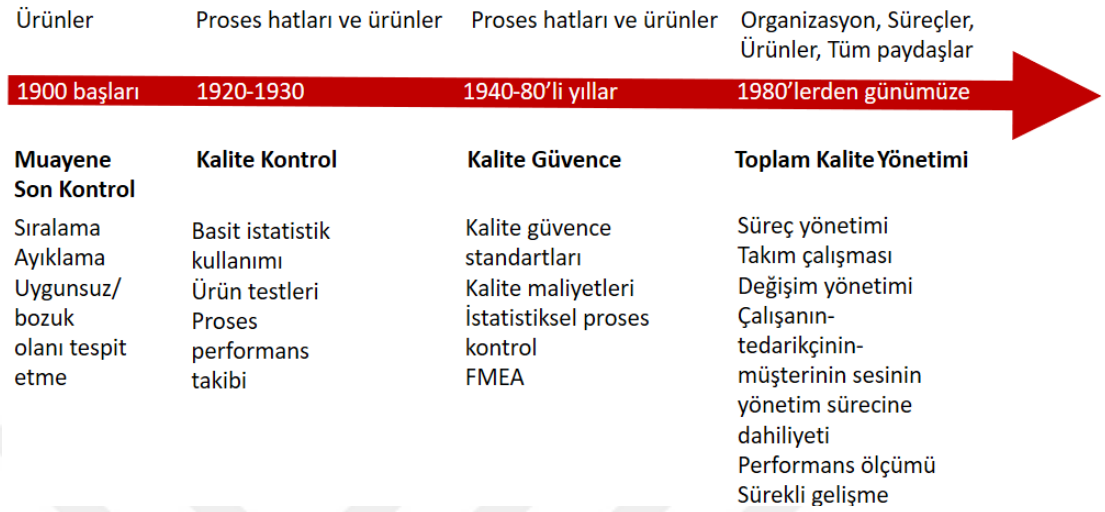
Kalite tanımından da anlaşıldığı üzere Feigenbaum, pek çok kalite probleminin hem üründen hem de imalat prosesinden kaynaklandığını belirtmiş, fikir aşamasından ilk ürün teslimine dek ilgili tüm süreç aşamalarının ve devam eden konuların kalite kapsamında olduğunu açıklamıştır (Beckford, 2017).

1.2. Toplam Kalite Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

TKY’nin tarihsel gelişimi dört aşamada gerçekleşmiştir (Dahlgaard ve diğ., 2002). Bu aşamalar aşağıdaki gibidir;

- Kalite Muayenesi
- Kalite Kontrol
- Kalite Güvence
- Toplam Kalite Yönetimi

Şekil 1.1, kalite uygulamalarının 1900'lü yılların başından itibaren gelişim sürecini gösterir.



Şekil 1.1. Kalite uygulamalarının evrimi (Dale 2003'den uyarlanmıştır)

Kalite kavramı, dönüşüm süreci içinde önce "toplam kalite" kavramını almış daha sonra bu, bilimsel yöntemlerin, rekabetin artması ile birlikte "toplam kalite yönetimi" kavramına evrilmiştir.

Aşağıdaki bölümlerde kalitenin tarihçesi hakkında kısa bilgiler verilmiş ve yanı sıra, toplam kalite kontrolden toplam kalite yönetimine geçiş de, tarihsel perspektiften ele alınmıştır.

1.2.1. Kalite muayenesi

Fredrick W. Taylor, muayene faaliyetlerini odaklayan kalite muayenesi döneminin ana kurucusudur (Garvin, 1988).

Bu dönemde geleneksel olarak kalite, muayene amaçlıdır ve üretim imalatındaki hataları tespit etmekte kullanılan bir ölçüm yöntemi olarak ele alınmıştır. Kalite muayenesi döneminde kalitenin öncelikli prensibi iyiyi kötüden ayırmak ve düzeltici faaliyet yaparak kalitede sürekli gelişme sağlamak olmuştur. Kalite muayenesi döneminde, kalite ile ilgili anlayış ürünün standartlara uygunluğunu sağlamakla sınırlı olmuştur. Her işçinin kendisine düşen işi en iyi şekilde yapması amaçlanmıştır (Hamid ve diğ., 2019).

Kalitenin muayenesi, yalnızca operasyon veya üretim noktasında yapılabilmiş, tüm üretim veya hizmet sürecini kapsayan bir anlayış bu dönemde oluşmamıştır. Muayene, kalitenin kontrolü değildir (Oakland, 2014).

1.2.2. Kalite kontrol ve toplam kalite kontrol

Başlangıçta ürün üzerinde basit kontrol ve muayene olarak başlayan "kalite" yaklaşımı, 1920-30'lu yıllarda proseste basit kontroller, ürün testleri yaparak ilerlemiştir. Zaman içinde ürüne etkisi olan tedarikçilerin, ürünü ortaya çıkaran süreçlerin ve süreç performansı konularının, ürün maliyetini etkileyen unsurların ve nihayetinde müşteri şartlarının da dahil edilmesi ile daha kapsamlı bir anlayış haline gelmiştir.

Günümüzün modern kalite kontrol yöntemlerinin ve kalite maliyetleri kavramının gelişimindeki en önemli isim Armand Vallin Feigenbaum olmuştur. Feigenbaum toplam kalite kontrolünü "en üst düzeyde müşteri memnuniyeti sağlayabilen en ekonomik ürün ve hizmetleri üretmek üzere, kuruluştaki farklı gruplar tarafından gerçekleştirilen kalite geliştirme, bakım ve iyileştirme çabalarının entegrasyonu ve koordine edilmesine yönelik etkili bir sistem" olarak tarif etmektedir (Çabuk, 2013).

1950'li yıllara dek Deming, Juran, Crosby, Feigenbaum gibi kalite öncüleri, "toplam" kelimesini kullanmadan kaliteyi ifade etmişlerdir.

1961 yılında Feigenbaum, "toplam kalite kontrol" ifadesini kullanmıştır (Agrawal, 2019). Feigenbaum, kalitenin imalatın olduğu alan yerine tüm üretim sürecine odaklanması gerektiğini ortaya atmıştır (Dale, 2003).

Imai, toplam kalite kontrolü, tüm kuruluşlarda ortaya konulan her düzeydeki performansın iyileştirilmesine yönelik, tamamıyla birbirine entegre çabalarla, yöneticiden işçiye kadar her kesimi kapsayan sürekli iyileştirme faaliyeti olarak tanımlamıştır (Imai, 1997).

Ishikawa da "toplam kalite kontrol" ifadesini Japonya'da kullanmıştır fakat toplam kalite kontrolü, işletme genelinde kalite kontrolünü kasteden bir tanım olarak kullanmıştır. Bu, müşteri şartlarını karşılamak üzere maliyet, bakım, geliştirme konuları da dahil tüm süreçlerin de kalite kapsamına dahil edilmesi ve dolayısıyla kalitenin tüm organizasyona entegre edilmesi anlamına gelmektedir.

Bu ilerleme ile, daha önce kalitenin kontrolünde kullanılan araçlar, artık toplam kalite kontrolünün bir parçası haline gelmiş ve kalite, yönetimin sorumluluğuna verilmiştir.

Klasik Kalite Kontrol ile Toplam Kalite Kontrol kavramlarının karşılaştırılması Tablo 1.1' de görülmektedir.

Tablo 1.1. Klasik kalite kontrol ve toplam kalite kontrol karşılaştırması (Çabuk, 2013)

Klasik Kalite Kontrol Yaklaşımı	**Toplam Kalite Kontrol Yaklaşımı**
Kuruluşlardaki kalite departmanlarının sorumluluğundadır.	Yönetimin sorumluluğundadır.
Kalite departmanları ve bu işin uzmanlarınca gerçekleşitirilir.	Kuruluşun her seviyesindeki çalışanın farklı düzeylerde kalite kontrol sistemine dahil edilmesi söz konusudur.
Ürün kalitesinin arttırılmasına yöneliktir.	Toplam performansın arttırılmasına yöneliktir.
Üretici ve ürün odaklılık vardır.	Müşteri odaklılık vardır.
Nihai ürün odaklıdır. Süreç odaklılık yoktur.	Sadece nihai ürüne odaklı değildir. Nihai ürünün kalitesine etki eden tüm iç ve dış süreçleri kapsar.
İstatistiksel yöntemler kalite kontrolün temelindedir.	İstatistiksel yöntemler uygulamakla birlikte toplam kalite kontrolün sadece küçük bir parçasıdır.

1.2.3. Kalite güvence

Kalite güvencesi, planlı ve sistematik faaliyetler yoluyla kalite sorunlarının önlenmesidir. Sistematik faaliyetlere dokümantasyon da dahildir. Bu planlı ve sistematik faaliyetler, kalitenin yeterliliğinin değerlendirilmesini, sistemin işleyişinin denetlenmesini ve sistemin kendisinin gözden geçirilmesini içerir (Oakland, 2014).

Ishikawa, üründe kalite güvencesi sağlanması gerektiğini, kalitede güvence sağlandığı takdirde müşterinin ürünü güvenerek alabileceğini ve uzun bir süre boyunca memnuniyet ve tatminle kullanacağını belirtmiştir (Ishikawa, 1985). Bu açıdan değerlendirildiğinde, kalite güvence tarihsel döneminde, kalite yönetiminin odağı üründen sürece kaymıştır. Bu dönemde, kaliteyi güvence altına alan Deming'in PDCA Çemberi, sebep-sonuç diyagramı, FMEA, istatistiksel proses kontrol, Kaizen gibi pek çok kalite güvence aracı ve teknikleri geliştirilmiştir (Hamid ve diğ., 2019).

1.2.4. Toplam Kalite Yönetimi (TKY)

1980'li yıllardan itibaren "kontrol" ifadesinin yerini "yönetim" alarak Toplam Kalite Yönetimi ortaya çıkmıştır. Böylece "kalite, kontrol edilmez, yönetilir " anlayışı yaygın kabul görmüştür. 1980'lerden 90'lara uzanan yıllarda yönetim modeli olarak ortaya çıkan TKY kapsamında, bu dönemde kalite odaklı stratejiler, programlar ve teknikler geliştirilmiştir.

Toplam Kalite Yönetiminin TKY öncüleri, uzmanları, akademisyenleri tarafından pek çok tanımı yapılmıştır. Bazı tanımlar aşağıdaki gibidir;

- Müşterinin ihtiyaçlarını ve taleplerini temel alan, işletme de çalışanların aktif olarak süreçlere katılımını gerçekleştirerek iş süreçlerini geliştirme ve noksansız üretimi hedefleyen müşteri temelli bir yönetim anlayışıdır (Budak, 1997).
- Bir işletmedeki çalışanların tamamının aktif katılımı ile gerçekleştirilen üretim aşamalarının ve sonucunda oluşturulan ürünlerin sürekli iyileştirilmesini, ürün ve hizmetlerin sunulduğu müşterilerin ihtiyaç ve taleplerinin karşılanmasını amaçlayan bir yönetim şeklidir (Okay, 2008).
- TKY, tüm örgüt süreçlerinin, sürekli geliştirilmesine, iyileştirilmesine ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasına yönelik, çağdaş, katılımcı bir yönetim anlayışıdır. Bir başka ifade ile TKY, örgütlerde sürekli gelişim ilkesine dayanan bir yaşam ve çalışma felsefesidir (Akşit, 2000).
- Kurucu düşünürlerin (Shewhart, Deming, Juran, Ishikawa) fikirleri üzerine inşa edilen bir dizi varsayımlar, prensipler ve teknik ve araçları kullanarak bunları sentezleyen kapsamlı bir yönetim yaklaşımıdır (Coşkun, 2003).
- TKY, müşterilerinin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan ve hatta ötesine geçen ürünler ve hizmetler üretmek için, bir kuruluştaki herkesin ve ilişkili iş süreçlerinin karşılıklı iş birliğidir. TKY, bir örgütü tüm paydaşların yararına yönetmek için hem bir felsefe ve hem de bir dizi yol gösterici ilkelerdir (Dale, 2003).
- Geniş anlamda, toplam kalite yönetimi; tüm süreçlerin, ürünlerin ve hizmetlerin tam katılım yoluyla geliştirilmesi, iç ve dış müşteri tatmininin arttırılması ve müşteri bağlılığının yaratılmasının sağlanması amacıyla örgütlerde alınan sonuçların iyileştirilmesine dayanan, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde gören ve müşteri tarafından tanımlanan kaliteyi, tüm faaliyetlerin yürütülmesi sırasında ürün ve hizmet bünyesinde oluşturan modern yönetim biçimidir (Akdağ, 2005).
- TKY, müşteri ve toplumun ihtiyaçlarının ve kuruluşun amaçlarının, etkin bir şekilde ve maliyet verimliliği ile karşılandığı, sürekli gelişim için tüm çalışanların potansiyellerini yüksek seviyede ortaya çıkartmayı sürekli sağlayan bir yönetim felsefesidir (Dametew ve diğ., 2017).

Bir kısım araştırmacılar ise, TKY'ni, "bir felsefe ve rehberlik eden bir dizi prensipler setini veya ilkeler grubunu kullanarak ve uygulayarak sürekli gelişimi sağlamak" olarak ifade etmektedirler (Besterfield, 1995).

1.3. TKY'nin Amacı

TKY, kaliteyi bir işletmenin bütün fonksiyonları açısından ele almayı gerektirir. Organizasyondaki çok çeşitli elementler arasındaki her etkileşimi dikkate alan sistematik bir yaklaşımdır. Bu açıdan TKY alt sistemlerin kendi çıktılarının en üst seviyede çıktı toplamını değil, sistemin toplam verimliliğini amaçlar. TKY bu amacı gerçekleştirmek üzere, misyonu, çıktıyı ve müşterileri tanımlamayı, müşteri şartlarını anlamayı, müşteri şartlarını detaylandıran tedarikçi şartlarını geliştirmeyi ve tüm bu şartları gerçekleştirmeyi sağlayan faaliyetleri ele almalıdır (Omachonu ve Ross, 2004).

Kalite yönetimi faaliyetlerinin işletmenin bütününü içine alarak kaliteyi sağlamayı amaçlayan TKY'yi gerçekleştirmek için, işletmenin tüm birimlerinin ve yöneticiler dahil tüm çalışanların kalite için bir araya gelip, iş birliği yapmaları gerekir (Akdağ, 2005).

1.4. Toplam Kalite Öncüleri

Toplam Kalite öncüleri ve yaptıkları çalışmalar kısaca şöyledir (Madu, 2017);

1.4.1. Armand V. Feigenbaum

Toplam kalite kontrolün lider savunucusudur. Japonya'da yaygın olan toplam kalite kontrol, ABD'de ve Avrupa'da toplam kalite yönetimine karşı gelir. Bu konsepti oluşturarak, TKY hareketini başlatanlardan olmuştur.

1999 yılında Feigenbaum, Toplam Kalite'nin iş kalitesi devriminde önemli bir faktör olduğunu, 20. yüzyılın en güçlü satış ve gelir büyümesi yaratıcılarından olduğunu, gerçekten iyi yeni işler ve sağlam temelli ve sürdürülebilir iş genişlemesi sağladığını kanıtladığını belirtmiştir (Dale, 2003).

Feigenbaum'un katkıları geniş bir kesim tarafından tanınmıştır, kendisi ayrıca Uluslararası Kalite Akademisi'ni kurmuştur (Beckford, 2017).

1.4.2. W. Edwards Deming

Pek çokları tarafından TKY'nin babası olarak görülür ve 2. Dünya Savaşı'ndan sonra Japon imalatçılara yardım etmesinden dolayı kendi adına anılan Deming Ödülü ile, Japonlar tarafından kaliteye katkısı resmi kabul görmüştür.

Deming'in yönetim metodu, 14 uygulama ilkesinden oluşur ve kalite gelişimini destekleyen yönetim prensiplerini ortaya koyar. İlk kez 1981'de olmak üzere sonraki yıllardaki yayınlarıyla ortaya çıkmıştır. 14 ilke, Deming'in Japonya ve Amerika'da danışmanlık tecrübeleri ile ortaya çıkmıştır (Andersen ve diğ., 1994). Bu 14 ilke aşağıdaki gibidir (Beckford, 2017);

1. Ürün ve hizmetin iyileştirilmesi için amaçlarda süreklilik yaratın.
2. Yeni felsefeyi benimseyin.
3. Kitlesel denetime bağlı kalmaya son verin.
4. Sadece fiyat etiketi üzerinden iş görme uygulamasına son verin.
5. Sistemi sürekli olarak geliştirin.
6. Eğitim programları oluşturun.
7. Liderlik oluşturun.
8. Korkuyu uzaklaştırın.
9. Çalışanların bölümleri arasındaki engelleri kaldırın.
10. İşgücü için slogan, ders ve hedef oluşturmaktan vazgeçin.
11. Sayısal kotalardan vazgeçin.
12. Çalışanların mutluluk ve gururunu önleyecek olan engelleri ortadan kaldırın
13. Herkes için eğitimi ve kendini geliştirmeyi destekleyin.
14. Dönüşümü gerçekleştirmek için harekete geçin.

Deming'in tanımladığı organizasyonda durum aşağıdaki gibidir (Aguayo, 1990);

- Kalite iyileşirken, maliyetler düşer, verimlilik artar.
- Son kontrol ve muayene çok geçtir. İşçiler hasarsız ürün üretrlerse son kontrole gerek kalmaz.
- Kusurların çoğunu sistem üretir.
- Süreçler daima sürekli iyileştirilmeli ve geliştirilmelidir.
- Korku, hastalığa neden olur.
- İnsanlar, işlerinde kendilerini güvende hissetmelidir.

1.4.3. Joseph M. Juran

Juran, kaliteyi "kullanıma uygunluk" olarak tanımlar ve bu, en yaygın kullanılan tanımlamadır. Planlama, organize etme ve kontrol etmenin yönetsel boyutları üzerinde durdu ve kaliteye ulaşmak için yönetimin sorumluluğuna ve hedeflerin belirlenmesine olan ihtiyaca odaklandı (Omachonu ve Ross, 2004). Kalite yönetimini üç temel süreçte tanımlar ve bu, Juran Üçlüsü olarak tanımlanır. Juran Üçlüsü, kalite

hedeflerine ulaşmayı ve kaliteyi geliştirmeyi sağlayan TKY'nin başarılı uygulama çerçevesi sunar (Forbes ve Ahmed, 2011). Bu üçlü; kalite planlama, kalite kontrol ve kalite iyileştirmeden oluşur. Kapsamları aşağıda tanımlanmaktadır (Juran ve Godfrey, 1998);

Kalite planlama:

1. Kalite hedeflerini belirleyin
2. Müşterilerin kim olduğunu belirleyin
3. Müşterilerin ihtiyaçlarını belirleyin
4. Müşterilerin ihtiyaçlarına cevap veren ürün özellikleri geliştirin
5. Ürün özelliklerini üretebilecek süreçler geliştirin
6. Süreç kontrolleri oluşturun; planları hizmete aktarın

Kalite kontrol:

1. Gerçek performansı değerlendirin
2. Gerçek performansı kalite hedefleriyle karşılaştırın
3. Farka göre hareket edin

Kalite geliştirme:

1. İhtiyacı kanıtlayın
2. Altyapıyı kurun
3. İyileştirme projelerini belirleyin
4. Proje ekipleri oluşturun.
5. Takımlara sebepleri teşhis etme ve çözümleri teşvik etme için gerekli kaynakları, eğitimi ve motivasyonu sağlayın
6. Edinimleri korumak için kontroller oluşturun

1.4.4. Philip B. Crosby

Sıfır hata savunucusudur. Yönetim Olgunluk Seviyesi geliştirebilmede kullanılmak üzere 14 kalite geliştirme adımı tanımlamıştır. Bu adımlar aşağıdaki gibidir (Crosby, 1984);

1. Düzeltici önlemlerin alınması
2. Tanınma, tanıtma
3. Kalite geliştirme takımları
4. Kalite ölçümü

5. Kalite maliyetinin belirlenmesi
6. Kalite bilincinin sağlanması
7. Yönetimin bağlılığı ve kararlılığı
8. Sıfır hatanın planlanması
9. İşgörenlerin eğitimi
10. Sıfır hata günü
11. Hedef belirleme
12. Hata nedenlerinin yok edilmesi
13. Kalite konseyi/grupları
14. Yeniden başlama

Crosby kalite için dört şart tanımlamıştır. Bunlar; şartlara uygunluk, tahmin etmek yerine önlemek, sıfır hata, kalite ölçümü uygunsuzlukların değeridir (Crosby, 1984).

1.4.5. Kaoru Ishikawa

Toplam kaliteye geçişi kolaylaştıran sebep-sonuç diyagramı diğer adı ile balık kılçığı ya da Ishikawa diyagramı, kalite çemberleri gibi önemli araçlar ve teknikler geliştirerek kalite yönetimi tekniklerinin gelişmesine önemli katkı sağlamıştır. Kalite çemberleri daha sonra kalite takımları ile yer değiştirmiştir. Ishikawa'ya göre potansiyel kalite problemleri tanımlanabilir ve analiz edilebilir.

İç müşteri olarak çalışanların sürece dahil edildiği; eğitimin önemli olduğu ve sürekli iyileştirme yapmak üzere kalite araçlarının, istatistiksel yöntemlerin kullanılarak bütünsel bir anlayışla toplam kalite sağlanabileceğini vurgulamıştır (Çabuk, 2013).

1.4.6. Shiego Shingo

Tam zamanındalık olarak bilinen envanter yönetim sistemini geliştirenlerdendir. Kendi adı ile anılan Shingo Sistemi'ni geliştirmiştir ve bu metod, sıfır hataya ulaşmak için kaynağında muayeneye ve poka-yoke sistemine dayanır. Kontrollerin, hataları önlemek üzere proses boyunca yapılmasını savunur.

1.4.7. Masaaki Imai

Sıklıkla bir süreci küçük adımlarla geliştirme anlamına gelen Kaizen prensibine atıf yapılan sürekli gelişim uygulamasını ortaya koymuştur. Sürekli gelişme ise, Toplam Kalite Yönetiminin en önemli ilkesidir.

1.4.8. Genchi Taguchi

İstatistik bilimini kaliteye uyarlamış ve kaliteyi yeniden tanımlamıştır. Yöntemler deneysel tasarım etkinliğine dayanır. Deneysel tasarımı pratik hale getirmek için lineer tablolar oluşturmuştur. Kalitesiz ürünün üretimi ile topluma verilen zarar olarak tanımlayan ve hedef değerlere veya standart değerlerle karşılaştırarak kalite maliyetini ölçen “kalite kayıp fonksiyonu” nu ortaya atmıştır.

1.4.9. Walter A. Shewhart

İstatistiksel kalite kontrolün en büyük öncüsü olarak kabul edilir. İstatistiksel kontrol kartlarını geliştirmiş ve iki tür varyasyon türü tanımlamıştır; doğal ve özel sebepli varyasyon. Daha sonra yaygın adıyla PDCA (Planla-Yap-Kontrol Et-Önlem Al) olarak adı değiştirilen PDSA (Planla-Yap-Çalış-Önlem Al) döngüsünü tanımlamıştır. 1920’li yıllarda Kalite Kontrol kapsamında, üretim hattı boyunca problemleri tespit etmeyi ve çözmeyi sağlayan ürün ve proses kalitesinin yönetilebilmesi için istatistiksel metotları geliştirmiştir. İstatistiksel kalite kontrol, örneklem testlerini ve üretim hattı boyunca ürünlerin istatistiksel olarak uygunluğunu içerir.

1.5. Toplam Kalite Yönetimi’nin İlk Aşamalarında TKY Prensipleri

Deming, TKY’ni, yeniden işleme, hurda, müşteri şikayetleri ve yüksek maliyet gibi unsurlardan kaçarak işletme karını artırmayı ve işin büyümesini sağlamak üzere bir dizi prensipleri, uygulamaları ve teknikleri kullanan bir yönetim felsefesi olarak tanımlamıştır (Deming, 1986).

TKY ile ilgili ilk varsayımlar kalite konusundadır ve bütün kalite çabaları müşteri beklenti ve ihtiyaçlarını karşılamaya yönelmelidir. TKY’nin başlangıçta üç prensip üzerine inşa edildiği kabul edilmektedir (Coşkun, 2003);

- Müşteri odaklılık
- Sürekli iyileşme
- Tam katılım

Kalite yönetimi kuramcılarının ortak görüşüne göre, kalite yönetiminin etkin bir şekilde uygulanmasının en önemli şartı liderlik desteğidir, lider öncülük etmektir. Liderler, çalışanlar arasında güven ve iş birliğini sağlamalı, rol model olmalı ve örgüt vizyonunu geliştirmelidir.

Bu temel TKY ilkelerinin tanımı şöyle açıklanabilir;

A. Müşteri Odaklılık

Kalitenin tek değerlendiricisi müşteridir. Örgütlerin, müşteri isteklerini ve ihtiyaçlarını iyi araştırmaları ve bunları en faydalı bir şekilde; yani kaliteli malı en uygun fiyata mal etmeyi ve satmayı bir hedef haline getirmeleri gerekmektedir (Akdağ, 2005).

B. Kaizen (Sürekli İyileştirme)

Kaizen; süreç içinde küçük adımlarla gerçekleştirilen ve insana dayanan, bilgiyi paylaşan, sürekli daha iyiye ulaşma çabasıdır. Sürekli iyileştirmeyi gerçekleştirmek için gereken temel koşullar şunlardır (Akdağ, 2005):

- Mevcut durumu yetersiz bulmak: Bir sistem kusursuz bir şekilde çalışıyor olsa da geliştirecek yöntemler mutlaka bulunabilir. Zira bilim ve teknolojideki gelişmeler, müşteri beklentilerini, "verimlilik" ölçütünü sürekli ileriye taşımaktadır.
- İnsan faktörünü geliştirmek: İnsan kaynağı bir kuruluş için en değerli varlıktır. Alışılagelmiş yönetim biçiminde bu kaynağın kullanımı oldukça yetersizdir. Oysa her çalışanı bu iyileştirme etkinliklerinin bir üyesi haline getirmek gerekir.
- Problem çözme tekniklerini yaygın biçimde kullanmak: Problemleri çözmede düşülen en büyük hata, belirtiler üzerinde yoğunlaşıp, sorunların altında yatan kök nedenleri tespit ederek ortadan kaldırmamaktır.

Sürekli iyileştirme; her bir iş sürecinin ve bütün olarak örgüt sisteminin sürekli iyileştirilmesini içerir. İlgili uygulamalar; süreç ve iş analizi, Kaizen, yeniden süreç yapılanması, PUKO döngüsü vb. olabilir (Coşkun, 2003).

C. Tüm Çalışanların Katılımı

Toplam Kalite Yönetimi'nin başarı kazanmasında, tüm çalışanların hedeflenen başarıya inanması ve hedeflere bağlı kalması önemli rol oynamaktadır (Akdağ, 2005). Çalışanın katılımı, işletmenin hedeflerini sahiplenmesini, bu hedefleri gerçekleştirmek üzere süreç fonksiyonlarını yerine getirmesini, öneriler sunmasını, sürekli gelişime katkı sağlamak üzere çeşitli kademelerde alınan kararlara katılmasını, etrafındaki olup bitene kayıtsız kalmadan sorumluluk alanındaki süreçlere dahil olmasını gerektirir.

1.6. TKY Prensipleri Konusunda Yapılan Çalışmalar

Toplam kalite yönetiminin başarılı olabilmesi için gerekli unsurlar, literatürde eşdeğer anlamda kullanılan TKY kritik başarı faktörleri, TKY uygulamaları ya da TKY faktörleri/ ilkeleri gibi tanımlamalarla adlandırılmıştır.

Black ve Porter (1996) Malcolm Baldridge Ödülü kriterlerini kullanarak, Tamimi ve Gershon (1995) bir ölçme enstrümanı geliştirerek, TKY'nin kritik başarı faktörlerini bilimsel olarak ortaya çıkarmışlardır (Mohd ve Aspinwall'lar, 1999).

Saraph, Benson ve Schroeder (Saraph ve diğ., 1989), Flynn, Schroeder ve Sakakibara (Flynn ve diğ., 1994), Ahire, Golhar ve Waller (Ahire ve diğ., 1996), Black ve Porter (Black ve Porter, 1996) ve Zeitz, Johannesson, ve Ritchie (Zeitz ve diğ., 1997) tarafından yapılan altı çalışmada farklı terimler kullanılsa da, söz konusu araştırmacılar kurdukları modellerinde şu ortak TKY faktörlerini paylaşmışlardır (Hoang ve diğ., 2010);

1. Üst yönetimin rolü
2. Müşteri tatmini
3. Takım çalışması yapıları
4. Çalışanların yetkilendirilmesi
5. Tüm çalışanların katılımı
6. Çalışan eğitimi
7. Ürün/hizmet tasarımı
8. Tedarikçi yönetimi
9. Sürekli gelişme
10. Proses yönetimi
11. Kalite geliştirme ölçme sistemleri
12. Kaliteli veri ve raporlama
13. Planlama
14. Kıyaslama (benchmarking)
15. SPC-istatistiksel proses kontrol
16. Şirket kalite kültürü
17. Stratejik kalite yönetimi

Bu ayrıştırma, Kruger'in tezine dayanmaktadır (1998, 2001). Kruger, (1998) TKY'nin insan odaklılığı üzerinde durmuştur ve TKY'ni pratikte başarılı kılan, TKY'nin insani yaklaşımıdır demiştir.

Toplam kalite yönetimi, çeşitli yazarların farklı etiketler kullanmalarına rağmen iki büyük grupta sınıflandırdığı çok sayıda öğe veya eylemden oluşur (Abrunhosa ve Sa´, 2008; Prahogo ve Sohal, 2004; Moreno-Luzon ve Peris, 1998; Lo´ pez-Mielgo ve diğ., 2009);

- Sert (mekanik)-hard bileşenler; süreçleri ve ürünleri kalite standartlarına uygun olarak kontrol etmeyi ve üretim spesifikasyonlarını/ şartlarını yerine getirmeyi sağlayan uygulamalardır. Örneğin müşteri odaklılık, süreç yönetimi, bilgi yönetimi ve analiz.
- Yumuşak (organik)-soft bileşenler; yönetici ve çalışanların kalite yönetimine dahil olmaları ve müşteri şartlarını sağlayan çıktılar elde edilebilmesini sağlayan elementlerdir; eğitim, takım çalışması vb. gibi. Bu bileşenler çevresel değişimlere adapte olmayı ve sürekli gelişmeyi, kalite yönetiminin insani yönlerini geliştirmeyi amaçlar. Örneğin liderlik, takım çalışması, insanların yönetimi.

Yumuşak TKY bileşenleri, insan kaynakları yönetiminin boyutlarıdır (Rahman ve Bullock, 2005).

Black ve Porter (1996), TKY'ni başarılı kılan esas faktörlerin belirlenmesi kapsamında Baldridge TKY modeli üzerinden 204 yönetici ile yaptıkları araştırmanın sonuçlarını analiz etmişler ve 10 TKY uygulamasının, TKY'ni başarılı kılan unsurlar olduğunu bilimsel olarak tespit etmişlerdir.

Ahire ve diğerleri (1996), kapsamlı literatür araştırmasıyla tespit ettikleri 12 TKY uygulamasının geçerliliğini 371 imalat firmasında araştırma yaparak, LISREL 7 yöntemiyle analiz ederek test etmiş, bir firmanın ürün kalitesinde etkisi olan entegre kalite yönetimi stratejisinin etkisini belirleyecek bir çerçeve önermişlerdir.

Power ve diğerleri (2001), başarılı çevik organizasyonların tedarik zincirlerini yönetmeleri için kritik olan TKY faktörlerinden bazılarını tanımlamışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, çevik şirketlerin daha müşteri odaklı olarak nitelendirilebileceğini ve bu şirketlerin değişen müşteri gereksinimlerini karşılamak için ``yumuşak (Soft)'' ve ``sert (Hard)'' bileşenlerin bir kombinasyonunu uyguladığını göstermiştir. Ayrıca, tedarikçilerin bu sürece katılımını, yüksek düzeyde müşteri memnuniyeti elde etme yetenekleri için çok önemli olarak görmüşlerdir. Tanımladıkları bağımsız değişkenler ile yenilik arasında hiçbir bağlantı tespit etmemişlerdir.

Prajogo ve Sohal (2003), TKY ile yenilik performansı arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu ilişkinin doğasını kalite performansı ile karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar, TKY'nin hem ürün kalitesi hem de ürün inovasyon performansı ile anlamlı ve olumlu bir şekilde ilişkili olduğunu, ancak ilişkinin büyüklüğünün ürün kalitesine karşı daha büyük olduğu görüldüğünü ve ayrıca, kalite performansı ile yenilik performansı arasında önemli nedensel ilişkiler bulunduğunu göstermiştir.

Sila ve Ebrahampour (2003), deneysel olarak doğrulanmış 76 TKY faktörünü ve bunların ülkelerdeki çeşitli performans ölçümleri üzerindeki etkilerini analiz etmiş ve karşılaştırmışlardır. Bulgular, üst yönetim bağlılığı ve liderliği, müşteri odaklılık, bilgi ve analiz, eğitim, tedarikçi yönetimi, stratejik planlama, çalışan katılımı, insan kaynakları yönetimi, süreç yönetimi, takım çalışması, ürün ve hizmet tasarımı, süreç kontrolü, kıyaslama, sürekli iyileştirme, çalışanların güçlendirilmesi, kalite, sosyal sorumluluk ve çalışan memnuniyeti faktörlerinin bu 76 faktör içinde en yaygın olarak ortaya çıkan faktörler olduğunu göstermiştir.

Prajogo ve Sohal (2004), örgütsel performansla bağlantılı olarak TKY'nin çok boyutluluğunu incelemişlerdir. TKY'nin altı uygulamasını (liderlik, stratejik planlama, müşteri odaklılık, bilgi ve analiz, insan yönetimi ve süreç yönetimi), üç TKY alt grubu (TKY1 (Liderlik ve insan yönetimi), TKY2 (müşteri odaklılık ve süreç yönetimi) ve TKY3 (stratejik planlama ve bilgi-analiz)) altında gruplamışlardır. Elde ettikleri bulgular, TKY'nin sert unsurlarını kalite performansıyla; organik unsurlarını inovasyon performansı ile eşleştirme önerisini desteklemiştir.

Rahman ve Bullock (2005), yumuşak (soft) TKY bileşenlerinin sert (hard) TKY bileşenlerinin yayılması üzerindeki doğrudan etkisini araştırmış ve daha sonra sert TKY'nin performans üzerindeki doğrudan etkisini değerlendirmişler ve 261 Avustralyalı imalat şirketinin analizi, yumuşak TKY ve sert TKY bileşenleri arasında önemli pozitif ilişkiler olduğunu ortaya koyan etkilere ek olarak, yumuşak TKY bileşenlerinin, sert TKY bileşenleri üzerindeki etkisi aracılığıyla performans üzerinde dolaylı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yumuşak bileşenler; çalışan taahhüdü, vizyon paylaşımı, müşteri odaklılık, takım çalışması, personel eğitimi, işbirlikçi tedarikçi ilişkileridir. Sert bileşenler ise bilgisayar tabanlı teknolojiler, tam zamanındalık prensibi, teknoloji kullanımı ve sürekli gelişim sağlayıcılardır.

TKY uygulamaları, teknik ve yumuşak/organik adı altında ayrıştırmalar yapılmış olsa da, bu ayrıştırma, her iki grubun birbiri ile etkileşimi olmadığı anlamına gelmez. Teknik gruptaki TKY uygulamaları, organik uygulamaların işini kolaylaştırırken, onların daha iyi bir performans göstermesini sağlar. Organik uygulamalar yeni teknikler, teknolojiler ve metotlar geliştirdikçe, teknik gruptaki ilkelerin daha fazla gelişmesine katkıda bulunur.

Abrunhosa ve Sa´ (2008), TKY'nin uygulanmasının Portekiz ayakkabı endüstrisinde yeniliği ne ölçüde desteklediğini analiz etmişlerdir. TKY'ni, üç temel unsurdan - müşteri odaklılık, insan katılımı ve sürekli iyileştirme - oluşan bir yönetim felsefesi olarak tanımlamışlardır. Elde ettikleri bulgular, TKY ilkelerinin teknolojik yeniliğin benimsenmesiyle olumlu bir ilişkisi olduğunu göstermiştir.

Hoang ve diğ. (2010), Vietnam'da TKY ve organizasyonel özellikler (büyüklük, endüstri türü, mülkiyet türü ve yenilik derecesi) arasındaki ilişki üzerine karşılaştırmalı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar Vietnam'daki endüstrilerin belirli TKY uygulamalarını (müşteri odaklılık ve üst yönetim taahhüdü) diğerlerinden (yani bilgi ve analiz sistemi, eğitim ve öğretim, çalışanların güçlendirilmesi ve süreç yönetiminden) çok daha yüksek seviyelerde kullandıklarını göstermektedir. Bulgular, şirket büyüklüğüne, endüstri türüne ve inovasyon derecesine göre firmalar arasında TKY uygulamalarında açık bir farklılık bulunduğunu; büyük şirketlerin, küçük ve orta ölçekli şirketlere kıyasla ekip çalışması ve açık organizasyon dışında hemen hemen tüm uygulamalarda daha yüksek uygulama seviyelerine sahip olduğunu göstermektedir.

Konecny ve Thun (2011), TKY ve Toplam Verimli Bakım (TPM)'in tesis performansı üzerindeki etkisini ve özellikle çalışan katılımı uygulamalarının destekleyici rolünü araştırmışlardır. Sonuçlar, insan kaynağı uygulamaları ile desteklenen TKY ve TPM'in tesis performansını iyileştirmede önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Hassan ve diğ. (2012), Pakistan imalat endüstrisinden 171 kalite yöneticisinin yaptığı bir anket aracılığıyla TKY uygulamaları ile performans, yani kalite, iş ve organizasyonel performans arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir TKY araçları ve tekniklerinin (teşvik ve tanıma sistemi, süreç, izleme ve kontrol ve sürekli iyileştirme) ve davranışsal faktörlerin (gerçek tabanlı yönetim, üst yönetimin kaliteye olan bağlılığı, çalışan katılımı ve müşteri odaklılık), TKY'nin başarılı bir şekilde

uygulanmasına katkıda bulunduklarını ve TKY uygulamalarının başarılı bir şekilde benimsenmesinin ve uygulanmasının, organizasyonun performansının iyileştirilmesine yol açtığını ifade etmişlerdir.

İslam ve Haque (2012), TKY uygulamasının kapsamlı bir çerçevesini geliştirmişler ve temel dayanakları ve bunlarla ilişkili faktörleri oluşturmuşlardır. Önerdikleri çerçeveyi, Bangladeş'teki Hazır Giyim (RMG) Endüstrisindeki pratik ayarlarda doğrulamışlardır. Elde ettikleri bulgular, kalite yönetim ortamının oluşturulması, ekip çalışmasının geliştirilmesi, kalite kontrol araç ve tekniklerinin uygulanması, daha yakın tedarikçi ilişkileri ve müşteri odaklılığın TKY uygulamasının ana direği olduğunu ortaya koymuştur.

Calvo-Mora ve diğ., (2014), 116 İspanyol firmasını kapsayan çalışmalarında, TKY'nin sosyal) ve teknik bileşenleri arasında bir ilişki olup olmadığı ve organizasyonel sonuçlar üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. TKY'nin sosyal bileşenleri olarak açık, esnek ve sürekli gelişmeye eğilimli kültür, adanmış ve kapsanmış liderlik, etkili İK yönetiminin, TKY'nin teknik elementleri üzerinde doğrudan ve belirgin bir etki oluşturduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, mükemmel sonuçlar elde etmek için TKY'nin sosyal ve teknik elementlerinin iyi yönetilmesi gerektiği, TKY'nin teknik elementlerinin sosyal elementler üzerinde kısmen etki oluşturduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Valmohammadi ve Roshanzamir (2015), Tahran ilaç endüstrisinde farklı TKY kategorilerinin uygulanmasını araştırmak için MBNQA'nın performans mükemmelliği için 2011–2012 kriterlerine göre altı TKY uygulamasını (liderlik, stratejik planlama, odak, ölçüm, analiz ve bilgi yönetimi, işgücü odağı, operasyon odağı) incelemişler ve genel organizasyon kültürünün gücünü ve TKY üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, Tahran'ın ilaç şirketlerinde TKY'nin en gelişmiş yönünün "Liderlik" olduğunu ve organizasyon kültürünün TKY uygulama seviyesi ve organizasyonel performans ile olumlu bir şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir.

Rabbani ve diğerleri (2015), bulanık ağ analizi sürecini kullanarak, imalat firmasındaki TKY performansını değerlendirmiş ve derecelendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre organizasyon ve yönetimin ana kriterleri dört ana kriter arasında birinci olmuştur. Ayrıca organizasyonda; eğitim, üst yönetim desteği, liderlik ve insan kaynakları yönetimi sırasıyla etkili uygulamalar öne çıkmıştır.

Lopez-Mielgo ve diğerleri (2009), belirli değerli kaynaklarla bağlantılı inovasyon yeteneklerinin, toplam kalite yönetiminin sert (hard) bileşenlerinin uygulanmasını desteklediğini öne sürmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, inovasyon yetenekleri ile TKY arasındaki pozitif ilişkiyi güçlü bir şekilde desteklemektedir. Sonuçlar, firmaların geçmişteki inovasyon, Ar-Ge ve gelişmiş teknolojilerin kullanımı üzerine kurulan somut inovasyon yeteneklerinin, firmaların TKY'nin mekanik bileşenlerini uygulama eğilimini artırdığını göstermektedir. Yenilikçilik yetenekleri ile kalite yönetimi arasında kuvvetli bir ilişki vardır.

Singh ve diğerleri (2018), TKY'nin Hindistan endüstrisindeki durumunu ve TKY'nin organizasyonel performans üzerindeki etkisini araştırmak üzere çalışma yapmıştır. Bu kapsamda 5 imalat ve 8 hizmet sektöründen işletmeden 236 cevabın analizi ile, oluşturulan kavramsal çerçeve açısından yöneticiler ve çalışanlar arasında fark oluşmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, TKY elementlerinin Hint organizasyonlarının performans faktörleri ile pozitif yönde ilişkili olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Zanqar ve diğerleri (2019), Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından geliştirilen TKY ilkelerinin (müşteri odaklılık, liderlik, insanların katılımı, süreç yaklaşımı, iyileştirme, karar verme süreci ve ilişki yönetimi), Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki eğitim kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre, eğitim kurumlarının, yüksek eğitim kalitesine ulaşmaları için ISO'nun yedi ilkesini temel alan TKY ilkelerini uygulamaları gerekmektedir. Bu çalışma, tüm TKY ilkelerinin eğitim kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Karar verme ve müşteri odaklılık, eğitim kalitesi üzerinde en güçlü etkiye sahipken, ilişki yönetimi eğitim kalitesi üzerinde en zayıf etkiye sahiptir.

Tablo 1.2'de TKY uygulamaları ve geçerliliği üzerine yapılmış çalışmaların bir özeti sunulmuştur. Sırasıyla; çalışmayı gerçekleştirenler, yayın başlığı, kullanılan yöntem, kullanılan araç ve teknikler, odaklanılan konu, bulgu özeti, araştırmada kullanılan TKY prensipleri ve yayının ait olduğu ülke yer almıştır.

Tablo 1.2. TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Araştırılan TKY uygulamaları	Yayınlan-dığı ülke
Black ve Porter, 1996	Identification of the Critical Factors of TQM	Literatür araştırması ve gözden geçirme Araştırma anketi Karşılaştır-ma	Faktör analizi	Toplam Kalite Sistemlerinin geliştirilmesinde organizasyonların Baldrige Ödülü gibi öz değerlendirme çerçevelerini iyileştirmek için kullanılabilecek bir araştırma metodolojisi sunmak; bunun için TKY alanındaki mevcut kavramlarını, vaka çalışmaları, anekdot olaylar ve TKY öncülerinin reçetelerine dayandırılması yaklaşımından çıkartıp, TKY'ni başarılı kılan esas faktörlerin tanımlanması için bilimsel bir yöntem belirlemek ve uygulamak, Baldridge TKY modeli ve bir dizi literatürü kullanarak 204 geçerli yönetici cevaplarını çoklu ampirik bir yöntemle analiz ederek ortaya çıkan verilerden, TKY prensiplerini bilimsel yöntemle tanımlayarak Baldridge-TKY uygulayacak organizasyonların kendi öz değerlendirmelerini yapmalarını sağlayacak bir sonuç ortaya çıkarmak.	Ampirik analiz sonucu bilimsel olarak üretilmiş ve tanımlanmış 10 TKY ilkesi.	1. Organizasyon kalite kültürü 2. Stratejik kalite yönetimi 3. Kalite geliştirme ölçüm sistemleri 4. İnsan ve müşteri yönetimi 5. Operasyonel kalite planlama 6. Dış çevrenin yönetimi 7. Tedarikçi ilişkisi 8. Müşteri tatmini 9. Takım çalışması 10. Geliştirme bilgilerinin iletişimi	ABD
Ahire ve diğ., 1996	Development and Validation of TQM Implementation Constructs	Literatür araştırması Saha araştırması, imalat firmaları	Faktör analizi LISREL 7	Bilimsel dayanağı eksik çeşitli kalite geliştirme stratejilerine bilimsel boyut kazandırmak üzere, kapsamlı bir literatür araştırması yaparak tanımlanan 12 TKY yapısının (ilkesinin) 371 imalat firmasında araştırma yapılarak geçerliliğinin test edilmesi.	Geçerliliği ve uygulanırlığı bilimsel olarak tanımlanmış 11 TKY ilkesi.	1. Üst yönetim taahhüdü 2. Müşteri odaklılık 3. Tedariki kalite yönetimi 4. Tasarım yönetimi 5. Kıyaslama 6. İstatistiksel Proses Kontrol 7. Bilgi kullanımı 8. Çalışan eğitimi 9. Çalışanın dahil edilmesi 10. Çalışanın yetkilendirilmesi 10. Stratejik kalite yönetimi	ABD

Tablo 1.2. (Devam) TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Araştırılan TKY uygulamaları	Yayınlandığı ülke
Power ve diğ., 2001	Critical success factors in agile supply chain management	Saha araştırması, imalat firmaları	Veri analizi Faktör analizi Çoklu regresyon	Başarılı kuruluşların tedarik zincirlerini yönetmede kullandığı kritik başarı faktörlerinin bir kısmını belirlemek, bunun için 962 Avustralya imalat şirketine yapılan bir araştırmanın sonuçlarını; 7 bağımsız değişkene indirgenmiş 32 toplam değişkenle analiz ederek organizasyonun çevikliği ile kullandığı başarı prensipleri arasındaki ilişkiyi tanımlamak.	Başarılı çevik firmalar, yumuşak ve teknik elementleri birarada kullanmaktadır. Tedarikçilerin dahil edilmesi, müşteri odaklılıkta onlar için çok önemlidir ve verimliliği artırmak, yeni ürün geliştirmek ve müşteri tatmin için teknolojiyi kullanırlar.	1. Katılımcı yönetim 2. Bilgisayar tabanlı teknoloji 3. Kaynak yönetimi 4. Sürekli gelişme 5. Teknoloji kullanımı 6. Tedarikçi ilişkisi 7. Tam zamanındalık	Avustralya
Prajogo ve Sohal, 2003	The relationship between TQM practices, quality performance, and innovation performance	Literatür araştırması Saha araştırması	Faktör analizi LISRAEL 8.3 Yapısal eşitlik modeli	194 Avustralya işletmesinde, TKY prensipleri üzerinden, TKY ile inovasyon performansı arasındaki ilişkiyi araştırmak	TKY prensiplerini uygulayarak kalite performansı artırılır ve bu artış belirli bir seviyede yenilikçiliğe sevk eder. TKY, organizasyonun yetkinlik ve kapabilitesini üzerine inşa edebileceği bir kalite yönetimi ve çok boyutlu rekabetçi avantajı sağlar.	1. Liderlik 2. Stratejik planlama 3. Müşteri odaklılık 4. Bilgi yönetimi ve analiz 5. İnsanların yönetimi 6. Süreç yönetimi	Avustralya
Sila ve Ebrahimpour, 2003	Examination and comparison of the critical factors of total quality management (TQM) across countries	Literatür araştırması	1989-2000 yılları arasındaki TKY uygulaması konulu literatürün analizi	TKY uygulamalarının (faktörlerinin) kullanım yaygınlığını ve ülke bazında etkisini karşılaştırmak ve tespit etmek.	Bu konuda yayın yapan 23 ülke genelinde; üst yönetim taahhüdü ve liderliği, müşteri odaklılık, bilgi ve analiz, eğitim, tedarikçi yönetimi, stratejik planlama, çalışan katılımı, insan kaynakları yönetimi, süreç yönetimi, takım çalışması, ürün ve hizmet tasarımı, süreç kontrolü, kıyaslama, sürekli iyileştirme, çalışanların güçlendirilmesi, kalite, güvence, sosyal sorumluluk ve çalışan memnuniyeti, en yaygın olarak ortaya çıkan faktörlerdir.	Ana TKY faktörleri; 1. Liderlik 2. Stratejik planlama 3. Müşteri ve Pazar odaklılık 4. Bilgi yönetimi ve analiz 5. İnsan odaklılık 6. Süreç yönetimi 7. Diğer TKY uygulamaları	İngiltere

Tablo 1.2. (Devam) TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Araştırılan TKY uygulamaları	Yayınlan-dığı ülke
Prajogo ve Sohal, 2004	The multidimensionality of TQM practices in determining quality and innovation performance — an empirical examination.	Literatür araştırması Saha araştırması	Faktör analizi LISRAEL 8.3 Anova Yapısal eşitlik modeli	TKY'nin mekanik ve organik bileşenlerinin, organizasyonda performans, kalite ve inovasyon olmak üzere iki farklı rol ortaya koyup koymadığını araştırmak.	Mekanik bileşenler kalite performansını, yumuşak/organik elementler yenilik performansını ortaya çıkartır.	1. Liderlik 2. Stratejik planlama 3. Müşteri odaklılık 4. Bilgi yönetimi ve analiz 5. İnsanların yönetimi 6. Süreç yönetimi	Avustralya
Rahman ve Bullock, 2005	Soft TQM, hard TQM, and organisational performance relationships: an empirical investigation	Modelleme Saha araştırması, imalat firmaları	Faktör analizi Korelasyon analizi	TKY literatüründe teknik TKY (prensipleri) nin muazzam etkiye sahip olduğu görüşünün, daha önce pek çok çalışmada ayrı ayrı irdelenen her bir TKY ilkesinin 261 imalat firmasında; Dow ve diğ.(1999) ve Power ve diğ.(2001)'nin kullandığı 10 TKY prensibinin uygulamalarının test edilmesi için anket yaparak araştırılması suretiyle bütünsel olarak etkileşiminin analiz edilmesi.	6'sı organik 4'ü teknik elementlerden oluşan 10 TKY prensibinin organizasyon performansında doğrudan ilişkisi vardır. Organik TKY prensipleri, organizasyon performansı teknik TKY prensipleri üzerinden dolaylı etkiye sahiptir.	Organik elementler: 1. Çalışan taahhüdü 2. Vizyon paylaşımı 3. Müşteri odaklılık 4. Takım çalışması 5. Personel eğitimi 6. İşbirlikçi tedarikçi ilişkileri Mekanik elementler: 7. Bilgisayar tabanlı teknolojiler 8. Tam zamanındalık prensibi 9. Teknoloji kullanımı 10. Sürekli gelişim sağlayıcılar	Avustralya

Tablo 1.2. (Devam) TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Araştırılan TKY uygulamaları	Yayınlan-dığı ülke
Abrunhosa, P. , Sa, ́ M. E, 2008	Are TQM principles supporting innovation in the Portuguesefootwear industry?	Literatür araştırması Saha araştırması Vaka analizi	Teorik çerçeve Faktör analizi	TKY'nin Portekiz ayakkabı endüstrisindeki yenilikçiliği ne kadar desteklediğini analiz etmek.	TKY prensipleri, teknolojiye uyumu destekler ve artırır.	1. Otonomi 2. İletişim 3. Çalışanların dahil edilmesi 4. Esneklik 5. Destekleyici insan kaynakları yönetimi	Portekiz
Lopez-Mielgo ve diğ., 2009	Are quality and innovation management conflicting activities?	Literatür araştırması Saha araştırması Modelleme	Probit modeli	Farklı sektörlerden imalat firmalarının geçmiş yıllarına ait verileri ile yapılan analiz sonuçlarına göre kalite ve yenilik arasındaki ilişkiyi tanımlamak.	İnovasyon, Ar-Ge ve gelişmiş teknolojilerin kullanımı üzerine kurulan somut inovasyon yetenekleri, firmaların TKY'nin mekanik bileşenlerini uygulama eğilimini artırmaktadır. Yenilikçilik yetenekleri ile kalite yönetimi arasında kuvvetli bir ilişki vardır.	TKY'nin sert (mekanik bileşenleri); Teknoloji kullanımı Süreç yönetimi Bilgisayar tabanlı teknolojiler	İspanya
Hoang ve diğ., 2010	Total quality management (TQM) strategy and organisational characteristics: Evidence from a recent WTO member	Literatür araştırması ve analizi Saha araştırması	Yapısal eşitlik modeli t-test MANOVA	Kapsamlı bir literatür araştırması sonucu, TKY kalite ödülleri almış ve TKY uygulamaları ile öne çıkmış uygulayıcıların kullandığı 11 TKY prensibi ile organizasyon karakteristikleri arasındaki ilişkiyi 222 imalat ve hizmet işletmesinde araştırıp sonuçları bilimsel yöntemlerle analiz ederek tespit etmek.	Müşteri odaklılık ve üst yönetimin taahhüdü, TKY uygulamalarında en üst seviyededir, bilgi (enformasyon) yönetimi) ve analiz, eğitim, çalışanın yetkilendirilmesi ve süreç yönetimi bu iki uygulamanın arkasından gelmektedir.	1. Üst yönetimin taahhüdü 2. Çalışanın dahil edilmesi 3. Çalışanın yetkilendirilmesi 4. Eğitim ve öğretim 5. Takım çalışması 6. Müşteri odaklılık 7. Süreç yönetimi 8. Bilgi yönetimi ve analizi sistemi 9. Stratejik planlama 10. Açık organizasyon 11. Hizmet kültürü	Vietnam ve Tayland

Tablo 1.2. (Devam) TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Araştırılan TKY uygulamaları	Yayınlan-dığı ülke
Konecny ve Thun, 2011	Do it separately or simultaneously -An empirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance	Literatür araştırması Teori ve Modelleme	Çoklu regresyon KMO İstatistiksel endeksler Yapısal eşitlik modeli	238 işletmeye ait verileri kullanarak, bir tesisteki TKY ve TPM etkisini, özellikle çalışanların dahil edilmesi açısından araştırmak.	İK uygulamaları ile desteklenen TKY ve TPM uygulamaları, bir işletmenin performansında belirgin pozitif etkiye sahiptir. Bu iki uygulamanın aynı anda var olması, süper bir performans ortaya koymaz, zira insan kaynağı faktörü her iki programı etkin uygulama konusunda sınırlayıcı bir unsurdur.	1. Çapraz fonksiyonlu ürün tasarımı 2. Müşteri odaklılık 3. Tedarikçi kalite geliştirme 4. Süreç yönetimi	Almanya
Hassan ve diğ., 2012	Impact of TQM Practices on Firm's Performance of Pakistan's Manufacturing Organizations	Literatür araştırması Saha araştırması Kavramsal çerçeve	Faktör analizi Varimaks rotasyonu Regres-yon analizi	Pakistan'daki imalat endüstrisinden 171 kalite yöneticisi ile yapılan araştırma ile TKY uygulamaları ile organizasyonel performans arasındaki ilişkiyi tespit etmek.	TKY uygulamalarındaki başarılı adaptasyon, organizasyonun performansını artırır. İmalat işletmelerindeki Yöneticilere göre TKY uygulamaları yapan işletmeler, yapmayan işletmelere nazaran en çok müşteri odaklılık, çalışan ilişkileri, kalite ve iş performansında üstünlük sağlamaktadır.	1. Kalite taahhüdü 2. Çalışan dahil edilmesi 3. Müşteri odaklılık 4. Sürekli gelişme 5. Veriye dayalı yönetim 6. Ödül ve tanıma 7. Süreç izleme ve kontrol	Pakistan

Tablo 1.2. (Devam) TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Araştırılan TKY uygulamaları	Yayınlan-dığı ülke
Islam ve Haque, 2012	Pillars of TQM Implementation in Manufacturing Organization-An Empirical Study	Literatür araştırması Saha araştırması	Tanımlayıcı istatistiksel endeksler (standart sapma, ortalama vb.) Grafikleme T-test	31 hazır giyim işletmesinde araştırma yaparak, imalat organizasyonlarında TKY uygulamalarının/prensiplerinin durumunu, geliştirilen bir TKY uygulama çerçevesin üzerinden tespit etmek.	Kalite yönetimi ortamı, takım çalışması, kalite kontrol teknikleri, tedarikçi ilişkileri ve müşteri odaklılık, TKY uygulamalarının ana direkleridir. TKY uygulaması için geliştirilen çerçevenin, TKY uygulamalarının durumunu tespitteki geçerliliği kanıtlanmıştır.	1. Kalite yönetim ortamı oluşturmak 2. Takım çalışması 3. Kalite kontrol araç ve tekniklerini kullanma 4. Müşteri odaklılık 5.Tedarikçi ilişkileri 6. Kıyaslama 7. Süreç geliştirme 8. Çalışanların dahil edilmesi	Bangladeş
Rabbani ve diğ., 2013	Evaluate and rank the performance of total quality management in manufacturing organizations with approach of fuzzy ANP	Literatür araştırması Yarı deneysel mülakat	Bulanık mantık ANP Akış şeması Matrisleme	Endüstriden 10 uzmanla görüşme ve mülakat yaparak, imalat işletmelerindeki TKY uygulamalarının performansını değerlendirmek ve etkisine göre sıralamak.	TKY'nin yönetim ve organizasyon uygulamaları; yani stratejik planlama, üst yönetimin desteği ve kalite kültürü, işletmede en büyük olumlu etkiye sahiptir. Detay uygulamalarda sırasıyla, eğitim, üst yönetimin desteği, liderlik ve insan kaynağının yönetimi en büyük etkiye sahiptir.	1. Stratejik planlama 2. Üst yönetimin desteği 3. Kalite kültürü 4. Çalışanların yetkilendirilmesi 5. Eğitim 6. Çalışanların dahil edilmesi 7. Takım çalışması 8. Müşteri geribildirimi 9. Sürekli gelişme ve yenilik 10. Kalite sistemleri 11. Ürün ve hizmet tasarımı 12. Tedarikçi yönetimi 13. Süreç yönetimi 14. İletişim 15. Performans değerlendirme 16. Bilgi yönetimi ve analiz	İran

Tablo 1.2. (Devam) TKY prensipleri kullanılarak yapılan çalışmaların analizi

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Araştırılan TKY uygulamaları	Yayınlan-dığı ülke
Valmohammadi ve Roshanzamir, 2015	The guidelines of improvement: Relations among organizational culture, TQM and performance	Literatür araştırması Kavramsal çerçeve Saha araştırması	Yapısal eşitlik modeli Faktör analizi Ki-kare testi İstatistiksel endeksler	47 ilaç imalat firması ile araştırma yaparak; Tahran ilaç firmalarının organizasyonel kültürünü teşhis etmek, TKY kriterlerinin uygulama durumlarını araştırmak, organizasyonel kültür, TKY ve performans arasındaki ilişkiyi açıklayan iki modeli karşılaştırmak, tercih edilen modeli baz alarak organizasyonel kültür ve TKY'nin performans üzerindeki etkisini tespit etmek.	Organizasyonel kültür ve TKY'nin her ikisi de organizasyonun performansı üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Sektörde, "liderlik" en yüksek seviyedeki TKY uygulaması iken, bunu sırasıyla işgücü odaklılık, stratejik planlama ve ölçme, analiz diğer yaygın TKY uygulamalarıdır.	1. Liderlik 2. Stratejik planlama 3. Müşteri odaklılık 4. Ölçme, analiz ve bilgi yönetimi 5. İşgücü odaklılık 6. Operasyon odaklılık	İran
Singh ve diğ., 2018	Impact of TQM on organisational performance: The case of Indian manufacturing and service industry	Literatür araştırması Saha araştırması	Faktör analizi Doğrulayıcı faktör analizi	Hint Endüstrisi'nde KOBİ'lerde TKY uygulaması ve TKY'nin organizasyon performansına etkisinin, TKY prensipleri üzerinden araştırılması	Yöneticiler ve çalışanlar açısından, organizasyonun performansı ile TKY arasında pozitif bir ilişki vardır.	1. Organizasyonel liderlik 2. Müşteri tatmini 3. İnsan kaynağı odaklılığı 4. Stratejik planlama ve geliştirme 5. Tedarikçi kalite yönetimi	Hindistan
Zanqar ve diğ., 2019	The impact of ISO principles of Total Quality management on higher education quality	Literatür araştırması Saha araştırması	Yapısal eşitlik modeli	392 araştırma katılımcısı ile yapılan araştırmaya göre ISO tarafından geliştirilen TKY prensiplerinin eğitim kalitesine etkisini tespit etme	Araştırma bulguları, tüm ISO prensiplerinin, eğitim kalitesi üzerinde etkisi olduğunu ortaya koymuştur.	1. Müşteri odaklılık 2. Liderlik 3. Çalışanların katılımı 4. Süreç yaklaşımı 5. İyileştirme 6. Kanıta dayalı karar verme 7. İlişki yönetimi	Birleşik Arap Emirlikleri

Tablo 1.3'de literatürde tanımlanmış TKY uygulamalarının bir listesi sunulmuştur. Takip eden Tablo 1.4'de, bu listedeki uygulamaların hangi literatürde tanımlandığını gösteren bir karşılaştırma çalışması yapılmıştır.

Tablo 1.3. TKY kapsamındaki yayınlarda tanımlanmış TKY uygulamaları (Anil ve Satish (2016) 'dan uyarlanmıştır)

Literatürde tanımlanmış TKY uygulamaları		
1. Liderlik ve üst yönetimin taahhüdü	11. Ödül ve takdir	21. Kalite geliştirme sistemleri
2. Sürekli gelişme	12. Eğitim ve öğrenim	22. Teknoloji kullanımı
3. Tedarikçi kalitesi	13. Stratejik kalite planlama	23. Kalite politikası
4. Tedarikçi performansı	14. Stratejik kalite yönetimi	24. Organizasyon kalite kültürü
5. Müşteri odaklılık	15. SPC kullanımı	25. Kalite yönetimi ortamı
6. Takım çalışması	16. Kalite bilgisi ve analizi	26. Operasyonel kalite planlama
7. İletişim	17. Kalite güvence	27. Kıyas (Benchmark)
8. Ölçme ve geribildiri	18. Kalite vatandaşlığı	28. Süreç ve ürün tasarımı
9. Çalışanların yetkilendirilmesi	19. Kalite bilgisinin varlığı	29. Ürün kalitesi ve yenilik
10. Çalışanların dahil edilmesi	20. Kalite bilgisinin kullanımı	30. Süreç yönetimi

Tablo 1.4. TKY uygulamaları

Yazarlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Crosby (1984)			x	x					x			x		x	x													x		x
Saraph ve diğ. (1989)	x		x					x		x		x	x					x	x	x			x					x		x
Feigenbaum (1991)	x	x	X	x				x	x			x		x									x			x				x
Lu ve Sohal (1993)	x											x		x	x												x	x		x
Oakland (1993)			x	x	x				x					x	x	x											x	x		x
Flynn ve diğ., (1994)	x		x		x	x	x			x	x								x									x	x	x
EQA (1994)			x	x	x				x					x	x	x		x									x	x		x
Ahire ve diğ., (1996)	x		x	x	x				x	x		x		x	x	x				x							x	x	x	
Black ve Porter (1996)			x		x					x				x					x		x			x		x				x
Deming Prize (1996)			x	x					x			x															x	x		x
Quazzi ve Padibjo (1997)	x								x	x						x														x
Zeitz ve diğ. (1997)	x		x		x					x										x	x									
Tamimi (1998)	x		x	x	x				x			x		x																
Juran (1998)	x	x	x	x	x	x			x			x		x	x						x				x	x	x	x		x
Rao ve diğ.. (1999)	x		x	x					x	x						x														x
Zhang ve diğ.(2000)	x		x	x	x				x	x	x	x				x		x			x		x					x		x

Tablo 1.4. (Devam) TKY uygulamaları

Yazarlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Sun (2000)	x				x					x				x					x	x										
Thiagarajan ve diğ. (2001)			x	x					x					x		x												x		
Motwani (2001)	x		x	x	x							x															x			
Power ve diğ. (2001)		x	x	x			x			x											x	x								x
Gadenne ve Sharma (2002)	x								x	x		x															x			
Prajogo ve Sohal (2003)	x				x				x	x	x	x	x			x														x
Rahman ve Bullock (2005)		x	x	x	x	x	x		x			x									x	x								x
Demirbağ ve diğ. (2006)	x		x	x								x																		x
Sila (2007)	x			x	x	x																								x
Koh &Pheng (2008)	x		x	x					x	x						x														x
Das ve diğ. (2008)	x		x	x					x	x		x															x			x
Fotopoulos ve Psomas (2009)	x	x	x	x	x					x		x	x			x												x		x
Hoang ve diğ. (2010)	x				x	x			x	x		x				x														x
Lee ve diğ. (2010)	x				x					x			x			x														x
İslam ve Haque (2012)		x	x		x					X															x		x			
Singh ve diğ. (2018)	x		x	x	x				x	x	x	x														x				
Zanqar ve diğ. (2019)	x		x	x	x				x			x			x		x											x		x
TOPLAM	24	6	25	21	20	5	3	2	20	19	4	19	4	11	7	12	1	3	4	4	6	2	3	1	2	4	10	13	2	24

Elde edilen analiz sonucuna göre literatürde en çok tanımlanan ve kullanılan TKY uygulamaları şunlardır;

- Liderlik ve üst yönetimin taahhüdü
- Süreç yönetimi
- Tedarikçi kalitesi
- Tedarikçi performansı
- Müşteri odaklılık
- Çalışanların yetkilendirilmesi
- Çalışanların dahil edilmesi
- Eğitim ve öğrenim
- Süreç ve ürün tasarımı
- Kalite bilgisi ve analizi
- Stratejik kalite yönetimi
- Kıyaslama (Benchmarking)
- SPC kullanımı
- Sürekli gelişme
- Kalite geliştirme sistemleri
- Takım çalışması
- İletişim (doğrudan TKY uygulaması olarak kullanılmasa da diğer TKY uygulamalarının bir sonucu olan TKY uygulaması olarak kabul edilebilir)

1.7. ISO 9001 TKY Prensipleri

Uluslararası Standartlar Enstitüsü, İngilizce kısa adı ile ISO, TKY ilkelerini resmi bir formatta TKY prensipleri olarak tanımlayan kurumdur. Halen 164 ülkenin ulusal organı, ISO mensubudur. 164 ülkedeki bu ulusal organlar ISO 9001:2015 Kalite Prensipleri'ni resmi olarak benimsemişlerdir.

Dünya genelinde en yaygın ve uluslararası tanınırlıkla uygulamada olan bu TKY prensiplerinin tanımlamaları şöyledir;

1.7.1. Müşteri odaklılık

Müşteri odaklılık, bugün ve gelecekteki müşteri ihtiyaçlarını ve beklentilerini tespit etmeyi, etkili müşteri ilişkileri yönetimini ve müşteri memnuniyetini nasıl ve ne kadar iyi

bir şekilde belirleyeceğimizi ortaya koyar (Samson ve Terziovski, 1999, Sevimler ve diğ., 2011).

Uluslararası Standartlar Örgütü ISO'ya göre, kalite yönetiminin temel odak noktası müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve müşteri beklentilerini aşmak için çabalamaktır ve organizasyonel kalite hedeflerine ulaşmada her seviyedeki herkesi dahil etmek önemlidir. Bir işletme sürekli başarıyı, müşterilerin ve diğer ilgili tarafların güvenini kendine çekip onu koruduğunda elde eder. Müşteri için daha fazla değer yaratma fırsatı elde etmek için, müşterilerle etkileşim içinde olunmalıdır. Zira müşterilerin ve tüm paydaşların mevcut ve gelecekteki ihtiyaç ve beklentilerini anlamak, kurumun başarısının sürekliliğine katkıda bulunur (ISO-Quality Booklet, 2015).

Zorlayıcı olan şudur ki, müşteri tercihleri rekabetin giderek arttığı pazarlarda çok hızlı değişme eğilimindedir ve müşteri odaklılık ilkesi, işletmelerin sürdürülebilirliklerini sağlayabilmeleri için zorunlu bir şart konumundadır.

Müşteri odaklı yönetimde, hedeflenen müşterinin tanımlanması ve müşterinin ne istediğinin bilinmesi gerekmektedir. TKY, müşteri odaklılık prensibi gereğince tatmin edilmesi gereken müşteriyi, iç ve dış müşteri olmak üzere ikiye ayırır (Sevimler ve diğ. 2011).

İç Müşteri, ilgili mal ve hizmetlerin üretilmesinde doğrudan ve dolaylı olarak katkı sağlayan tüm işletme çalışanlarıdır. İşletme ürünlerinden maksimum faydayı almak isteyen kişiler dış müşterilerdir. Dış müşterilerin istek ve ihtiyaçlarını tam anlayabilmek için pazar araştırmaları yapılmalıdır (Sevimler ve diğ. 2011).

İşletmelerin, müşteri beklentilerini karşılayacak ürün ve hizmetleri sunmak için ilgili süreçleri ve ürün veya hizmetlerini geliştirmeleri gerekir.

Bunun yanı sıra, pazardaki varlıklarını sürdürmek üzere müşterilerin tatminini en yüksek noktaya taşımalıdırlar (Şimşek, 2000).

TKY'de hem iç müşterilerin hem dış müşterilerin memnuniyeti esastır (Uryan, 2002). TKY, herkesin bir müşterisi olduğu ve müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin zamanında karşılanması gerektiği anlayışına dayandığı için, hem iç müşteriler hem de dış müşteriler kuruluş için önemlidir (Saraç, 2000).

İç müşterilerin memnuniyeti sürecin sağlıklı işlemesi ve çalışanların motivasyonu açısından önem taşırken, dış müşterilerin memnuniyeti organizasyonun varlığının temelidir.

1.7.2. Liderlik

Liderlik, belirli hedeflere ulaşmak için bir grup insana liderlik etme ve yönlendirme konusunda bireysel bir yetenektir. Stratejik liderlik ise, çalışanların şirketin varlığını kısa ve uzun vadede büyümesi mantığıyla kararlar vererek işlerini yerine getirmelerini sağlama yeteneğidir (Semuel ve diğ., 2017) (Nejad ve Rowe, 2009).

TKY'ni sağlayacak bir liderin karakteristik özellikleri şöyle tanımlanmıştır;

- Liderler, kalite kültürünün temel özelliklerini belirlemek ve işletme kültürünü geliştirmek için aktif olmalıdır (Özçakar, 2010).
- Liderliğin kalitesi ne kadar yüksek ise, liderliğin etkililiği ve örgütsel başarısı da o kadar iyidir (İlğan ve diğ., 2008).
- Kurumsal değişim ihtiyacını belirler ve değişime öncülük ederler (Kal Der, 2003).
- Lider, liderlik ettiği alanda bir vizyon çizmeyi başarmalı, etkili iletişim kurmalı, vizyon ve misyona uygun politika ve stratejiler geliştirmeli, değişimi yönetme ve çalışanları motive etme niteliklerine sahip olmalıdır (Erkılıç, 2007).
- Liderin kendisi de sürekli iyileştirme çalışmalarında bizzat rol alır, iç ve dış müşterilerle ve diğer paydaşlarla ilişkileri yürütür (Erkılıç, 2007).
- Çalışanlarla katılımcı bir iş birliği ile mükemmellik kültürünü yayarlar (Erkılıç, 2007).

TKY, işletmedeki herhangi bir birim, kişi ya da grubun çabaları ve faaliyetlerinden ziyade, etkili bir liderlik ve yönetim becerisi ile sağlanır (İlğan ve diğ., 2008).

Bunun için liderler, amaç ve yön birliği kurar ve kurumun kalite hedeflerine ulaşması için çalışanlarının dahil olduğu koşulları oluşturur. Amaç ve yön birliğinin oluşturulması ve insanların katılımı, bir örgütün hedeflerine ulaşmak için stratejilerini, politikalarını, süreçlerini ve kaynaklarını etkin bir şekilde bir araya gelmesine olanak tanır (ISO Quality Booklet, 2015).

Liderlerin yönetim davranışları, TKY kültürünün gelişmesinde önemli bir etkiye sahiptir.

Liderlik rolleri ve vasıfları, liderlik edilen sürecin teknoloji yoğunluğuna, manuel çalışmaların kapsamına, işin karmaşıklığına, çalışanın yetkinlik seviyesine ve pazarın rekabet durumuna göre de şekil alır. Daha yetkin çalışanların olduğu iş ortamında çalışanların kendi kararlarını kendilerinin aldığı sistemlerde, liderin amaç ve hedef birliğini takip ederek gerektiğinde yol gösterdiği daha esnek bir liderlik gerekebilir.

1.7.3. Çalışanların katılımı

Katılımcılık, çalışanların işlerini daha iyi yapabilmeleri ve bundan çalışanın ve organizasyonun fayda sağlayabilmesi için karar alma süreci içinde yer almasıdır. TKY'de belirlenen hedeflere ulaşmak için tüm çalışanların katıldığı bir yönetim anlayışı benimsenir. Katılımcılığın olmadığı bir yönetim anlayışında çalışanlar daima kendilerinden isteneni yapmaya çalışır ve işin daha iyi yapılması için herhangi bir çaba sarf etmezler (Uryan, 2002).

Katılımcılığı sağlamayan liderlik ise, klasik yönetici rolüne geri dönebilir. Çalışanların tam katılımı, amaç ve hedef birliğini garanti altına alır, kişisel gelişimi destekler, organizasyonel öğrenmeyi sağlar.

Uryan'a göre, çalışanların tam katılımı onların bilgi ve becerilerinden en yüksek seviyede yararlanmayı sağlar, bilgi ve becerilerin paylaşımı ise birimler arası uyumu beraberinde getirir. Böylece de işletmenin sürekli gelişimi sağlanır (Uryan, 2002).

Eğitim, çalışanları güçlendirmek ve yetkilendirmek için temel gerekliliklerden biridir. Değişen müşteri isteklerini karşılamak için çalışan bir işletme, sürekli gelişmeyi ancak çalışanları ile sağlar ve dolayısı ile çalışanın değişen koşullara adapte olması, değişen hedefleri gerçekleştirmek için gerekli yeni yetkinliklere ulaşabilmesi için yeni şeyler öğrenmesi gerekir. Öğrenme yöntemlerinden biri eğitimdir fakat günümüzde artık eğitim ve kişisel öğrenim de giderek daha fazla bireysel ihtiyaçları göz önüne almayı gerektirmektedir. Geleneksel sınıf içi eğitimlerin yerine internet üzerinden eğitim, yaparak öğrenme vb. gibi uygulamalar da yaygınlaşmıştır.

Bir işletmede her kademede uygulanması gereken eğitim, aynı zamanda sürekli ve düzenli olmalıdır. Süreklilik ve her kademede eğitim hem çalışanların tam katılımını destekler hem de süreçlerde ve organizasyonda sürekli iyileşme sağlar (Sevimler ve diğ., 2011).

Eğitimde amaç, çalışanlara istenilen kalitenin en ekonomik şekilde üretilebilmesini sağlayacak bilinç, bilgi ve becerinin kazandırılmasıdır. Eğitimle daha nitelikli hale gelen çalışanlar kendi performanslarını artırarak nihai çıktı olarak işletmenin performansını da artıracaklardır.

TKY, çalışan memnuniyetini, çalışanın katılımında ve katkısında önemli bir faktör olarak görür. TKY'de, çalışanlar bilgi ve hizmetlerin yer değiştirmesinde birbirinin müşterisidir.

Sonuç olarak, her çalışan kendi iç müşterilerini tatmin etmelidir. Yönetim, önerileri teşvik etmeli ve çalışma ortamını açık hale getirerek cezalandırılma korkusu olmadan dürüst yorumların yapılabilmesini sağlamalıdır (Harrington ve diğ., 2012).

Bir örgütü etkin ve verimli bir şekilde yönetmek için, her kademedeki çalışanı dahil etmek ve onlara birey olarak saygı duymak önemlidir. Yetkinliğin tanınması, güçlendirilmesi ve artırılması, kurumun kalite hedeflerine ulaşma yolunda insanların katılımını kolaylaştırır (ISO-Quality Booklet, 2015).

1.7.4. Süreç yaklaşımı

Süreç, girdileri çıktılara dönüştüren faaliyetler zinciridir. Diğer bir ifade ile, belirli girdileri, müşterileri için bir dizi çıktıya dönüştüren, tanımlanabilen, sınırları konulabilen, tekrarlanabilen, ölçülebilen, sorumlusu olan, fonksiyonlar arası ve birbiriyle ilişkili, değer yaratan faaliyet zinciridir (Gökşen ve Kılıç, 2011).

Süreç, zaman, yer ve şekil yönünden değer oluşturulması veya eklenmesi yoluyla girdileri çıktıya dönüştürür (Kılıç ve Aydınlı, 2015).

Girdileri çıktıya dönüştürmeye esas konular şunlardır (Bozkurt, 2010);

- Zaman Değeri: Ürün veya hizmetin zamanındalığı, yani ihtiyaç duyulan zamanda erişebilme değeridir.
- Yer Değeri: Ürün veya hizmetin ihtiyaç duyulan yerde hazır olması değeridir.
- Şekil Değeri: Ürün veya hizmetin ihtiyaç duyulduğu şekliyle pazarda hazır bulunması değeridir.

TKY'nde sistemsizlik yerine farklılıkları belirli bir sistem içinde bir araya getirme vardır. Örneğin süreç yönetimi sistem yaklaşımına, katılımcı davranışçı ve özyönetimci

anlayışlara, verimlilik klasiklere özgü olmasına karşın, tüm bu özellikler TKY'nde birlikte ve sistemli bir birleşim halinde görülmektedir (Erkılıç, 2007).

Süreç odaklılık, sonuçları elde etmeyi amaçlayan faaliyetlerin silsilesine odaklanır (Erginel, 2010).

Süreç yaklaşımı şöyle de açıklanabilir; Bir masanın müşteri beklentilerine göre pazara sunulabilmesi için, masada kullanılan malzemelerin (plastik, ahşap, vida vb.) zamanında ve alıcı bulacak maliyet ve kaliteyi ortaya koyacak nitelikte işletmeye ulaşması, üretimin sezon yoğunluğuna bağlı olarak vardiyalı ya da vardiyasız üretimi yapması, şekline ve rengine tasarımcının önceden karar vermiş olması, imalathanede bu tasarıma uygun değişikliklerin önceden yapılmış olması, sevkiyatlarda ürünün geri dönmemesi ve zamanında pazara ulaştırılması gerekir. Bütün bu işlerin bütününü dikkate alarak yönetmek ve yönetilmek için, departmantel yaklaşımın terk edilmesi gerekir. Zira imalatın çok masayı en kısa sürede üretmesi, işletmeyi başarılı kılmaz. Malzemelerin kalitesi, üretim miktarının ürün çeşitliliğini de dikkate alarak yapılması, sevkiyat sırasında yanlış ürün gönderilmemesi veya hatalı ürünün yanlışlıkla sevk edilmemesi de tüm bu büyük sürecin bir parçasıdır.

Süreç yaklaşımı, süreçlerin birbiri ile entegrasyonunu göz önünde tutmalıdır. Örneğin bakım süreci, yatırım sürecinin yeni yatırım hedeflerini de dikkate alarak yönetilmeli, eğitim süreci imalat ve yeni hedefleri dikkate alarak yeni işçilerin yetkinliğini artırmalı, satış ve pazarlama süreci müşteri ihtiyaçlarını takip ederken müşteri ilişkileri yönetimi süreci ve finans yönetimi süreci ile entegrasyon içinde çalışmalıdır. Süreç yaklaşımında hiçbir süreç bir diğerini görmezden gelemez.

Faaliyetler, tutarlı bir sistem olarak işlev gören birbiriyle ilişkili süreçler kapsamında ele alındığında ve yönetildiğinde, tutarlı ve öngörülebilir sonuçlar daha etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirilir. Kalite yönetim sistemi birbiriyle ilişkili süreçlerden oluşur. Sonuçların bu sistem tarafından nasıl üretildiğini anlamak, bir organizasyonun sistemi ve performansını optimize etmesini sağlar (ISO-Quality Booklet, 2015).

1.7.5. İyileştirme

Imai, Japonya'nın üretim proseslerini değiştiren müşteri ve pazar gereksinimlerine göre hızla adapte edebilen esnek üretim teknolojisinin sahibi olmasının gerçek nedeninin

Kaizen olduğu görüşündedir. Kaizen iyileştirme demektir, üst yönetim ve tüm çalışanlar dahil olmak üzere herkesin içinde olduğu sürekli iyileştirme demektir (Imai, 2014).

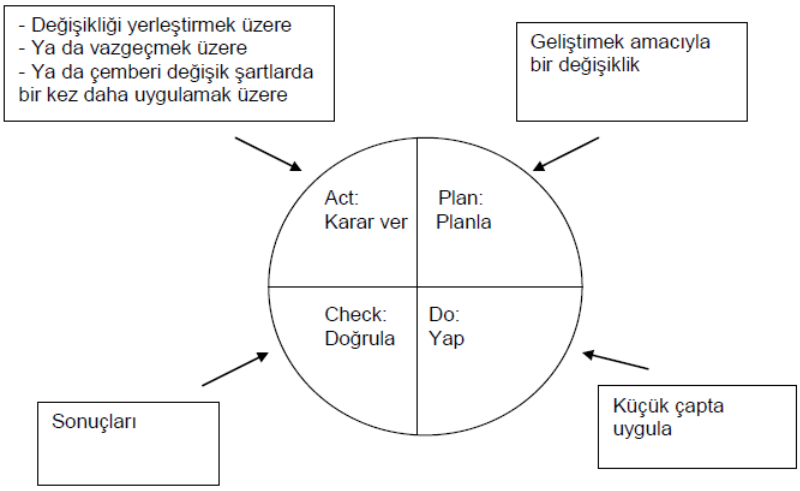
Sürekli iyileştirme ve gelişme;

- Tüm sistemlerdeki ve süreçlerdeki hata ve kusurların elimine edilmesidir (Bhuiyan ve Baghel, 2005).

- Belli bir standart yakalandıktan sonra standardın seviyesinin sürekli olarak geliştirilmesidir (Uryan, 2002).

- Sürekli iyileştirme yaparak yeni standartlar ortaya koyan ve süreli gelişmeyi yeni standartlar üzerine inşa eden bir süreçtir, bir yönüyle de hataların minimize edilmesini de sağlayan bir süreçtir (Özmutaf, 2010).

Sürekli gelişme için TKY araç ve teknikleri kullanılmalıdır. Bu araç ve tekniklere örnek olarak, PDCA döngüsü (planla, uygula, kontrol et, tedbir al), Pareto analizi, kalite kontrol grafikleri vb. örnek verilebilir. Sürekli gelişim döngüsü Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Sürekli gelişim döngüsü (Kılıç ve Aydınlı, 2015)

Sürekli iyileşme basit ve aşama geliştirmeler veya radikal geliştirmelerle, yeni teknolojileri de kullanarak veya yenilikçi fikirleri hayata geçirerek sağlanır. Bazen de büyük geliştirmeler küçük küçük iyileştirmelerin zaman içindeki bir sonucu olarak karşımıza çıkar. Sürekli gelişimde kaliteyi geliştirmek ve hataları bulup ortadan kaldırmak için çeşitli yaklaşımlar, teknikler ve araçlar kullanmak gerekir (Bhuiyan ve Baghel, 2005).

Sürekli gelişme anlayışını benimsemiş olan bir işletme, rakiplerine göre pek çok yönden üstünlük kazanır. Bu üstünlüklerin en önemlisi, müşteri beklentilerinin en üst seviyede tatmin edilmesidir.

Diğer üstünlükler şunlar olabilecektir:

- Daha etkin ve verimli iş sonuçları
- Amaç ve hedeflere daha kolay ve hızlı ulaşma
- İş birliği ve takım çalışmasının güçlenmesi
- Organizasyonel öğrenme
- Yüksek motivasyon

Belirli bir pazarda müşteri istek ve beklentileri sürekli değişirken, rakipler yeni ürünler, yeni hizmetler piyasaya sürerken ya da mevcut ürünleri giderek daha ucuza mal ederek daha kaliteli olarak pazara sunarken, ürünlerde kullanılan hammadde ve yan malzemelerin teknolojileri veya tedarik yöntemleri değişirken bir işletmenin mevcut yöntemlerle hiçbir gelişim yapmadan işlerine devam etmesi demek, bir süre sonra küçülmesi hatta kapatılarak pazardan çıkması demektir.

Başarılı kuruluşlar “geliştirme ve iyileştirmeye” odaklanmaktadır. Bir organizasyonun mevcut performans düzeylerini sürdürmesi, iç ve dış koşullarındaki değişikliklere tepki göstermesi ve yeni fırsatlar yaratması için sürekli iyileştirme şarttır (ISO-Quality Booklet, 2015).

1.7.6. Kanıta dayalı karar verme

Kanıt esaslı karar alma bir diğer deyişle kanıtlarla yönetme, verileri gerçek zamanlı olarak toplamak ve analiz etmek ve bu veri analizine dayanarak karar almaktır. Kanıt esaslı karar almanın girdisi, bilgi ve veridir (Erginel, 2010).

Veriler ve bu verileri bilgiye dönüştüren analizlere bakarak rasyonel kararlar alınabilir. Böylece doğru bilgiye dayanarak ürün veya üretim yöntemlerinde veya hizmet süreçlerinde doğru değişiklikler yapılabilir. Verilerin diğer ifade ile kanıtların yeterli toplanmadığı süreçlerde, problemin kök nedenini ortadan kaldırmak neredeyse imkansızdır. Doğru müşteri kararları verme, doğru satış lokasyonu seçme gibi örnekle çoğaltabileceğimiz süreç ve yönetim kararlarında kanıta dayalı karar verme önemlidir.

Bunun tipik örneğini bakım süreçlerinde de görürüz. Arıza bakımlarda eğer bakım ve arıza verileri yeterli toplanmıyorsa, tüm süreç bir tek ustanın tecrübesinin arızayı çözmesini bekler. Arızanın beklenmedik gelişi, yeterli ölçme ve kanıtın bulunmaması ile yakından ilgilidir ve ustanın yoğunluğu üretim hattının bekleme sürelerini de uzatabilir. Oysa ki yeterli veri ve kanıtlar toplandığında, tedarikçi ilişkileri zamanında devreye sokulabilir, daha iyi bir yedek parça stok yönetimi yapılabilir veya ekipman koruyucu bakımı, arıza meydana gelmeden önce yapılabilir.

Verilerin ve bilgilerin analiz ve değerlendirmesine dayanan kararların, istenen sonuçları üretme olasılığı daha yüksektir. Karar verme karmaşık bir süreç olabilir ve her zaman bazı belirsizlikleri içerir. Genellikle, birden fazla tür ve girdi kaynağı ile bunların öznel olabilen yorumlanmasını içerir. Sebep-sonuç ilişkilerini ve olası istenmeyen sonuçları anlamak önemlidir. Gerçekler, kanıtlar ve veri analizi, karar almada tarafsızlığa ve güvene giden yolu açar (ISO-Quality Booklet, 2015).

1.7.7. İlişki yönetimi

İlişki yönetiminin içinde olması gereken en önemli aktörlerden biri tedarikçilerdir.

Juran ve Gyrna'ya (1993) göre düşük kaliteli mal sunan tedarikçi ile çalışılırsa, bunun sonucunda üretilen ürünlerin maliyeti öngörülenden yüksek olur. Zira düşük kalite, ek maliyet getirir. Daha yüksek kalitede tedarik sağlayan tedarikçilerle orta veya uzun vadede birlikte çalışmak, kaliteden ödün vermeden yönetilebilir bir üretim maliyeti sağlar.

Tedariğe konu olan girdilerin kalitesi, zamanındalığı ne kadar iyi olursa, ürün veya hizmet çıktısı da müşteri odaklılık prensibi de doğru orantılı olarak olumlu etkilenir (Halis, 2007).

Zira TKY, bir süreçte herhangi bir aşamadaki kalitenin, bir önceki aşamadaki kaliteye bağlı olduğunu kabul eder. Mesela, marangozlar sık sık elektrikçiler veya tesisatçılar tarafından yapılan çalışmaya uyum sağlamak zorunda kaldıklarından şikayet ederler. Bu örnekte olduğu gibi, gerekliliklerin dikkatli tanımlaması yapılmalı ve karşılanması gereken ihtiyaçlara saygılı olunmalıdır. Böylece TKY, hem işçilik hem de malzeme tedarikçilerine dikkat eder. Tedarikçilerle yakın ve uzun vadeli ilişkilerin sürdürülmesi, en iyi ekonomikliğe ve kaliteye ulaşılmasıyla sonuçlanır (Harrington ve diğ., 2012). Bu ise, etkin kaynak yönetimi demektir.

Sürdürülebilir başarı için bir kuruluş, tedarikçiler de dahil ilgili taraflarla olan ilişkilerini yönetir. İlgili taraflar bir organizasyonun performansını etkiler. Organizasyon, performansıyla ilgili etkilerini optimize etmek için tüm ilgili taraflarla ilişkilerini yönettiğinde, sürekli başarıyı elde etmesi daha olasıdır. Tedarikçi ve ortak ağları ile ilişki yönetimi özellikle önemlidir (ISO-Quality Booklet, 2015).

Yukarıdaki açıklamalar dikkate alınarak, ISO 9001 TKY prensipleri ile Tablo 1.4'de analiz edilen ve bu analiz sonucuna göre en çok kullanılan TKY uygulamaları eşleştirmesi, Tablo 1.5'de gösterilmiştir.

Tablo 1.5. ISO 9001:2015 TKY Prensipleri ve öne çıkan ilişkili TKY uygulamaları

ISO 9001 Prensibi	**İlişkili TKY uygulamaları**
1. Müşteri odaklılık	-
2. Liderlik	-
3. Çalışanların katılımı	Çalışanların eğitimi Çalışanların yetkilendirilmesi Çalışanların dahil edilmesi Takım çalışması
4. Süreç yaklaşımı	Tam zamanındalık
5. İyileştirme	Sürekli gelişme ve Kaizen Operasyonel kalite planlama Süreç ve ürün tasarımı
6. Kanıta dayalı karar verme	İstatistiksel proses kontrol (SPC) kullanımı Bilgi yönetimi ve analiz (Kalite bilgisi ve analizi) Teknoloji kullanımı Kıyaslama
7. İlişki yönetimi	İletişim Tedarikçi yönetimi (tedarikçi kalitesi ve performansı)

1.8. Toplam Kalite Yönetimi Araçları

Kalite araçları ve teknikleri, müşteri şartlarını karşılayan toplam kaliteyi ölçmeyi sağlar. Bugün en çok kullanılan TKY araçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 1.6. TKY araçları

- Pasta ve çizgi grafikler
- Histogramlar
- Eğilim/gidişat tabloları; belirli bir zaman dilimindeki gerçekleşen durumu ortaya koyan tablo
- Pareto Analizi
- Güç Alanı Analizi
- Odak Grupları
- Beyin Fırtınası
- Ağaç Diyagramı
- Akış Diyagramı ve Modelleme Diyagramları
- Dağılım Diyagramı
- İlişki Diyagramı
- PUKO
- Sebep-Sonuç Diyagramı
- Veri Kayıt ve Kontrol Tabloları (Check Sheet)
- Kontrol Tablosu (prosesteki varyasyonu takip eden grafiksel tablo)

Bunlardan bazılarının açıklamaları şöyledir (URL-1);

Pareto Analizi; Spesifik problemleri veya sebepleri, öncelik sırasına göre problem çözmeyi kolaylaştıracak şekilde önem ve sıklığa göre oranlar. Önceliği olanları ölçmek için en sık şikayet, en çok satın alınan yardım vb. gibi niteliksel veri grupları belirlenir. Değişiklikleri izlemek için oluşan sorunların/olayların sıklıkları belirli zaman aralıklarında toplanabilir. Ayrıca, bir süreç değişikliğinin önceki ve sonraki durum analizi olarak da oluşturulabilirler. Pareto Analizi, 80/20 kuralı olarak da bilinir.

Güç Alanı Analizi; Belirli bir süreç fonksiyonunu anlamak üzere seçilmiş bir süreçte neden olan itici ve kısıtlayıcı güçleri tanımlamak içindir. Diğer bir ifade ile daha yüksek bir

verimlilik seviyesinde çalışmak için ortadan kaldırılması gereken kısıtlayıcı güçleri veya iyileştirilmesi gereken itici güçleri tanımlamak için kullanılır.

Odak Grupları; Ürünlerin halk gözündeki durumunu test etmek için pazarlama ve reklam organizasyonlarınca sık kullanılan bir yöntemdir. Herhangi bir genel kitlenin temsilcisi olarak o ürün veya hizmeti kullanan çeşitli insanlardan geri bildiri almak, ürünün iyileştirmeye ihtiyacı olup olmadığını anlamak veya pazarda tanıtım ihtiyacını belirlemek vb. için kullanılır.

Beyin Fırtınası; Bir konuyu çevreleyen çeşitli unsurları tanımlamak için yaratıcı düşünmeyi kullanan ekip çalışmasıdır.

Ağaç Diyagramı; Bir projenin içerdiği ve kapsamındaki çeşitli görevleri tanımlamak, personel, iş yapısı veya öncelikler arasındaki hiyerarşileri tanımlamak veya bir projenin, prosedürün veya sürecin girdilerini ve çıktılarını tanımlamak için kullanılır.

Akış Diyagramı Ve Modelleme Diyagramları; Bir süreçteki her adımın tanımlanması ve analizini açık ve kapsamlı bir şekilde göstererek yardımcı olur. İş akışının durduğu/tıkandığı alanları tanımlamaya ya da verimliliği artırmak için/ standart bir akış oluşturmak için eklenmesi gereken veya çıkartılması gereken adımları tanımlamaya yardımcı olur.

Dağılım Diyagramı; İki değişken arasındaki sebep ve sonuç ilişkilerini anlamak, korelasyonları ve ilişkileri keşfetmek, eğilimleri göstermek ve doğrulamak ve ilişkilerin pozitif ve negatif yönünü resmetmek için kullanılır.

İlişki Diyagramı; Çeşitli faktörlerin, konuların, olayların vb. arasındaki ilişkileri anlayarak onların genel olarak organizasyonel bakış açısından önemini belirlemek için kullanılır.

PUKO; PUKÖ döngüsü (Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al), Deming döngüsünün bir adaptasyonudur. Deming döngüsü araştırma, tasarım, üretim ve satış sonrasında sabit bir etkileşim ihtiyacını vurgular. PUKÖ döngüsü ise bütün yönetim faaliyetlerinin “Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al” sisteminin dikkatli uygulanmasıyla iyileştirilebileceğini öngörür (Imai, 2014).

1.9. Toplam Kalite Yönetimi Teknikleri

Bir organizasyon, müşteri tatmini sağlayan kalitesini sürdürmek için aşağıdaki kalite yönetim tekniklerini kullanmalıdır (Shyamal, 2011);

Tablo 1.7. TKY teknikleri

- Benchmarking (kıyaslama)
- Kaizen
- Kalite çemberi
- QFD-Kaliteli işlevi yerleştirme
- Süreç yeniden yapılandırma
- TPM
- 6 sigma
- Poka Yoka
- Deneysel Tasarım
- Hata Modu Etki Analizi (FMEA)
- Hata Ağacı Analizi (FTA)

Kalite tekniklerinin bazıları aşağıda açıklanmıştır;

Kalite Çemberi; TKY bünyesindeki tüm çalışanların çalışmalara katılımını sağlamak için kullanılan en önemli araç, “kalite çemberleridir” (Çoban, 2004). Kalite çemberi grupları düzenli aralıklarla toplanır ve karşılaştıkları kalite, güvenlik, verimlilik, çalışma koşulları gibi sorunlardan seçtiklerini inceleyerek çözüm üretirler. Üyeler belirli sorun çözme yöntemleri ile sorunlara çözüm önerileri hazırlar, bu önerilerin geçerliliklerini belirler, üst yönetime düzenli olarak bunları sunar ve sonuçlarını izlerler (Şimşek, 2002).

Kıyaslama; Organizasyonlar için kendini geliştiren bir araçtır. Kendilerini diğerleriyle karşılaştırmasını, karşılaştırmalı güçlü ve zayıf yönlerini tanımlamasını ve nasıl geliştirileceğini öğrenir. Kıyaslama, en iyi uygulamaları bulmanın ve benimsemenin bir yoludur (Singh ve diğ., 2012).

Deneysel Tasarım; Bir sistemin veya sürecin incelenmesinde sistematik bir yaklaşımdır. Bir sürecin veya sistemin girdi değişkenlerine planlı değişikliklerin yapıldığı bir dizi

yapılandırılmış test olarak tasarlanmıştır. Bu değişikliklerin önceden tanımlanmış bir çıktı üzerindeki etkileri daha sonra değerlendirilir (Singh ve diğ., 2012).

Hata Modu ve Etki Analizi (FMEA); Nerede ve nasıl başarısız olunabileceğini belirlemek için bir süreci değerlendirmek ve farklı başarısızlıkların etkilerini değerlendirmek için kullanılan sistematik, proaktif bir yöntemdir. Bu teknikle, değişime en çok ihtiyaç duyan süreç veya işlem ortaya çıkar (Singh ve diğ., 2012).

Hata Ağacı Analizi (FTA); Bir alt düzey olay serisini birleştirmek için sistemin istenmeyen bir durumunun analiz edildiği yukarıdan aşağı, tümden dengelimli başarısızlık analizidir. Bu analiz yöntemi, bir güvenlik kazası veya belirli bir sistem seviyesi (fonksiyonel) arızası olasılığını belirlemek için, esas olarak güvenlik ve güvenilirlik mühendisliği alanında kullanılmaktadır (Singh ve diğ., 2012).

Poka Yoke; Yaratılan hataları durdurabilen, böylece üretim sürecinde hiçbir kusur bulunmadığından emin olmayı sağlayan bir tekniktir. Eğer bir makine doğru hizalanmadığında bir uyarı veya sinyal verecek şekilde tasarlandıysa, bu “Poka Yoke” işlemidir. Operatör, makinenin doğru bir şekilde hizalanmadığı konusunda veya sorunun arıza olmadan önce çözülmesini sağlamak için gerekli adımları atması konularında uyarılacaktır (Singh ve diğ., 2012).

Altı Sigma; “Müşteriler için kritik olan tüm süreçlerde kusurların ortadan kaldırılmasını hedefleyen, süreç odaklı, verilerle yürütülen bir metodoloji” dir (Lifvergren ve Bergman, 2012). Hata kaynaklarını ve elimine etme yollarını tespit etmek için son derece titiz bir veri toplama ve istatistiksel analiz kullanmanın disiplinli bir yöntemidir (Harry ve Schroeder, 2000). Altı Sigma, kalite yönetimi çabalarına kolayca entegre edilebilir. Altı Sigma’yı TKY programı içine entegre etmek, kapsamlı veri analizi yolu ile süreçleri iyileştirmeyi kolaylaştırır. Altı Sigma metriklerini kullanmak, dışa dönük proje karşılaştırmalarının kıyaslama ile yapılmasını, içe dönük proje karşılaştırmalarının kaynak tahsisini kolaylaştırmasını sağlar (Aized, 2012).

1.10. Toplam Kalite Yönetimi Kısıtları ve Bazı Eleştiriler

Çeşitli kaynaklara göre, TKY ile ilgili en önemli kısıtlar endüstri tipleri, insan kaynaklı ve işletme büyüklüğü ile ilgili kısıtlardır. Aşağıda bu kısıtlar ve eleştiriler açıklanmıştır. Bu

eleştiriler, aynı zamanda bu çalışmanın kapsamını ve araştırma yöntemini belirlemeye yardımcı olmuştur.

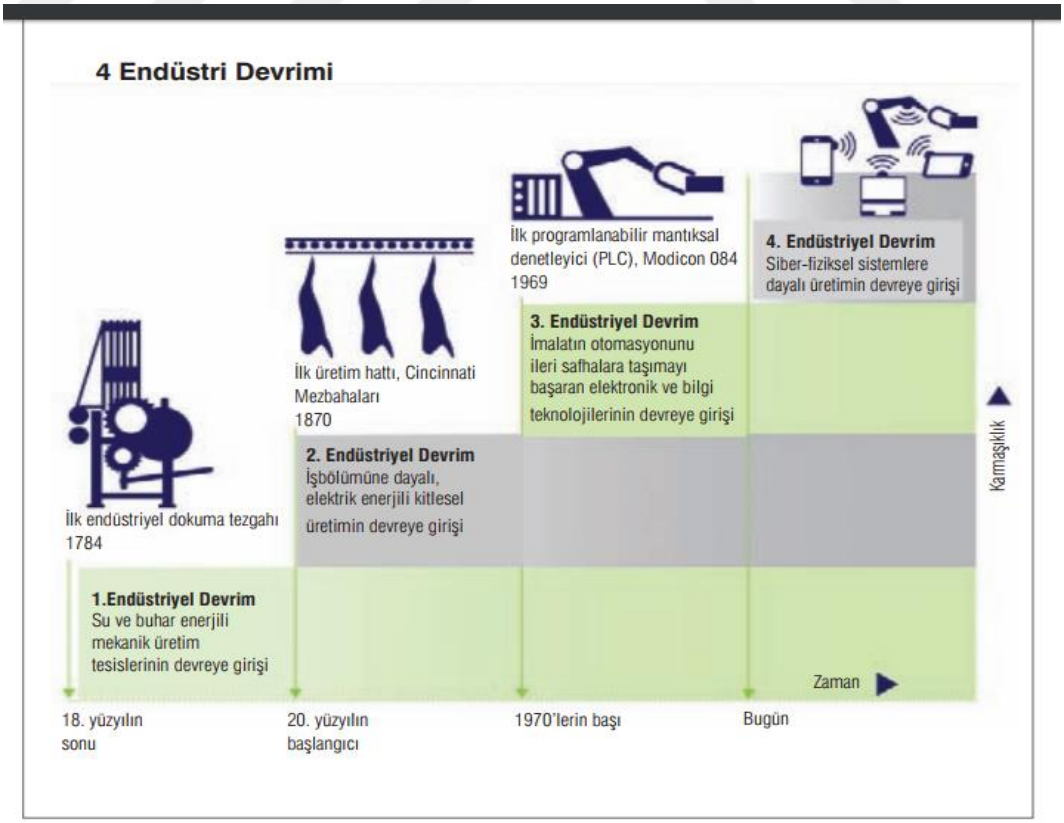
Tablo 1.8. TKY eleştirilerinin bir analizi

Eleştiri kapsamı	Eleştiriyi yapanlar	Yayında Sonuç ve Öneriler	Eleştiri Özeti
TKY ve endüstri tipleri	Silvestro, 1998 Sureshchandar ve diğ., 2001 Prajogo, 2005	TKY'nin hizmet sektörüne uyarlanabildiği gözlemlense de yönetim (okulu) bilimcileri, farklılıklardan dolayı hizmet sektöründe TKY uygulaması sınırlıdır.	TKY'ni ve araçlarını hizmet sektöründe uygulamak sınırlıdır.
	Badri, Davis, & Davis, 1995 Beaumont ve diğ.,1997 Woon, 2000.	İmalat firmalarına nazaran hizmet örgütleri genellikle kalite araçlarını daha az kullanırlar ve daha düşük TKY uygulama seviyeleri gösterirler (özellikle TKY teknik faktörleri olarak bilinen SPC, süreç yönetimi vb.).	
	Hoang ve diğ., 2010	İmalat firmaları, tüm TKY faktörlerini hizmet sektöründekilere kıyasla daha yüksek seviyede uygulamaktadırlar. Bilgi ve analiz sistemi ve müşteri odaklılık, üretim şirketlerinde daha anlamlı bir yere sahiptir.	
İnsan kaynaklı engeller	Sadıkoğlu ve Olcay, 2014	2010 yılında Kal-Der'e üye Gebze Organize Sanayi bölgesinde faaliyet gösteren 500 firmaya gönderilen soru formundan elde edilen 242 geçerli cevaba göre TKY uygulamasındaki sorunların %34'ü çalışan katılımında eksiklik (%24,7), çalışanların ilgisizliği (%15,4), sürekli gelişmenin önemini anlamada eksiklik (%3,9)'tir. Çalışanın katılımı TKY uygulamasında en önemli konudur.	TKY uygulamasının önündeki engellerin çoğu, insan kaynaklı engellerdir.
TKY ve işletme büyüklüğü	Samson ve Terziovski (1999)	Büyük firmalar daha küçük firmalara nispetle TKY'den daha fazla fayda sağlamaya meyillidirler.	Büyük firmalar TKY'den daha fazla faydalanır ve büyük firmaların TKY uygulamaları daha başarılıdır.
	Hoang ve diğ., 2010	Daha yüksek seviyede işyeri yapısına sahip büyük firmalar, performans standartlarının kullanımı, takım çalışması, problem çözme yöntemleri uygulamasına daha yatkındırlar ve TKY'yi uygulayabilirler. Büyük şirketler, küçük işletmelere nazaran tüm kalite yönetim pratiklerini uygulamada, hizmet kültürü ve stratejik planlamada daha iyidir; takım çalışması, açık organizasyon hariç.	

2. ENDÜSTRİ 4.0

2.1. Endüstri 4.0 ve Sanayi Devrimleri

İlki 18. Yüzyılın sonunda olmak üzere kayıtlı tarihte üretim süreçlerini kökten değiştiren dört büyük endüstriyel devrim gerçekleşmiştir. Birincisi, su ve buhar gücünün daha verimli kullanılmasını sağlayan mekanik tezgâhların bulunmasıyla başlamıştır. 2. Endüstri Devrimi, Henry Ford'un üretim bandı tasarımıyla 20. yüzyıl başlarında başlamıştır. Üretim bandında elektrik enerjisinin kullanılması bir diğer ifade ile elektrik enerjisinin ve üretim bandının birlikte kullanıldığında ortaya çıkan seri üretim gerçekleşmeleri, bu yeniçağı açmıştır. 3. Endüstriyel Devrim 1970'lerde üretimde mekanik ve elektronik teknolojilerin yerini dijital teknolojiye bırakmasına sebep olan programlanabilir makinelerin kullanılmasıyla başlamıştır.



Şekil 2.1. Endüstri devrimlerinin şematik gösterimi (EKOIQ Dergisi, 12.2014)

Bugünlerde, henüz bir endüstri devrimi olarak herkes tarafından tanımlanmasa da endüstri devrimi olma niteliklerine sahip büyük bir gelişme yaşanmaktadır; Endüstri 4.0 (EKOIQ Dergisi, 12.2014).

İlk 3 endüstri devrimi, insan temelli imalat sistemlerine (imalat fabrikaları) ek olarak, mekanizma, elektrik ve bilgi teknolojilerini (IT) getirmiştir (Qina ve diğ., 2016). Endüstri 4.0'da önceki sanayi devrimlerinde olduğu gibi, teknolojik gelişmelerin ilerlemesi ile ortaya çıkmıştır.

Endüstri 4.0'ın temel düşüncesi Kagermann (2011) tarafından ortaya atılmış, Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi'nin (ACATECH) 2013 yılında konuyu "manifesto" olarak yayımlamasıyla kuramsal çerçeveye kavuşmuştur (Alçın, 2016).

2.1.1. Birinci Sanayi Devrimi

Birinci sanayi devrimi, Avrupa ve Amerika kıtalarında tarımsal ve kırsal yaşamdan kentleşmeye doğru gidildiği dönem olan 18. ve 19. yüzyıllar arasında gerçekleşmiş, ilk olarak Britanya'da başlamıştır. Öncesinde el aletleri ve çok yoğun insan gücü ile gerçekleştirilen üretimler, bu dönemde özel amaçlı makineler kullanılmaya başlamış ve fabrikalar açılmıştır. Tekstil ve demir endüstrileri oldukça gelişmiş, buhar motoru keşfedilmiş, fabrikaların açılması ile seri üretimlere geçilmiştir. Sanayileşme ile birlikte yaşam standartları da gelişmiş fakat bu adaletli olmamıştır. Bir kesim daha konforlu yaşarken aynı anda işçi sınıfları ve fakirler ağır yaşam şartları ve iş koşullarına maruz kalmıştır (URL-5). Birinci sanayi devriminde geliştirilen makinelerden biri de 1764'de dönen motor keşfi olup, bu iplik makaraların üretilmesi ile tekstil sektöründe üretimi ve gelişmeleri tetiklemiştir. Birinci sanayi devrimi boyunca, birçok yeni makinelerin icadı söz konusu olmuştur. İlk ticari vapur ve ilk buhar demiryolu lokomotifi 1800'lü yıllarda geliştirilmiştir. Bu makinelerin modern sürümleri halen günümüzde kullanılmaktadır (Özdoğan, 2017).

2.1.2. İkinci Sanayi Devrimi

Bu devrimin sembolü elektrik gücü ve seri üretimdir ve 1800'lü yılların sonuna doğru başlamıştır. Birinci sanayi devriminin devamı niteliğindeki gelişmeler ve süreklilikler devam ederken gerçek ücretler ve yaşam koşulları açısından toplumlarda belirgin farklılıklar oluşmaya devam etmiş ve ikinci sanayi devrimi bu konuda etkilemeyi

sürdürmüştür (Joel, 1998). Bu sanayi devrimi, 1. Dünya Savaşı sonuna kadar sürmüştür. Bu devrim yıllarındaki en önemli keşif, Henry Ford ‘a ait olan ve üretilen ilk otomobildir. Otomobilin ilk tasarımcısı ve mucidi Karl Friedrich Benz’dir. Modern gemiciliğin önünü açan keşifler ve icatlar ile ilk ticari telgraf ve ilk uçak kullanımı da bu dönemde gerçekleşmiştir (Özdoğan, 2017).

2.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Endüstri 3.0 dijital bir devrim olarak adlandırılır ve 1940-2010 arasında geçen zaman dilimini kapsar. Bilgisayar ve internet, bu dönemin en önemli iki yapı taşıdır. 1947’de ilk transistör ve 1952’de sonraki yıllarda önemi giderek artacak olan CNC tezgahları üretilmiştir. Dijital devrim olan Endüstri 3.0 1940’larda başlamış, 2010’lara kadar devam etmiştir. 1951 yılında ilk ticari bilgisayar olan ‘LEO I’ piyasaya sürülmesinin ardından dijital dünya hızla gelişmeye devam etmiş, Compaq, Toshiba, Dell gibi markalı bilgisayar üretimlerine başlanmıştır (Özdoğan, 2017).

2.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi

Endüstriyel 4.0, ilk olarak Almanya federal hükümeti tarafından Kasım 2011'de bir kavram olarak sunulmuş (Drath & Horch, 2014) ve 2020’nin yüksek teknoloji stratejisi olarak yer alan bir makalede ortaya çıkmıştır (Hermann ve diğ., 2016). Nisan 2013'te, Endüstri 4.0, yine bir terim olarak Almayna Hannover’deki bir sanayi fuarında kullanıldı ve kavram Alman ulusal stratejisi olarak yükselişe geçti. Endüstri 4.0, global sanayi üzerinde büyük etkisi olacak bir sanayi devrimi olarak açıklamıştır (Keliang ve diğ., 2015). Endüstri 4.0, dijitalleşme ve otomasyonun üretim ortamında yaygınlaşması ile birlikte ürün ve çevresi arasındaki iletişimi de sağlayan bir değer zinciri oluşturmasıdır. Endüstri 4.0’ın sürücü unsuru olan dijitalleşmenin en bariz olumlu gerçeği, yeni işletme modellerinin ortaya koyduğu sıfır depolama ve nakliye maliyetleriyle üretilen "bilgi ürünleri" dir (Yüksel ve Sener, 2017). Bilgi ürünlerine örnek Instagram, WhatsApp ve çeşitli mobil telefon aplikasyonları verilebilir.

2.2. Endüstri 4.0’ın Tanımı

Endüstri 4.0, ilk tanıtımının yapıldığı 2011’den bu yana Almanya'da araştırma, akademik ve endüstri topluluklarının farklı konulardaki ortak bir tartışma konusudur. Ana fikir,

aşağıda sıralanan yeni teknolojilerin ve kavramların potansiyellerinden yararlanmaktır (Rojko, 2017):

- İnternet ve IoT'nin kullanılabilirliği ve kullanımı,
- Firmalarda teknik süreçlerin ve iş süreçlerinin entegrasyonu,
- Gerçek dünyanın dijital haritalanması ve sanallaştırılması,
- "Akıllı endüstriyel üretim araçları" ve "akıllı" ürünler içeren "Akıllı" fabrika.

Dünya genelinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden (ICT) faydalanarak endüstriyel sektörde verimlilik ve üretkenliği artırma yönünde genel bir yöneliş vardır. Bu trendin Alman yaklaşımına verilen isim "Endüstri 4.0" dır. Endüstri 4.0, merkezi üretim kontrol süreçlerini otonom ve yerinde yönetilen süreçlere bırakacak şekilde "insanlar, makineler ve kaynaklar arasındaki iletişimi olabilecek en yükseğe çıkarmayı" amaçlar (Baenaa ve diğ., 2017).

Endüstri 4.0'in halen resmi bir tanımı bulunmamaktadır. Çeşitli tanımları vardır ve bunlardan bazıları şunlardır (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017);

> "daha iyi iş sonuçları ve sosyal çıktılar için öngörme, kontrol ve planlama sağlamak üzere, karmaşık fiziksel makine ve cihazların ağ yapısı içindeki sensörler ve yazılımlarla entegrasyonu",
>
> "ürün ömrü süresince değer zinciri organizasyonun ve yönetiminin yeni bir seviyesi",
>
> "teknolojiler ve değer zinciri organizasyonu konseptleri için kolektif bir terim".

Mevcut akademik literatür, Endüstri 4.0'ı tam olarak tanımlamada ve genel olarak Endüstri 4.0 alanındaki çalışmalarda yetersizdir. Bu nedenle de halen araştırmacılar ve özellikle de uygulayıcılar açısından oldukça bulanık ve belirsiz bir imajı vardır. Endüstri 4.0'ın organizasyonel, operasyonel ve yasal boyutları gibi konuları da gelecekte araştırılması gereken konular arasında beklemektedir (Hofmann ve Rüsch, 2017).

Avrupa Birliği Parlementosu Araştırma Servisi, Endüstri 4.0'ın yeni ve yenilikçi teknolojik gelişmelerle oluştuğunu açıklamış ve bu gelişmeleri şöyle özetlemiştir (Davies, 2015);

- Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki uygulamalar
- Sensörler, akıllı robotlar, 3D yazıcılar dahil siber fiziksel sistemler
- Ağ iletişimleri
- Simülasyon

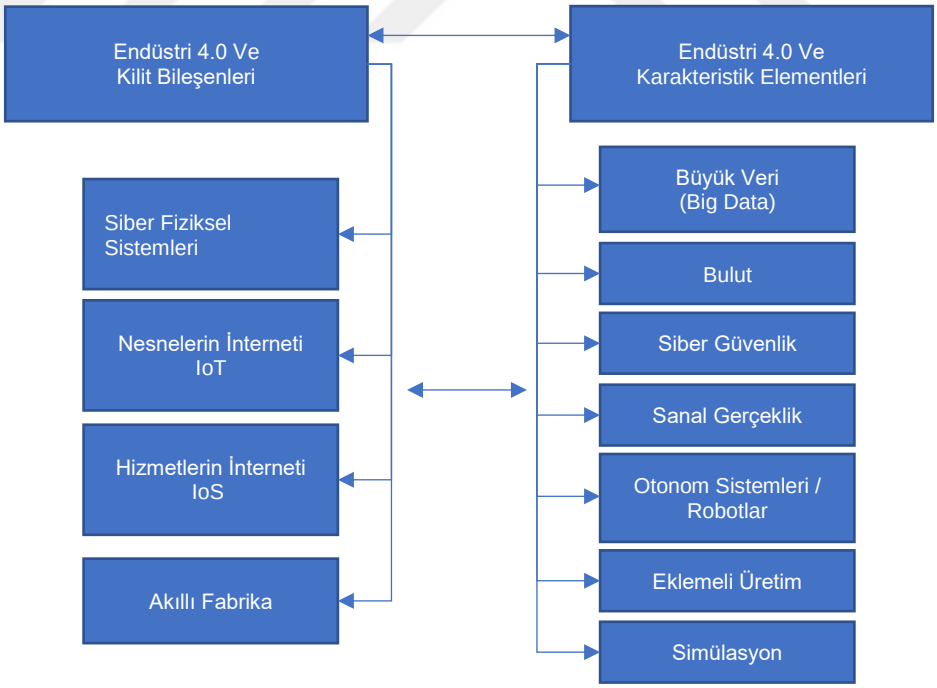
- Büyük miktarda verilerin toplanması
- Çalışanlar için muazzam bilgi iletişim teknolojileri

Endüstri 4.0, “akıllı ürün, akıllı makina ve sanal operatörün bileşimi” olarak da tanımlanmıştır (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017).

Tanımlarda kullanılan entegrasyon ve teknolojinin maksimum seviyesi henüz öngörülememektedir. Bu alandaki gelişim “insan katkısının sürece olan katkısının en az olduğu aşamaya dek devam edecektir” olarak tanımlanabilir.

Endüstri 4.0, kilit bileşenlerden ve bu bileşenleri oluşturan Endüstri 4.0 karakteristiklerinden diğer bir deyişle dijital dönüşüm elementlerinden oluşur (Hofmann ve Rüsch, 2017, Roblek ve diğ., 2016, I-Scoop Co.,12.2018).

Aşağıdaki şekilde bu kilit bileşenler ve bu bileşenleri oluşturmada en önemli yeri tutan Endüstri 4.0 karakteristikleri gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Endüstri 4.0 bileşenleri

Endüstri 4.0 dönüşüm elementleri ve kavramları ile ilgili literatür araştırması sonuçları Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Endüstri 4.0 bileşenleri için literatür incelemesi

	Büyük Veri (Big data)	Otonom robotlar	Bulut	Nesnelerin interneti	Eklemeli Üretim	Siber fiziksel sistemler	Artırılmış Gerçeklik	Hizmetlerin interneti	Simülasyon	Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	Akıllı fabrika	Akıllı ürün	Siber Güvenlik	Yeni iş modelleri	Sanal Gerçeklik	Sanal Gerçeklik	Esnek Üretim	Küme Kavramı
Kager-man, 2014			x	x		x		X		x				x			x	
Mourtsiz, 2016			x	x		x		X		x				x			x	x
Reiner, 2014			x	x		x		x		x								x
Roland, 2014			x	x		x		x		x							x	x
URL-2, 2015			x	x		x		x		x							x	x
McKinsey 2015			x	x		x		x		x				x			x	x
Merz ve Siepmann 2016			x	x		x		x		x				x			x	
Scheer, 2016			x	x		x		x						x				
Obemaier, 2016			x	x		x		x						x			x	
Hermann ve diğ., 2016	x	x		x		x		x			x	x						
Heidelberg 2016	x	x	x	x	x	x	x		x	x								
Erboz, 2017	x	x	x	x	x	x	x		x	x								
Crnjac vd. 2017					x	x				x				x				
Özsoylu, 2017	x	x	x	x	x	x					x			x				
Tay ve diğ., 2018	x	x	x	x	x	x	x	x	x									
Kökümer 2018	x	x	x			x		x			x				x	x		
Kaygın ve diğ., 2019	x		x	x	x	x			x	x			x					
Alcácer ve Cruz - Machado, 2019	x	x			x	x	x	x	x	x			x					

2.3. Endüstri 4.0'ın Karakteristikleri, Dijital Dönüşüm Elementleri

2.3.1. Büyük Veri Analitiği (Big Data)

Farklı türlerden üretilen büyük miktarda veri, birbirine bağlı heterojen nesnelerden gelebilir. Bu büyük miktardaki yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri, büyük veriyi tanımlayabilir (Alcácer ve Cruz -Machado, 2019). Büyük veri, blog, fotoğraf, video gibi sanal paylaşımlar, ağ günlükleri, log dosyaları vb. gibi çeşitlikaynaklardan toparlanan tüm verinin, anlamlı ve işlenebilir biçime dönüştürülmüş biçimidir (URL-3).

Büyük veri, bilginin toplanması, depolanması, dağıtımı, yönetimi ve analizini sağlamak için, gelişmiş teknikler ve teknikler gerektiren büyük hacimli yüksek hızlı, karmaşık ve değişken verileri tanımlayan bir "terim" olarak ifade edilir (Cemernek ve diğ., 2017).

Endüstri 4.0 kapsamında, büyük veri analitiği, üretim için faydalıdır ve internetin hızlı gelişimi ile birlikte ortaya çıkan endüstriyel teknoloji gelişimi için önemli bir yöndür. Bu uygulama, mevcut veri işleme ve analizin geleneksel yöntemler kullanılarak başa çıkamadığı durumlarda, günlük olarak büyük miktarda bilgi üretilmesini sağlar. Mevcut teknikler de büyük verileri işlemek için daha olgun hale geldiğinde, diğer birçok uygulama da beraberinde ek değerler kazanabilecektir (Witkowski, 2017).

Büyük veri kavramı beş temel bileşenden oluşur ve İngilizce 5V ile ifade edilir; büyük verinin farklı kaynaklardan geldiğini ifade eden "çeşitlilik (variety)", verinin üretilme ve çoğalma hızını ifade eden "hız (velocity)", verinin genişliğini ve çokluğunu ifade eden "verinin büyüklüğü (volume)", verinin doğru katmandan güven içinde geçmesini ifade eden "doğrulama (verification)" ve büyük veriye entegre olan kurumlara olan katkıyı ifade eden "değer (value)" (Yengi, 2016).

2.3.2. Bulut bilişim sistemleri

Bulut bilişim, kullanıcıların hesaplarının, uygulamalarının, verilerinin ve buna benzer araçların depolanmasını sağlayan ve bu depoya çeşitli sunucu hizmetleriyle internet üzerinden bağlanılmasına erişim imkanı veren model olarak tanımlanabilir (Nabil ,2011).

Dijital dönüşüm elementlerinden olan ve IoT kapsamında da kullanılan Bulut Bilişim (Cloud Computing) ya da kısa adı ile Bulut, en basit ifade ile, bilgisayarın sabit diski yerine internet üzerinden veri ve programların saklanması ve erişilmesi anlamına gelir. Bulut, bilgisayar ve diğer cihazları da içine alacak şekilde internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adı olup, verileri veya bilgileri istendiği zaman kullanılabilir ve kullanıcılar arasında paylaşılabilir hale getirir.

Bulut bilişim, düşük bir maliyetle işletmelerin ya da bireylerin kullanımına yönelik büyük bir depolama alanı sağlar. Böylece, verilerin işlevselliği bulut depolama sisteminde depolanmaya devam edecek ve üretim sistemlerinin daha fazla veriye dayalı olmasına izin verecektir. Bu da Endüstri 4.0'da daha fazla veri paylaşımı ve veri ulaşılabilirliği imkanı sağlayacağından, şirketlerin önündeki sınırlamaları en aza indirecektir. Yazılım geleneksel olarak bulutlarda tutulmasa bile, bulutlarda geliştirilen uygulamaların miktarı giderek artmaktadır (Xu, 2012).

2.3.3. Otonom robotlar

Robotlar, bir insan tarafından kolayca çözülemeyen karmaşık işleri çözmek için özellikle imalat sanayiinde kullanılmaktadır. Geleneksel otomasyon stratejisine göre, şirketler otonom robotları tercih etmezlerse, JIT stratejilerini ve sürekli iyileştirmeleri tam olarak uygulayamazlar. Endüstrilerdeki devam eden gelişmeler, robotların kullanımını daha az karmaşık hale getirecek ve onları daha kolay kullanacaktır. Çeşitli insan-robot ara yüzleri, robotları ve insan beynini kullanmak için yakın iş birliği yaratır (Hedelind ve Jackson, 2011).

Tamamen otonom robotlar, operatörün etkileşimi olmadan sürekli olarak değişen ortamlarda üretim için kendi kararlarını verirler (Alcácer ve Cruz-Machado, 2019).

2.3.4. Eklemeli üretim

Eklemeli üretim teknolojileri, hızlı prototipleme, katı serbest form üretimi, katman üretimi, dijital üretim veya üç boyutlu baskı gibi diğer eşanlamlılarla da anılabilir. Eklemeli üretim ile, prototipler oluşturmak, değer zinciri öğelerinin bağımsızlığına izin vermek ve bu nedenle tasarım ve üretim sürecinde zamandan tasarruf sağlamak mümkündür (Chong ve diğ., 2018).

Eklemeli üretim, özel ürünler üretilebilir, hızlı modelleme ve tasarım sağlar, kalıba ihtiyaç duymaksızın çalışma imkanı sağlar, daha az malzeme ve daha az atık kullanımı sağlar. Eklemeli üretim teknolojileri arasında mürekkep püskürtme diğer adı ile inkjet teknolojisi, lazer şekillendirme, malzeme ektrüsyonu sağlayan ergiyik katman modelleme, polimerler, hibrit malzemeler, kompozitler vb. sayılabilir (Özer, 2020).

2.3.5. Artırılmış gerçeklik

Sanal dünya gerçek çevrenin bir parçası olarak kullanılırken, artırılmış gerçeklik sanal dünya ile kullanıcıları arasında uyumu sağlayan interaktif teknoloji olarak tanımlanmaktadır (He ve diğ., 2017). Artırılmış gerçeklik, teknolojik şirketlerin yoğun bir şekilde yatırım yapması gereken en umut verici işlerden biri olarak görülmektedir (Masoni ve diğ., 2017).

Artırılmış gerçekliğin amacı, belirli bir göreve ihtiyaç duyulan bilgiyi sağlayarak, insanın performansını artırmaktır (Alcácer ve Cruz-Machado, 2019).

Bu teknoloji, insan makine etkileşimini, bakım görevlerinde uzaktan kontrolü ve insanın sanal olarak sağlanan görsel denetimini geliştirir. Bilgisayar tarafından üretilen grafikler ve fiziksel nesneler birleştirilerek birçok uygulamada kullanılabilir. Artırılmış gerçeklik, belirli görevleri kontrol etmek için sensör teknolojisini kullanarak, kullanıcılarının hareket kontrolünü sağlar (Erboz, 2017).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, bakım işleri için gereken sürenin kısalması ve potansiyel hataların azaltılması nedeniyle işletmedeki bakım işlerine büyük destek sağlayabilir. Yüksek doğrulukta öngörüde bulunabilir ve plansız reaktif bakımı önleyen kestirimci bakımdan yararlanarak bakım sıklığının düşük sayılarda tutulmasına izin verir. Bu, çok fazla önleyici bakım yapmakla ilişkili maliyetleri de azaltacaktır (Masoni ve diğ., 2017).

2.3.6. Yapay zeka

Yapay zeka, insana atfedilen öğrenme, düşünme, iletişim kurma, sorun çözme ve karar verme gibi fonksiyonları ve otonom davranışları sürekli bir komut almaksızın kendiliğinden yürüten bir işletim sistemidir. Basitten karmaşığa pek çok vakit alan işleri düzgün ve hızlı bir şekilde çözümler ve yapılacak işlevleri kolaylaştırır (Uludağ İhracatçılar Birliği, 2017).

Yapay zeka, daha verimli, üretken ve ekonomik üretim sistemleri oluşturmayı destekler. Yapay zeka ve makine öğrenimi, karmaşıklaşmış birçok işlemi eşzamanlı olarak ele alarak belirli hesaplama yöntemleri ile çoklu işlemleri gerek zamanlı olarak optimize eder, verileri analiz eder ve karar destek sistemlerinin ana parçasını oluşturur (Bayar, 2017).

2.3.7. Simülasyon

Simülasyon modelleme, modellenen sistemin veya sürecin çıktısını bulmak veya tahmin etmek için gerçek veya sanal bir süreci veya sistemi çalıştırmanın bir yoludur. Simülasyon modelinde, gerçek dünyayı, insanları, ürünleri ve makineleri temsil etmek üzere gerçek zamanlı veriler kullanılır. Bu nedenle operatörler, makine ayarlarını fiziksel dünyada uygulamadan önce sanal bir simülasyon durumunda optimize edebilirler (Rodič, 2017, Tay ve diğ., 2018). Üretim sisteminin tasarımını gerçekleştiren dijital araçlar, kendi kendini yapılandırma yeteneğine sahiptir; bu nedenle, etkili bir atölye yönetimi sağlarlar. Giderek daha rekabetçi hale gelen iş ortamlarında kullanılan simülasyon, operasyonları planlayarak, mühendislik kapasitesini kullanarak, sistem hakkında bilgi ve bilgiye ve doğru tahminlere sahip olarak karmaşık sistemlere ayarlamalar sunar (Weyer ve diğerleri, 2016, Erboz, 2017).

Simülasyon modellemedeki son ilerlemeler, Endüstri 4.0 kilit bileşenlerinden akıllı fabrikalardaki üretim sistemlerinin ve diğer sistemlerin modellenmesini sağlar. Ayrıca, işletim sistemlerine otonom ayarlamalar da dahil olmak üzere süreç kontrolünde gelişmiş yapay zeka da simülasyonlar yoluyla yapılabilir (Rodič, 2017, Tay ve diğ., 2018).

2.4. Endüstri 4.0'ın Kilit Bileşenleri

İçeriğinde barındırdığı dijital dönüşüm elementleri ile birlikte, Endüstri 4.0'ın kilit bileşenleri şunlardır; CPS-Siber fiziksel sistemler, IoT-Nesnelerin interneti, IoS-Hizmetlerin interneti ve akıllı fabrikalar (Hofmann ve Rüsch, 2017, Roblek ve diğ., 2016).

2.4.1. Siber fiziksel sistemler (CPS-Cyber Physical Systems)

İnternet veya diğer kanallar aracılığı ile eşi görülmemiş bir bağlantı ile karakterize edilen Endüstri 4.0 ortamında hesaplamaların fiziksel proseslerle entegrasyonudur. Entegrasyon, fiziksel fabrika alanında ve atölyelerde bilgilerle hesaplamalar arasında çok

yüksek bir senkronizasyon olması demektir. Bu ise, üretim süreçlerinde tam ve yepyeni bir kontrol, şeffaflık ve verimlilik demektir (Hofmann ve Rüsch, 2017).

CPS-siber-fiziksel sistemler, fiziksel süreçleri izler, izlenen fiziksel ortamın sanal bir kopyasını oluşturur, kararlar ve yerel kararlar verir. Siber fiziksel sistemler, IoT üzerinden birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı iletişim kurar ve etkileşimde bulunur. Diğer bir ifade ile CPS, IoT ve IoS ile çok yakın ilişkilidir zira CPS, IoT ve IoS yolu ile iletişim kurar.

CPS, robotik cerrahi, otonom arabalar, akıllı binalar, akıllı üretim, akıllı elektrik şebekesi ve implante edilmiş tıbbi cihazlar gibi yeni kavramlarla hayatımızı değiştirme potansiyeline sahiptir. CPS, bilgi ve iletişim teknolojileri ve bilgisayar bilimindeki en son ve önemli gelişmeleri temsil etmektedir (Monostori ve diğ., 2016).

2.4.2. Nesnelerin interneti (IoT-Internet of Things)

İlk olarak 2011 yılında Kopetz tarafından kullanılmıştır. IoT, bir işyeri ya da fabrikada bulunan farklı kaynaklardan verilerin toplanabilmesi, çoğaltılabilmesi ve organize edilebilmesini anlatmaktadır. Nesnelerin İnterneti, süreç kontrollerini hızlandıran bağlantısız bir veri yönetimi sunar. Bu platform, büyük veri analitiğinden yararlanarak, verinin CPS'i harekete geçirecek bilgiye dönüştürülmesinde etkilidir (Alçın, 2016).

Akıllı ve bağlantılı ürünler, yeni fonksiyonellikler için fırsatlar sunan, daha güvenilir, yüksek ürün faydası ve kapabilitesi sağlayan ve geleneksel ürün sınırlarını ortadan kaldıran ürünlerdir (Hofmann ve Rüsch, 2017). "Nesnelerin interneti", (akıllı ve bağlantılı ürünler dahil diğer tüm) kablolu veya kablosuz bağlantıların, birbirleri arasında oluşturduğu konfigürasyon ile aynı anda internete erişip bir bütün halinde etkileşimde olması diye tanımlanabilir. Bu kavramın ifade ettiği durum, tüm işlevlerin her zaman, her yerde, kendinden başka herhangi bir şeyle doğru bir yolu/ağı kullanarak bağlantı kurmasıdır (Vermesan ve Friess, 2014).

Bugün itibarı ile IoT Teknolojileri Radyo Frekansı Tanımlama, İnternet Protokolü (IP), Elektronik Ürün Kodu (EPC), Barkod, Kablosuz Fidelity (Wi-Fi), ZigBee, Bluetooth, Yakın Alan İletişimi (NFC), Aktüatörler, Kablosuz Sensör Ağları (WSN)'nden oluşur. Tümü, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından önerilen algılama katmanı, erişim katmanı, ağ katmanı, katman katmanları ve uygulama katmanı olmak üzere beş katman halinde devreye girer (Madakam ve diğ., 2015).

Bir IoT yaklaşımı, üretimdeki darboğazlarını, gereksiz yüksek maliyetleri ve kalite sorunlarını kolayca ve hassas bir şekilde tespit etmeyi sağlar (Axiomtek, 2015).

2.4.3. Hizmetlerin interneti (IoS- Internet of Services)

Hizmetlerin web teknolojisi üzerinden şirketlere ve son kullanıcılara kombine ve yeni katma değerli hizmetler sunmasını sağlar, gelecek endüstrilerde hizmetler alanında internet tabanlı pazar alanlarının kilit rol oynayacağını ortaya koyar (Hofmann ve Rüsch, 2017).

Fiziksel şeyleri hizmetler ortaya koyarak değiştiren Hizmetlerin İnterneti (IoS), özel kullanıcıların ve/ veya şirketlerin yeni tür katma değerli hizmetler oluşturabilmeleri, birleştirebilmeleri ve sunabilmeleri için hizmetlerin internet üzerinden sunulması kavramına dayanır (Alcácer ve Cruz-Machado, 2019). Günlük hayat ve hareketliliğin daha güvenli, kolay ve eğlenceli hale getirilmesi konusu, bilgi teknolojilerindeki transferleri yakından ilgilendirir. IoS, farklı dijitalleştirme hizmetlerini internet üzerinden sağlayan hizmet satıcıları olarak hareket eder. Bu hizmetler, iş modelleri, paydaşlar ve hizmetlere yönelik bir kurulum çerçevesinde kullanıma hazır durumda bulunur, tedarikçilerle müşteriler arasındaki iletişimin çeşitli kanallardan olmasının yolunu açar ve erişilebilirliği kolaylaştıran ek hizmetler sunulmasını kolaylaştırır (Tay ve diğ., 2018). Bu açıdan ele alındığında, ürün odaklı üretim endüstrisi, üreticiden müşteriye, ürün ve hizmetin tüm yaşam döngüsü boyunca gelir elde etmeyi sağlayan hizmet odaklı bir anlayışa evrilir. Bu sayede yüksek kaliteli ürünler, katma değerli hizmetler aracılığıyla şirketlere güçlü bir rekabet konumu sağlar (Alcácer ve Cruz-Machado, 2019).

2.4.4. Akıllı fabrika

CPS-IoT-IoS'nin hepsi akıllı bir fabrikada birbiriyle ilişkilidir. Siber-Fiziksel Sistemlerin (CPS), üretim sistemleri içerisindeki uygulamasına Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri (CPPS – Cyber-Physical Production Systems) ya da Akıllı Fabrika (Smart Factory) adı verilmektedir (Alçın, 2016).

Akıllı fabrika, desentrelize üretim sistemi düşüncesinden hareketle “insanoğlu, makine ve kaynakların birbiri ile iletişim halinde olduğu ve “doğal bir sosyal ağ” oluşturduklarını ortaya koyar. Makine-insan-taşıma sistemleri arasındaki bağlantı ve iletişimin, mevcut üretim mantığını değiştirmesi beklenmektedir (Hofmann ve Rüsch, 2017).

Akıllı fabrikanın avantajlarından bazıları, makine arızalarının önlenmesi, insan hatalarının giderilmesi, ürün kalitesinin iyileştirilmesi, insanlar artık makine parçaları ile etkileşime girmediği için güvenlikte artış olması, işçilik maliyetlerinin düşmesidir (Pagnon, 2017).

Belirli modüllerin değiştirilmesi veya kapsamının genişletilmesi, akıllı fabrikaların değişen gereksinimlere esnek bir şekilde uyarlanmasını sağlar (Kagermann ve diğ., 2013, Hermann ve diğ., 2016).

Akıllı bir fabrikada çalışan bir operatör, izleme, doğrulama çalışmaları ve daha fazla eğitilmesi gereken gelişmiş yetkinliklere sahip olmalıdır. Endüstri 4.0 devrimindeki yeni operatöre “ileri seviye (sanal) operatör” (İngilizce; Augmented Operator) denir.

İleri seviye operatör, bilginin otomasyonunu adresler, otomasyonu daha esnek, üretim sistemine daha kolay adapte edilebilir hale getirir (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017). Böyle bir işçide tanımlama, izleme ve takip etme, üretim stratejilerini doğrulamayı kapsayan iş zenginleştirme çok yüksektir. Aynı şekilde otonom üretim sistemine manuel müdahale yapabilir, mobil desteği, hassas kullanıcı arayüzleri ve son kullanıcı asistan sistemleri desteği sağlanır (Radziwona ve diğ., 2014).

Akıllı fabrika ortamında kullanılan akıllı ürünler, IoT ve CPS uygulamalarıyla akıllı hale gelir. Böylece ürün takibi, veri takibi gibi takip sistemleri çok kolay yapılır hale gelir ve anlık izleme ve yönetim sağlar. Akıllı ürünler, Kaizen referansında, tekrarlayan faaliyetler hakkında bilgi toplayabilir, kullanabilir ve bunu sensörler ve semantik teknolojiler üzerinden yapabilir. Akıllı ürünler aynı zamanda çeşitli sistemlerle bağlantısı olan, uyumlu, kendi kendine organize olan, proaktif ve sürekli gelişmeyi sağlayan tüm ömür döngüsünü destekleme yeteneği olan özelliklere sahiptir.

İnsanların kompleks CPPS yapısı ile entegrasyonunu sağlayan destek sistemler veya bir diğer adı ile yardımcı sistemler, önemli unsurlardır. Endüstri 4.0'daki yardımcı sistemler, tıpkı akıllı ürünler ve akıllı makinelerin bağlandığı gibi bir ağa bağlanmalıdır. Bu ağın amacı, hedefe yönelik destek sağlamak için destekle ilgili verileri toplamak ve analiz etmektir. Dahası, bu sistemler insanlara farklı bağlamlarda uyum sağlamalıdır (Ullrich ve diğ., 2015). Yardımcı sistemler, destek süreçler ve çalışanların bilgi birikimi, üretimdeki belirli bilgileri sınıflandırmak için yeni modellerin geliştirilmesinde de yer alır. Bu nedenle üretimde, yeni bilgi modellerine ihtiyaç vardır.

Endüstri 4.0 çözümleri, üretimin daha özerk olmasını sağlarken bir yandan da teknik sistemlerin ve süreçlerin karmaşıklığı da artar ve bu nedenle insanlar için daha kolay yönetilebilir hale getirilmelidir (Prinz ve diğ., 2017).

Akıllı fabrikanın da içinde olduğu iyi bir Endüstri 4.0 tasarımı için gerekli olan birlikte çalışabilirlik, sanallaştırma, desentralizasyon, gerçek zaman kapasitesi, hizmet odaklılık ve modülerlik, Endüstri 4.0'ın kendi iç özelliklerinde mevcuttur (Kagermann ve diğ., 2013, Hermann ve diğ., 2016). Birlikte çalışabilirlik, akıllı fabrikalar, fiziksel bileşenler ve insanlar arasındaki bağlantıyı ve iletişimi sağlar. Üretim sürecinde desentralizayon ve gerçek zamanlı kapasite nedeniyle, bileşenlerin gerçek zamanda toplanan ve analiz edilen verilere göre kendi kararlarını almasına izin verilir.

Akıllı fabrika ile ilgili ayrıntılar Bölüm 2.6'da ele alınmıştır.

2.5. Endüstri 4.0'ın Değer Zincirleri

Almanya'da Endüstri 4.0 faaliyetleri ve fikirlerine öncülük eden firmalar 2016'da RAMI 4.0'ı geliştirdi ve yayınladı (Endüstri 4.0 Referans Mastar Modeli). Geliştiricileri BITCOM, VDMA ve ZWEI olan RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industry 4.0), 3D modelle imalat sisteminin farklı fonksiyonlarını temsil eden katmanlar şeklinde anlatılmıştır (Zezulka ve diğ., 2016). Bu katmanlama, Endüstri 4.0'ın yatay ve dikey değer zinciri ve dijitalleşme entegrasyonuna yön vermiştir. Dijitalleşme, değer zincirleri üzerinde hem yatay hem dikey olarak aynı seviyede gelişmeyi öngörmelidir. İleri seviye endüstriyel internet çözümlerindeki ilk sürücü kuvvet, değer zincirlerini yatayda ve dikeyde entegre ederek daha iyi yönetmektir.

Endüstri 4.0'da ve özellikle dijitalleştiren IoT'da açıklanan değer zincirleri şunlardır; yatay değer zinciri ve dikey değer zinciri.

2.5.1. Yatay değer zinciri

Yatay değer zinciri, bilgi ve ürünleri müşteriden işletmeye ve tedarikçisine ve arka planına kadar bağlar. Bu süreç, işletmelerin iç departmanlarını entegre etmeyi ve proaktif kontrolünü sağlar. Aynı zamanda müşteri şartlarını karşılamak için gerekli tüm dış değer zincirini de kapsar (Koch ve diğ., 2015). Yatay katmanların dijitalleşmesi, müşteriden geriye doğru işletmeye ve oradan tedarikçiye uzanacak şekilde bilgi ve mal akışını

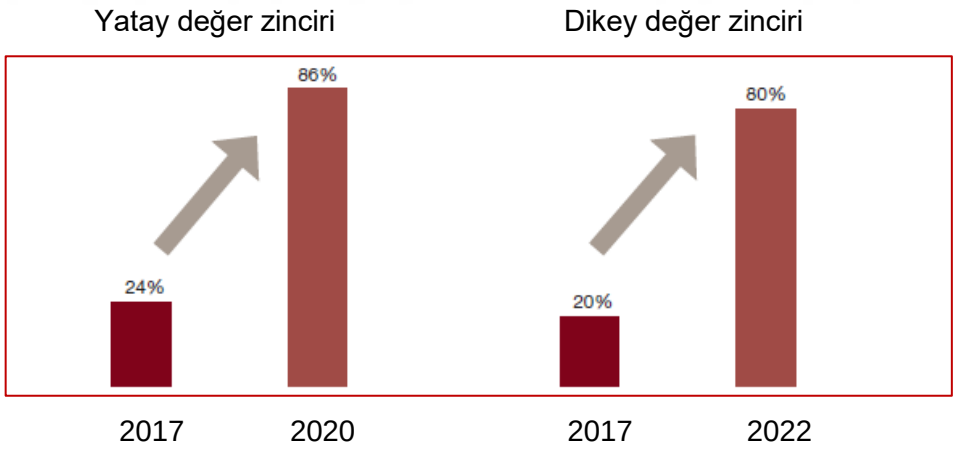
entegre eder ve optimize eder. Hem imalat, lojistik, planlama gibi iç departmanları ve hem de müşteri şartları kapsamındaki dış zincirleri de kapsayacak şekilde ilişkilendirir.

2.5.2. Dikey değer zinciri

Dikey dijitalleşme ve dikey değer zinciri, satışlardan, ürün geliştirme ve üretim ve lojistiğe kadar tutarlı bir bilgi ve veri akışının sağlanmasına ilişkindir. İmalat sistemlerinin optimum bağlantıları, sistem arızalarının önlenmesi ve daha iyi analitik kabiliyetlerle, kalite ve esneklik arttırılabilir ve maliyetleri düşürülebilir (Koch ve diğ., 2015).

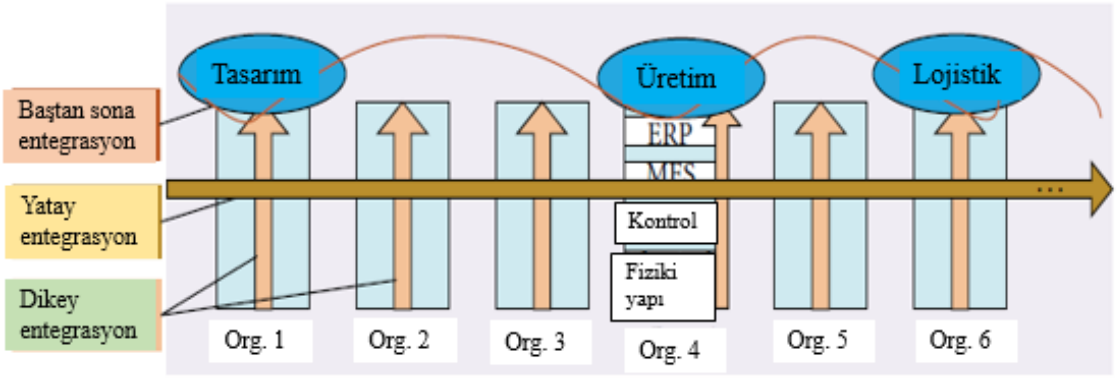
Şekil 2.3, Almanya'daki işletmelerin yatay ve dikey değer zincirinde 2022 yılına dek bekledikleri dijitalleşme oranını göstermektedir.

Dikey değer zincirinde dijitalleşme, satış ve ürün gelişimi istikameti ile imalat ve lojistiğe dek sürekli bilgi ve veri akışı ile ilgilidir. Bu değer zincirinde kalite ve esneklik artırılabilir, maliyetler imalat sistemlerindeki optimal bağlantılarla azaltılabilir, sistem hataları, arızalar ve kayıplar önlenebilir, analitik yetenekler artar.



Şekil 2.3. 2017-2022'de işletmelerin beklediği Endüstri 4.0 dijitalleşme

Yatay entegrasyon, iş ortakları ve müşteriler gibi farklı temsilcilerin, iş ve iş birliği modellerinin entegrasyonunu içeren bir değer yaratma ağlarına karşı gelir. Dikey entegrasyon, akıllı üretim sistemleri ile ilgilidir, örneğin akıllı fabrikalar, akıllı ürünler, akıllı lojistik ve üretim ağı gibi (Stock ve Seliger, 2016). Aşağıdaki şekilde, tasarım, üretim ve lojistik süreçlerinin yatay ve dikey entegre ilişkileri resmedilmiştir.



Şekil 2.4. Üç tip entegrasyonun ve ilişkilerinin bir resmi (Wang ve diğ., 2016)

2.6. Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar

Bir akıllı fabrika, Radziwona, Bilberga, Bogersa ve Madsenb'e göre (Radziwona ve diğ., 2014) hızla değişen sınırlayıcı koşulları kaldırmak ve karmaşık ortamlarda bir üretim tesisinde ortaya çıkan sorunları çözmek için, esnek ve adaptif üretim süreçleri ile üretime çözümdür.

Süreç endüstrisinde gerçekleştirilen akıllı ve optimal üretim, mühendislik teknolojisi katmanları ile ilişkili olarak dört hedefi gerçekleştirmeyi amaçlar (Qian ve diğ., 2017);

(1) Dijitalleştirme - büyük veri teknolojisi ile petrokimya işletmeleri için dijital fabrikalar inşa etmek ve süreç mekanizmalarını birleştirerek sanal üretime ulaşmak;
(2) Entellektüalizasyon - akıllı üretim ve karar verme süreçlerini gerçekleştirmek için mekanizmaları ve uzmanlık bilgisini tam olarak kullanmak ve bilgi tabanlı otomasyon teknolojisini kullanmak;
(3) Siberleşme - nesnelerin interneti (IoT) ve mobil internet üzerinden CPS tabanlı akıllı cihazlar geliştirmek ve dağıtık ağ tabanlı üretimi gerçekleştirmek;
(4) Otomasyon - modern kontrol teknolojisi ile otomatik algılama bilgisini elde etmek ve talep değişimlerine proaktif olarak yanıt vererek özerk kontrolü gerçekleştirmek.
Bu açıdan ele alındığında, bir akıllı fabrika Endüstri 4.0'ın diğer bileşenlerini içinde barındırır.

Akıllı bir fabrika, insan ve makineden oluşan ve süper süreç iş birliğine sahip bir tür hibrit takım olan "siber fiziksel sosyal sistemler" in yaratılmasını zorunlu kılar (Pîrvu ve Zamfirescu, 2017).

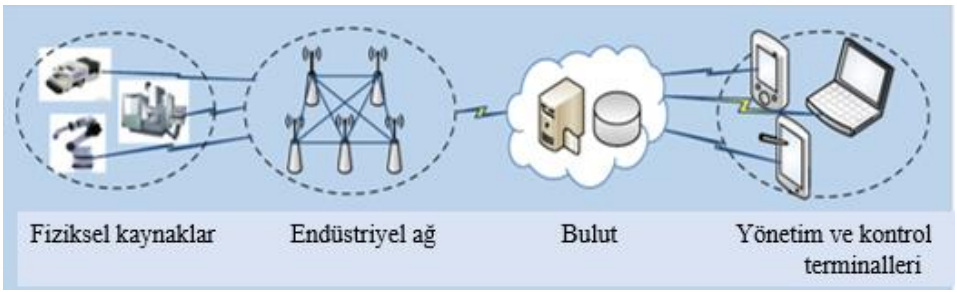
Tabii ki, akıllı bir fabrikadaki temel gereksinimlerden biri, üretim sistemindeki “standartlar” dır. Standardizasyon olmadan, akıllı üretim teknolojileri verimli çalışmaz (Lu ve diğ., 2016).

Bu yeni çalışma ortamında, üretim ve proses uygulamalarında insanlar ve akıllı sistemler arasında etkileşime olanak sağlamak için -ki bu insan-makine ara yüzleri (HMI) olarak adlandırılır- sistem çapında performansın izlenmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir (Lu ve diğ., 2016).

ETSI (Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü) Teknik Komitesi, ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST], Teknik Komiteyi kuran Alman Mühendisler Derneği gibi birçok Enstitü, Endüstri 4.0 alanında yeni uygulama standartlarının ve standardizasyonunun üzerinde çalışmaktadır ve bu aynı zamanda TKY açısından da oldukça önemlidir (Lu ve diğ., 2016).

CPS tabanlı üretim sistemleri, insan / makine ara yüzünü, görev organizasyonunu ve faaliyet yapılarını ve sonuçta işletmenin organizasyonel yapısını etkileyecektir. Organizasyon ve üretimde insan rolü ile ilgili farklı senaryolar olsa da, teknolojinin kontrol edilen, açık bir şekilde tanımlanmış ve bir süreç olarak kararlı olan tekrarlayan işleri üstleneceği kesin olarak bilinmektedir (Schröder, 2017).

Öte yandan, gelişen teknoloji ve yatay-dikey iletişimin dijitalleşme ile en yüksek seviyeye çıkması nedeni ile, işçilerin disiplinler arası düşünme yeteneğinin gelişmesi gereksinimi de ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.5. Endüstri 4.0’da akıllı fabrika çerçevesi (Wang ve diğ., 2016)

Şekil 2.5, akıllı fabrikayı resmeder. Bu ilişki çerçevesinde, akıllı fabrikadaki üretim hatları ile geleneksel üretim hatları arasında bariz farklılıklar vardır. Bu farklılıklar, Tablo 2.2’de özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Akıllı fabrika ve geleneksel üretim hattı karşılaştırması (Wang ve diğ., 2016)

Akıllı fabrika üretim sistemi	**Geleneksel üretim hattı**
Kaynak Çeşitliliği. Küçük lotlu ürünlerde çeşitlilik için farklı türlerde daha fazla kaynak sistemde bir arada olmalı.	**Limitli ve Önceden Belirlenmiş Kaynaklar.** Büyük lotlu üretim için sabit bir hat kurmak için gerekli kaynaklar dikkatlice hesaplanır, ölçülür ve kaynak fazlalığını minimize etmek için konfigüre edilir.
Dinamik Rota. Çeşitli ürünler arasında değişiklik olurken gerekli kaynaklar ve bu kaynakların bağlantısı yeniden otomatik olarak konfigüre edilmeli ve hatta olmalıdır	**Sabit Rota.** Üretim hattı sabittir, hat durdurulup insanlar tarafından yeniden konfigüre edilmedikçe değişmez.
Kapsamlı Bağlantılar. Makineler, ürünler, bilgi sistemleri ve insanlar birbiri ile bağlantılıdır ve birbirleri ile etkileşim halindedir ve bu etkileşim yüksek hızlı bir ağ altyapısı ile gerçekleşir.	**Atelye Kontrol Ağı.** Alan araçları, kontrolörleri bağlı istasyonları ile birbirine bağlamak için kullanılabilir. Fakat makineler arası iletişim gerekli değildir.
Derin Kavuşma/Yakınsama. Akıllı fabrika bir ağ ortamında çalışır, IWN ve bulut tüm fiziksel dokuları ve bilgi sistemlerini entegre eder.	**Ayrıştırılmış Katmanlar.** Alandaki cihazlar, daha üst bilgi sistemleri ile ilişkili değildir, ayrıştırılmıştır.
Kendi Kendine Organizasyon. Kontrol fonksiyonu pek çok varlığa dağıtılmıştır. Bu akıllı varlıklar, sistem dinamikleri ile uyum sağlamak için birbirleri ile görüşerek kendilerini organize ederler.	**Bağımsız Kontrol.** Her makine tahsis edilen fonksiyonları yerine getirmek için önceden programlanır. Herhangi bir cihazın herhangi bir fonksiyonsuzluğunda tüm hat durdurulur.
Büyük Veri. Akıllı yapay dokular yoğun veri üretebilirler, yüksek radyo kuşağı ağı bu verileri transfer edebilir ve bulut büyük verileri işleyebilir.	**İzole Bilgi.** Makine kendi proses bilgisini kaydedebilir. Fakat bu bilgi diğerleri tarafından nadiren kullanılır.

Yukarıda “İzole Bilgi” olarak açıklanan makinede saklı kalan bilgi, örneğin makine arıza yaptığında veya ürün kalitesinde sorun oluştuğunda iyi bir bakımcı-üretimci, hata analizi yaparken sadece bu bilgiyi kullanmak gerektiğini düşündüğünde söz konusu bilgi kullanıma açık hale gelir. Oysa ki ”Büyük Veri” ile, üretilen tüm veriler sistem içinde kullanıma açıktır. Örneğin, üretim esnasında sürekli oluşan hortum basıncı verileri, bir

hidrolik sistemde bir düzensizlik olup olmadığını takip ederek başarısızlık riski oluşmadan önce insan kontrolörüne bildirimde bulunabilir (Pagnon, 2017).

Akıllı makineler ve ürünler, birden fazla ürün türünün esnek üretimi için kendilerini yeniden yapılandırmak üzere birbirleriyle iletişim kurabilir ve aralarında müzakere edebilir (Wang ve diğ., 2016).

Böylece çeşitli ürün türlerinin esnek üretimi için kendilerini konfigüre edebilirler. Büyük veriler akıllı eserlerden toplanabilir ve IWN aracılığıyla bulutlara aktarılabilir. Bu, sistem performansını optimize eden büyük veri analitiğine dayalı sistem çapında bir geri bildirim ve koordinasyon sağlar.

Bunun için bir sistem mimarisi gerekir ve bu sistem yapısı içinde yer alması gerekli katmanlar ve açıklamaları aşağıda belirtilmiştir (Wang ve diğ., 2016);

- Fiziksel Kaynak Katmanı: Akıllı ürünler, akıllı makinalar, akıllı konveyörler gibi çeşitli fiziksel yapılardan oluşur. Bu yapılar birbirleri ile endüstri ağı üzerinden haberleşir.
- Endüstri Ağı Katmanı: Fiziksel kaynak katmanını bulut katmanı ile birbirine bağlar, sistemler arasında iletişim ağını kurar. Örneğin yeni nesil makinalar veya makine arıza yönetim sistemleri, AGV-Otomatik Kılavuzlu Araçlar gibi mobil ekipmanlarda var olan IWN, akıllı fabrikanın hacimsel karakteristiği dikkate alındığında, endüstriyel Ethernet gibi bir kablolu ağdan daha üstündür.
- Bulut Katmanı: Akıllı fabrikayı destekleyen en önemli altyapıdan biridir. Bulut, bilgisayar ana sistemleri olan hizmet sunucu (server) ağları için kullanılan bir ifadedir. Hizmetleri katmanlar halinde sunar; Infrastructure-as-a-Service (IaaS); Hizmet altyapısı, Platform-as-a-Service (PaaS); Hizmet Platformu ve Software-as-a-Service (SaaS); Yazılım platformu.

  Büyük miktardaki verileri fiziksel kaynaklar katmanından toplayan ve terminaller üzerinden insanlarla etkileşime sokan ERP sistemleri gibi çeşitli bilgi sistemleri de, bulut içinde yer alır (Zezulka ve diğ., 2016).
- Yönetim ve Kontrol Terminali Katmanı: Bilgisayarlar, mobil telefonlar, tabletler, insanlar vb. terminalleri üzerinden insanlar ve akıllı fabrikayı birbirine bağlar.

Yeni nesil montaj hattı beslemeleri ve insan müdahalesi olmadan gerçekleştirilen atölyeler arası ulaşım, akıllı fabrikada tek bir montaj hattında farklı tipte ürünler üretmeyi

mümkün kılmaktadır. Bu, üretkenlik artışı, daha az kalite problemleri, daha etkin stok yönetimi demektir.

Akıllı fabrika uygulamalarında, örneğin bir üretim alanındaki tüm montaj hatlarını ve üretimi takip ve kontrol etmek adına tek tek ziyaret etmenize gerek yoktur. Online izleme, alanda fiili takibi gereksiz hale getirmektedir. Verilerin dijitalde sürekli izlenip depolanabilmesi, otomatik raporlamayı da sağlar ve otomatik raporlama böyle bir organizasyonda işletme çalışanları ve yöneticileri arasında ortak bir dil yaratır.

Akıllı fabrikalarda "operasyonel mükemmellik", odak noktası otomatik ekipman eğiliminde olan ileri teknoloji üretim tesislerinde üstün bir işyeri yetkinliğine dönüşür. IT ile birlikte, yetkin bir işçilik içeren bir operasyonel sistem, ilerlemenin en büyük itici gücüdür (METI Journal, 05.2015)

Otomatik akıllı bir fabrikada boşaltma ve taşıma işlemi, örneğin Otomatik Kılavuzlu Araç (AGV) sistemi tarafından yönetilir. Otomatik forklift paletleri boşaltır ve herhangi bir müdahale olmadan raflarda saklar. Forklift filosu, karmaşık bir dizi işlemi ve işlemleri koordine edebilen yönetim yazılımı aracılığıyla çalışır. Hammadde gerektiğinde, otomatik forklift bir palet seçebilir ve palet sarımını çıkartmak için bir robot istasyonuna götürebilir, tek tek bir hammadde kutusu seçebilir ve bir kutu açma istasyonuna giden bir konveyör üzerine yerleştirebilir (Pagnon, 2017).

2.7. Endüstri 4.0'la Beklenen Değişimler

Pek çok araştırmacı, endüstriyel devrim niteliğindeki Endüstri 4.0'ın zaman alacağını belirtir fakat aşağıda detayları verilen dört açıdan, geleceğin imalat vizyonunu ortaya koyacağı konusunda hemfikirdir (Qina ve diğ., 2016);

- Fabrika; Geleceğin fabrikası, imalatta sadece sensörler, işletimciler, makineler, robotlar, konveyörler vb. nin birbirine bağlayıp ve otomatik bilgi alışverişi yapmayıp, aynı zamanda tüm fabrikanın öngörü yaparak sistemlerin sürekli çalışmasını sağlayacak ve yönetecek bilinç halinde olup zekileşecektir. Ayrıca, ürün tasarımı, üretim mühendisliği, üretim ve hizmetler modülerleşecek, baştan sona birbiri ile bağlanarak süreçler yalnızca yerinde sistemler (desentralize) tarafından kumanda edilmeyecek aynı zamanda birbirinden bağımsız olarak kontrol edileceklerdir. Bu özellikteki fabrika "Akıllı Fabrika" dır.

- İş dünyası; Endüstri 4.0 çeşitli işletmeler, fabrikalar, tedarikçiler, lojistik, kaynaklar, müşteriler vb. arasında tam bir iletişim halindedir. Her bölüm talep veya ağla olan bağlantı derecesi doğrultusunda gerçek zaman verilerine ulaşır ve kendi konfigürasyonunu optimize eder. Bu da kaynak kullanımını sınırlı tutarak maksimum karlılık sağar. Maliyetler, kirlilik, hammadde kullanımı, karbondioksit emisyonları vb. azalır.
- Ürünler; Akıllı ürünler imal edilecektir. İçinde sensörler, tanımlanabilir parçalar, prosesörlerin gömülü olduğu bu ürünler müşterilere bilgi taşıyan rehberlik eden fonksiyonlara sahip olacak, imalat sistemine geri bildiri aktarabilen özelliklere sahip olacaktır. Bu elementler vasıtası ile ürünlere pek çok fonksiyon eklenebilecek, ürün ve kullanıcıların durumu ölçülecek, bilgiyi ürünler üzerinden izleyerek elde edilen bilgiyle ortaya çıkan sonuçlar analiz edilebilecektir.
- Müşteriler; Müşteriler yeni satınalma yöntemleri de dahil kapsamlı hizmetlere ulaşacak, bir adet bile olsa kendisine özel fonksiyonları olan ürün ihtiyaçlarına cevap bulabilecektir.

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni süreç, üretim ve tüketim ilişkilerini bütünüyle değiştirecek bir yapı içermektedir. Bir yanda tüketicinin değişen ihtiyacına anlık olarak uyum sağlayan üretim sistemleri, diğer yanda ise birbirleriyle sürekli iletişim ve koordinasyon halinde olan otomasyon sistemleri içine girilmekte olan yeni dönemin karakteristik yapısını betimlemektedir (Alçın, 2016).

Endüstri 4.0 yoluyla yeni gelişmelerle, pazara sunulan ürünler daha akıllı olacaktır. Müşteriler için daha akıllı, tasarımcılar, üreticiler ve tedarikçiler için daha akıllı ürünler ortaya çıkacaktır. Zira yatay ve dikey zincirler üzerindeki veri ve geri bildiri paylaşımı olabilecek en yüksek seviyeye çıkacağından, bu durum ilgili paydaşları daha ileri seviye ve mükemmellikte sonuçlar elde etmek için motive edecektir.

Fraunhofer Enstitüsü tarafından yapılan bir çalışmada bu temalarla ilgili olarak “karmaşıklıkla baş etme, yenilikçilik kapasitesi ve esneklik” konularının önemine işaret edilmiştir (Bauernhansl ve diğ., 2014).

Almanya’da 2015 yılında 235 Alman endüstriyel işletmesi ile yapılan bir araştırmada, şirketlerin gelecek 5 yılda değer zinciri üzerindeki süreçlerde şimdikinden %85 daha fazla

dijitalleşme olacağını ve hemen hemen tüm önemli iş birimlerinde aynı oranda Endüstri 4.0 çözümlerini hayata geçireceklerini tespit etmiştir (Koch ve diğ., 2015).

Üretim personeli, manuel emek yerine, “makine izleme, makine bakım görevleri, yazılım uygulaması geliştirme” gibi konularına odaklanacaktır. IT sektörü ve robotları büyümeye devam edecektir. Sosyal kalıplarımız değişecek, eğitim değişecek, iş değişecektir. Ulaştırma ürünün ana maliyeti olacak, nakliye ve yakıt teknolojisi geliştikçe zamanla bu maliyetin azalması beklenecektir. Endüstrinin daha düşük işçilik maliyetleri nedeniyle üçüncü dünya ülkelerinde üretim yapmak yerine, daha çok bölgesel üretime geri dönmesi öngörülmektedir. Emek maliyetinin kısıtlayıcı etkisinden ziyade, makinenin başlangıç yatırım maliyeti en önemli mesele olacak ve beklenen yatırım geri dönüş oranları ile bu mesele de önemini yitirecektir (Pagnon 2017).

CPS tabanlı üretim sistemleri, insan / makine ara yüzünü, görev organizasyonunu ve faaliyet yapısını etkileyecek, nihayetinde kurumsal organizasyon genelini de etkileyecektir (Hirsch-Kreinsen, 2014).

2.8. Endüstri 4.0’ın Olumlu Etkileri, İhtiyaçlar ve Zorluklar

2.8.1. Endüstri 4.0’ın olumlu etkileri

Endüstri 4.0’ın olumlu etkileri şunlardır (I-scoop, 2017);

- Optimizasyon ve otomasyon vasıtasıyla verimlilikte artış
- Gerçek zamanlı ekonomide gerçek zamanlı tedarik zinciri için gerçek zamanlı veri
- İleri bakım ve izleme ile daha yüksek iş devamlılığı
- Daha kaliteli ürünler; gerçek zamanlı izleme, kalite gelişimi
- Daha iyi çalışma şartları ve sürdürülebilirlik
- Yeni her bir müşteri için kişiselleştirilmiş ve uyarlanmış hizmet/ürün
- Gelişmiş çeviklik-hız
- Yenilikçi yeteneklerin gelişmesi ve yeni gelir modellerinin gelişmesi

Öte yandan, daha spesifik olarak yüksek yenilikçi Endüstri 4.0 ile tam otomatize olmuş fabrikanın avantajları şunlardır (Pagnon, 2017);

- Hızlı yatırım geri dönüş oranı

- Mevcut yüksek hacimli üretim yöntemlerine göre daha ucuz maliyetle özel ürünlerin imalatı
- Dünya pazarındaki üretim maliyetlerinde azalma sayesinde rekabetçilikte artış
- Daha fazla ürün seçeneği sunarak pazarın genişlemesi
- Makine arızasını önleme
- İnsan hatalarının giderilmesi ile ürün kalitesinin artması
- Tekrarlı işlerin insanlar değil makinelerle yapılması
- Hiçbir insan makine ile etkileşime girmediğinden, yaralanmaların büyük ölçüde azaltılması ve emniyetin artması
- Güvenlik gelişmelerinden dolayı şirket için sigorta masraflarının azaltılması
- Ürün maliyetinin ana bileşenlerinden biri olan emek maliyetinin azaltılması
- İnsan işletmecileri ile ilişkili lojistik ve nakliye masraflarının ortadan kaldırılması
- Doğrudan müşteri çevrimiçi satışlarla aracı satışçıların kalkması ve tasarruf sağlaması
- Gerçek zamanlı, neredeyse raf zamanına sahip olmayan izlenebilir sipariş yönetimi sağlaması.

2.8.2. Endüstri 4.0'ın zorlayıcı unsurları

Endüstri 4.0 pek çok olumlu etki getirirken, işletmelere otomasyon ve dijitalleşmeden dolayı öne çıkan zorlayıcı unsurlar ekonomik, sosyal, teknik, çevresel zorluklar ile politik ve yasal zorluklardır (Hecklau ve diğ., 2016);

Ekonomik zorluklar şunlardır;

- Devam eden globalleşme; Kültürlerarası yetenekler, dil yetenekleri, zaman esnekliği, prosesleri anlama,
- Yeniliğe olan ihtiyaçta sürekli artış; Girişimci düşünce, yaratıcı problem çözme, baskı altında çalışma, teknik yetenekler, araştırma yetenekleri, prosesleri anlama,
- Daha fazla hizmet odaklılık talebi; Çatışma çözme ve iletişim becerisi, ağ oluşturma yetenekleri,
- İş birliği içinde çalışma ihtiyacında artış; Uzlaşmacı ve işbirlikçi yeteneği, takım halinde çalışma yeteneği, iletişim becerileri, ağ becerileri.

Sosyal zorluklar şunlardır;

- Demografik değişim ve sosyal değerlerde değişim; Bilgiyi aktarma becerisi, iş-görev rotasyonunu, isle ilgili değişiklikleri kabul etme (belirsizlik toleransı), zaman ve yer esnekliği, liderlik yetenekleri,
- Artan sanal çalışma; Zaman ve yer esnekliği, teknoloji yetenekleri, medya yetenekleri, IT güvenliğini anlama,
- Proses karmaşıklığında artış; Teknik yetenekler, prosesi anlama, öğrenme motivasyonu, belirsizlik toleransı, karar verme, problem çözme, analitik yetenekler.

Teknik zorluklar şunlardır;

- Teknoloji ve veri kullanımında üstel büyüme; Teknik yetenekler, analitik yetenekler, veri ile çalışma verimliliği, kodlama yetenekleri, IT güvenliğini anlama, uyum,
- İş birliği içinde çalışmada artış; Takım halinde çalışma becerisi, sanal iletişim becerisi, medya becerisi, IT güvenliğini anlama, iş birliği yapma yeteneği.

Çevresel zorluklara örnek iklim değişikliği & kaynak kıtlığıdır.

Politik ve yasal zorluklar ise standardizasyon kapsamında teknik beceriler, kodlama becerileri, prosesleri anlama konuları ile ilgilidir. Yanı sıra, veri güvenliği ve gizliliği konularındadır.

Bu zorluklar “yönetilmesi gereken zorluklar” olup, dolayısı ile Endüstri 4.0 ile birlikte gelen “yönetim” sorunlarıdır.

2.8.3. Endüstri 4.0’da ihtiyaçlar

Başarı kriterleri açısından, Endüstri 4.0 için başarı kriterleri tanımlanmış değildir, teknoloji haritası halen net değildir ve akademik dünyada da bununla ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Aslında Endüstri 4.0 gelişmeye devam ettiği için, genel olarak sektörlerin tamamındaki mevcut endüstri yapısı ile Endüstri 4.0 arasında halen çok büyük açık vardır.

Çalışanların sistem içindeki rolü açısından, yeni dönem fabrikalarının öz denetim, kontrol ve geliştirme süreçlerini insan duyuları yerine sensörlerle algılayıp, kendiliğinden

harekete geçen robotik üretim araçlarıyla gerçekleştirmesi öngörülmektedir (Prinz ve diğ., 2017).

Endüstri 4.0'da insanların üç perspektiften rolü vardır; otomasyon perspektifi, insan merkezli perspektif ve melez perspektif (Hirsch-Kreinsen, 2014, Prinz ve diğ., 2017, Buhr, 2015, Schröder 2017);

- Otomasyon perspektifinde IT sistemleri karar alır, prosesleri kontrol eder ve insan sadece manuel aşamada performans sergiler. Otomasyon senaryosu, insan emeğinin değerinin düşeceğini ve bu teknolojinin izleme ve kontrol görevlerini üstleneceğini varsaymaktadır. İş gücü olarak insanoğlu, CPS nedeniyle "dış kontrol altına alınır" ve maddi yükümlülükler üstlenmeye eğilimlidir.
- İnsan merkezli perspektif, uzman faaliyetlerinde artış ve yüksek kaliteli personel demektir. Kalifiye işgücü belirleyici rolünü koruyacaktır. İnsanlar dijital sistemleri, kompleks bir çevrede (üretim ortamı dahil) muazzam kapsamlı kararları vermek için kullanır ve otonom operasyon sistemleri kullanarak prosesi kontrol eder.
- Melez perspektifte insanlar ve makineler birlikte çalışacaklardır. İnsanoğlunun gücü ve teknolojik uygulamaları, üretim sürecinde tamamlayıcı olarak kullanılacaktır.

Bütün bu gelişmelerin ışığında, teknoloji, ürünler ve pazardaki hızlı değişimler, eğitim konusunu işletmelerde bir gereklilik haline getirmiştir. Bununla birlikte Avrupa'daki teknoloji şirketlerinde yapılan bir araştırma, 10 organizasyondan 8' inin uygun personel istihdam etmekte zorlandığını ortaya koymuştur. Bu durum, halen teknoloji gelişimini aynı hızda sürdüremeyen ülkemizde bile bir sorundur (Ulusoy, 2003).

Çalışanların, ortaya çıkan bu işleyişlerdeki değişime uygun beceriler kazanması gerekir. Teknoloji, hız, senkronizasyon ve muazzam bir iletişim sağlarken, bir kısım çalışanlara iyileştirme ve yenilikler için daha fazla zaman verecek ve aynı zamanda işletmeleri daha fazla yenilik için zorlayacak gibi gözükmektedir. Çalışanların disiplinler arası bir şekilde düşünmesi, sadece kendi süreçlerini değil hem yatay hem dikey değer zincirlerini anlama, teknik bilgiyi güncel bilgi ve günlük hayat bilgisi ile birleştirme kabiliyetlerinin de artması beklenmektedir.

Müşteri bilgi güvenliği kapsamındaki zorluklardan bir diğeri de müşteri güvenini etkileyebilecek durumlar konusundadır. Bunlardan biri de Endüstri 4.0 bileşenleri

üzerinden müşterinin kişisel bilgileride dahil pek çok bilgiye ulaşılabilirlik kolaylaşacağı için, bu verilerin güvenliği ve güvenirliğini sağlamakla ilgili çerçevenin iyi çizilmesine duyulan ihtiyaçtır.

Sorumluluk ve sahiplenme kapsamında, insan dışı sistemler kullanılarak otomasyon veya robotlar yolu ile üretim gerçekleştirildiğinde, bu hata kaynaklarının izlenmesi, ilişkilendirilmesi ve süreç sahibinin belirlenmesi ve süreç sahibinin sorumluluklarının belirlenmesi gibi konular karmaşık hale gelmektedir.

Lojistik yönetiminde yapılan bir araştırmada, Endüstri 4.0 kapsamında ihtiyaç duyulan organizasyon yapısı, operasyon yapıları ve işletme yapıları hakkında araştırma yapılması gerektiği not düşülmüştür (Hofmann ve Rüsch, 2017).

21. yüzyıl işletmelerinde kalite yönetimi çerçevesinde Endüstri 4.0 araştırmaları konulu literatür araştırması sonuçlarına göre, 2019 yılı itibarı ile Endüstri 4.0 alanında teknoloji ve teknolojinin kalite yönetimine etkisini adresleyen herhangi bir (bilimsel) araştırma bulunamamıştır (Gunasekara ve diğ., 2019).

3. ENDÜSTRİ 4.0 ORTAMINDA TKY PRENSİPLERİNİN DURUMU

TKY'nin öncülerinin ortaya koyduğu (Deming, Juran, Crosby, Ishikawa) 4 yaklaşım, klasik kalite kontrol anlayışının, endüstrinin gelişmesiyle beraber değişmesi gereksinimiyle ortaya çıkmış ve gelişmiştir. Bugünlerde teknolojik gelişmelerle her geçen gün daha da ileriye taşınan CPS ve IoT, tasarımdan, planlama, optimizasyon, insanların ve aletlerin görevlendirilmesi gibi tüm aşamalarda öncülük edecektir. Geleceği getiren bu devrimdeki temel değişim Tablo 3.1'de şöyle tablolaştırılmıştır;

Tablo 3.1. Üretim devriminin gelişimi (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017)

	Geçmiş	**Mevcut**	**Gelecek**
İletişim sistemi	Analog	İnternet ve Intranet	Nesnelerin İnterneti-IoT-Siber Fiziksel Sistem
Konsept	Taylorizm	Yalın Üretim	Akıllı Fabrika
Çözüm	Mekanizasyon ve otomasyon	Otomasyon ve bilgisayarlaşma	Sanalsallaştırma ve entegrasyon

Endüstri 4.0, yenilik getiren akıllı imalat ve akıllı iş operasyonları gerektirir. Yenilik, insanların yetkinliği ile ortaya çıkar bu da öğrenme ve bilgi birikimi gerektirir. Öğrenme ve bilgi yönetimi ise, verimli ve uygun yönetim yaklaşımlarından etkilenir. Böylece, yönetim uygulamaları, organizasyonun Endüstri 4.0 ortamına uygunluğunu sağlamada hayati bir role sahiptir (Shamim, 2016).

Siber fiziksel sistemler, büyük veriyi ve yapay zekayı kullanan esnek üretim sistemi uygulamalarındaki verimlilik, Endüstri 4.0'ın sağladığı şu imkanlarından dolayı giderek artacaktır; malzeme taşıma rotalarını kısaltma, hatalarda azalma, optimal üretim planlama yapma, üretim sistemi unsurları arasındaki iletişim (malzeme taşıma makineleri-teknik ekipmanlar-ürünler-çalışanlar vb. arasında) (Illés ve diğ., 2017).

Endüstri 4.0'la ilgili çalışmaların çoğu teknik yöndendir ve organizasyonel kültür yönü dikkate alınmamaktadır. Oysa ki, Endüstri 4.0'ın başarılı olması için her iki boyutta da

çalışma yapılmalıdır. Yönetsel yaklaşımlar, organizasyon kültürü oluşturmada çok önemli bir role sahiptir (Hana ve Marcela, 2018).

İlerlemeler, Endüstri 4.0'ın yeni bir yönetim modeli oluşturabileceğine dair bir beklenti yaratabilir ve bu belki de sürpriz olmaz. Yeni bir yönetim modeli oluşması henüz erken olmakla birlikte, uygulayıcılar ve yönetim bilimi açısından, Endüstri 4.0 ortamındaki bir organizasyonda, TKY ilkelerinin yeni pozisyonlarını anlamaya ihtiyaç vardır. Yönetim, pazardaki gelişmelere göre kuruluşu yönettiğine göre, her değişim sürecinde başarıyı yakalamak için, yönetim ilkeleri ve modelleri öncelikli odaklanılması gereken konulardan biridir.

İhtiyaçlara bir örnek, liderliktir. Endüstri 4.0 ile, liderlerin yetkinlikleri daha fazla geliştirilmelidir çünkü geleneksel pazarlar ve ürün nitelikleri hızla değişmektedir. Liderler insanlara liderlik ediyordu ve artık yapay zeka ile robot / sanal sistemlerin de yönlendirilmeye ihtiyacı bulunmaktadır. Liderlerin dijital profillerle etkileşim yetkinliğine sahip olmaları gerekir.

Ortaya çıkan gelişmeler dikkate alındığında, takım üyesi kompozisyonları da lider bakış açısından açık değildir. Zira takım üyeleri yakın gelecekte sadece insanlardan değil, insansı robotlardan da oluşacaktır.

Çalışanların bağlılık ilkesi yeniden tanımlanmalıdır çünkü çalışanlar sadece insanlardan değil, aynı zamanda insansı robotlar yani androidlerden de oluşacaktır. Bu durumda, çalışanların taahhüt seviyesi ve koşulları, TKY ilkeleri içinde zaten yaşanan zorlukların başında gelirken, bu zorlayıcılığı daha da ileri taşıması beklenebilir.

Kaizen gibi TKY'nin sürekli iyileştirme ilkelerini uygulamak için kullanılan bazı yöntemler, artan iyileştirmelere odaklanır. Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen teknolojinin hızı, TKY ile yönetilen kuruluşlarda bu yöntemlerin önemini korumasına izin vermeyebilir. Kaizen işleyişlerde olmaya devam ederken Endüstri 4.0 dahilindeki tüm sistemlerde özellikle IoT ve Akıllı Fabrika unsurlarının kendi içinde daha fazla mı uygulanacak konusu henüz belli değildir. Örneğin basit prosesli üretimlerde, Kaizen çok geri planda kalabilir.

Endüstri 4.0 gelişmelerinde geleneksel klasik istatistik modeller, balık kılçığı, PDCA vb. tekniklerin işlevini veya önemini yitirip yitirmeyeceği henüz bellir değildir.

İnsanlarla makineler arasındaki ilişki zamanla daha organik olacaktır. CPS tabanlı üretim sistemleri, insan ve makine ara yüzlerini, rollerini ve görev tanımlarını etkileyecektir. Böylece, SPC kapsamında uygulanan izleme ve kontrol yöntemleri de değişecektir. Bu dönüşüm, kurumsal yönetim metotlarını da etkileyecektir.

Şüphesiz teknolojik gelişim, üretim sistemlerinin ve üretim süreçlerinin adaptasyonu için önemlidir. Fakat insan hangi tür olursa olsun bir fabrikanın en önemli unsurudur ve öyle kalacaktır. Bunu anlamak için şu üç soruyu sormak yeterlidir (Pîrvu ve Zamfirescu, 2017);

- zekayı kim tasarlayacak?
- makinalar arasındaki çatışmaları kim çözecek?
- sistem gelişimini kim garanti altına alacak?

Kasparov, en iyi sonucun "hibrid takım"la elde edeceği sonucuna varmıştır; insan + makine + süper işbirlikçi süreçler (Pîrvu ve Zamfirescu, 2017).

Endüstri 4.0 uygulayan bir kurumda veya daha spesifik bir ifade ile akıllı fabrikada, TKY prensiplerinin durumlarının ve uygulama seviyelerinin önemli ölçüde değişeceği açıktır. Sistemlerin, yeni iletişim yetenekleri ve insanlarla yakın entegrasyonları, gerçek zamanlı verilerle yönetilmesi konuları; yönetim sistemleri ve yönetim süreci, metodolojiler ve nihayetinde örgütsel kültür ile yakın ilişkilere sahiptir.

Tüm bu değişiklikler TKY uygulamalarını ve prensiplerini etkileyecektir. Böylece TKY de kendi içinde yeni bir gelişime evrilecektir.

TKY, en yaygın olarak imalat sektöründe uygulanmaktadır. TKY uygulamasının önündeki engellerin en başında insan kaynaklı engeller gelir. Artan rekabetle birlikte kalite ve inovasyon yönetimi önemini artırmaktadır.

Bütün bu durumları dikkate alan Endüstri 4.0 ve TKY etkileşimi, bir sonraki bölümde ele alınmıştır.

Tablo 3.2'de, Endüstri 4.0, yönetim ve kalite konusunda yapılmış çalışmaların özeti yer almaktadır.

Tablo 3.2. Endüstri 4.0 uygulamaları, yönetim ve kalite konularını birlikte ele alan çalışmalar

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Yayınlan-dığı ülke
Shamim ve diğ., 2016	Management Approaches for Industry 4.0	Literatür araştırması Teori ve öneri	Akış şeması Tablolama	Organizasyonda inovasyon ve öğrenim ortamını teşvik edebilecek ve böylece işletmenin Endüstri 4.0 hızına ve ilerleyişine uymasını kolaylaştırabilecek en uygun yönetim uygulamasına bir bakış açısı sunmak.	İşletmenin Endüstri 4.0'daki başarısı, onun yenilikçilik kapabilitesine bağlıdır. Bunun için organizasyon yapısı, liderlik ve İK uygulamalarına belli bir bakış açısı getirmesi gerekir. Yeniliklerin yapılmasına ihtiyaç vardır, fakat bunun için de yetkinliklere ihtiyaç vardır. Daha ileri seviye çalışma için kantitatif tekniklerle bulguları test edebilecek anket bazlı araştırmayı takip eden mülakat bazlı çalışma yapmak gereklidir.	İngiltere
Illes ve diğ., 2017	New Challenges for Quality Assurance of Manufacturing Processes in Industry 4.0	Literatür araştırması	Teorik kavram oluşturma	İmalat süreçlerinde kalite güvenceyi sağlamada Endüstri 4.0 esaslarını ve bu konuda bekleyen yeni zorlayıcı unsurları tanıtmak.	Büyük veri (big data) uygulaması ile üretim sistemindeki operasyonel problemler bariz derecede azaltılabilir ve ürün kalitesi artırılabilir. Bu alanda yapılacak sonraki araştırmaların da önünü açmak üzere, üretim sistemlerinin daha etkin işleyişine etkisi olan veri türlerinin tanımlanması, veri toplama için teknoloji geliştirilmesi ve belirlenen sonuçların siber-fiziksel sistem işleyişine uyarlanması kapsamında bazı önemli veri tipleri tanımlanmıştır.	İsviçre

Tablo 3.2. (Devam) Endüstri 4.0 uygulamaları, yönetim ve kalite konularını birlikte ele alan çalışmalar

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Yayınlandığı ülke
Hana ve Marcela, 2018	Management Approaches for Industry 4.0 – The Organizational Culture Perspective	Literatür araştırması Teori Saha araştırması	Teorik çerçeve anlatımı Kruskal-Wallis testi Mann-Whitney U testi Organizasyon Kültürü İndeksi	Endüstri 4.0 uygulamasını destekleyecek organizasyonel kültür oluşmada gerekli yönetsel yaklaşımları araştırmak.	Anket şeklinde yapılan araştırma sonucuna göre, organizasyonel kültürler, kültürü yenilikçiden ziyade bürokratik ve destekleyici olarak görülmektedir. Yenilikçilik kültürü öne çıkmamaktadır. Yönetim yaklaşımlarını yenilikçi çözümleri destekleyecek şekilde değiştirmek gerekir.	Çekoslovakya
Mayr ve diğ., 2018	Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0	Literatür araştırması Teori oluşturma	Örnekleyerek modelleme	Yalın yönetim ve Endüstri 4.0'ın birbirini tamamlayıp tamamlayamayacağı sonucuna varmak için mevcut durumu ortaya çıkarmak, Endüstri 4.0'ın yalın yöntemi nasıl etkileyebildiğini bir örnek üzerinden ele almak.	Yalın yönetim ve Endüstri 4.0 kavramsal düzeyde birbirini tamamlar. Bu algı temel alınarak, çeşitli Endüstri 4.0 araçlarının sekiz yalın yöntemi nasıl destekleyebileceği özetlenmiştir. Bulgulara göre, Endüstri 4.0 araçlarını uygulamak, zayıf durumdaki yalın hedefleri gerçekleştirmeye yardımcı olur. Bir kullanım senaryosu ile, durum izleme ve bulut bilişimin, elektrikli sürücü üretiminde bir sac levha damgalama presi için TPM'i geliştirmeye nasıl katkıda bulunduğu örneklenmiştir.	Almanya
Sader ve diğ., 2019	Industry 4.0 as a Key Enabler toward Successful Implementation of Total Quality Management Practices	Literatür araştırması Teori ve öneri	Akış şeması Grafiksel modelleme	Endüstri 4.0 özelliklerinin, ISO 9001:2015 TKY prensipleri ile entegrasyonuna dair teorik çerçeve sunmak ve gelecekteki araştırmalar için kapı aralamak.	TKY'ni, Endüstri 4.0 perspektifinden uygulamaya almak için, ISO 9001:2015 TKY prensipleri kalite kontrol ve kalite güvence temelinde açıklanmıştır. TKY uygulamalarını desteklemek için, Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçek etkisini değerlendirmek için kantitatif yöntem uygulanması gerekir.	Macaristan

Tablo 3.2. (Devam) Endüstri 4.0 uygulamaları, yönetim ve kalite konularını birlikte ele alan çalışmalar

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Yayınlan-dığı ülke
Müller, 2019	Contributions of Industry 4.0 to quality management – A SCOR perspective	Literatür araştırması Saha araştırması	SCOR modeli	Halen Endüstri 4.0'ın gerçek potansiyeli anlaşılmamış durumunda olan endüstriyel uygulamalarda, Endüstri 4.0'ın başarılı kılma durumunda olduğu kalite yönetim potansiyellerini tanımlamak, bu kapsamda Almaya'da uluslararası 2015 imalat fabrikasında kantitaif araştırma yapmak	Almanya'daki 204 üretim tesisinde yapılan araştırma sonucu; SCOR Modelinde "planlama" boyutunda; Endüstri 4.0 çözümleri en öncelikli olarak kapasite ve sipariş planlama veya miktar tahmininde kullanılmaktadır. "Tedarikçi geliştirme" görevleri daha az dikkate alınmaktadır. SCOR Modelindeki "Yap" boyutunda görevler net olarak ayrıştırılamamıştır. "Teslim et" boyutu, mevcut Endüstri 4.0 çözümlerinin ağırlıklı olarak müşteri sipariş yönetimi ve değişim yönetiminde kullanıldığını ortaya koymuştur. Lojistik süreçler ve paketleme süreçlerindeki yalın yaklaşımlar -bariz olarak- daha az dikkate alınmaktadır. Yönetimsel açıdan, işletmelerin çoğu halen Endüstri 4.0 çözümlerinin stratejik potansiyelini göz ardı etmektedir.	Avusturya
Lia ve diğ., 2020	The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model	Literatür araştırması Saha araştırması	Kavramsal çerçeve Faktör analizi Doğrulayıcı faktör analizi	Endüstri 4.0 çağında, dijital teknolojilerin, ekonomik ve çevresel performansı nasıl etkilediğini araştırmak, bu kapsamda dijital tedarik platformlarının aracılık etkisi ve çevresel dinamizmin uyumlaştırıcı etkisini Çinli imalat firmalarında yapılan bir araştırma ile değerlendirmek.	Orta-yüksek seviye 188 yönetici ile yapılan araştırmanın sonucuna göre; Dijital teknolojiler ekonomik ve çevresel performansı pozitif etkiler. Dijital teknolojilerin kullanımı, Endüstri 4.0'da tedarik zincir platformlarının kurulmasını kolaylaştırır. Bununla birlikte çalışma, çevresel dinamizmin, Endüstri 4.0 kapsamındaki dijital teknolojilerin -dijital tedarik zinciri platformları aracılığıyla- ekonomik ve çevresel performans üzerindeki dolaylı etkisini azalttığını ortaya koymuştur.	Çin

Tablo 3.2. (Devam) Endüstri 4.0 uygulamaları, yönetim ve kalite konularını birlikte ele alan çalışmalar

Yazar	Yayın Başlığı	Yöntem	Araç ve teknikler	Odaklanılan konu	Bulgu özeti	Yayınlan-dığı ülke
Závadská ve Závadský, 2020	Quality managers and their future technological expectations related to Industry 4.0	Literatür araştırması Saha araştırması	Dillman Toplam Tasarım Araştırması Yöntemi Pearson ki kare testi Tablolama Radar grafiği	Akıllı teknolojileri dört gruba ayırarak (akıllı cihazlar, tanımlama teknolojileri, navigasyon teknolojisi ve bilgi teknolojisi/robotlar) deneysel bir araştırma yapmak; böylece üretim ve lojistik süreçlerde akıllı teknolojiler uygulamasının fiili durumunu tespit etmek ve kalite yöneticilerinin 2025'te seçilen teknolojilerin entegrasyonu ile ilgili beklentilerini tanımlamak.	Kalite yöneticisi/yönetim temsilcisi seviyesindeki 44 uluslararası işletme temsilcisinden gelen cevaplara göre, akıllı teknolojilerin kullanım derecesi işletmenin bulunduğu endüstriye bağlı olarak değişmektedir. 2025'de, uygunsuzluk yönetiminde, kalite kontrol, değişim yönetimi, sevkiyatta akıllı camlar; kalite kontrolde ve sevkiyat kontrolde akıllı eldivenler en çok kullanılan akıllı teknolojiler olacak; RFID, sevkiyatta en çok kullanılan teknoloji olacaktır.	Slovakya
Asif, 2020	Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices	Literatür araştırması Tanımlama ve mantıksal çıkarım	Tanımlayıcı örneklendirme Tablolama	Kalite modellerinin Endüstri 4.0 ile uyumunu değerlendirmek; kalite modellerindeki yetersizlikleri vurgulamak, gelecekteki kalite modelleri için tavsiyelerde bulunmak.	Kalite modelleri Endüstri 4.0 ile eşdeğer uyumlu değildir. Kalite yönetim modelleri ekonomik verimlilik, kontrol ve sistematik yönetim konuları üzerine inşa edilmiştir. Endüstri 4.0 ise süreçlerde temel ve büyük değişiklikler getirir ve mevcut kalite yönetim modellerinin pek çoğunu gereksiz durumuna düşürür. Kalite modelleri, Endüstri 4.0'a daha uygun özelliklerle güncellenmelidir; entelektüel sermaye yönetimi, büyük veriden kalite tahminleri yapabilme, gözlemleme ve ölçme yerine dikkatlilik ve otomatik algılama, yalın organizasyon yapısı gibi.	Suudi Arabistan

3.1. Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrika Çerçevesinden TKY Prensiplerinin Yeni Durumu

ISO 9001:2015 TKY Prensiplerinin, “Endüstri 4.0 ve akıllı fabrika” çerçevesinden değerlendirilmesi şöyledir;

3.1.1. Müşteri odaklılık ilkesi ve Endüstri 4.0

Endüstri 4.0, kişiye özel müşteri odaklı yaklaşımı tasarımdan imalata dek dikkate almayı sağlar ve son dakika değişiklikleri uygulamayı da kolaylaştırır (Kagermann ve diğ., 2013).

Kişiye özel ürün tasarımları, Endüstri 4.0 ile gerçekleşen yatay değer zincirinin mutlak bir şartıdır ve bu konudaki ilerlemeler, yeni gelişmelerle daha güçlü hale gelecektir. Kişiye özel ürün ve hizmetler hızla artacağı için müşteri odaklı ürün tasarımında çok büyük yenilikler gerçekleşmeye devam etmektedir.

Endüstri 4.0 araçlarından büyük veri, veri analitik uygulamaları, sanal gerçeklik, IoT teknolojilerinin kullanımı ve diğer unsurlar, müşteriye ulaşılabilirliği sağlar (Ibara ve diğ., 2018, Künzel, 2016). Pazar analizlerini daha derinlemesine yaparak müşteri ihtiyaçlarını daha iyi anlamayı sağlar ve dolayısıyla işletmenin planlama kabiliyetini artırır (Künzel, 2016).

Ayrıca, Endüstri 4.0, çok yoğun kalite kontrol ve kalite güvence uygulamaları yapmaya imkan sağlar. Bu gelişme, bir işletmenin ürününün ve hizmetlerinin kalitesini artırmasını sağlayarak işletmenin müşteri tatminini artırmasını sağlar (Sader ve diğ., 2019, Künzel, 2016).

3.1.2. Liderlik ilkesi ve Endüstri 4.0

Endüstri 4.0, şeffaf üretim süreci sağlamıştır. Böylece talepleri verimli ve üretken bir şekilde tamamlayan işçilik ve makine gibi kaynakları tahsis etme ve optimize etme konularında gerekli olan liderlik yeteneklerini de destekler (Sader ve diğ., 2019).

CPS tabanlı üretim sistemlerinde takımlar ve çalışanlar, gelecekte daha üst seviyede karar verici lider konumuna geçmelidir (Bauer ve diğ., 2015, Brettel ve diğ., 2014).

Liderlik prensibi ve Endüstri 4.0 kapsamında henüz detaylı bilimsel araştırma yapılmamıştır. Liderlerin, kendilerini teknik açıdan kendilerini geliştirmeleri gerektiği açıktır.

Öte yandan, işletmenin Endüstri 4.0'daki başarısı, yenilikçilik kapabilitesi ile doğrudan ilişkilidir ve bu da liderlik açısından daha üst bir yetkinlik gerektirir (Shamim ve diğ., 2016). Liderler sadece insanlara liderlik etmeyip sistemin tamamından sorumlu olacaktır. Geleneksel organizasyonlardan farklı olarak, her seviyede liderliğe ihtiyaç olacak ve bizzat yerinden yönetim için yerel seviyede liderlik uygulaması önem kazanacaktır. Liderliğin TKY Prensiplerindeki önemi öne mi çıkacak yoksa geriye mi düşecek konusu, literatürde henüz net değildir.

3.1.3. Çalışanların katılımı ilkesi ve Endüstri 4.0

- Çalışan eğitimi:

Artan teknoloji ve gerçek zamanlı verilerle, fabrika süreçleri daha yüksek verimlilikle ve daha yüksek kaliteyle çalışacaktır. Bu nedenle, manuel kurulumlarda, açık kontrol döngülerindeki operatör müdahaleleri azalır (Axiomtek, 2015). Bu ve çok daha fazla değişiklik, çalışanlar için yeni yetkinlik ihtiyaçları üzerinde oldukça büyük bir potansiyele sahiptir.

Geleneksel fabrika işçilerinin veya teknisyenlerinin aksine, ileri (seviye) operatörün gelişmiş problem çözme becerilerine, teknoloji kullanım becerilerine, karmaşıklık yönetimine ve esnek çalışmaya sahip olması gerekir. Bu durumda, çalışanlar eğitilmeye devam etmeli, fakat eğitimler geleneksel yöntemlerle yapılmamalıdır. Yanı sıra, eğitimlerin teknolojiyle daha fazla entegrasyon içinde olacağı açıktır.

Birbirinden farklı Endüstri 4.0 araçları, operatörlerin daha fazla sorumluluk almasını destekler. Özellikle sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik gibi sanal temsil teknolojilerinin yanı sıra başa takılan ekranların bir arada kombinasyonu, bakım talimatlarının uygulanmasını kolaylaştırmanın yanı sıra eğitimi de kolaylaştırır (Palmarini ve diğ., 2018).

Öğrenme, Lifvergren ve Bergman'ın önerdiği bilişsel ve prosedürel öğrenme mekanizmaları anlamındaki eğitim, daha kolay olacaktır (Lifvergren ve Bergman, 2012).

Çalışanlar eğitilmeye devam etmelidir fakat eğitimlerin kapsamı ve eğitim alanlarının değişmesi gerekecektir.

- Çalışanların yetkilendirilmesi:

Teknoloji, tekrar eden işi, kontrol edilen, açıkça tanımlanan ve bir süreç olarak istikrarlı olan faaliyetleri devralmaya devam edecektir (Fraunhofer, 2013). Buna karşılık, gelecekteki fabrika işçisinin görev dağılımı değişmektedir. Yeni görevler büyük oranda siber-fiziksel üretim sistemindeki üretim stratejilerinin spesifikasyonu, izlenmesi ve korunmasından oluşmaktadır. İnsan / makine ilişkisi olumlu bir şekilde tasarlanırsa, bu dönüşüm daha iyi sonuç verecektir (Schröder 2017).

IoT, birçok insan müdahalesi rolünü ortadan kaldırarak verileri otomatik talimatlara dönüştürebilir (Elkhodr ve diğ., 2016). Örneğin, akıllı bir fabrikada, imalat personeli esas olarak izleme, özel bakım görevleri, IoT geliştirme ya da modifikasyonları üzerinde çalışacak ya da robotlar ya da sistemler olan işlerin elle yapılması yerine benzer şekilde bilgi teknolojisi vb. üzerinde çalışacaktır. Bu gelişmeler, geleneksel emek faaliyetlerinden ziyade analiz veya idari işlerin artmasına öncülük edecektir (Pagnon, 2017).

Farklı kaynaklar, aralarında herhangi bir çelişki olmaksızın, işgücü veya işçi rollerinin izleme, üretim sisteminin takibi işlerine kayacağını ifade etmektedir.

Bilgisayar tabanlı sistemlerde, sabit veya hareketli otomasyon/robot sistemlerinin yetkilendirilmesinde karar vericilerin kim olacağı konusu henüz tanımlanma aşamasındadır. Uygulamaların bir kısmında robotlar da çalışanları yetkilendirmektedir (ABD'de MIT örneği; günlük iş çizelgeleri robotlar tarafından hazırlanarak çalışanlara verilmektedir). Robotların yetkilendirmesi ile çalışanların dahil edilmesine ne kadar izin verilmesi gerektiği konusu veya robot sistemlerin hangi aşamadan sonra bir çalışan statüsünde ele alınması gerekir konuları ile ilgili henüz bir sorgulama ve konsensus aşamasına gelinmemiştir.

- Çalışanların dahil edilmesi:

Endüstri 4.0 bileşenleri dikkate alındığında, çalışan ve hatta lider davranışları ve yetkinliklerinde önemli değişiklikler olması gerektiği sonucuna varılabilir. İletişim ve takım ilişkisindeki üyelere "makine ve sistemler, IoS ve IoT" de eklendiği için çalışanlar

açısından daha fazla katılım, bütünleşme, şeffaflık, verimlilik ve zamanındalık gerekebilir (Hofmann ve Rüsch, 2017).

Otomasyon ve akıllı fabrika uygulamaları ile çalışanın taahhüdünün ve aynı zamanda bağlılığının daha kolay oluşması beklenmektedir çünkü kapsamlı veri tabanlı sonuçlar, süreçlerde oluşan otomatik talimatlar insanları yönlendirecek, insanları motive edecek, operasyonel karar vermeyi kolaylaştıracaktır.

Çalışanın taahhüdü, otomasyon ve akıllı fabrika uygulamaları ile zorunlu ve süreç içinde operasyonel anlamda otomatize edilen bir uygulama haline gelecek olmakla birlikte, bu çerçevede mavi yakalı personelin taahhüdü hangi kritik süreçlerde daha önemli hale gelecektir konusu henüz net değildir.

Yetkilendirmeler, -yetki sınırları, çalışanlar ve robotlar / mobil veya sabit sistemler dahil olmak üzere- genel organizasyon ve sistem üzerinden değerlendirilerek tanımlanmalıdır. Bazı robotik sistemlerin aynı atölyede çalışan gruplarının arasında bulunması gerekebilir. Bu durumda, çalışan memnuniyeti, aynı pozisyonda bir robotla rekabete kurban edilmemelidir.

- Takım çalışması:

Endüstri 4.0 uygulamalarında bir yönetim hiyerarşisindeki karar süreci, paylaşılan bilgilerin kolektif anlaşılması silsilesi ile işleyecektir. Paylaşılan bilgilerin yaygınlaştırılması daha homojen bilgi paylaşımına yol açtığı için, yönetim hiyerarşi seviyeleri de bulanık hale gelecektir (Davies ve diğ., 2017). Bilgi paylaşımı ise, takım halinde çalışmaya teşvik eden bir unsurdur.

Endüstri 4.0'ın, siber-fiziksel, siber-insan bileşenleri ve IoT kompozisyonunu ortaya koyduğu gerçeğine dayanarak, 2016 yılında Pfeiffer, montaj tesislerinde çalışan 62 yönetici ile yaptığı bir araştırma sonucuna göre, insanın yerini robotların alabileceğini tespit etmiştir (Pfeiffer, 2016). Buna göre, takım çalışmasında kastedilen takım üyeleri değişmektedir. Takım tanımını "paylaşılan belirli bir amacı veya hedefi gerçekleştirmek üzere bir araya gelen insanlar grubu" olarak değil, "paylaşılan belirli bir amacı veya hedefi gerçekleştirmek üzere bir araya gelen insanlar ve sistem unsurları grubu (kısmı karar ve uygulama yetkisi verilen otomasyon unsurları/robotlar vb.)" olarak değiştirmek gerekebilir. Bu durumda, bir takım lideri de yapay zekaya sahip bir robot olabilir.

3.1.4. Süreç yaklaşımı ilkesi ve Endüstri 4.0

IoT ile kurulan CPS ağının, gerçek zamanlı veriye ulaşımı sağlamasıyla, rijit planlama ve duruma göre planı güncelleme yaklaşımları sona erer ve böylece süreç yönetimlerini ve süreç reorganizasyonları oldukça esnek hale gelir (Weyer ve diğ., 2015, Bauer ve diğ., 2015). Sistemin tüm öğeleri birbirine bağlanarak bir ağ yapısı şeklinde hareket edeceği için süreç yaklaşımı prensibi zorunlu ve zaruri olarak uygulamada olacaktır. Bir diğer deyişle, Endüstri 4.0 ile birlikte süreç yaklaşımını hayata geçirme oranı, yeni gelişmelerle daha güçlü hale gelecektir. Bununla birlikte, yeni geliştirilen teknoloji ve otomasyon sistemlerinin dinamikliği yeterli olamazsa, “süreçlerin yeniden reorganizasyonu, yeniden yapılandırılması” zorlaşabilir veya yöneticilerin bu konunun önemini güncelde tutması gerekliliği dikkatlerden kaçabilir.

- Tam zamanındalık:

Süreç yaklaşımında, tam zamanındalığı sağlayan JIT sistemlerinde, boğa etkilerinin azaltılması, son derece şeffaf ve entegre tedarik zincirlerinin yanı sıra üretim planlamasındaki gelişmeler de, Endüstri 4.0'ın potansiyel faydaları arasındadır. Lojistik yönetiminde, Kanban’a bağlı olarak daha gelişmiş talep değerlendirme, dinamik ve daha verimli müşteri analizi ve kısaltılmış çevrim süreleri beklenebilir (Hofmann ve Rüsch, 2017).

JIT, esnek üretim sistemleri ve kaynak tahsisi ile daha verimli ve başarılı bir prensip olarak hem dikey hem yatay dijitalleşme ile yüksek derecede hayata geçirilebilen bir prensip olacaktır.

3.1.5. İyileştirme ilkesi ve Endüstri 4.0

- Sürekli gelişme, süreç ve ürün tasarımı:

Yüksek inovasyonun, ürün geliştirme hızı ve verimliliğindeki artışın, kişiye özel hizmet veya ürünlerin, gerçek verilere dayalı yönetimin, birbiri ile iletişim ve etkileşimde olan süreçler ve ağ yapılarının, sürekli gelişmeyi destekleyeceği açıktır (Bauer ve diğ., 2015).

Endüstri 4.0, ürün, süreç ve işletme seviyelerinde sürekli gelişme için bir temel sağlayacaktır (Sader ve diğ., 2017). Bununla birlikte, sürekli gelişme, standartlar üzerine inşa edildiği için, IoT ve akıllı üretim tasarım ve analizi, robotik vb. için yeni standartlar

gereklidir. Sürekli iyileştirme araçları ve teknikleri tekrar gözden geçirilmelidir. Bir raporda, öncelikli olarak mevcut standartların artan şekilde iyileştirilmesine odaklanan geleneksel standart geliştirme çabalarının, gelişen teknolojinin hızına ayak uyduramadığı ifade edilmiştir (Lu ve diğ., 2016).

- Kaizen:

Kaizen (küçük adımlarla sürekli gelişme uygulaması), sürekli gelişmenin bir parçasıdır. Endüstri 4.0 sistemleri, sürekli gelişmeyi destekler (Bauer ve diğ., 2015). Endüstri 4.0'da cihazların interaksiyonu, üretim takibinin bir ağ içinde yapılması, imalat işletmelerinde çok daha kapsamlı optimizasyon çalışmalarına olanak sağlar. IoT, CPS gibi elementler, -örneğin hataların daha kolay bulunmasını sağlayarak- üretim ve hizmet süreçlerinin geliştirilmesinde yeni olanaklar getirir, makine duruş sürelerini ve üretim kayıplarını azaltır (Tamas ve diğ., 2016). Bu da Kaizen uygulamasının otonom sistem içinde var olması demektir. Bu durumda, sürekli gelişme yöntemlerinden Kaizen iki yolla kendini var etmeye devam edebilir; Birincisi, Kaizen'i tetikleyen otokontrol sistemlerinin, IoT/CPS sistem ve ürünleri içinde gömülü olarak yerleştirilmesi ve bizzat ürüne ait ana sorunun dijital yolla tespitini sağlayan uygulamaların geliştirilmiş olması ve kullanılması ile olabilir. İkinci yol, Kaizen'in dış müşterilerin, tedarikçilerin de aktif ve sürekli bir Kaizen ekibi üyesi olarak yer aldığı yatay değer zincirinde uygulanan bir teknik olarak devam etmesidir.

Kötü senaryoda ise, Kaizen geçmişte operatör/süpervizör/teknik personel/vardiya işçileri de dahil mavi yakalının yoğun olarak katılmasına imkan veren bir model iken, Endüstri 4.0 ile bu durum onların gündeminden düşebilir ya da Kaizen, teknolojide inovasyonu arkadan itekleyen kısıtlı bir uygulama haline gelebilir.

- Operasyonel kalite planlama:

Endüstri 4.0 tabanlı çözümlerin pek çoğu, izlenebilirlik, programlama, plana dayalı görevlendirme ile ilgili proses verimliliğini amaçlar ve yalın yönetime pozitif katkıda bulunur (Müller, 2019).

Sensörler, barkodları veya RFID (radyo frekansı kimliği) etiketlerini okuyarak, parçaları sayarak, gelen veya çıkan parçaları algılar. Bu ve benzeri akıllı sistemler ihtiyaç planını yapabilir, zaman planı veya üretim programını tanımlayarak tedarikçi ile sipariş işlemlerini

başlatabilir. Bu “gömülü görüş sistemi”, üretim hatları, depolar vb. arasında entegrasyonla bir denetleyici birimine bağlanır (Axiomtek, 2015).

Sonuç olarak, gerçek teslimat süreleri ile planlanan süreler birbirine daha uyumlu hale gelir. Bütün gelişmeler, operasyonel kalite planlamayı daha verimli ve güçlü hale hale getirecektir.

3.1.6. Kanıta dayalı karar verme ilkesi ve Endüstri 4.0

- İstatistiksel proses kontrol:

Yeni dönem fabrikalarının, insan duyuları yerine sensörler ile kendi kendini denetlemesi, kontrol ve geliştirme süreçlerinin otomatik harekete geçen robotik üretim araçları ile gerçekleştirilmesi öngörülmektedir (Prinz ve diğ., 2017).

Yukarıdaki bölümlerde ele alınan literatür kaynaklarında da ifade edildiği üzere, yüksek otomasyon, Büyük Veri ve IoT, verilerle yönetimi sağlayacaktır. Manuel proses kontrollerin yerini, hızla teknoloji tabanlı ve anlık gerçek veriye dayalı proses kontroller almaktadır. Yeni sistem, tamamen çok yönlü ve anlık verilerin akıllı kullanımlarla yönetimini ve dolayısı ile raporlama da dahil veri analizi ile açığa çıkan bilginin, yönetimde kullanımını çok etkin hale getirme yolundadır. Bulut Sistemleri, IoT ve IoS, bir yandan müşterilerin daha kapsamlı ve gerçek veriye dayalı bilgilerini toplamayı sağlarken, bir yandan da akıllı fabrikadaki otomasyonlar, geçmişte yerinde kalarak proses kontrol veya ürün geliştirme veya bakım için kullanılamayan veriler de dahil tüm verileri aktif hale getirerek, toplanan verileri ağ yapısı içinde süreçte kullanılır hale gelecektir. Yönetimin verileri elde etmekle ilgili zorlukları ortadan kalkacak, üretim süreci ve tüm süreçlerin verilere dayalı yönetimi kolaylaşacaktır.

Veri tabanı ve bilgi sistemleri aracılığıyla özel bilgilere ulaşan kuruluşlar, karar vermede personele yardımcı olacak sistemleri geliştirmelidir (Vujovic ve diğ., 2012). Ortaya çıkan gelişmelerle, otomatik istatistiksel proses kontrolleri (SPC) ve SPC araçları, FMEA gibi özel SPC yöntemleri, Pareto gibi diğer araçlar, Endüstri 4.0’ın gömülü sistemleri ve otomasyonları içinde yer almak suretiyle, hataları düzeltmek için doğru olarak, zamanında uygulanacaktır. Böylece, bu prensipler akıllı fabrikaların doğal bir parçası olacaktır. Büyük veri, bu alandaki gelişmeleri hızlandıracak yeni ölçüm sistemlerinin önünü açacaktır.

- Bilgi yönetimi ve analiz:

Teknoloji sistemleri ve bulut sistemi, verileri bilgiye dönüştürmeyi kolaylaştırır. Hem yatay hem dikey dijitalleşme, sadece iç değil dış süreçlerden bilgi toplamayı ve analizi de kolaylaştırmaktadır.

Akıllı fabrika, insan-makine ve kaynakların birbirleri ile bilgi paylaşımı yaparak ortaya çıkardığı iletişimle, sosyal bir ağ kurar ve paydaşları da içine alan iletişim kanallarını genişletir (Sterey, 2017; Kagermann ve diğ., 2013). Planlama, lojistik, kalite kontrol ve süreç verimliliği konuları daha iyi, zaman bazlı ve daha doğru bilgilerden faydalanabilir. Toplanan bu büyük veri ve bilgiler, darboğazların, gereksiz yüksek maliyetlerin ve kalite sorunlarının kolayca ve hatta hassas bir şekilde belirlenmesini sağlayacaktır (Axiomtek, 2015).

- Teknoloji kullanımı:

Teknoloji kullanımı, Endüstri 4.0'ın dayandığı temel devrimlerden birisi olduğu için TKY'nin hayata geçirilmesini kuvvetlendiren bir uygulamadır.

Endüstri 4.0 teknoloji kullanımına bir örnek olan AGV kısa adlı otomatik yönlendirmeli araçlar, otomatik malzeme akışı sağlayarak objeleri/malzemeleri taşır. Bu sistem, boş dolaşım olmadan, minimum insan hatası ile ve herhangi bir sorun oluştuğunda kendiliğinden alternatif bir rota oluşturarak çalışmaları yerine getirir (Kaspar ve Schneider, 2015).

Endüstri 4.0'da aygıtlar, makineler, atelyeler, ürünler kendi aralarında bilgi aktarırlar ve CPS ve büyük veri analitiği ile birbirlerini kontrol ederek etkileşime geçerler. Bu da, işletmelerin, teknoloji yolu ile akıllı çalışma ortamlarını oluşturmaları demektir (Weyer ve diğ., 2015). Teknoloji kullanımı ve bununla sağlanan veri toplama ve kanıta dayalı karar verme, Endüstri 4.0 ortamındaki TKY uygulamalarının en güçlülerinden olacaktır diyebiliriz.

- Kıyaslama (benchmarking):

Kıyaslama, sektörün içinden veya dışından karşılaştırmalar yaparak, sınıfının en iyisi performanslar açısından organizasyonel performansı veya süreçleri ölçer. Rekabet avantajı elde etmeyi destekleyerek sürekli iyileştirmeye ve daha iyi müşteri

memnuniyetine yardımcı olur (Anil ve Satish, 2015). Ağların birbirine bağlanması, yatay ve dikey entegrasyonlar, yüksek seviyede iletişim ve etkileşimler, akıllı fabrika uygulamaları, kıyaslama uygulamasını oldukça kolaylaştıracaktır (Bauer ve diğ., 2015, Pagnon, 2017, Koch ve diğ., 2015).

Diğer bir deyişle sık hatta sürekli bir iç ve dış kıyaslama, ağ katmanları arasında yerini alarak, işleyiş süreçlerinin doğal bir parçası haline gelecektir.

3.1.7. İlişki yönetimi ilkesi ve Endüstri 4.0

Tüm iş birimleri arasında yatay, dikey ve uçtan uca entegrasyonun yanı sıra bir organizasyon içindeki tüm paydaşlar arasında etkili iletişim ve iş birliği araçlarını sağlayan Endüstri 4.0 şemsiyesi altındaki modern iletişim sistemleri, paydaşlar ve partnerlerle ilişki yönetimi açısından büyük avantaj sağlamıştır (Sader ve diğ., 2019).

- İletişim:

Akıllı fabrikada yer alan gerçek zamanlı veri paylaşımı, bir fabrikanın ve sistemin bir bütün olarak iletişim yeteneklerini artıracaktır. Bu, tedarikçilerin, müşterilerin ve iç ekiplerin yer aldığı iç ve dış iletişimin, daha iyi üretim sonuçları üzerinde eş zamanlı etkileneceği anlamına gelir.

Nesnelerin interneti IoT, global bir ağ yapısı olarak kabul edilmektedir ve insan-insan; insan-nesneler; nesneler-nesneler arasında her birine özgü kimlik vererek iletişimi sağlar (Madakam ve diğ., 2015). Endüstri 4.0'ın kilit bileşenlerinden olan IoT, IoS, CPS'deki teknolojiler, sürekli iletişimi mümkün kılar ve bilgiler arasında, insanlar arasında ve insan-makine arasında ve makinelerin kendi arasında etkileşim sağlar (Roblek ve diğ., 2016).

Bir teknisyenin veya akıllı sistemin, bir müşteri veya tedarikçi ile süreçteki diğer akıllı sistemler üzerinden doğrudan iletişim yapması, teslimat süresini azaltacak ve müşteri odaklılığını artıracaktır. Yatay ve dikey katmanlarda dijital zincirle elde edilen bilgiye ve zamana dayalı iletişim, Endüstri 4.0'ın doğal çıktısı olacaktır.

- Tedarikçi yönetimi:

Endüstri 4.0 şu günlerde lojistik sektöründe hızla kendini göstermeye devam etmektedir. Yukarıdaki bölümlerde bahsedilen gelişmeler ışığında, tedarikçi yönetimi

uygulamalarının etkinliğinin artması beklenebilir. Örneğin, bir tedarik zinciri seviyesinde akıllı fabrikalar, yerel tedarikçilerin hammaddelerini tedarik eden, tedarik süresini kısaltan, stokları minimuma indiren ve özelleştirme ve yanıt verme yeteneğini arttıran, kendi kendine yeten tesisler olarak tanımlanır (Radziwona ve diğ., 2013).

Bununla birlikte, Endüstri 4.0 ortamında, tedarikçi yönetimi uygulaması ile ilgili farklı görüşler de vardır. Endüstri 4.0 konseptinin çeşitli potansiyellerini erişilebilir kılmak için, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik görevlerinin uygulanmasını gerektiren potansiyeller, gelecekte daha fazla ele alınmalıdır (Müller, 2019). Bu tespit, Endüstri 4.0 potansiyellerinin var olduğunu fakat henüz aktif olarak kullanımda olmadığını ifade etmektedir.

Tablo 3.3'de, Endüstri 4.0'ın ISO 9001 TKY ilkelerindeki etkisine işaret eden literatürün bir analizi yer almaktadır.

3.2. TKY Prensipleri ve Uygulamalarının Endüstri 4.0 Ortamındaki Durumuna Dair Modelleme

3. bölümün başından bu kısma dek, Endüstri 4.0 uygulamaları, yönetim ve kalite konulu literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrika çerçevesinden TKY Prensiplerinin ve ilişkili uygulamalarının yeni durumunu tanımlamaya dair literatür araştırması yapılmış ve Endüstri 4.0 uygulamalarının ISO 9001:2015 TKY prensiplerine etkisine işaret eden literatür analizi dikkate alınarak Endüstri 4.0 kapsamında ISO 9001:2015 TKY prensiplerindeki değişime dair tespitler yapılmıştır.

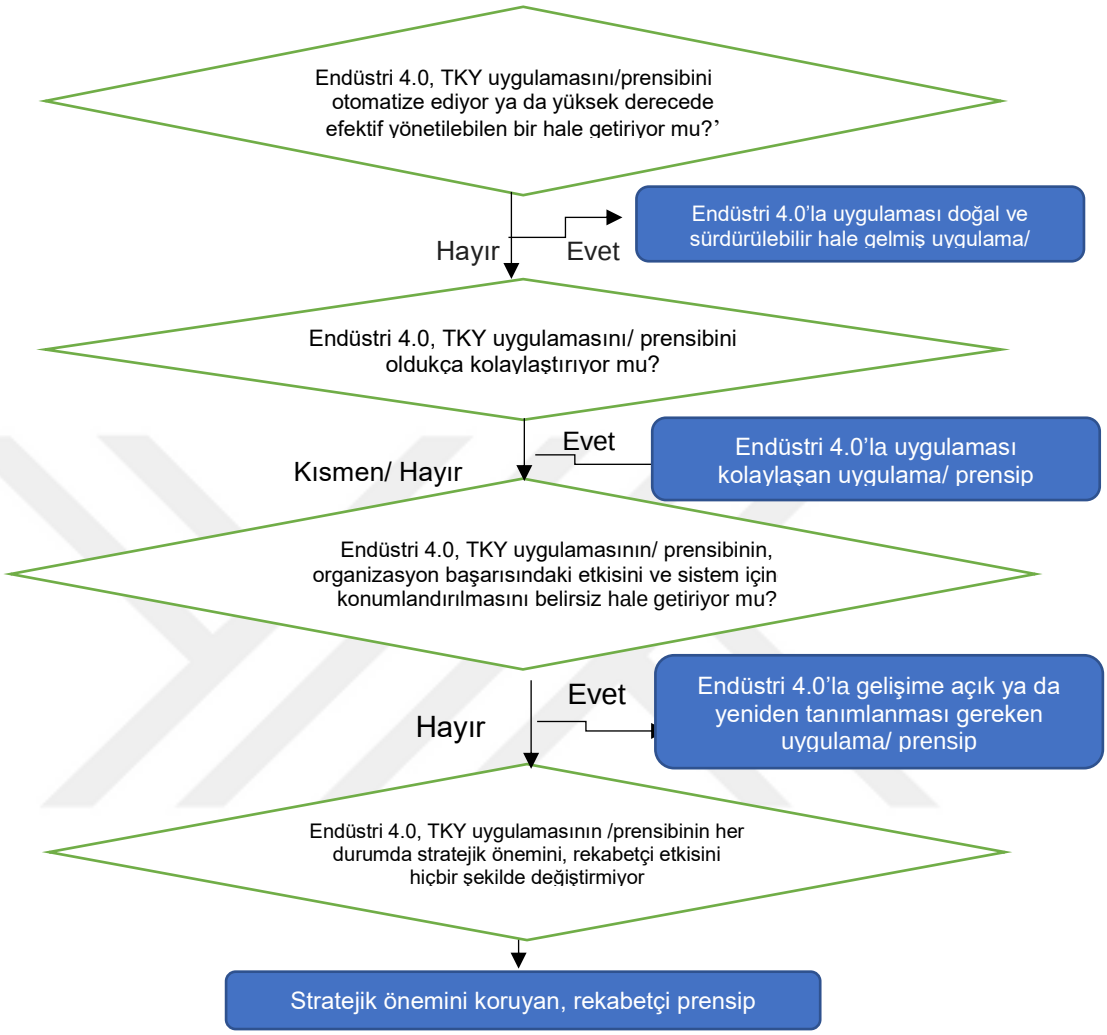
Bu tespitlerin ışığında TKY Prensiplerinin ve uygulamalarının, Endüstri 4.0 ortamındaki durumunu belirlemek üzere Şekil 3.1'deki karar akış şeması oluşturulmuştur.

Karar akış şeması uygulandığında, Endüstri 4.0 açısından TKY prensipleri ve uygulamaları dört kategoriye ayrılabilir;

- Endüstri 4.0'ın doğal yönetim bileşenleri; (Endüstri 4.0'la) verimli, zaman esaslı, kolay yönetilen ve uygulanan TKY prensipleri/ uygulamaları,
- Endüstri 4.0'la uygulaması kolaylaşan TKY prensipleri/ uygulamaları,

Tablo 3.3. Endüstri 4.0 uygulamalarının ISO 9001:2015 TKY prensiplerine etkisine işaret eden literatür analizi

ISO 9001 Prensibi	İlişkili TKY uygulamaları	Literatür Adı	İşaret ettiği etki yönü	
			Kolaylaştırıcı/ Olumlu	Belirsiz/ Zorlayıcı
1. Müşteri odaklılık	-	Kagermann ve diğ., 2013	X	
		Ibara ve diğ., 2018	X	
		Künzel, 2016	X	
		Sader ve diğ. 2019	X	
		Anil ve Satish, 2015	X	
2. Liderlik	-	Sader ve diğ., 2019	X	
		Shamim ve diğ., 2016		X
3. Çalışanların katılımı	Çalışanların eğitimi	Palmarini ve diğ., 2018	X	
		Shamim ve diğ., 2016		X
	Çalışanların yetkilendirilmesi	Schröder 2017	X	
		Elkhodr ve diğ., 2016	X	
	Çalışanların dahil edilmesi	Hofmann ve Rüsch, 2017	X	
	Takım çalışması	Davies ve diğ., 2017		X
		Pfeiffer, 2016		X
4. Süreç yaklaşımı	Tam zamanındalık	Hofmann ve Rüsch, 2017	X	
	Süreç yaklaşımı ve yönetimi	Weyer ve diğ., 2015	X	
		Mayr ve diğ., 2018	X	
		Bauer ve diğ., 2015	X	
		Müller, 2019	X	
5. İyileştirme	Sürekli gelişme ve Kaizen	Bauer ve diğ., 2015	X	
		Sader ve diğ., 2017	X	
		Lu ve diğ., 2016		X
		Tamas ve diğ., 2016	X	
		Anil ve Satish, 2015	X	
		Hana ve Marcela, 2018		X
	Operasyonel kalite planlama	Müller, 2019	X	
		Axiomtek, 2015	X	
	Süreç ve ürün tasarımı	Fraunhofer, 2013	X	
		Sader ve diğ., 2019	X	
		Kagermann ve diğ., 2013	X	
6. Kanıta dayalı karar verme	İstatistiksel proses kontrol (SPC) kullanımı	Vujovic ve diğ., 2012	X	
		Asif, 2020	X	
		Ibara ve diğ., 2018	X	
		Künzel, 2016	X	
	Bilgi yönetimi ve analiz (Kalite bilgisi ve analizi)	Vujovic ve diğ., 2012	X	
		Sader ve diğ.	X	
		Prinz ve diğ., 2017	X	
		Sterey, 2017	X	
		Kagermann ve diğ., 2013	X	
		Axiomtek, 2015	X	
		Ibara ve diğ., 2018	X	
		Künzel, 2016	X	
	Teknoloji kullanımı	Kaspar ve Schneider, 2015, Závadská ve Závadský, 2020 ve hemen hemen tüm kaynaklar	X	
	Kıyaslama	Bauer ve diğ., 2015	X	
		Pagnon, 2017	X	
		Koch ve diğ., 2015	X	
7. İlişki yönetimi	İletişim	Kagermann ve diğ., 2013	X	
		Weyer ve diğ., 2015	X	
		Sader ve diğ., 2019	X	
		Madakam ve diğ., 2015	X	
		Roblek ve diğ., 2016	X	
	Tedarikçi yönetimi	Radziwona ve diğ., 2013	X	
		Müller, 2019		X
		Lia ve diğ., 2020	X	

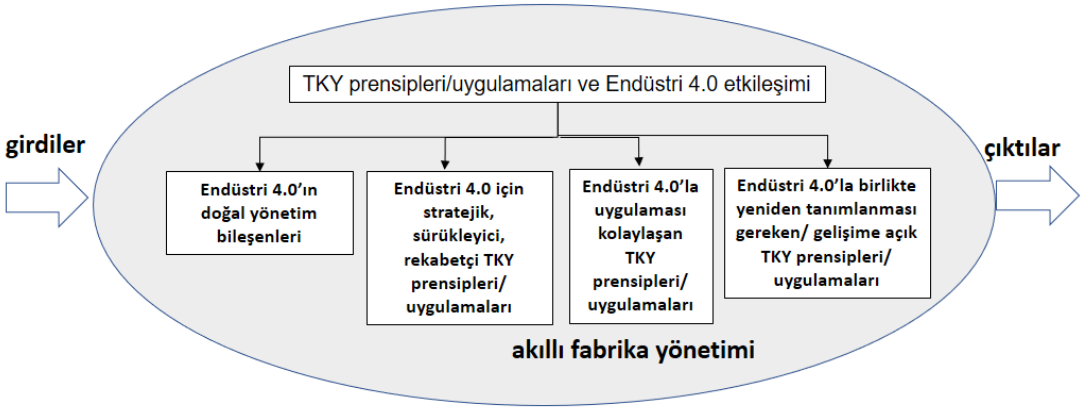


Şekil 3.1. Endüstri 4.0 ve TKY prensipleri karar akış şeması

- Organizasyonun ve Endüstri 4.0'ın geleceğinde stratejik, sürükleyici, rekabetçi TKY prensipleri/ uygulamaları,
- Endüstri 4.0'la birlikte yeniden tanımlanması /yapılandırılması gereken/ gelişime açık TKY prensipleri/ uygulamaları.

Bu ayrıştırma, Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Kategoriler ile TYK prensip ve uygulamalarının ilişkisi aşağıdaki açıklamalarda daha detaylı belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Bir akıllı fabrikada TKY prensiplerinin durumu

Kategori 1; Endüstri 4.0'ın doğal yönetim bileşenleri

TKY'nin mevcut prensiplerinden ya da uygulamalarından bazıları, Endüstri 4.0 ile birlikte "sistemin doğalında var olan bileşeni" olarak sınıflandırılabilir. Bir TKY prensibinin/ uygulamasının doğal bileşen olması demek, örneğin bir akıllı fabrikanın "doğalında var olması" demektir. Bu durumdaki TKY prensibinin ya da uygulamasının sistemde varlığı, garanti altına alınmıştır.

Kategori 2; Endüstri 4.0 için stratejik, sürükleyici, rekabetçi TKY prensipleri/ uygulamaları

Şimdi ve sonrasında bir organizasyon için stratejik öneme sahip TKY prensipleri ya da uygulamalarıdır.

Kategori 3; Endüstri 4.0'la uygulaması kolaylaşan TKY prensipleri/ uygulamaları

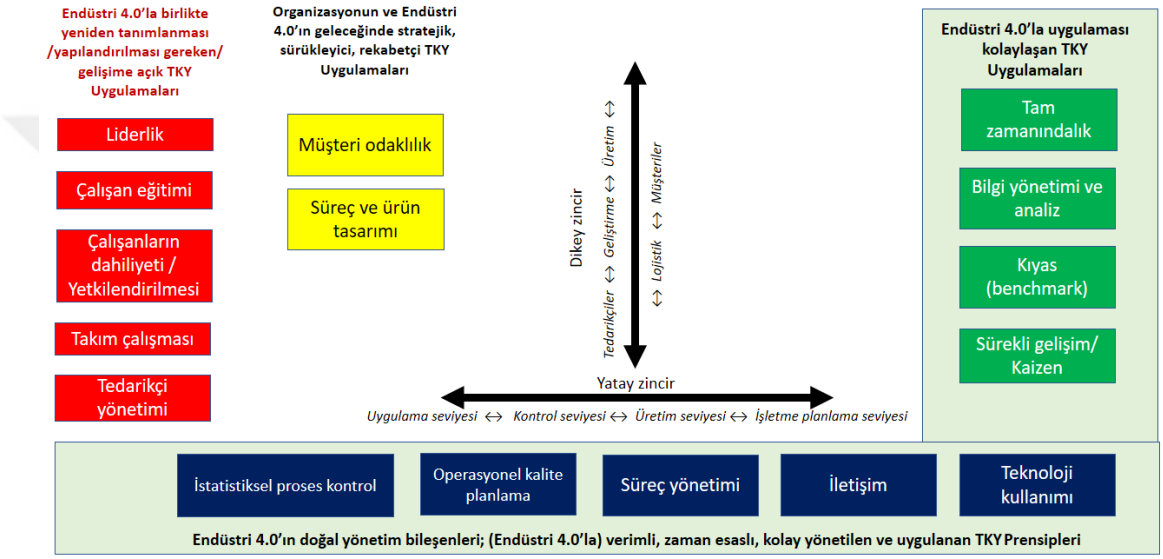
Bu kategorideki prensipler, yüksek otomasyon düzeyi, veri toplamada ve analizinde verimlilik ve akıllı fabrikadaki diğer özelliklerden dolayı uygulaması çok kolay hale gelen prensipler ya da uygulamalardır.

Kategori 4; Endüstri 4.0'la birlikte yeniden tanımlanması gereken/ gelişime açık TKY prensipleri/ uygulamaları

Akıllı fabrika ortamındaki yönetimlerde etkilerinin karmaşıklaştığı veya değişmeye başladığı prensipler ya da uygulamalardır. Endüstri 4.0 ortamındaki yeni çalışma koşullarında, üzerinde daha fazla çalışma yapılması veya yeniden konumlandırılması ya da tanımlanması gerekir.

Şekil 3.3, Tablo 2.5' de yer alan ve literatürde öne çıkan TKY uygulamalarının, Endüstri 4.0 ortamındaki durumunu ortaya koyan bir modeli gösterir.

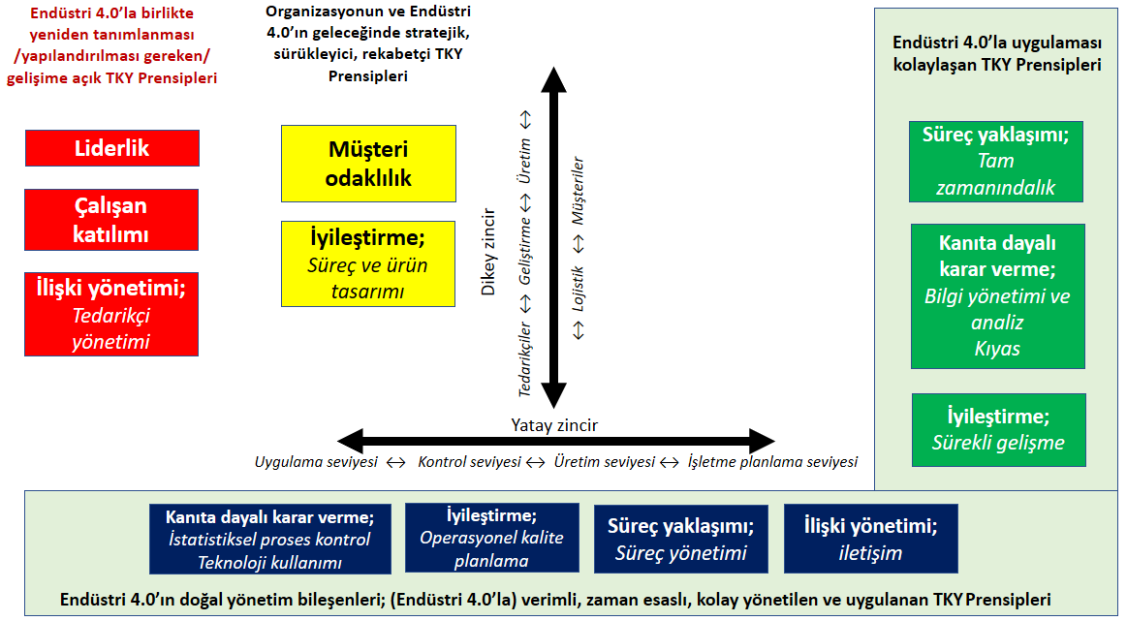
Şekil 3.4 ise, Tablo 3.3'te yer alan TKY uygulamalarını karşı gelen ISO 9001:2015 TKY prensipleri ile eşleştirerek, TKY prensiplerinin Endüstri 4.0 ortamındaki durumunu, hangi yönde etkilendiklerini modeller.



Şekil 3.3. Literatürde öne çıkan TKY uygulamalarının Endüstri 4.0 içindeki konumu

Şekil 3.3'de belirtilen modelde yer alan TKY uygulamalarının, Şekil 3.4'de TKY prensiplerindeki izdüşümüne baktığımızda, model bize, Endüstri 4.0 açısından TKY prensiplerinin, aşağıda belirtildiği durumda olduğunu anlatmaktadır;

- "Müşteri odaklılık" önemli bir prensiptir ve organizasyonun geleceğinde sürükleyici ve rekabetçi prensip olarak yer almaya devam edecektir,
- "Liderlik, Çalışanların katılımı ve İyileştirme" prensipleri, gelişime ve yapılandırmaya açık TKY prensipleridir,
- "Kanıta dayalı karar verme" ve "Süreç yaklaşımı", uygulamaları ile birlikte Endüstri 4.0'da olumlu yönde sürekli ilerleyen ve giderek daha iyi uygulamaları görülecek TKY prensipleridir,
- "İlişki yönetimi", bir yandan organizasyonda özellikle yatay değer zincirinde güçlenen bir TKY prensibi olmakla birlikte, dikey değer zincirinde ve tedarikçi yönetimi uygulaması kapsamında gelişime açık ve yapılandırılması gereken bir prensiptir.



Şekil 3.4. TKY Prensiplerinin Endüstri 4.0 içindeki konumu

Endüstri 4.0 ile birlikte gelen gelişmeler, sistemlerin insansılaşmasını beraberinde getirir ve sistemin nitelikleri ideal insan yetkinliklerine paralel olarak ilerler -ki bu bir organizasyonun en üst sınırdaki beklentisidir-.

Endüstri 4.0 ve bileşenleri, fabrika-insan-makine-süreç-müşteri arasındaki canlı senkronize dijital entegrasyon ile, karar verme ve uygulamalara yönelik olarak, yönetimde desentralizasyon yani merkezden uzaklaştırma getirecektir. Buna göre, Endüstri 4.0 ile birlikte en güncel ve kapsayıcı yönetim modeli olan TKY de dahil olmak üzere modern ve post modern yönetim modellerinin etkilenmesi kaçınılmazdır.

Bu modelleme ile, TKY prensiplerinin ve uygulamalarının, bir akıllı fabrikadaki uygulama durumlarının ve varlıklarının, yani konumlarının değişeceği çerçevesi oluşturulmuştur.

4. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ, MALZEME VE YÖNTEM

Bölüm 3.2'de kapsamlı literatür analizi ve literatür analizine dayalı tespitler ışığında bir karar akış şeması oluşturularak, TKY Prensiplerinin Endüstri 4.0 ortamında ortaya çıkan değişim modellenmişti.

Bu modellemeden bağımsız olarak, TKY prensipleri ve Endüstri 4.0 etkileşimi çerçevesinde iki aşamalı araştırma gerçekleştirilmiştir.

Birinci aşamada, Endüstri 4.0 uygulaması yapan işletmelerde, Endüstri 4.0'ın TKY prensiplerine ve TKY araç ve tekniklerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma, Endüstri 4.0 uygulayan ve TKY prensiplerini benimsemiş işletmelerde yapılmış, TKY prensiplerini ortaya koyan temel konularda ve göstergelerde hangi yönde bir değişim olduğu detaylı araştırma soruları kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, özellikle liderlik kapsamında yeni ihtiyaçların oluşup oluşmadığı araştırılmıştır. Araştırma yöntemi ve analiz sonuçları Bölüm 4.1'de belirtilmiştir.

İkinci aşama ise, birinci araştırmayı bir adım daha ileriye taşıyan bir araştırmadır. Endüstri 4.0 ortamında TKY prensiplerinin birbirleriyle ilişkisi, birbirlerini etkileme durumlarını tespit etmeye yöneliktir. Endüstri 4.0 ortamında TKY prensiplerinin birbirleriyle ilişkisi bulanık DEMATEL yöntemiyle analiz edilmiştir.

Her iki araştırmada da ISO 9001:2015 kalite yönetim ilkeleri, TKY prensipleri olarak kullanılmıştır.

ISO, 1946 yılında kurulmuş olan 164 ülkenin ulusal standart organının üyeliği ile oluşan bağımsız, sivil toplum kuruluşudur. Üye organlar, kendi ülkelerinde ISO'yu temsil ederler. 787 teknik komite ve alt komitesi mevcuttur. Hemen hemen tüm teknoloji ve imalat alanında 23.242 uluslararası standart geliştirmiştir. ISO 9001:2015, bir kalite yönetim sistemi standardıdır ve 7 kalite yönetim prensibini temel alır ve uygulanmasını şart koşar (URL-4).

ISO 9001'i uygulama için en temel gereklilik olarak belirtilen "kalite yönetim ilkeleri", kalite yönetiminde ana unsur olarak kullanılan ve temel inançları, normları, kuralları ve değerleri temsil eden prensiplerdir.

ISO 9001 Kalite Yönetim Standardı, oluşturulma sürecinde çeşitli aşamalardan geçer ve standart geliştirmenin ana çalışmaları ISO/TC 176 komitesi tarafından yürütülür. Aralarında Türkiye'den TSE'nin de bulunduğu 95 ülke bu komiteye üyedir, 29 ülke de gözlemcidir.

ISO'nun dünya genelinde 164 ülkenin ulusal standart kuruluşları tarafından uzmanlar tarafından yaygın kabul görmesi ve uluslararası standartlarının dünyada uygulanması nedeniyle, araştırmada, ISO 9001:2015'de tanımlı ve uluslararası standartların oluşturulmasında temel alınan TKY prensipleri dikkate alınmıştır.

4.1. Endüstri 4.0 Ortamında TKY Prensiplerinin Durumu Araştırması

Endüstri 4.0 özellikle teknoloji alanında ve ardından teknolojinin süreç uygulamalarına, insan çalışmalarına, pazardaki uygulama ve müşteri tepkilerine etkisi ile işletmelerde hızlı bir değişim getirmektedir. Bu değişimin, yönetim uygulamalarına, TKY prensipleri çerçevesinde nasıl yansıdığına dair bir alan araştırmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca, 3. bölümde yer alan literatür analizi sonuçlarına bakıldığında, Endüstri 4.0 ve TKY konulu pek çok literatür teorik aşamadadır. Bu araştırma, Endüstri 4.0 uygulaması yapan ve TKY'ni benimsemiş işletmelerde TKY prensiplerinin hangi yönde ilerlediğini, etkilendiğini tespit etmeyi amaçlar.

4.1.1. Anket formunun geliştirilmesi

Bu araştırmayı gerçekleştirme amacıyla bir anket formu geliştirilmiştir. Anket formu üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, araştırmaya cevap verecek kişinin çalıştığı işyerindeki Endüstri 4.0 uygulama seviyesini tanımlamak için hazırlanmış genel sorulardan oluşmaktadır. Birinci bölümde 6 soru bulunmaktadır. İkinci bölümde amaç, Endüstri 4.0 ve Toplam Kalite Yönetimi, Endüstri 4.0'ın TKY üzerindeki etkisi üzerinden ele alınarak, prensiplere etkisini araştırmak ve tespit etmektir. Ayrıca, prensiplerin uygulanmasının pozisyon bazında değişkenlik gösterip göstermediğini analiz etmektir. Toplam 60 sorudan oluşan ikinci bölümde, her bir prensiple ilgili 8'er adet soru sorulmuştur. Ek olarak, liderlikte yeni ihtiyaçları belirlemek üzere 4 soru sorulmuştur.

Dolayısı ile liderlikle ilgili soru sayısı 12'dir. Soruların oluşturulmasında, ISO Quality Booklet (2015) ana kaynak doküman olarak kullanılmıştır. İkinci bölümde, liderlik prensibini etkileyebilecek yeni ihtiyaçlar da araştırma kapsamında ele alınmıştır. Üçüncü bölümde yer alan toplam 23 soru, Endüstri 4.0 ile birlikte TKY araçlarının ve tekniklerinin kullanım durumunu araştıran sorulardır.

Anket formunda toplam 92 soru bulunmaktadır. Anket formu Ek-B'de görülmektedir.

Anketin ikinci ve üçüncü bölümünde yer alan soruların cevaplandırılmasında 5'li Likert ölçeği kullanılmış fakat her bir soru iki kademeli 5'li skala ile değerlendirtilmiştir. Buna göre; "+", artış seviyesini ; "-" azalış seviyesini; 0, hiçbir değişim olmadığını gösterir. Puanların açıklaması şöyledir;

+1: Az oranda arttı, +2: Kısmen arttı, +3: Orta derecede arttı; +4: Oldukça arttı, +5: Çok arttı

-1: Az oranda azaldı, -2: Kısmen azaldı, -3: Orta derecede azaldı, -4: Oldukça azaldı, -5: Çok azaldı

İkili 5'li skala kullanılmasında amaç, TKY prensiplerinin işletme içindeki pozisyonunda/ uygulamasında 5'li skala ile artış kademesini ölçerken, eğer zayıflayan bir prensip var ise, zayıflama kademesini de 5'li azalma skalası ile ölçebilmektir.

Ankete dahil olacak firmalar belirlenirken teknolojik olarak öne çıkmış, sektöründe lider olan ve yenilikçi olarak bilinen işletmeler seçilmiştir. 100 firmaya ulaşılması hedeflenmiş, ancak Endüstri 4.0 uyguladığını belirten ve ulusal ve uluslararası düzeyde faaliyet gösteren 51 firmaya ulaşılarak, bu firmalardan 51 yönetici ve uzman ankete katılmıştır. Uygulama seviyesinden bağımsız olarak, ön araştırmada Endüstri 4.0 uygulayıp uygulamadığı sorusuna hayır cevabını veren 10 anket, analize dahil edilmemiştir.

Anket uygulaması ve veri toplama için iki yöntem kullanılmıştır. Online anketlerin cevaplanması ile veya anket formunun kağıt ortamında firma temsilcisi ile yüz yüze görüşerek doldurulması ile gerçekleştirilmiştir.

4.1.2. Araştırma analizi yöntemi

Bununla birlikte, analiz aşamasında verilerin SPSS istatistiksel yazılımında analizini kolaylaştırmak için, puanlama sistemi 7'li Likert ölçeğine dönüştürülmüştür.

Tablo 4.1. Likert ölçeği

Önermeler	Kesinlikle azaldı	Fark etmedi/ Değişmedi	Az oranda	Kısmen arttı	Orta derece arttı	Oldukça arttı	Çok arttı
Olumlu	1	2	3	4	5	6	7

Verilerin analizinde SPSS 22.0 istatistiksel yazılım programı kullanılmıştır. Verilerin analizini kolaylaştırmak için, sorular aşağıda Tablo 4.2'de gösterildiği gibi kodlanarak SPSS'e tanımlanmıştır.

Tablo 4.2. Değişkenlerin kodlanması

Müşteri Odaklılık		MO
1.	Müşteri şartlarını zamanında karşılama	MO1
2.	Müşteri tatmini	MO2
3.	Müşteri tatmininde süreklilik	MO3
4.	Birim/süreç hedeflerinin müşteri istekleri ile bağı	MO4
5.	Müşteri ihtiyaç ve şartlarının/speklerin her kademede anlaşılması	MO5
6.	Değişen istek ve taleplere zamanında cevap verme/adaptasyon yeteneği	MO6
7.	Müşteri geribildirimlerine göre sistemin esnekliği	MO7
8.	Liderlerin ve her kademedeki çalışanın müşterinin sesine kulak vermesi	MO8
Liderlik		L
1.	Liderlerin, işletmenin/birimin/veya sürecin hedeflerine ulaşmasındaki önemi	L1
2.	Liderliğin etkisi	L2
3.	Liderin kaliteye taahhüdü teşvik etmesi	L3
4.	Takım uyumu	L4
5.	Süreçleri (daha iyi) organize etme ve yönetme	L5
6.	Liderin strateji belirlemedeki rolü	L6
7.	Birimin/sürecin hedeflerine ulaşma kabiliyeti, verimliliği ve etkinliği	L6
8.	Liderin, çalışanlara ve sisteme yeterli kaynakları, eğitimi ve yetkilendirmeyi yapması	LY
2.1. Liderlikte Yeni İhtiyaçlar		LYİ
1.	Liderlerin, işletmenin/birimin/veya sürecin hedeflerine ulaşması için yetkinliğinin yükselmesine olan ihtiyaç	LYİ-1
2.	Liderin teknik bilgisi ve teknoloji adaptasyon yeteneğine olan ihtiyaç	LYİ-2
3.	Liderin sadece insanlara değil sisteme/insansız sistemlere liderlik etme rolü	LYİ-3
4.	Liderin çok yönlü ve stratejik bakış açısı	LYİ-4

Tablo 4.2. (Devam) Değişkenlerin kodlanması

3. Çalışanların Katılımı		ÇK
1.	Çalışan olarak işinize olan bağlılığınız	ÇK-1
2.	Çalışanların geliştirme/ iyileştirme faaliyetlerine katılımı	ÇK-2
3.	Çalışanların yetkilendirilmesi	ÇK-3
4.	Çalışanların yetkinliği /kişisel gelişimi ve öğrenimi	ÇK-4
5.	Çalışanların işe ve sürece olan etkisini anlaması	ÇK-5
6.	İşyeri içindeki iş birliği, bilgi ve tecrübeyi paylaşımı	ÇK-6
7.	Çalışanların işe katkısı ve katılımı	ÇK-7
8.	Çalışanların problemleri bulma ve çözme için teşvik edilmesi, bunun için yeterli kaynağın verilmesi/sağlanması	ÇK-8
4. Süreç Yaklaşımı		SY
1.	Süreçlerin birbiri ile ilişkili fonksiyonlarının anlaşılması ve etkin yönetimi	SY-1
2.	Süreç performansı	SY-2
3.	Kaynakların etkin kullanımı	SY-3
4.	Departmanlar/birimler arası uyum	SY-4
5.	Süreç operasyonunu yerine getirme/takip etme, analiz veya değerlendirme yapmak için yeterince veriye zamanında ulaşabilirliğim	SY-5
6.	Süreç hedeflerine ait bilgim	SY-6
7.	Herhangi bir değişikliğin/ müdahalenin/ aksaklık veya iyileştirmenin hangi süreçleri veya sürecin neresini etkileyeceğine dair uygulamalardaki iyileşme	SY-7
8.	Riskleri yönetme veya risklerle baş etme kabiliyetim	SY-8
5. İyileştirme		İ
1.	Gelişime odaklanma sürekliliği	İ-1
2.	Sorunların ana sebeplerini tespit yeteneği	İ-2
3.	Yenilikçi uygulamalar	İ-3
4.	Operasyonel verimlilik ve etkililik	İ-4
5.	Küçük küçük iyileştirmeler (Kaizen)	İ-5
6.	Büyük iyileştirmeler	İ-6
7.	Her seviyede çalışanın gelişim ve geliştirme için hedefleri vardır	İ-7
8.	Her seviyedeki çalışanın eğitimi ve bilgisi, gelişim için öğrenmesi	İ-8
6. Kanıta Dayalı Karar Verme		KDK
1.	Verilerin toplanması, analizi ve toplanan verilere göre verilen kararların doğruluğu ve zamanındalığı	KDK-1
2.	Süreç performansına ait kilit performans indikatörlerini ölçme ve takip etme kolaylığı	KDK-2
3.	İlgili tüm kişilerin ihtiyaç duyduğu verilere ulaşabilirliği	KDK-3
4.	Verilerin doğruluğu ve güvenirliği	KDK-4
5.	Her seviyede çalışanın verilerin analizi ve değerlendirilmesi, yorumlanması yeteneği	KDK-5

Tablo 4.2. (Devam) Değişkenlerin kodlanması

6.	Kalite araçlarının ve tekniklerinin kullanımı (SPC, Grafikler, Kaizen, Benchmarking-Kıyaslama, Kalite çemberi vb.)	KDK-6
7.	Her seviyede karar alma yetkinliğine olan ihtiyaç	KDK-7
8.	Her seviyede sebep-sonuç ilişkisini anlama yeteneğine olan ihtiyaç	KDK-8
7. İlişki Yönetimi		İY
1.	Tedarikçilerle ilişkilerin etkin yönetimi	İY-1
2.	Yeni sistemle dış ilişkilerimizin (tedarikçiler) performansa olumlu etkisi	İY-2
3.	Karşılıklı sorunlar, fırsatlar, öncelikler hakkında zamanında iletişim	İY-3
4.	Karşılıklı hedefler ve değerlerin paylaşımı	İY-4
5.	İç ve dış müşterilerle iş birliği içinde çalışma, kalite esaslı risklerin yönetimi	İY-5
6.	Tedarikçilerden malzeme ve hizmetlerin stabil ve sorunsuz akışı	İY-6
7.	İç müşterilere/iç süreçlere malzeme ve hizmetlerin stabil ve sorunsuz akışı	İY-7
8.	(Müşteriler, tedarikçiler, çalışanlar) la ilişkilerde bilgilerin paylaşımı, uzmanlıkların paylaşımı, gerektiğinde diğer kaynakların paylaşımı ve geri bildiri sağlanması	İY-8

SPSS 22.0 programı yardımıyla veriler, aşağıdaki istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir;

a- Belirleyici istatistikler
b- Tutarlılık Analizi
c- Faktör Analizi
d- Güvenilirlik Analizi
e- Korelasyon Analizi

4.1.3. Araştırma sonuçları

Araştırma, 51 yönetici ve uzmanın halen çalıştığı ulusal/ uluslararası faaliyet gösteren işletmesindeki TKY ve Endüstri 4.0 uygulamalarını temel alan açıklama ve tespitlerini içermektedir.

TKY prensipleri, katılımcıların tamamının işletmelerinde, yönetimin bir parçasıdır ve aksi bir durum beyan edilmemiştir.

İşletme ismi anket cevaplarında zorunlu tutulmamakla birlikte araştırmaya katılan yönetici veya uzmanlardan bir kısmı aşağıdaki işletmelerde çalıştığını belirtmiştir;

Arçelik, Abdi İbrahim İlaç, Hugo Boss, Mitsubishi, Festo, Rockwell, SMC, Omron, Ford Otosan, Otokar, Pirelli, BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bosch, Siemens, Migros, NTG Plastik, Hayat Kimya, Ülker, Birinci Otomotiv, O&O Technology-Dijital fabrika ve simülasyon, Robo, Doruk Otomasyon, IdPAC, Atasan, Gedran, Klemsan, TRO+DJAC.

4.1.3.1. Ankete katılanlara ait demografik özellikler

Anket yolu ile araştırmaya katılanlara ait demografik özellikler Tablo 4.3., 4.4. ve 4.5.'de verilmiştir. Araştırmaya katılanların yarısı (%51) yönetici, diğer yarısı mühendis/uzman veya süpervizördür (%49). Katılımcıların %67'si, 3 veya daha uzun süredir Endüstri 4.0 konusunun değerlendirildiği işletmede çalıştığını belirtmiştir. Sektörel dağılım olarak ağırlıklı olarak %18'i elektronik, %18'i otomotiv, %37'si de diğer sektörlerdendir. 51 işletme yönetici veya uzman görüşü sunanların çalıştıkları işletmelerin %81'i büyük işletmelerdir. Diğerleri 250 ve altı çalışanı olan işletmelerdir.

Tablo 4.3. İşletmede çalışılan pozisyon

	Sayı	%
Mühendis/Uzman/Diğer	25	49%
Yönetici/ Müdür	26	51%
Toplam	51	100%

Tablo 4.4. İşletmede çalışılan süre

	Sayı	%
1 yıldan az	7	14%
1-2 yıl	10	20%
3-4 yıl	7	14%
5 ve daha fazla	27	53%
Toplam	51	100%

Tablo 4.5. İşletmenin faaliyette bulunduğu sektör

	Sayı	%
Elektronik	9	18%
Beyaz eşya	4	8%
Otomotiv	9	18%
Yazılım	4	8%
Makina/Sistem üretimi	6	12%
Diğer	19	37%
Toplam	51	100%

Tablo 4.6. Firmaların büyüklükleri

	Sayı	%
251 ve daha fazla çalışan	41	81%
250 ve daha az çalışan	10	19%
Toplam	51	100%

4.1.3.2. Ankete katılanlara ait Endüstri 4.0 ile ilgili değerlendirmeler

Aşağıdaki tablolarda (Tablo 4.7.'den Tablo 4.11'e kadar) ankete katılanların çalıştıkları firmalarda Endüstri 4.0 ile ilgili değerlendirmeler yer almaktadır.

Ankete katılan firmaların %67'sinde Endüstri 4.0, bazı birim ve süreçlerde uygulanmaktadır. Tablo 4.8'de görüldüğü gibi, ankete katılanların çalıştıkları firmaların %65'inde, Endüstri 4.0 uygulamaları için özel olarak kurulmuş bir birim bulunmaktadır.

Tablo 4.7. İşletmede Endüstri 4.0 uygulanma durumu

	Sayı	%
Evet işletmenin pek çok yerinde	17	33%
Evet, bazı birim ve süreçlerde	34	67%
Toplam	51	100%

Tablo 4.8. Endüstri 4.0 uygulamaları için özel olarak kurulmuş bir birim / departman varlığı

	Sayı	%
Evet	33	65%
Hayır	18	35%
Toplam	51	100%

Tablo 4.9'da görüldüğü gibi, ankete katılanların çalıştıkları firmaların %45'inde, Endüstri 4.0'ın uygulandığı süreçlerde makina-makina veya makina-hizmet işlemleri arasında dijitalleşme yolu ile işlem yaparak sistemi yürütme oranı, yani IoT oranı %50'nin altındadır. Bununla birlikte, %79'unda IoT oranı %30 veya üzeridir.

Tablo 4.9. IoT Oranı

	Sayı	%
%30	12	23%
%31-%50	11	22%
%51-%70	7	14%
%71-%90	5	10%
%91-%100	5	10%
Bilmiyorum	11	21%
Toplam	51	100%

Tablo 4.10'da görüldüğü gibi, ankete katılanların çalıştıkları firmaların % 51'inde Endüstri 4.0'ın uygulandığı süreçlerde akıllı fabrika uygulaması oranı %20 - %50 civarındadır. %21'inde ise akıllı fabrika uygulaması bulunmamaktadır.

Tablo 4.10. Akıllı fabrika uygulaması oranı

	Sayı	%
%20-%30	15	29%
%31-%50	11	22%
%51-%70	4	8%
%71-%90	5	10%
%91-%100	5	10%
Hayır, yok	11	21%
Toplam	51	100%

Tablo 4.11'de görüldüğü gibi, ankete katılanların çalıştıkları firmaların %43'ü, %20 - %30 oranında otomasyon-insansız araçlar-robot sistemler ve böylece insansız işlemler yolu ile çalışmaktadır.

Tablo 4.11. İnsansız işlemler oranı

	Sayı	%
%20-%30	22	43%
%31-%50	10	20%
%51-%70	8	16%
%71-%90	3	6%
%91-%100	1	2%
Bilmiyorum	7	14%
Toplam	51	100%

4.1.3.3. Faktör analizi ve güvenilirlik analizi sonuçları

Ankette kullanılan ölçeklerin geçerliliğini ve güvenilirliğini test etmek için Açıklayıcı Faktör Analizi ve Cronbach Alpha Güvenirlilik Analizi uygulanmıştır. Tablo 4.12 ila Tablo 4.18 arasında, bu analizlerin sonuçları görülmektedir.

Tablo 4.12. Müşteri odaklılık için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları

	Faktör yükü	Açıklanan Varyans	KMO	Bartlett's Test	Anlamlılık	Alpha Güvenirlik
MO-1	,878	72,679	,859	391,045	0,000	0,945
MO-2	,899					
MO-3	,930					
MO-4	,798					
MO-5	,851					
MO-6	,867					
MO-7	,771					
MO-8	,815					

Tablo 4.13. Liderlik için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları

	Faktör yükü	Açıklanan Varyans	KMO	Bartlett's Test	Anlamlılık	Alpha Güvenirlik
L-1	,910	74,550	,879	412,432	0,000	0,949
L-2	,797					
L-3	,935					
L-4	,880					
L-5	,883					
L-6	,798					
L-7	,881					
L-8	,813					

Tablo 4.14. Çalışanların katılımı için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları

	Faktör yükü	Açıklanan Varyans	KMO	Bartlett's Test	Anlamlılık	Alpha Güvenirlik
ÇK-1	,796	74,631	,846	443,594	0,000	0,951
ÇK-2	,836					
ÇK-3	,885					
ÇK-4	,863					
ÇK-5	,901					
ÇK-6	,909					
ÇK-7	,911					
ÇK.8	,802					

Tablo 4.15. Süreç yönetimi için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları

	Faktör yükü	Açıklanan Varyans	KMO	Bartlett's Test	Anlamlılık	Alpha Güvenirlik
SY-1	,870	77,505	,868	454,271	0,000	0,957
SY-2	,885					
SY-3	,912					
SY-4	,830					
SY-5	,902					
SY-6	,921					
SY-7	,909					
SY-8	,808					

Tablo 4.16. İyileştirme için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları

	Faktör yükü	Açıklanan Varyans	KMO	Bartlett's Test	Anlamlılık	Alpha Güvenirlik
İ-1	,815	70,507	,868	378,298	0,000	0,938
İ-2	,903					
İ-3	,908					
İ-4	,856					
İ-5	,730					
İ-6	,882					
İ-7	,837					
İ-8	,769					

Tablo 4.17. Kanıta dayalı karar verme için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları

	Faktör yükü	Açıklanan Varyans	KMO	Bartlett's Test	Anlamlılık	Alpha Güvenirlik
KDK-1	,873	78,045	,828	351,388	,000	,938
KDK-2	,870					
KDK-3	,890					
KDK-4	,876					
KDK-5	,745					
KDK-6	,429					

Tablo 4.18. İlişki yönetimi için faktör analizi ve güvenirlik analizi sonuçları

	Faktör yükü	Açıklanan Varyans	KMO	Bartlett's Test	Anlamlılık	Alpha Güvenirlik
İY-1	,865	82,525	,877	534,662	0,000	0,968
İY-2	,935					
İY-3	,912					
İY-4	,803					
İY-5	,954					
İY-6	,933					
İY-7	,925					
İY-8	,931					

Analiz sonuçlarına göre; Müşteri Odaklılık prensibini Endüstri 4.0 açısından araştıran sorular, varyans değerine baktığımızda 50'den büyük olduğu için sorgulanan konu ile tutarlıdır. KMO değeri 0,6'dan büyük olduğu için örnek büyüklüğümüz faktör analizi yapmaya yeterlidir. Anlamlılık değeri 0,05'in altında olduğu için Müşteri Odaklılık prensibi ile ilgili sorgulanan sekiz değişkenimizin aralarında anlamlı bir ilişki vardır. Keza, Alpha güvenirlik sonuçları 0,7'den büyük olduğu için, sorular müşteri odaklılık için anlamlıdır.

Analiz sonuçlarına göre; Liderlik prensibini Endüstri 4.0 açısından araştıran sorular, varyans değerine baktığımızda 50'den büyük olduğu için sorgulanan konu ile tutarlıdır. KMO değeri 0,6'dan büyük olduğu için örnek büyüklüğümüz faktör analizi yapmaya yeterlidir. Anlamlılık değeri 0,05'in altında olduğu için Liderlik prensibi ile ilgili sorgulanan sekiz değişkenimizin aralarında anlamlı bir ilişki vardır. Keza, Alpha güvenirlik sonuçları 0,7'den büyük olduğu için, sorular liderlik için anlamlıdır.

Analiz sonuçlarına göre; Çalışanların Katılımı prensibini Endüstri 4.0 açısından araştıran sorular, varyans değerine baktığımızda 50'den büyük olduğu için sorgulanan konu ile tutarlıdır. KMO değeri 0,6'dan büyük olduğu için örnek büyüklüğümüz faktör analizi yapmaya yeterlidir. Anlamlılık değeri 0,05'in altında olduğu için Çalışanların Katılımı prensibi ile ilgili sorgulanan sekiz değişkenimizin aralarında anlamlı bir ilişki vardır. Keza, Alpha güvenirlik sonuçları 0,7'den büyük olduğu için, sorular çalışanların katılımı için anlamlıdır.

Analiz sonuçlarına göre; Süreç Yaklaşımı prensibini Endüstri 4.0 açısından araştıran sorular, varyans değerine baktığımızda 50'den büyük olduğu için sorgulanan konu ile

tutarlıdır. KMO değeri 0,6'dan büyük olduğu için örnek büyüklüğümüz faktör analizi yapmaya yeterlidir. Anlamlılık değeri 0,05'in altında olduğu için Süreç Yaklaşımı prensibi ile ilgili sorgulanan sekiz değişkenimizin aralarında anlamlı bir ilişki vardır. Keza, Alpha güvenirlik sonuçları 0,7'den büyük olduğu için sorular süreç yaklaşımı için anlamlıdır.

Analiz sonuçlarına göre; İyileştirme prensibini Endüstri 4.0 açısından araştıran sorular, varyans değerine baktığımızda 50'den büyük olduğu için sorgulanan konu ile tutarlıdır. KMO değeri 0,6'dan büyük olduğu için örnek büyüklüğümüz faktör analizi yapmaya yeterlidir. Anlamlılık değeri 0,05'in altında olduğu için İyileştirme prensibi ile ilgili sorgulanan sekiz değişkenimizin aralarında anlamlı bir ilişki vardır. Keza, Alpha güvenirlik sonuçları 0,7'den büyük olduğu için, sorular sürekli gelişim için anlamlıdır.

Analiz sonuçlarına göre; Kanıta Dayalı Karar Verme prensibini Endüstri 4.0 açısından araştıran sorular, varyans değerine baktığımızda 50'den büyük olduğu için sorgulanan konu ile tutarlıdır. KMO değeri 0,6'dan büyük olduğu için örnek büyüklüğümüz faktör analizi yapmaya yeterlidir.

Anlamlılık değeri 0,05'in altında olduğu için, Kanıta Dayalı Karar Verme prensibi ile ilgili sorgulanan altı değişkenimizin aralarında anlamlı bir ilişki vardır. Keza, Alpha güvenirlik sonuçları 0,7'den büyük olduğu için sorular kanıta dayalı karar verme için anlamlıdır. Araştırmada kullanılan iki değişken, faktör analizi aşamasında herhangi bir faktöre yüklenmediği için çıkartılmıştır. Çıkartılan değişkenler; "her seviyede karar alma yetkinliğine olan ihtiyaç (KDK-7)" ve "her seviyede sebep-sonuç ilişkisini anlama yeteneğine olan ihtiyaç (KDK-8)" sorgularıdır.

Analiz sonuçlarına göre; İlişki Yönetimi prensibini Endüstri 4.0 açısından araştıran sorular, varyans değerine baktığımızda 50'den büyük olduğu için sorgulanan konu ile tutarlıdır. KMO değeri 0,6'dan büyük olduğu için örnek büyüklüğümüz faktör analizi yapmaya yeterlidir. Anlamlılık değeri 0,05'in altında olduğu için İlişki Yönetimi prensibi ile ilgili sorgulanan sekiz değişkenimizin aralarında anlamlı bir ilişki vardır. Keza, Alpha güvenirlik sonuçları 0,7'den büyük olduğu için, sorular ilişki yönetimi için anlamlıdır.

Tablo 4.19. IoT oranı ve TKY prensipleri için korelasyon analizi

Korelasyonlar									
		IOT Oranı	MO	L	ÇK	SY	SG	KDKV	İY
IOT Oranı	Pearson Correlation	1	,380**	,402**	,294*	,376**	,402**	,378**	,258
	Anlamlılık (2-tailed)		,006	,003	,036	,006	,003	,006	,067
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
MO Müşteri Odaklılık	Pearson Correlation	,380**	1	,758**	,636**	,711**	,756**	,643**	,598**
	Anlamlılık (2-tailed)	,006		,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
L Liderlik	Pearson Correlation	,402**	,758**	1	,794**	,742**	,710**	,605**	,593**
	Anlamlılık (2-tailed)	,003	,000		,000	,000	,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
ÇK Çalışanların Katılımı	Pearson Correlation	,294*	,636**	,794**	1	,700**	,791**	,546**	,778**
	Anlamlılık (2-tailed)	,036	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
SY Süreç Yaklaşımı	Pearson Correlation	,376**	,711**	,742**	,700**	1	,856**	,815**	,646**
	Anlamlılık (2-tailed)	,006	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
İ İyileştirme	Pearson Correlation	,402**	,756**	,710**	,791**	,856**	1	,782**	,791**
	Anlamlılık (2-tailed)	,003	,000	,000	,000	,000		,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
KDK Kanıta Dayalı Karar Verme	Pearson Correlation	,378**	,643**	,605**	,546**	,815**	,782**	1	,492**
	Anlamlılık (2-tailed)	,006	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
İY İlişki Yönetimi	Pearson Correlation	,258	,598**	,593**	,778**	,646**	,791**	,492**	1
	Anlamlılık (2-tailed)	,067	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	51	51	51	51	51	51	51	51

* Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)
** Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

Cronbach Alfa korelasyon katsayısı, IOT Oranı ile tüm prensipler arasında "İlişki Yönetimi Prensibi" hariç, anlamlıdır. Tablo 4.20'de, TKY prensipleri arasındaki Tablo 4.19'da elde edilen korelasyon katsayıları değerlendirilmiştir.

Tablo 4.20. TKY prensipleri için korelasyon tablosunun analiz sonuçları

İlişki Bağı	Aralarındaki İlişki	İlişkinin 0,05 Seviyesinde Anlamlılığı	İlişkinin 0,01 Seviyesinde Anlamlılığı
Müşteri Odaklılık ile Liderlik İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Müşteri Odaklılık ile Çalışanların Katılımı İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Müşteri Odaklılık ile Süreç Yaklaşımı İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Müşteri Odaklılık ile İyileştirme İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Müşteri Odaklılık ile Kanıta Dayalı Karar Verme İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Müşteri Odaklılık ile İlişki Yönetimi İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Liderlik ile Çalışanların Katılımı İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Liderlik ile Süreç Yaklaşımı İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Liderlik ile İyileştirme İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Liderlik ile Kanıta Dayalı Karar Verme İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Liderlik ile İlişki Yönetimi İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Çalışanların Katılımı ile Süreç Yaklaşımı İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Çalışanların Katılımı ile İyileştirme İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Çalışanların Katılımı ile Kanıta Dayalı Karar Verme İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
Çalışanların Katılımı ile İlişki Yönetimi İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Süreç Yaklaşımı ile İyileştirme İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Süreç Yaklaşımı ile Kanıta Dayalı Karar Verme İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Süreç Yaklaşımı ile İlişki Yönetimi İlişkisi	Güçlü	Anlamlı	
İyileştirme ile Kanıta Dayalı Karar Verme İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Sürekli Gelişim ile İlişki Yönetimi İlişkisi	Çok Güçlü	Anlamlı	
Kanıta Dayalı Karar Verme İlişkisi ile İlişki Yönetimi İlişkisi	Orta	Anlamlı	
IOT Oranı ile Müşteri Odaklılık İlişkisi	Orta	Anlamlı	
IOT Oranı ile Liderlik İlişkisi	Orta	Anlamlı	
IOT Oranı ile Çalışanların Katılımı İlişkisi	Orta	-	Anlamlı
IOT Oranı ile Süreç Yaklaşımı İlişkisi	Orta	Anlamlı	
IOT Oranı ile Sürekli Gelişim İlişkisi	Orta	Anlamlı	
IOT Oranı ile Kanıta Dayalı Karar Verme İlişkisi	Orta	Anlamlı	
IOT Oranı ile İlişki Yönetimi İlişkisi	Zayıfa yakın orta	**Anlamsız**	

Korelasyonu 0,75-1,0 arasında olanların aralarındaki ilişki, “çok güçlü ilişki” olarak kodlanmıştır.
Korelasyonu 0,5 ile 0,74 arasında olanların aralarındaki ilişki “güçlü ilişki” olarak kodlanmıştır.
Korelasyonu 0,25 ile 0,49 arasında olanların aralarındaki ilişki “orta” dereceli ilişki olarak kodlanmıştır.
Korelasyonu 0,0 ile 0,24 arasında olanların aralarındaki ilişki, “zayıf ilişki” olarak kodlanmıştır.

Tablo 4.21’de akıllı fabrika oranı ile TKY prensipleri arasındaki korelasyon katsayısı değerleri görülmektedir.

Tablo 4.21. Akıllı fabrika oranı ve TKY prensipleri için korelasyon analizi

Korelasyonlar									
		Akıllı Fabrika Oranı	MO	L	ÇK	SY	SG	KDKV	İY
Akıllı Fabrika Oranı	Pearson Correlation	1	,351*	,448**	,387**	,318*	,427**	,351*	,302*
	Anlamlılık (2-tailed)		,011	,001	,005	,023	,002	,012	,031
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
MO Müşteri Odaklılık	Pearson Correlation	,351*	1	,758**	,636**	,711**	,756**	,643**	,598**
	Anlamlılık (2-tailed)	,011		,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
L Liderlik	Pearson Correlation	,448**	,758**	1	,794**	,742**	,710**	,605**	,593**
	Anlamlılık (2-tailed)	,001	,000		,000	,000	,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
ÇK Çalışanların Katılımı	Pearson Correlation	,387**	,636**	,794**	1	,700**	,791**	,546**	,778**
	Anlamlılık (2-tailed)	,005	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
SY Süreç Yaklaşımı	Pearson Correlation	,318*	,711**	,742**	,700**	1	,856**	,815**	,646**
	Anlamlılık (2-tailed)	,023	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
İ İyileştirme	Pearson Correlation	,427**	,756**	,710**	,791**	,856**	1	,782**	,791**
	Anlamlılık (2-tailed)	,002	,000	,000	,000	,000		,000	,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
KDK Kanıta Dayalı Kadar Verme	Pearson Correlation	,351*	,643**	,605**	,546**	,815**	,782**	1	,492**
	Anlamlılık (2-tailed)	,012	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51
İY İlişki Yönetimi	Pearson Correlation	,302*	,598**	,593**	,778**	,646**	,791**	,492**	1
	Anlamlılık (2-tailed)	,031	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	51	51	51	51	51	51	51	51

* Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed).
** Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed).

Analiz sonuçlarına göre, akıllı fabrika oranı ile tüm prensipler arasındaki korelasyonda 0.01 ila 0.05 seviyesinde anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 4.22 ila Tablo 4.29 tabloları, TKY prensipleri ile ilgili alt bileşenlere ait belirleyici istatistikleri içermektedir. Minimum, maksimum değerler, ortalama ve standart sapma değerleri görülmektedir.

Tablo 4.22. Müşteri odaklılık değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
MO-1	51	2,00	7,00	4,4902	1,41947
MO-2	51	2,00	7,00	4,2941	1,55299
MO-3	51	2,00	7,00	4,1765	1,57106
MO-4	51	2,00	7,00	4,1765	1,50607
MO-5	51	2,00	7,00	3,9216	1,50789
MO-6	51	2,00	7,00	4,4314	1,38931
MO-7	51	2,00	7,00	4,2745	1,52418
MO-8	51	2,00	7,00	3,8235	1,39579
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.23. Liderlik değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
L-1	51	1,00	7,00	4,0588	1,77101
L-2	51	1,00	7,00	3,8627	1,70903
L-3	51	1,00	7,00	3,9020	1,52650
L-4	51	1,00	7,00	3,8824	1,51851
L-5	51	1,00	7,00	4,5294	1,56656
L-6	51	1,00	7,00	3,7059	1,92140
L-7	51	1,00	7,00	4,4118	1,62698
L-8	51	1,00	7,00	4,0196	1,69104
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.24. Liderlikte yeni ihtiyaçlar değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
LYİ-1	51	2,00	7,00	4,1765	1,30699
LYİ-2	51	2,00	7,00	4,6863	1,64305
LYİ-3	51	2,00	7,00	4,4314	1,55248
LYİ-4	51	2,00	7,00	4,0588	1,72525
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.25. Çalışanların katılımı değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
ÇK-1	51	2,00	7,00	3,6471	1,49430
ÇK-2	51	2,00	7,00	3,9020	1,41781
ÇK-3	51	2,00	7,00	3,9804	1,60612
ÇK-4	51	2,00	7,00	4,2157	1,46032
ÇK-5	51	2,00	7,00	4,0392	1,53572
ÇK-6	51	2,00	7,00	4,3137	1,66722
ÇK-7	51	2,00	7,00	4,0980	1,53954
ÇK-8	51	1,00	7,00	3,8235	1,64567
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.26. Süreç yaklaşımı değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
SY-1	51	2,00	7,00	4,0784	1,54717
SY-2	51	2,00	7,00	4,2549	1,48112
SY-3	51	2,00	7,00	4,6275	1,56155
SY-4	51	2,00	7,00	4,0588	1,77101
SY-5	51	2,00	7,00	4,6275	1,57430
SY-6	51	2,00	7,00	4,5098	1,73635
SY-7	51	2,00	7,00	4,5882	1,72252
SY-8	51	2,00	7,00	4,4510	1,74715
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.27. İyileştirme değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
İ-1	51	2,00	7,00	4,2549	1,50789
İ-2	51	2,00	7,00	4,4510	1,60392
İ-3	51	2,00	7,00	4,7843	1,73567
İ-4	51	2,00	7,00	4,9804	1,52958
İ-5	51	1,00	7,00	4,1569	1,83709
İ-6	51	2,00	7,00	4,4902	1,48825
İ-7	51	1,00	7,00	4,3333	1,63299
İ-8	51	1,00	7,00	4,2157	1,56606
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.28. Kanıta dayalı karar verme değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
KDK-1	51	2,00	7,00	4,6863	1,54260
KDK-2	51	2,00	7,00	4,7255	1,53725
KDK-3	51	2,00	7,00	4,7451	1,59804
KDK-4	51	2,00	7,00	4,6667	1,62070
KDK-5	51	2,00	7,00	4,2745	1,56305
KDK-6	51	1,00	7,00	3,7647	1,73883
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.29. İlişki yönetimi değişkenine ait belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
İY-1	51	2,00	7,00	3,9216	1,49457
İY-2	51	2,00	6,00	3,5882	1,40252
İY-3	51	2,00	7,00	3,5490	1,68895
İY-4	51	2,00	7,00	3,6863	1,56831
İY-5	51	2,00	7,00	3,8627	1,46996
İY-6	51	2,00	7,00	3,8039	1,38592
İY-7	51	2,00	7,00	3,8039	1,44249
İY-8	51	2,00	7,00	3,7059	1,41837
Geçerli Sayı-N	51				

Tablo 4.30'da TKY prensiplerine ait ortalama değerler görülmektedir. En yüksek ortalamaya sahip prensip "kanıta dayalı karar verme" iken, en düşük ortalamaya sahip prensip "İlişki Yönetimi"dir.

Tablo 4.30. TKY Prensipleri için ortalama değerler

1. Müşteri Odaklılık	4,20
2. Liderlik	4,05
3. Çalışanların Katılımı	4,00
4. Süreç Yaklaşımı	4,40
5. İyileştirme	4,46
6. Kanıta Dayalı Karar Verme	4,48
7. İlişki Yönetimi	3,74

Tablo 4.31'de kalite teknikleriyle ilgili belirleyici istatistikler, Tablo 4.32'de kalite araçları ile ilgili belirleyici istatistikler görülmektedir.

Tablo 4.31. Kalite teknikleri ile ilgili belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Sapma
Benchmarking(kıyaslama)	44	2,00	7,00	3,8409	1,92829
Kaizen	43	1,00	7,00	3,2791	1,81693
Kalite çemberleri	42	1,00	7,00	3,0238	1,73188
Süreç yeniden yapılandırma	44	1,00	7,00	4,0227	1,88616
TPM	41	1,00	7,00	3,4878	1,71933
6 Sigma	42	1,00	7,00	3,8095	1,69990
Poka Yoka	41	1,00	7,00	3,8049	1,88705
Deneysel Tasarım	39	1,00	7,00	3,5385	1,61972
Hata-Etki Analizi (FMEA)	41	2,00	7,00	4,0244	1,92987
Hata Ağacı Analizi (FTA)	40	2,00	7,00	3,8500	1,81941
Sürekli Gelişim Döngüsü (PDCA)	45	2,00	7,00	4,0222	1,86461

Tablo 4.32. Kalite araçları ile ilgili belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Sapma
Pasta ve çizgi grafikler	43	1,00	7,00	4,3256	1,88630
Histogramlar	43	2,00	7,00	4,3953	1,80132
Pareto	42	2,00	7,00	4,1905	1,83779
Odak Grupları	41	1,00	7,00	3,3902	1,67150
Beyin Fırtınası	41	2,00	7,00	4,0000	1,61245
Akış Diyagramı ve Modelleme Diyagramları	41	2,00	7,00	3,9268	1,80818
Dağılım Diyagramı	38	2,00	7,00	4,2368	1,54979
İlişki Diyagramı	39	1,00	7,00	4,0769	1,88323
Kontrol Çizelgeleri	42	1,00	7,00	4,0238	2,10096
Sebep-Sonuç Diyagramı	41	1,00	7,00	3,9756	1,95560
Veri Kayıt ve Kontrol Tabloları	42	1,00	7,00	4,0952	1,91030
Kontrol Tablosu	42	1,00	7,00	3,9048	1,92303
Geçerli Sayı-N	36				

4.2. Endüstri 4.0 Ortamında TKY Prensiplerinin Birbirleriyle İlişkisinin Araştırılması

Endüstri 4.0 ortamında TKY prensiplerinin birbirleri ile ilişkisi, Bulanık DEMATEL yöntemi ile araştırılmıştır. Araştırma ile Endüstri 4.0 ortamında hangi TKY prensiplerinin etkileyen, hangilerinin etkilenen konumda olduğu belirlenmiştir. Bu belirleme, Endüstri 4.0 uygulayan işletmelerde, hangi prensiplere odaklanarak diğer hangi prensipleri de ilerletebileceklerine dair bir yol sunar. Böylece, değişimin yönetiminde kolaylık sağlar. Bu ise, yönetimin işini oldukça kolaylaştıran bir durumdur.

4.2.1. Bulanık DEMATEL Yöntemi

Bulanık DEMATEL'in aşamaları şunlardır (Organ, 2013; Aksakal ve Dağdeviren, 2010)**;**

1.Adım: Kriterlerin belirlenmesi ve bulanık skalanın oluşturulması

Bu adımda değerlendirilecek kriterler belirlenir. Etkileyen ve etkilenen faktörlerin belirlenmesi için bu kriterler arasındaki anlamlı ilişkiler uzmanlar tarafından oluşturulur. Devamında, kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır.

2.Adım: Direk ilişki matrisinin oluşturulması

Kriterler $\{C_1, C_2, \ldots, C_n\}$ arasındaki ilişkilerin düzeylerini ölçmek için her bir uzman tarafından dilsel ifadeler direk ilişki matrisi oluşturulur. Karar grubunda *p* tane uzman varsa, *p* tane karar matrisi elde edilir. Bulanık direk ilişki matrisi $\tilde{Z}$ olarak gösterilir. $\tilde{z}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ üçgensel bulanık sayısı bir dilsel terim olup *i.* faktörün *j.* faktörü etkileme düzeyini göstermektedir.

$$\tilde{Z} = \begin{bmatrix} \tilde{z}_{1n} & \cdots & \tilde{z}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1} & \cdots & \tilde{z}_{1m} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

3. Adım: Normalize direk ilişki matrisinin oluşturulması

Direk ilişki matrisinin normalize edilmesinde Eşitlik 4.2 ve 4.3 kullanılır.

$$\breve{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\breve{z}_{ij}^{k}}{r^{(k)}} = \left(\frac{l_{ij}^{k}}{r^{(k)}}, \frac{m_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{u_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}\right) \quad (4.2)$$

$$r^{(k)} = \max_{1<i<n}\left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij}^{k}\right) \quad (4.3)$$

Normalize direk ilişki matrisi Eşitlik 4.1 ve Eşitlik 4.2'nin kullanılmasıyla oluşturulur. *l, m, u* değerlerinin en büyüğü seçilir ve "*r*" yi verir. Daha sonra bütün matris "*r*" ye bölünür ve normalleştirilmiş direk ilişki matrisi elde edilir. Normalize direk ilişki matrisi " $\tilde{X}$ "ile gösterilir (Eşitlik 4.4).

$$\tilde{\boldsymbol{X}} = \begin{bmatrix} \tilde{\boldsymbol{X}}_{1n} & \cdots & \tilde{\boldsymbol{X}}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{\boldsymbol{X}}_{n1} & \cdots & \tilde{\boldsymbol{X}}_{1nn} \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

4.Adım: Toplam ilişki matrisi

Normalleştirilmiş ilişki matrisi elde edildikten sonra Eşitlik 4.5 kullanılarak toplam ilişki matrisi oluşturulur.

$$\tilde{T} = \tilde{X} + \tilde{X} + \tilde{X} + \cdots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{X}^{i} = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1} \quad (4.5)$$

Bu matris önce birim matristen çıkarılır; sonra çıkan matrisin tersi alınır ve matrisin ilk haliyle çarpılır. Bu işlem üçü için de tekrar edildikten sonra bulunan sonuçlar birleştirilir ve üçgensel bulanık sayılardan oluşan tek bir toplam ilişki matrisi elde edilir.

$$\tilde{\boldsymbol{T}} = \begin{bmatrix} \tilde{\boldsymbol{T}}_{1n} & \cdots & \tilde{\boldsymbol{T}}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{\boldsymbol{T}}_{n1} & \cdots & \tilde{\boldsymbol{T}}_{1nn} \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

5.Adım: Gönderici ve alıcı grupların belirlenmesi

Toplam ilişki matrisi elde edildikten sonra, toplam ilişki matrisinde satırlar toplamı *D*'leri, sütunlar toplamı *R*'leri verir yani *i* satırının toplamı D_i'yi, *i* sütununun toplamı R_i'yi verir. D_i+R_i ve D_i-R_i değerleri hesaplanır.

$$D_i = \sum_{i=1}^{n} \tilde{t}_{ij}^{def} \qquad (i=1,2,..., n) \quad (4.7)$$

$R_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{t}_{ij}^{def}$ (j=1,2,3,…,n) (4.8)

6.Adım: Durulaştırma

Bulduğumuz D-R ve D+R değerleri üçgensel bulanık sayılardan türetildiği için *l,m,u* olmak üzere üç tane değer içermektedir. Bunları tek değer haline getirebilmek için durulaştırma yöntemi uygulanır. D-R ve D+R için durulaştırma uygulandığında artık formülün gösterilme şekli değişir. Parantezin üzerinde yer alan "def" kısaltması durulaştırma anlamına gelen "defuzzifying" in kısaltılmasıdır.

$$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} = ((u_{ij} - l_{ij}) + (m_{ij} - l_{ij}) + l_{ij})/3 \quad (4.9)$$

$$\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} = ((u_{ij} - l_{ij}) + (m_{ij} - l_{ij}) + l_{ij})/3 \quad (4.10)$$

Durulaştırılan D-R ve D+R değerleri kullanılarak, her bir kriterin diğerlerine olan etki derecesi ve diğerleriyle ilişki derecesi belirlenir. D-R değeri pozitif ise bu kriterler diğer kriterler üzerinde daha yüksek etkiye sahiptir ve daha yüksek önceliğe sahip oldukları kabul edilir.

Bu kriterler gönderici ya da etkileyen faktör olarak adlandırılır. D-R negatif değere sahipse bu kriterler diğer kriterlerden daha fazla etkilenen kriterlerdir. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı veya etkilenen faktörler olarak adlandırılır. D+R değerleri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişkiyi gösterir ve D+R değeri yüksek olan kriterler diğer kriterler ile daha çok ilişkilidir, düşük olanların ilişkisi diğerleriyle daha azdır.

7. Adım: Neden- sonuç ilişki diyagramının elde edilmesi

Durulaştırma yöntemi yardımıyla neden sonuç ilişki diyagramı çizilerek analiz yapılır. Etki yönlü graf diyagramı olarak da adlandırılır. Etki yönlü graf diyagramı yatay ekseni D+R, düşey ekseni D-R olan bir koordinat düzleminde (D+R, D-R) noktalarının gösterilmesi ile elde edilir.

4.2.2. Bulanık DEMATEL yönteminin probleme uyarlanması

1. Kriterlerin belirlenmesi ve bulanık skalanın oluşturulması; Bu çalışmada, Endüstri 4.0 ortamında TKY prensiplerinin birbirleriyle ilişkisi değerlendirilmiştir. TKY'nin yedi prensibi, 4. bölüm girişinde açıklanan kriterlerdir.

Bulanık skala için, bu çalışmada üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Tablo 4.33'de dilsel ifadelere karşılık gelen üçgen bulanık sayılar yer almaktadır. Bu çalışmada direk ilişki matrisindeki ilişkilerin belirlenmesinde, Tablo 4.19 ve Tablo 4.21'de yer alan korelasyon analizi sonuçlarından faydalanılmıştır.

Tablo 4.33. Üçgensel bulanık sayılar (Chen, 2000)

Korelasyon katsayısı değeri	**Dilsel İfadeler**	**Etki Değeri**	**Gösterim**	**Bulanık Sayılar**		
				l	***m***	***u***
r<0,20	Etkisi Yok	0	EY	0,00	0,00	0,25
0.20<r<0.39	Düşük Derece Etki	1	DE	0,00	0,25	0,50
0.40<r<0.59	Orta Derece Etki	2	OE	0,25	0,50	0,75
0.60<r<0.79	Yüksek Derece Etki	3	YE	0,50	0,75	1,00
0.80<r<1.0	Çok Yüksek Derece Etki	4	ÇYE	0,75	1,00	1,00

2. Bulanık direk ilişki matrisinin oluşturulması; Bulanık direk ilişki matrisi Tablo 4.33'de görülen bulanık üçgensel sayılar kullanılarak Tablo 4.34'deki gibi oluşturulmuştur.

3. Normalize bulanık direk ilişki matrisinin oluşturulması; Normalize direk ilişki matrisi Eşitlik 4.1 ve Eşitlik 4.2'nin kullanılarak oluşturulmuştur. Toplam *l, m, u* değerlerinin en büyüğü seçilir ve "*r*" yi verir. Daha sonra bütün matris "*r=5,5*" e bölünerek Tablo 4.35'de gösterilen normalize direk ilişki matrisi elde edilmiştir.

4. Toplam bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması; Toplam bulanık direk ilişki matrisi Eşitlik 4.5 kullanılarak oluşturulmuştur. Tablo 4.36'da bulanık toplam ilişki matrisi görülmektedir.

Tablo 4.34. Bulanık direk ilişki matrisi

DİREK İLİŞKİ MATRİSİ	1			2			3			4			5			6			7		
	l	m	u	l	m	u	L	m	u	l	m	U	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Müşteri odaklılık	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75
Liderlik	0,25	0,5	0,75	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0	0	0,25	0,25	0,50	0,75
Çalışanların katılımı	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0	0	0,25	0,50	0,75	1,00
Süreç yaklaşımı	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	0,5	1	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75
İyileştirme	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	1	1	0,75	1	1	0	0	0,25	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1
Kanıta dayalı karar verme	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0	0	0,25	0,25	0,50	0,75
İlişki yönetimi	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0,25
Toplam	1,75	2,75	4,50	2,50	3,75	5,50	2,75	3,75	5,50	2,75	4,00	5,25	2,25	3,50	5,25	1,00	1,75	3,50	2,00	3,50	5,25

Tablo 4.35. Normalize direk ilişki matrisi

	1			2			3			4			5			6			7		
	L	m	U	l	m	u	l	M	u	l	m	u	L	m	u	l	m	u	l	m	u	
Müşteri odaklılık	0,000	0,000	0,045	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,045	0,091	0,136	0,045	0,091	0,136
Liderlik	0,045	0,091	0,136	0,000	0,000	0,045	0,091	0,136	0,182	0,045	0,091	0,136	0,091	0,136	0,182	0,000	0,000	0,045	0,045	0,091	0,136
Çalışanların katılımı	0,000	0,000	0,045	0,091	0,136	0,182	0,000	0,000	0,045	0,091	0,136	0,182	0,045	0,091	0,136	0,000	0,000	0,045	0,091	0,136	0,182
Süreç yaklaşımı	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,136	0,091	0,182	0,000	0,000	0,045	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,045	0,091	0,136
İyileştirme	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,091	0,182	0,182	0,136	0,182	0,182	0,000	0,000	0,045	0,045	0,091	0,136	0,091	0,136	0,182
Kanıta dayalı karar verme	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,091	0,136	0,182	0,136	0,182	0,182	0,091	0,136	0,182	0,000	0,000	0,045	0,045	0,091	0,136
İlişki yönetimi	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,045

Tablo 4.36. Toplam ilişki matrisi

	MO			LI			ÇK			SY			İ			KDK			İY		
	L	m	U	l	m	u	L	m	u	l	m	U	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Müşteri odaklılık	0,037	0,101	1,138	0,138	0,119	1,498	0,144	0,211	1,498	0,141	0,263	1,438	0,132	0,243	1,438	0,066	0,158	0,995	0,088	0,211	1,426
Liderlik	0,066	0,170	1,015	0,037	0,103	1,131	0,123	0,244	1,251	0,082	0,211	1,166	0,115	0,233	1,201	0,016	0,065	0,756	0,076	0,206	1,191
Çalışanların katılımı	0,023	0,081	0,861	0,114	0,212	1,151	0,036	0,100	1,031	0,113	0,222	1,105	0,071	0,178	1,069	0,015	0,054	0,692	0,113	0,226	1,135
Süreç yaklaşımı	0,127	0,253	1,311	0,149	0,264	1,560	0,194	0,258	1,560	0,070	0,184	1,378	0,141	0,284	1,498	0,109	0,210	1,074	0,097	0,248	1,486
İyileştirme	0,126	0,259	1,273	0,144	0,280	1,516	0,152	0,344	1,516	0,185	0,354	1,455	0,055	0,177	1,335	0,070	0,179	1,008	0,134	0,305	1,484
Kanıta dayalı karar verme	0,131	0,266	1,311	0,151	0,283	1,560	0,159	0,313	1,560	0,193	0,360	1,498	0,144	0,302	1,498	0,030	0,101	0,954	0,096	0,267	1,486
İlişki yönetimi	0,000	0,000	0,377	0,000	0,000	0,448	0,000	0,000	0,448	0,000	0,000	0,430	0,000	0,000	0,430	0,000	0,000	0,308	0,000	0,000	0,438

5. Gönderici ve alıcı grupların belirlenmesi;

Eşitlik 4.7 ve Eşitlik 4.8 kullanılarak bulanık D_i ve R_i değerleri hesaplanır. Devamında bulanık D_i+R_i ve D_i-R_i değerleri hesaplanır. Bu değerler Tablo 4.37'de gösterilmektedir.

Tablo 4.37. Bulanık D_i, R_i, D_i+R_i ve D_i-R_i değerleri

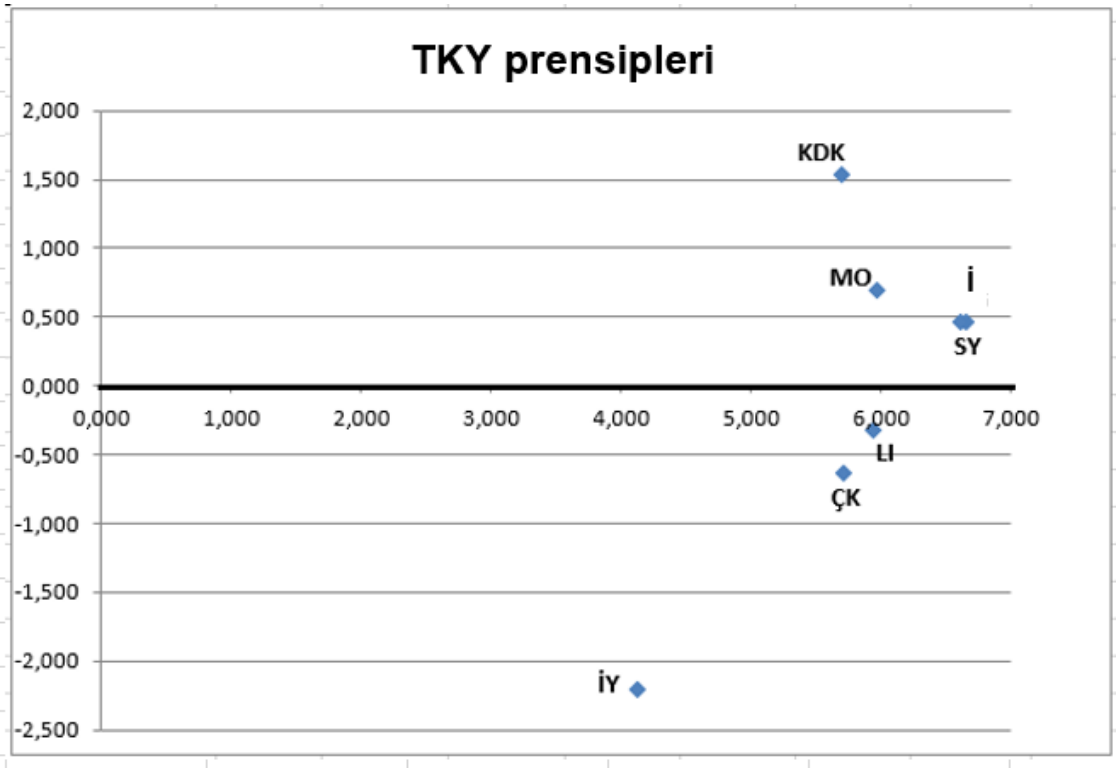
	D_i			R_i			D_i+R_i			D_i-R_i		
	l	m	u	L	m	u	l	m	u	l	m	u
MO	0,746	1,306	9,432	0,511	1,130	7,286	1,256	2,436	16,719	0,235	0,176	2,146
L	0,515	1,233	7,711	0,733	1,261	8,865	1,249	2,494	16,576	-0,218	-0,029	-1,154
ÇK	0,485	1,073	7,043	0,808	1,470	8,865	1,293	2,542	15,907	-0,323	-0,397	-1,822
SY	0,887	1,701	9,867	0,785	1,594	8,470	1,672	3,294	18,337	0,103	0,107	1,397
İ	0,866	1,899	9,587	0,658	1,418	8,470	1,524	3,317	18,058	0,208	0,481	1,117
KDK	0,904	1,892	9,867	0,306	0,767	5,787	1,210	2,659	15,654	0,598	1,124	4,080
İY	0,000	0,000	2,881	0,603	1,462	8,646	0,603	1,462	11,527	-0,603	-1,462	-5,765

6. Eşitlik 4.9 ve 4.10 kullanılarak D_i, ve R_i değerleri hesaplanmıştır ve bu değerlere göre D_i+R_i ve D_i-R_i değerleri belirlenmiştir. Tablo 4.38'de gösterilmektedir.

Tablo 4.38. Durulaştırılmış D_i+R_i, D_i-R_i değerleri

TKY Bileşenleri	Kısaltma	D_i+R_i	D_i-R_i
Müşteri odaklılık	MO	6,804	0,695
Liderlik	L	6,773	-0,321
Çalışanların katılımı	ÇK	6,581	-0,632
Süreç yaklaşımı	SY	7,768	0,467
İyileştirme	İ	7,633	0,463
Kanıta dayalı karar verme	KDK	6,508	1,536
İlişki yönetimi	İY	4,531	-2,208

Şekil 4.1, bu tablonun grafiğe dökülmüş halidir.



Şekil 4.1. Bulanık DEMATEL sonucunda etkileyen ve etkilenen faktörler

Yukarıdaki sonuçlara göre, Endüstri 4.0 uygulayan işletmeler kanıta dayalı karar verme, müşteri odaklılık, iyileştirme ve süreç yönetimi prensiplerine odaklandıkça, liderlik ve çalışanların katılımı prensibi de ilişkili olarak etkilenecek ve ilerleme gösterecektir. İlişki yönetimi prensibi için işletmeler, farklı bir odaklanma yapmalıdır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bölüm 4.1'de Endüstri 4.0 ortamında TKY prensiplerinin durumunu tespit için yapılan araştırma sonuçlarına göre, ankete konu olan işletmelerin tamamında Endüstri 4.0 uygulansa da, pek çok yerinde uygulama yapan %33, bazı birim ve süreçlerde uygulama yapan %67'dir. İşletmelerin dörtte birinde (%24) IoT oranı %30'dur. IoT oranı %50 veya üzerinde olan işletmelerin oranı %44 iken, akıllı fabrika uygulaması %50 veya üzerinde olan işletmelerin oranı %28'dir.

"Müşteri Odaklılık, Liderlik, Çalışanların Katılımı, Süreç Yaklaşımı, İyileştirme, Kanıta Dayalı Karar Verme ve İlişki Yönetimi Prensipleri" nin tamamında faktör analizi ve güvenirlik analizi yapılmıştır. Tablo 4.16 sonuçlarına göre, kanıta dayalı karar verme prensibinde faktör yükü değerleri dikkate alınarak iki soru, sorgulanan ilgili prensipte değerlendirme dışı bırakılmıştır. Faktör analizinde elde edilen sonuçlar her bir prensip bazında, soru sayısının faktör analizi yapmak için yeterli olduğunu, prensibin altında yer alan soruların sorgulanan prensiple kendi içinde tutarlı ve anlamlı olduğunu, sorgulanan değişkenlerin Alpha güvenirlik sonuçlarına göre kendi aralarında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısı ile prensipler çerçevesinde araştırmanın tamamı anlamlı, güvenilir ve yeterlidir.

Korelasyon Analizi sonuçlarına göre, IoT oranı ile "ilişki yönetimi prensibi" hariç diğer prensipler arasında "anlamlı bir ilişki" mevcuttur. Ayrıca, tüm kalite prensipleri arasında 0,01 düzeyinde de anlamlı ilişki mevcuttur (bkz. Tablo 4.19).

Akıllı fabrika oranı ve prensipler arasında yapılan Korelasyon Analizi sonuçlarına göre, Akıllı fabrika oranı ile tüm kalite prensipleri arasında anlamlı ilişki mevcuttur. Ayrıca, tüm kalite prensipleri arasında 0,01 düzeyinde anlamlı ilişki mevcuttur (bkz. Tablo 4.21).

Tablo 4.22 sonuçlarına göre, müşteri odaklılıkla ilgili tüm parametrelerin, Endüstri 4.0 ile birlikte kısmen veya daha fazla arttığı ortaya çıkmıştır. Bu sonuç Sader ve diğ., (2019) ve Anil ve Satish (2015) tarafından elde edilen sonuçları desteklemektedir. Müşteri odaklılık kapsamındaki unsurların tamamında standart sapma 1,55 veya altındadır. Bu ise,

işletmelerin Endüstri 4.0'ın müşteri odaklılık prensibinde çok fazla görüş ayrılığı olmadığını gösterir.

Liderlik prensibinde, liderin süreçleri daha iyi organize etmesi/yönetmesi ve liderlik yolu ile birimin/sürecin hedefine ulaşma kabiliyeti, verimliliği kısmen artıştan daha fazla artmış fakat orta derecede artmamıştır. Diğer tüm unsurlar kısmen veya kısmen artışa yakın bir değerde olumlu yönde artmıştır. Tüm unsurlarda, Endüstri 4.0'ın genel olarak liderlik prensibine doğrudan etkisinin olmadığı hatta liderliğin önemi de dahil diğer tüm unsurlar üzerinde negatif bir etki oluşturduğunu, minimum (1) kategorisinde cevapların da olmasından anlayabiliriz. Standart sapma değerlerine baktığımızda, özellikle liderlikte, başta liderliğin strateji belirlemedeki rolü olmak üzere, liderliğin önemi, liderliğin etkisi ve liderin yeterli kaynakları ve yetkilendirmeyi yapmasına etkisi hakkında işletmeler arası bir görüş birliğinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu sonuç Shamim ve diğ.'nin (2016) tespitlerini desteklemektedir.

Bununla birlikte, bu araştırmada sorgulanan başlıklar çerçevesinde liderlikte yeni ihtiyaçların da oluştuğu ve bu ihtiyaçların kısmen veya orta düzeye yakın oranlarda arttığı ortaya çıkmıştır. En fazla ihtiyaç, liderin teknik bilgisi ve teknoloji adaptasyon yeteneğine olan ihtiyaçtır. Hemen arkasından, liderin sadece insanlara değil sisteme/insansız sistemlere liderlik etme rolüne ihtiyacın artması gelmektedir. Bu sonuç, Bauer ve diğ. (2015) ve Brettel ve diğ. (2014) bulguları ile tutarlıdır.

Endüstri 4.0, çalışanların katılımına, 3,64 ila 4,31 ortalama ile kısmene yakın veya kısmenden biraz daha fazla oranda olumlu etkisi olmuştur. Standart sapması 1,42-1,54 arasında olan "çalışanların işine bağlılığı, çalışanların geliştirme/ iyileştirme faaliyetlerine katılımı, çalışanların yetkinliği /kişisel gelişimi ve öğrenimi, çalışanların işe ve sürece olan etkisini anlaması, çalışanların işe katkısı ve katılımı" na olan olumlu etkisi konusunda işletmelerin çoğu hemfikirdir. Bu sonuç Palmarini ve diğ. (2018) ve Schröder (2017) tespitlerini desteklemektedir. Bununla birlikte, standart sapması 1,50'den yukarı olan çalışanların yetkilendirilmesi, işyeri içindeki iş birliği, bilgi ve tecrübeyi paylaşımı ve çalışanların problemleri bulma ve çözme için teşvik edilmesi, bunun için yeterli kaynağın verilmesi/sağlanması konularında, Endüstri 4.0'ın farklı boyutlarda etkisi olduğu işletmeler de mevcuttur.

Süreç yaklaşımı genel olarak Endüstri 4.0 ile birlikte kısmen veya daha fazla oranda, özellikle "kaynakların etkin kullanımı ve herhangi bir değişikliğin/ müdahalenin / aksaklık veya iyileştirmenin hangi süreçleri veya sürecin neresini etkileyeceğine dair uygulamalardaki iyileşme" konularında orta derecede ve olumlu yönde etkilenmiştir. Bu sonuç, Weyer ve diğ. (2015) ile Bauer ve diğ. (2015) bulgularını desteklemektedir. Endüstri 4.0'la birlikte departmanlar/ birimler arası uyumda kısmen bir artış olsa da, bu konuda dağılımın standart sapması 1,8'e yakındır.

İyileştirme prensibi, Endüstri 4.0 ile birlikte oldukça kolaylaşmaya başlamıştır diyebiliriz. Zira, 8 kırılımın her biri, Endüstri 4.0 ile birlikte kısmen olumlu etkiden daha yukarıda, özellikle operasyonel verimlilik ve etkililik ile yenilikçi uygulamalar konusunda orta derecede bir artış getirmiştir. Bu sonuç, Sader ve diğ. (2017), Bauer ve diğ. (2015) tespitlerini desteklemektedir.

Kanıta dayalı karar verme, Endüstri 4.0 ile birlikte kolaylaşmış ve Endüstri 4.0'ın olumlu etkisi özellikle ve sırasıyla "ilgili tüm kişilerin ihtiyaç duyduğu verilere ulaşabilirliği, süreç performansına ait kilit performans indikatörlerini ölçme ve takip etme kolaylığı, verilerin toplanması, analizi ve toplanan verilere göre verilen kararların doğruluğu ve zamanındalığı, verilerin doğruluğu ve güvenirliği" konularında orta seviyeye yakın olumlu etki yaratmıştır. Bu sonuç, Sterey (2017) ve Kagermann ve diğ. (2013) bulgularını desteklemektedir. Her seviyede çalışanın verilerin analizi ve değerlendirilmesi, yorumlanması yeteneği kısmen artmıştır. Kalite araçlarının ve tekniklerinin kullanımı (SPC, Grafikler, Kaizen, Benchmarking-Kıyaslama, Kalite çemberi vb.) konusunda, araştırmaya katılan işletmelerdeki sektörel farklılıklar da dikkate alındığında, farklı etkiler olduğu (min. değeri ve standart sapmaya bakıldığında) görülmektedir.

Endüstri 4.0, ilişki yönetimi prensibine kısmene yakın olumlu etki oluşturmuştur. Bu sonuç, Sader ve diğ. (2019)'nin tespitlerini desteklemektedir. Bu konuda işletmeler arası görüş farklılıklarının çok olmadığı söylenebilir zira standart sapmalar, karşılıklı sorunlar, fırsatlar, öncelikler hakkında zamanında iletişim konusu hariç 1,56 seviyesine eşit ya da daha düşüktür.

Genel olarak ortalamaların ortalamasına baktığımızda ise, özellikle "iyileştirme", "süreç yaklaşımı" ve "kanıta dayalı karar verme" prensipleri, Endüstri 4.0'la birlikte olumlu yönde en çok etkilenmiş prensipler olup, uygulaması kolaylaşmış prensiplerdir diyebiliriz.

“Çalışanların katılımı” ve “liderlik” prensipleri, Endüstri 4.0’da kısmen artmıştır ve etkinin yönü henüz net değildir.

Araştırmada kalite teknikleri ve kalite araçları ile ilgili olarak sorulara cevap vermeme oranı kimi teknik ve araçlarda oldukça fazla olduğu için, bu bölümdeki sorular için faktör analizi ve regresyon analizi yapılmamıştır. Bununla birlikte, cevaplar olduğu gibi kabul edilip Tablo 3.31 ve 3.32’deki ortalama ve standart sapma değerlerine bakarak şu yorumlar yapılabilir;

- Kalite tekniklerinin kullanımı konusunda işletmelerde farklı etkiler oluştuğu görülmektedir. Endüstri 4.0 ortamında en az kullanılan teknik kalite çemberleridir. Diğerleri az da olsa kullanımı artmıştır. Bununla birlikte, işletmeler özellikle 6 sigma, FMEA, PDCA gibi daha kompleks teknikleri eskiye göre diğerlerinden daha fazla kullanmaya başlamıştır.
- Benzer şekilde, kalite araçlarının da kullanımı Endüstri 4.0’la birlikte az veya kısmen oranda artmıştır. Fakat özellikle kontrol çizelgelerinin kullanımında standart sapma oldukça yüksektir. Burada işletmeler, özellikle kontrol çizelgelerinin Endüstri 4.0 ile birlikte sistemlerin içine yedirilmesinden dolayı farklı yorumlar yapmış olabilirler.

Yukarıda elde edilen bulguların yanı sıra, elde edilen araştırma sonuçları, Şekil 3.3’de yer alan ve literatür analizi ve literatüre dayalı tespitlere dayalı oluşturulmuş “TKY prensiplerinin ve uygulamalarının, Endüstri 4.0 içindeki konumu modeli” ile karşılaştırılabilir. Tablo 5.1, bu karşılaştırmayı açıklar. Şekil 5.1 ise literatür analizi ve literatüre dayalı tespitlere dayalı modelin, alan araştırmasına dayalı gerçek durumunu gösterir.

Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak yapılan uyarlanmış ikinci araştırma ve analiz çalışmaları sonucuna göre, Endüstri 4.0 ortamında TKY prensipleri arasındaki etkileşimi şöyle özetleyebiliriz;

- Süreç yaklaşımı ve iyileştirme, Endüstri 4.0 ortamında en büyük etkiye sahip prensiplerdir ve diğer prensiplerle daha fazla ilişki içindedir.
- Etkileyen konumunudaki TKY prensipleri sırasıyla iyileştirme, süreç yaklaşımı, müşteri odaklılık ve kanıta dayalı karar vermedir. Etkilenen TKY prensipleri sırasıyla, liderlik, çalışanların katılımı ve ilişki yönetimidir.

Tablo 5.1. TKY Prensiplerinin Endüstri 4.0'daki durumu ile araştırma sonuçlarını karşılaştırma tablosu

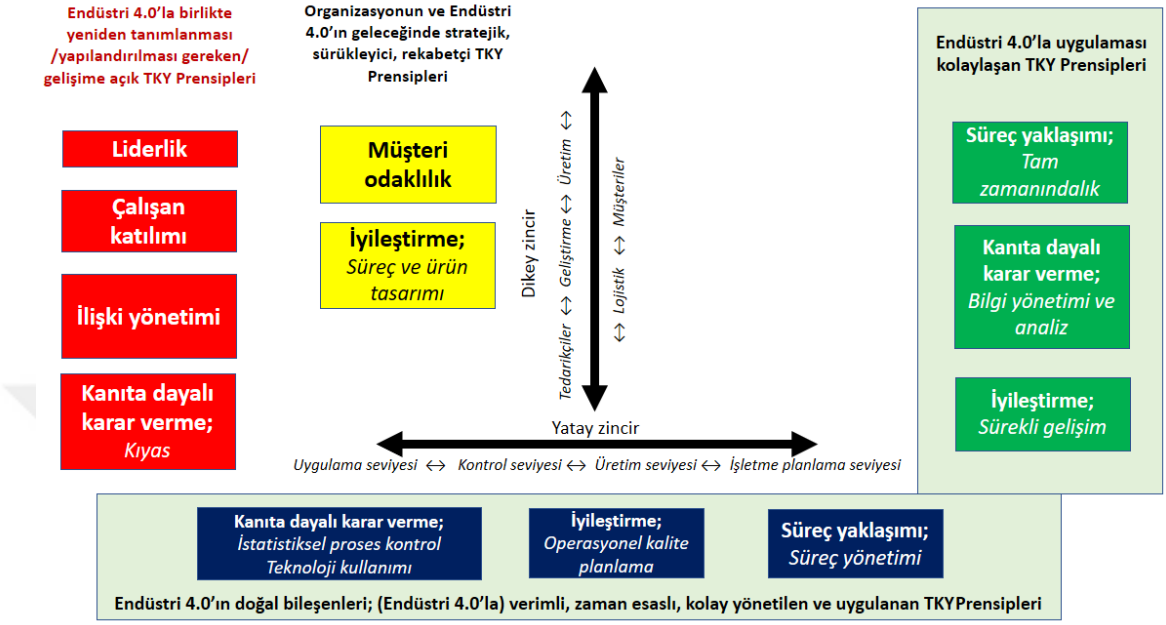
Referans: Şekil 3.3 Unsuru		**Araştırması Sonuçları ile İlişkilendirme; Karşı Gelen ISO 9001:2015 Unsuru**			**SONUÇ**
MODEL	**TKY Uygulaması**	ISO 9001:2015 Prensipleri	Ortalama Değer	**BULGU**	
Endüstri 4.0'la birlikte yeniden tanımlanması /yapılandırılması gereken/ gelişime açık TKY uygulamaları	Liderlik	2. Liderlik	4,0	Liderliğin etkisi, işletmelerde henüz çok bariz değildir. Araştırmanın alt kırılımlarında da görülmüştür ki, başta liderliğin strateji belirlemedeki rolü olmak üzere, liderliğin önemi, liderliğin etkisi ve liderin yeterli kaynakları ve yetkilendirmeyi yapmasına etkisi hakkında işletmeler arası bir görüş birliği henüz oluşmamıştır.	Teorik model ile bulgu, birbirleriyle uyumludur.
	Çalışan eğitimi	3.Çalışanların Katılımı; 3.4 Çalışanların yetkinliği /kişisel gelişimi ve öğrenimi	4,2	İşletmeler, bu konuda ilerlemeye devam etmektedir. Endüstri 4.0'la birlikte çalışanların eğitimi ve gelişimi artmaktadır. Fakat eğitimlerin devam etmekte olması, çalışanların taahhüdünü destekler nitelikte değildir.	
		5. İyileştirme Gelişme; 5.8 Her seviyedeki çalışanın eğitimi ve bilgisi, gelişim için öğrenmesi	4,2		
	Çalışanların tam katılımı / Çalışan taahhüdü	3.Çalışanların Katılımı; 3.1 Çalışan olarak işine olan bağlılık	3,6	Endüstri 4.0, bilgi ve tecrübe paylaşımları, çalışanların işe katılımını artırmaya devam etmekte fakat çalışanların işine olan bağlılığı, iyileştirme faaliyetlerine katılımını henüz yeterince etkilememektedir. Çalışanların katılımı ve taahhüdü, üzerinde daha fazla çalışılması gereken bir prensiptir.	
		3.Çalışanların Katılımı; 3.2 Çalışanların geliştirme/ iyileştirme faaliyetlerine katılımı	3,9		
		3.Çalışanların Katılımı; 3.7 Çalışanların işe katkısı ve katılımı	4,1		
		3.Çalışanların Katılımı; 3.6 İşyeri içindeki iş birliği, bilgi ve tecrübeyi paylaşımı	4,3		
	Takım çalışması	2. Liderlik; 2.4 Takım uyumu	3,9	Endüstri 4.0, takım uyumunu kısmen etkilemiştir. Bu konuda işletmelerin yeni yöntemler geliştirmesi gerekebilir.	
	Tedarikçi yönetimi	7. İlişki Yönetimi; 7.1, 7.2, 7.6, 7.8	3,6 ila 3,9	İşletmelerdeki Endüstri 4.0 uygulamaları, henüz tedarikçi ilişkilerine yansımamıştır.	

Tablo 5.1. (Devam) TKY Prensiplerinin Endüstri 4.0'daki durumu ile araştırma sonuçlarını karşılaştırma tablosu

Referans: Şekil 3.3 Unsuru		**Araştırması Sonuçları ile İlişkilendirme; Karşı Gelen ISO 9001:2015 Unsuru**			**SONUÇ**
MODEL	**TKY Uygulaması**	ISO 9001:2015 Prensipleri	Ortalama Değer	**BULGU**	
Organizasyonun ve Endüstri 4.0'ın geleceğinde stratejik, sürükleyici, rekabetçi TKY uygulamaları	Müşteri odaklılık	1. Müşteri Odaklılık	4,2	Endüstri 4.0, bu alanda işletmelere önemli bir mesafe kat ettirmeye başlamıştır. Bu da ilgili prensiplerin ve uygulamaların stratejik ve rekabeti etkileyen unsurlar olduğunu doğrular niteliktedir.	Teorik model ile bulgu, birbirini destekler niteliktedir.
	Süreç ve ürün tasarımı	5. İyileştirme; 5.1	4,25		
Endüstri 4.0'la uygulaması kolaylaşan TKY Prensipleri	Tam zamanında	5. İyileştirme; 5.4 Operasyonel verimlilik ve etkililik	5,0	Operasyonel verimlilik ve etkililikteki olumlu etkilenme, tam zamanındalık uygulamasının daha etkili uygulandığını gösterir.	Teorik model ile bulgu, birbirini destekler niteliktedir.
		7. İlişki Yönetimi; 7.6 Tedarikçilerden malzeme ve hizmetlerin stabil ve sorunsuz akışı	3,8	İşletmelerdeki Endüstri 4.0 uygulamaları, henüz tedarikçi ilişkilerine yansımamıştır. Zira, sonuçlardan görülmektedir ki, Endüstri 4.0 uygulamaları Türkiye'deki işletmelerde öncelikle Endüstri 4.0'ın "yatay değer zinciri"nde gerçekleştirilmektedir.	
	Bilgi yönetimi ve analiz	6. Kanıta dayalı karar verme; 6.5 Her seviyede çalışanın verilerin analizi ve değerlendirilmesi, yorumlanması yeteneği	4,3	Bilgi yönetimi ve analiz oldukça kolaylaşmıştır.	
	Sürekli gelişim	5.İyileştirme	4,5	İşletmelerde bu prensip çok daha iyi uygulanmaya başlamıştır.	
	Kıyaslama (benchmarking)	6. Kanıta dayalı karar verme; 6.6 Kalite araçlarının kullanımı ve Tablo 4.7 değeri	3,8	Kanıta dayalı karar verme prensibine giren TKY uygulamaları oldukça kolaylaşmıştır, bununla birlikte kıyas dahil kalite araçlarının kullanımının yaygınlığına dair ortalama değer çok yüksek değildir.	İzlenmeye devam edilmesi/değişime açık uygulama

Tablo 5.1. (Devam) TKY Prensiplerinin Endüstri 4.0'daki durumu ile araştırma sonuçlarını karşılaştırma tablosu

Referans: Şekil 3.3 Unsuru		**Araştırması Sonuçları ile İlişkilendirme; Karşı Gelen ISO 9001:2015 Unsuru**			**SONUÇ**
MODEL	**TKY Uygulaması**	ISO 9001:2015 Prensipleri	Ortalama Değer	**BULGU**	
Endüstri 4.0'la, verimli, zaman esaslı, kolay yönetilen ve uygulanan TKY Uygulamaları	Teknoloji kullanımı, SPC	6. Kanıta Dayalı Karar Verme	4,5	İletişim uygulaması hariç diğerleri işletmelerde kısmenden daha fazla olumlu etkilenmiştir ve etkilenmeye devam etmektedir. İşletmeler, bu uygulamaları, Endüstri 4.0'ın en temel değişimleri olarak görmektedir. Endüstri 4.0 sonuçları ve etkileri işletmelerde henüz ilişki yönetimine yansımamıştır. Bu da Türkiye'deki imalat tabanlı işletmelerde Endüstri 4.0'ın öncelikle "dikey değer zincirin"de uygulanmaya başlamasından kaynaklanmış olabilir.	Teorik model ile bulgu, birbirini destekler niteliktedir.
	Operasyonel kalite planlama	5. İyileştirme; 5.4 Operasyonel verimlilik ve etkililik	5,0		
	Süreç yönetimi	4. Süreç Yaklaşımı	4,4		
	İletişim	7. İlişki Yönetimi; 7.3, 7.4, 7,5,7,8	3,6 ila 3,9		İmalat tabanlı çalışan işletmelerde, Endüstri 4.0 uygulamaları kapsamında bu uygulama henüz yeterince gelişmemiştir. Kırmızı renkle kodlanmış "Endüstri 4.0'la birlikte yeniden tanımlanması /yapılandırılması gereken/ gelişime açık TKY uygulamaları" kısmına alınması daha uygun olacaktır.



Şekil 5.1. Endüstri 4.0 uygulamalarına yeni başlamış işletmelerde TKY prensiplerinin yeni durumu

- Endüstri 4.0 ortamında, kanıta dayalı karar verme ve müşteri odaklılık prensipleri, liderlik ve çalışanların katılımı prensiplerinin ilerlemesini etkileyen ve etkilemeye devam eden prensipleri oluşturur.
- İlişki yönetimi prensibi diğer faktörlerle daha az ilişki içindedir.

Bulanık DEMATEL sonuçlarında yer alan etkileyen prensiplerin tamamının, önceki araştırma sonuçlarında yer alan ortalamaların ortalaması değeri, likert ölçeğinde 4.0 (kısmen) değerinden daha yukarıdadır (bkz. Tablo 4.30). Yani, Endüstri 4.0 ortamında varlığı ve uygulaması olumlu yönde etkilenmiş prensipler sırasıyla kanıta dayalı karar verme, iyileştirme ve süreç yaklaşımı prensipleri iken, yine bu prensipler aynı zamanda Endüstri 4.0 ortamında liderlik ve çalışanların katılımı prensiplerine yön veren prensipler olarak karşımıza çıkmıştır. Liderlik prensibinde, Endüstri 4.0'ın liderliğe olan etkisi azaldı cevaplarının, alt kategorideki 8 sorunun tamamında var olduğu da göz önüne alındığında, bu etkilemenin ne yönde olacağı konusu bilinmemekle birlikte, varlığı güçlenen prensipler, liderlik prensibini de doğrudan etkileyecek ve yön verecektir diyebiliriz (bkz. Tablo 4.23).

Buna göre, genel olarak iyileştirme, süreç yaklaşımı, müşteri odaklılık ve kanıta dayalı karar verme, Endüstri 4.0 uygulamalarını şekillendiren prensiplerdir. Endüstri 4.0 gelişmeleri devam ederken, liderlik ve çalışanların katılımı ise diğer TKY prensiplerinin yerindeliği ve uygulanması doğrultusunda ilerleyen ve etkilenen prensipler durumundadır. Dolayısıyla Endüstri 4.0 ortamında, liderlik ve çalışanların katılımı prensipleri ile ilişki yönetimi prensibi diğer prensipler tarafından etkilenme yolu ile ilerleyen bir yönelim içindedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

TKY, işletmelerde hem prensipler hem metodolojiler bazında, çok yaygın kullanılan bir yönetim modelidir. TKY prensiplerinin, Endüstri 4.0 ile birlikte işletmelerin yönetimine olumlu katkıları giderek artabilir veya etkisi giderek azalabilir veya artık tartışmasız olarak işletmelerin bünyesinde tıpkı üretim için istihdam edilmiş çalışanlar, kullanılan enerji kaynakları gibi doğal bir girdi olarak yer alabilir. Bununla ilgili olarak bu çalışmada geliştirilen model, Bölüm 3.1'de aktarılmıştır. Çok çeşitli kaynaklarda ortaya konulan TKY prensipleri bir araya getirilerek oluşturulan çatıya göre; Endüstri 4.0 uygulayan ya da uygulayacak işletmelerde, özellikle akıllı fabrika olma yolundaki üretim esaslı işletmelerde bir kısım prensipler Endüstri 4.0'ın doğal (yönetim) bileşenleri haline gelecek, bir kısmı çok olumlu yönde etkilenecek ve rekabette öne çıkacak prensipler olarak Endüstri 4.0 için stratejik, sürükleyici, rekabetçi TKY Prensipleri 4.0 haline gelecek, bir kısmının Endüstri 4.0'la uygulaması kolaylaşacak, bir kısım prensiplerin ise Endüstri 4.0'la birlikte yeniden tanımlanması gerekecektir.

Araştırmaya katılan işletmelerden elde edilen bilgilere göre, Endüstri 4.0 uygulamalarını sadece bazı birim ve süreçlerde yapan işletme oranı %67 gibi oldukça yüksek bir orandır. Keza, işletmelerin %46'sında IoT oranı %50'nin altında, %22'sinde henüz bir akıllı fabrika uygulaması bulunmamakta ve %51'inde de bu oran %50'nin altındadır. Bu sonuçlar, işletmelerde ve özelde Türkiye'deki üretim esaslı işletmelerde Endüstri 4.0'ın henüz başlangıç safhasını yeni yeni geçmeye başladığı ve halen gelişmekte olduğu sonucunu ortaya çıkarır. İşletmelerin yönetim prensipleri kapsamında Endüstri 4.0'dan toplam bazda etkilenme seviyesi çok radikal seviyelerde değildir. Bu durum, dünyada ve ülkemizde Endüstri 4.0'ın çok yeni bir konu ve uygulamaları son hızla devam eden bir alan olması gerçeği ile uyumlu bir sonuçtur.

Endüstri 4.0, işletmelerin, ISO 9001:2015 prensiplerinden olan müşteri odaklılığını artırmıştır. Özellikle "iyileştirme", "süreç yaklaşımı" ve "kanıta dayalı karar verme" prensipleri, Endüstri 4.0'la birlikte olumlu yönde en çok etkilenmiş prensipler olup uygulaması kolaylaşmış prensipler haline gelmiştir. Özellikle operasyonel verimlilik ve

etkililik ile yenilikçi uygulamalarda artışa etkisi nettir. “Çalışanların katılımı” ve “liderlik” prensipleri, Endüstri 4.0’da etkisi pozitif yönde halen artmaya devam ettiğinden, önümüzdeki yıllarda Endüstri 4.0 ve insan kaynağına ve liderliğe etkisinin daha fazla çalışılması gerektiği açıktır.

Liderlikte özellikle liderin teknik bilgisi ve teknoloji adaptasyon yeteneğine olan ihtiyaç ve liderin sadece insanlara değil sisteme/insansız sistemlere liderlik etme rolüne ihtiyaç artmıştır. Endüstri 4.0’la birlikte liderlik konusu önümüzdeki yıllarda daha fazla tartışmaya açık hale gelecektir.

Çalışanların katılımı prensibindeki etkisinin detaylarına bakıldığında, henüz tam oturmamış ve üzerinde çalışılması gereken başlıklar vardır. Çalışanların işine bağlılığı, çalışanların geliştirme/ iyileştirme faaliyetlerine katılımı, çalışanların yetkinliği /kişisel gelişimi ve öğrenimi, çalışanların işe ve sürece olan etkisini anlaması, çalışanların işe katkısı ve katılımı” na olan olumlu etkisi konusunda işletmelerin çoğu hemfikir olmakla birlikte, çalışanların yetkilendirilmesi, iş birliği, paylaşımı, problemleri bulma ve çözme için teşvik edilmesi vb. konularında, Endüstri 4.0’ın farklı boyutlarda etkisi olduğu işletmeler de vardır.

Endüstri 4.0’ın ilişki yönetimi prensibinin, özellikle tedarikçi ilişkilerinin yönetimine henüz yeterli etkisi yoktur. Bunun nedeni, akıllı fabrika özelliğinde çalışmaya namzet işletmelerde Endüstri 4.0’ın öncelikle yatay değer zincirinde uygulamaya alınmasından kaynaklanmaktadır. Bu da normal bir durumdur zira yatay değer zincirinde dijitalleşme ve Endüstri 4.0 güçlenmeden dikey değer zincirini gerçekleştirmek zordur ve dünyada da sıralama bu şekildedir. Hem kalite teknikleri hem kalite araçları sonuçları; kalite araçları ve tekniklerinin, istatistik ölçümde ve problem çözme tekniklerinde artık daha fazla yer aldığını göstermektedir. İlişki yönetimi halen Endüstri 4.0 etkisi ile en az gelişimde olan, Endüstri 4.0’da ilerlemeye devam edecek bir prensiptir denebilir.

Kalite tekniklerinin ve kalite araçlarının kullanımı konusunda işletmelerde farklı etkiler oluşmuştur, bunun nedeni işletmelerdeki sektörel farklılıklar da dahil olmak üzere çok çeşitli etkenler olabilir. Araçların bir kısmı, Endüstri 4.0 ile birlikte sistemlerin içine yedirilmesinden dolayı otomatik kullanılır hale gelmeye başlamıştır.

Tablo 5.1'de ve Şekil 5.1'de, Bölüm 3.1'de ortaya konulan model ile araştırma sonuçları karşılaştırılarak, oluşturulan model realize edilmiştir. Buna göre, TKY prensiplerinin Endüstri 4.0 uygulayan bir işletmedeki konumu şöyledir;

Kategori 1- Endüstri 4.0'ın doğal yönetim bileşenleri; Kıyaslama uygulaması hariç kanıta dayalı karar verme prensibi ve tüm uygulamaları, iyileştirme prensibinin operasyonel kalite planlama uygulaması, Süreç yaklaşımı prensibinin süreç yönetimi uygulaması prensip ve uygulamaları, Endüstri 4.0'ın doğalında var olan TKY prensipleridir.

Kategori 2- Endüstri 4.0 için stratejik, sürükleyici, rekabetçi TKY Prensipleri 4.0; Müşteri odaklılık, iyileştirme prensibinin süreç ve ürün tasarımı uygulaması, işletmelerin ve Endüstri 4.0'ın geleceğinde stratejik, sürükleyici ve rekabetçi TKY prensipleri ve uygulamalarıdır.

Kategori 3- Endüstri 4.0'la uygulaması kolaylaşan TKY uygulamaları ve prensipleri; Süreç yaklaşımı prensibinin tam zamanındalık uygulaması, kanıta dayalı karar verme prensibinin bilgi yönetimi ve analiz uygulaması, iyileştirme prensibinin sürekli gelişim uygulaması, Endüstri 4.0'la uygulaması kolaylaşan TKY prensip ve uygulamalarıdır.

Kategori 4- Endüstri 4.0'la birlikte yeniden tanımlanması gereken/gelişime açık TKY uygulamaları ve prensipleri; Liderlik, çalışan katılımı ve ilişki yönetimi TKY prensipleri ve yanı sıra kanıta dayalı karar verme prensibinin kıyaslama uygulaması; Endüstri 4.0'la birlikte gelişime açık, yapılandırılması gereken TKY prensipleri ve uygulamalarıdır.

Daha özet bir tespit şöyle ifade edilebilir;

Endüstri 4.0 uygulamalarına yeni başlamış işletmelerde, müşteri odaklılık prensibi stratejik ve sürükleyici TKY prensibidir; kanıta dayalı karar verme, iyileştirme ve süreç yaklaşımı prensipleri Endüstri 4.0'la daha verimli ve kolay adapte edilen veya giderek uygulaması kolaylaşan TKY prensiplerdir; liderlik, çalışan katılımı; ilişki yönetimi prensipleri yeniden yapılandırılması gereken veya Endüstri 4.0 ortamında farklılaşmaya ve değişime açık prensiplerdir.

Bulanık DEMATEL sonuçlarına göre, Endüstri 4.0 ortamında, süreç yaklaşımı, iyileştirme, müşteri odaklılık ve kanıta dayalı karar verme prensipleri, liderlik ve çalışanların katılım prensiplerinin durumunu etkileyen prensiplerdir. Öncelikle kanıta

dayalı karar verme ve müşteri odaklılık, etki alanı olarak liderlik ve çalışanların katılımı prensiplerini yönlendirmektedir. Endüstri 4.0 ortamında, liderlik ve çalışanların katılımı prensipleri değişim yolunda etkilenmeye devam etmektedir.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre Endüstri 4.0 ortamında uygulaması en fazla oranda olumlu yönde artan prensiplerden süreç yaklaşımı, iyileştirme, kanıta dayalı karar verme ve müşteri odaklılık prensiplerinin tamamının ortalamaların ortalaması değeri, likert ölçeğinde 4.0 (kısmen) değerinden daha yukarıdadır. Bu prensipler, bulanık DEMATEL sonuçlarına göre, Endüstri 4.0 ortamında özellikle liderlik ve çalışanların katılımını etkileyen, yön veren prensiplerdir.

İstatistiksel analiz sonucuna göre, liderlik prensibinin durumunu ortaya koyan alt bileşenlerin standart sapma değerleri 1,5 ila 1,92 arasındadır ve ortalamaların ortalaması ise 4,05'dir. Çalışanların katılımı prensibinin alt bileşenlerinde ortalama değerler 3,6'ya kadar inmiştir ve ortalamaların ortalaması 4,0'dır. Bulanık DEMATEL sonuçlarına göre her iki prensip de Endüstri 4.0 ortamında süreç yaklaşımı, iyileştirme, kanıta dayalı karar verme ve müşteri odaklılık prensiplerinden etkilenen prensiplerdir. Bu sonuçları, Endüstri 4.0 ortamındaki uygulamaları henüz belirsiz ve az olan prensipler, aynı zamanda diğer prensiplerin ilerleyen baskın karakterleri ile şekillendiği ve etkilendiği prensiplerdir şeklinde yorumlayabiliriz.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, varlığı güçlenen prensipler zayıf ilerleyen liderlik ve çalışanların katılımı prensiplerini şekillendirmektedir.

İlişki yönetimi prensibi, bulanık DEMATEL sonuçlarına göre, Endüstri 4.0 ortamında diğer faktörlerden uzakta ilerleyen bir prensip durumundadır. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre ortalama değeri 3,74 olan bu prensip, Endüstri 4.0 ortamında kısmenden daha da az etkilenmiş bir prensiptir. ISO 9001:2015, ilişki yönetimi prensibini ağırlıklı olarak tedarikçilerle ilişkiler perspektifinden ele almaktadır ve araştırma soruları da bu çerçevede bir içeriği kapsamıştır. Tedarikçi ilişkileri ise, Endüstri 4.0 değer zinciri içinde ve akıllı fabrika perspektifinde özellikle Endüstri 4.0'ı yeni uygulamaya başlamış işletmelerde henüz entegrasyonu sağlanamamış bir konudur. Prensibin Endüstri 4.0 ortamındaki durumu bu nedenle zayıf çıkmıştır diyebiliriz.

Endüstri 4.0, bugünlerde otomasyona önem veren işletmelerde gördüğümüz iş emirlerinin iş istasyonlarına otomatik gönderilmesi, verimliliklerin sürecin her detayında ve bütününde dijital olarak yönetimin her kademesinde çok daha kolay takibini ve üretim performansına yönelik önlemlerin ve kararların çok hızlı alınmasını sağlamaya devam ederken ileriki yıllarda yerinden yönetimi çok daha farklı boyutlara getireceği açıktır. Halen, Endüstri 4.0 imkanları ile, istasyon bazlı stok kontrolü, malzemelerin istasyonlar arasında dağıtımı gibi lojistiği ilgilendiren uygulamalar, insansız yapılarak tekrar gerektiren, rutin işlemler hatasız gerçekleştirilebilmektedir.

Bütün gelişmeler, kaliteyi daha kolay yönetilebilir hale getirirken TKY'ndeki "sıfır hata" ile işlem yapmayı ve tam anlamı ile realize etmeyi oldukça kolaylaştıracaktır. Yanı sıra Endüstri 4.0, kaynak yönetimini etkin hale getirerek örneğin arızaya doğru müdahale hızlanmakta, sistem/makine duruş sürelerini minimuma indirirken, montaj hattı veya yüzlerce makinenin senkronize olarak çalıştığı imalatlarda üretim hattı dengelemeleri çok daha mükemmele yakın olacaktır.

Hijyen şartlarını korumanın önemli olduğu proseslerde veya güvenlik risklerinin olduğu üretim ortamlarında -örneğin silah üretim sanayiinde veya ilaç üretim sektöründe- insan eli değmeden üretime veya uzaktan erişim ve yönetime müsaade ettiği için bazı sektörlerde Endüstri 4.0'ın çok daha hızlı yayılacağı ve ilerleyeceği öngörülebilir.

Uzaktan erişimle yönetim, yeni iş modelleri geliştirerek bazı mesleklerde ve özellikle yönetimde insanları işyerinden biraz daha uzak çalışmaya imkan sağlarken bir yandan da 24 saat angajmana zorlayacaktır. Zira, Endüstri 4.0'daki dijitalleşme, bugünkü uygulamaları ile dahi dijital erişimle örneğin üretimde olağan dışı durumları çeşitli kademelere aşamalı olarak işyerinde olmasa dahi otomatik mesajlarla vb. durumdan haberdar edebilmektedir. Teknolojik uygulamalar, bir bilgisayara uzaktan erişimi sağlar hale getirmiştir. Karar vermede araç olarak kullanılan veri toplama ve analiz işlemleri neredeyse anlık olacağı için daha etkili çözümler üretmek mümkün olabilecektir. Raporlar otomatik olarak çıkabilmekte ve her kademedeki yönetici standart raporlara eş zamanlı ulaşabildiği için ortak dil kullanımı ve dolayısı ile çalışanın katılımı zaruri ve daha kolay hale gelmeye devam etmektedir. Dolayısı ile bilgi paylaşımı şeffaf yönetimi destekleyecektir. Bütün bu gelişmelerin ürünlerde ve yönetimde radikal değişimler

getireceği, işletmeleri çok daha farklı, fakat çok daha rekabetçi noktalara taşıyacağı beklenmelidir.

Endüstri 4.0'a tüm makinaların atılması, yenilerinin alınması, tüm işletmenin robotlarla doldurulması olarak bakılmaması gerekir. Dönüşüm ve değişim, bir işletme kültürü gerektirir. Dolayısı ile Endüstri 4.0, işletme kültürü ile de yakından ilgili olmalıdır.

Genel olarak Endüstri 4.0, standartlaşmayı ve standartlar üzerinden sürekli gelişmeyi tam bir sisteme oturtabilir ve bunu işletmede otomatize edebilir.

Değişimler dikkate alındığında, bir yönetim modeli olarak TKY, yönetimi yönlendirmek ve Endüstri 4.0 devrimlerini yaşayan işletmelere bir yöntem sunmak için yönetim modeli çerçevesinde gözden geçirilmeli, güncellenmeli ve güçlendirilmelidir. TKY, Endüstri 4.0 ile birlikte geçerli olmaya devam edemezse, yeni bir yönetim modelinin koşulları oluşturulmalıdır. Bunun için önümüzdeki yıllardaki gelişmelerin yakından takip edilmesine ihtiyaç vardır ve tabi ki akademik çalışmalarla bilimsel temellere oturtulmalıdır.

KAYNAKLAR

Abrunhosa P., Sa' M. E, Are TQM Principles Supporting Innovation in the Portuguese Footwear Industry?, *Technovation*, 2008, **28**, 208–221.

Agrawal N., A Framework for Crosby's Quality Principles Using ISM and MICMAC Approaches, *The TQM Journal*, 2020, **32**(2), 305-330.

Aguayo R., *Dr. Deming: The American Who Taught the Japanese About Quality*, 1st Edition, Carol Publishing Group, Rockefeller Center New York USA, 1990.

Ahire S. L., Golhar D. Y. and Waller M.A., Development and Validation of TQM Implementation Constructs", *Decision Sciences*, 1996, **27**(1), 23-56.

Aized T., Total Quality Management and Six Sigma, *IntechOpen*, 2012,

Akdağ M., Total Quality Management and Its Place in the Organization, Selçuk İletişim, **4**(1), 2005, 159-170.

Aksakal E., Dağdeviren M., ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2010, **25**(4), 905-910.

Akşit B. T., "Yükseköğretimde Toplam Kalite Yönetimi", *Eğitim Yönetimi*, 2000, **21**, 9.

Alcácer V. & Cruz-Machado V., Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2019, **22**(3), 899-919.

Alçın S., Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0, *Journal of Life Economics*, 2016, **3**(2), 19-30.

Andersen H. V., Lawrie G., Shulver M., *2GC-Working Paper*, The Balanced Scorecard vs the EFQM Business Excellence Model – Which is The Better Strategic Management Tool?, 06.2000.

Anderson J. C., Rungtusanatham Manus and Schroeder Roger G., *A Theory of Quality Management Underlying the Deming Management Method Author(s)*, The Academy of Management Review, Special Issue: "Total Quality", July 1994, **19**(3), 472-509.

Anil A. P., Satish K. P., Investigating the Relationship Between TQM Practices and Firm's Performance: A Conceptual Framework for Indian Organizations, *Procedia Technology*, 2016, **24**, 554–561.

Asif M., Are QM Models Aligned with Industry 4.0? A Perspective on Current Practices, *Journal of Cleaner Production*, 2020, **258**.

Axiomtek Co. Trends in Factory Automation: The Internet of Things, 2015.

Badri M.A., Davis D. & Davis D., A Study of Measuring The Critical Factors of Quality Management, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1995, **2**(2), 36–53.

Baenaa F., Guarin A., Mora J., Sauza J., Retat S., Learning Factory: The Path to Industry 4.0, *7th Conference on Learning Factories, Procedia Manufacturing, 2017, **9**,* 73-80.

Bauernhansl T, Schatz A, Jäger J., Complexity of Economics – Industry 4.0 and Consequences, *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 2014, **5**, 347-350.

Bauer W., Hämmerle M., Schlund S., & Vocke C., Transforming to A Hyper-connected Society and Economy – Towards an "Industry 4.0", *Procedia Manufacturing,* 2015, **3**, 417-424.

Beaumont N. B., Sohal A. S. & Terziovski M., Comparing Quality Management Practices in The Australian Service and Manufacturing Industries, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1997, **14**(8), 814-833.

Besterfield D. H., *Total Quality Management*, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1995.

Bhuiyan N, Baghel A., An Overview of Continuous Improvement: From the Past to the Present. *Management Decision,* 2005, **43**(5), 761-71.

Black S. A & Porter L. J., Identification of Critical Factors of TQM, *Decision Sciences*, 1996, **27**, 1-21.

Bozkurt R., "Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri", *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, 2010, **5**.

Bravi L., Murmura F., Santos G., The ISO 9001:2015 Quality Management System Standard: Companies' Drivers, Benefits and Barriers to Its Implementation, *Quality Inniovation Prosperity*, **23**(2), 2019.

Brettel M., Friederichse N., Keller M. & Rosenberg M., How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering,* 2014, **8**(1), 37-44.

Bryne D., M. and Taguchi S., The Taguchi Approach to Parameter Design, *ASQC Quality Congress Transactions*, Anaheim, CA, 1986, 168.

Budak G., TKY'de İnsan Kaynakları Planlaması. *CBÜ İİBF Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 1997, **3**(1).

Buhr D., Social Innovation Policy for Industry 4.0, *WISO Diskurs, Expertisen und Dokumentationen zur Wirtschafts- und Sozialpolitik*, Friedrich-Ebert- Stiftung, Bonn, April 2015.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Erschließen der Potenziale der Anwendung von, Industrie 4.0'im Mittelstand, 2015.

Calvo-Mora A., Ruiz-Moreno C., Picón-Berjoyo A., Cauzo-Bottala L., Mediation Effect of TQM Technical Factors in Excellence Management Systems, *Journal of Business Research*, 2014, **67**, 769–774.

Canan B., www.siskon.com.tr/dosya/PDF/Makale/Bulut_Bilisim.docx, 2018, (Ziyaret tarihi: 07 Ekim 2020).

Cemernek D., Gursch H., Kern R., Big Data as A Promoter of Industry 4.0: Lessons of The Semiconductor Industry, *IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 2017, 239–244.

Chen C. T., Extensions of The TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, **114**, 1–9.

Chong L., Ramakrishna S., Singh S., A Review of Digital Manufacturing Based Hybrid Additive Manufacturing Processes, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018, **95** (5–8), 2281–2300.

Christian N. M., *Handbook of Total Quality Management*, International Journal of Quality Science Department of Management and Management Science, Lubin School of Business Pace University New York, USA, 1998.

Coşkun S., Toplam Kalite Yönetimi ve Yönetim Teorisi, *Amme İdaresi Dergisi*, Aralık 2003, **36**(4), 55-68.

Crnjac M., Veža I., and Banduka N., From Concept to The Introduction of Industry 4.0, International, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2017, **8**(1), 21-30.

Crosby P., *Let's Talk Quality*, Plume, New York, 1990.

Crosby P. B., *Quality is Free*, McGraw Hill, New York, 1979.

Crosby P., *Quality Without Tears: The Art of Hassle Free Management*, McGraw-Hill, New York, 1984.

Çabuk S. N., Kalite Yönetim Sistemlerinde Temel Kavramlar: Kalite Kontrol, Kalite Güvence ve Kalite İyileştirme, *Anadolu Üniversitesi Kalite Yönetim Sistemleri*, 2013, **1**(2), 46-73.

Çoban S.*,* Toplam Kalite Yönetimi Perspektifinde İçsel Pazarlama Anlayışı, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* Ocak-Haziran 2004, **22***, 85-98.*

Dahlgaard J. J., Kristensen K., Khanji G. K., *Fundamentals of Total Quality Management*, Taylor & Francis, 2002.

Dale B. G., *Managing Quality Fourth Edition*, Blackwell Publishing Ltd., USA, 2003.

Dametew A. W., Kitaw D., Ebinger O., The Roles of TQM and JIT for Basic Metal Industries Global Competitiveness, *Ind Eng Manage, 2017,* **6**(213).

Das A., Paul H. & Swierczek F. W., Developing And Validating Total Quality Management (TQM) Constructs in the Context of Thailand's manufacturing Industry, *Benchmarking: An International Journal*, 2008, **15**(1), 52-72.

Davies R., Members' Research Service, *European Parliamentary Research Service*, Briefing; Industry 4.0 Digitalisation for Productivity and Growth, 2015, PE 568.337.

Davies R., Coole T., Smith A., Review of Socio-technical Considerations to Ensure Successful Implementation of Industry 4.0, *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017*, 27-30 June 2017, Modena, Italy, 2017, **11**, 1288-1295.

Deming W. E., *Out of The Crisis,* MIT Center for Advanced Engineering, MA, Cambridge, 1986.

Deming W. E., *Out of The Crisis: Quality, Productivity and Competitive Position, Cambridge*, Cambridge University Press, 1986.

Deming W. E., *Quality, Productivity and Competitive Position*, MIT Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, 1982.

Deming Prize, *Guide for Overseas Companies*, Union of Japanese Scientists and Engineers, Tokyo, 1996.

Demirbağ M., Tatoğlu E., Tekinkuş M., Zaim S., An Analysis of the Relationship between TQM Implementation and Organizational Performance: Evidence from Turkish SMEs, *Journal of Manufacturing Technology Management*, August 2006, **17**(6).

Diabat A. and Govindan K., An Analysis of Drivers Affecting The Implementation of Green Supply Chain Management, *Resources Conservation and Recycling*, 2011, **55**(6), 659–667.

Dilberoglu U. M., Gharehpapagh B., Yaman U. and Dolen M. The Role of Additive Manufacturing in The Era of Industry 4.0, *Procedia Manufacturing*, 2017, **11**(2), 545–554.

Drath R. & Horch A., Industrie 4.0: Hit or Hype, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 2014, **8**(2), 56-58.

Dow D., Swanson D., & Ford S., Exploding the Myth: Do All Quality Management Practices Contribute to Superior Quality Performance?, *Production and Operations Management,* 1999, **8**(1), 1-27.

EKOIQ, “Akıllı” Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Bilişimin Endüstriyle Buluştuğu Yer Türkiye “Akıllı” Üretime Hazır mı?, *EKOIQ Dergisi Özel Eki,* Aralık 2014.

Elkhodr M., Shahrestani S. and Cheung H., The Internet Of Things: New Interoperability, Management and Security Challenges, International *Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA),* 2016, **8**(2).

Erbaş E., Yorumlayıcı Yapısal Modelleme Temelinde Toplum Temelli Turizm Girişimlerinde Kaynak Orkestrasyonu: Lisinia Doğa, *20. Ulusal - 4. Uluslararası Turizm Kongresi*, Eskişehir, 16-19 Ekim 2019.

Erboz G., How to Define Industry4.0: The Main Pillars Of Industry 4.0, *Conference on Managerial Trends in The Development of Enterprises in Globalization Era,* Slovakia, November 2017, 761-767.

Erginel N., Are TQM Principles Implemented by Large Companies and SMEs Similar in Turkey?, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-A*, 2010, **11**(2), 125-140.

Erkılıç T. A., Toplam Kalite Yönetimi İlkelerinin Yönetim Yaklaşımları Bağlamında Tartışılması, *GAU J. Soc. & Appl. Sci.*, 2007, **2**(4), 50-62.

European Quality Award, *Self-assessment Based on the European Model for Total Quality Management: Guidelines for Identifying and Addressing Business Excellence Issues*, European Quality Award, Brussels, 1994.

Feigenbaum A. V., *Quality Control*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, 1991.

Flynn B. B., Schroeder R.G. & Sakakibara S., A Framework for Quality Management Research and an Associated Measurement Instrument, *Journal of Operational Management*, 1994, **11**, 339-366.

Forbes L. H. & Ahmed S. M., *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*, Boca Raton, Fly, Taylor and Francis, 2011.

Fotopoulos C. B., & Psomas E. L., The Impact of “Soft” and “Hard” TQM Elements on Quality Management Results, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2009, **26**(2), 150-163.

Fraunhofer I. A. O., *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0 [Production work of the future – Industry 4.0]*, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart, 2013.

Gadenne D., & Sharma B., An Inter-Industry Comparison of Quality Management Practices and Performance, *Managing Service Quality*, 2002, **12**(6), 394-404.

Garvin D. A., *Managing Quality the Strategic and Competitive Edge*, The Free Press, New York, 1988.

Gharakhani D., Rahmati H., Farrokhi M. R., Farahmandian A., Total Quality Management and Organizational Performance, *American Journal of Industrial Engineering*, 2013, **1**(3), 46-50.

Gunasekaran A., Subramanian N., Ngai W. T. E., Editorial; Quality Management in The 21st Century Enterprises: Research Pathway Towards Industry 4.0, *International Journal of Production Economics*, 2019, **207**, 125-129.

Gökşen Y., Kılıç S., "Yönetim Süreci Etkinliğinin Sağlanması Sürecinde Karar Destek Uygulaması", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2011, **13**(1), 81-95.

Halis M., Toplam Kalite Yönetimi Perspektifinden İşletme Performansı, "İş, Güç" *Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 09.2007, **9**(4).

Hamid S. R., İsa S., Chew B. C. and Altun A., Quality Management Evolution from the Past to Present: Challenges for Tomorrow, *Organizacija*, 2019, **52**(3), 157-186.

Harrington H. J., Voehl F., Wiggin H., "Applying TQM to The Construction Industry", *The TQM Journal*, 2012, **24**(4), 352-362.

Harry M, Schroeder R., *Six Sigma— The Breakthrough Management Strategy*, Doubleday, New York, 2000.

He Z., Chang T., Lu S., Ai H., Wang D., Zhou Q., Research on Human-Computer Interaction Technology of Wearable Devices Such as Augmented Reality Supporting Grid Work, *Procedia Computer Science*, 2017, **107**, 170–175.

Hecklau F., Galeitzke M., Flachs S., mmm nl Holger, Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0, *6th CLF - 6th CIRP Conference on Learning Factories*, ScienceDirect, Procedia CIRP 54, 2016, 1-6.

Heidelberg North America, Next Level: 9 Components of Industry 4.0, *Hiedelberg*, 30.08.2016.

Hermann M., Pentek T. & Otto B., Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. IEEE Computer Society, *49th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, 2016, 3928-3937.

Hirsch-Kreinsen H., Wandel von Produktionsarbeit – ‚Industrie 4.0', *WSI-Mitteilungen*, 2014, **6**, 421-9.

Hirsch-Kreinsen, H., Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0" auf die Arbeitswelt? [What are the consequences of Industry 4.0 for the world of work?], *WISO direkt*, *Analysen und Konzepte zur Wirtschafts- und Sozialpolitik*, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn, 2014.

Hoang D. T., Igel B. and Laosirihongthong T., Total Quality Management (TQM) Strategy and Organizational Characteristics: Evidence from a Recent WTO Member, *Total Quality Management,* 09.2010, **21**(9), 931-951.

Hofmann E., Rüsch M., Industry 4.0 and The Current Status as well as Future Prospects on Logistics, *Computers in Industry, 2017,* ***89,*** 23-34.

Ibara D., Ganzarain J., Igartua J. I., Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30, *11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering*, 5-6 October 2017, Tirgu-Mures, Romania, Procedia Manufacturing, 2018, **22**, 4-10.

Illés B., Tamás P., Dobos P., Skapinyecz R., New Challenges for Quality Assurance of Manufacturing Processes in Industry 4.0, *Solid State Phenomena*, 2017, **261**, 481-486.

Imai M., *Kaizen Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı*, Kalder Yayınları, Çeviri, 2014.

International Organization for Standardization, *Quality Management Principles, ISO-Quality Booklet*, ISO, 2015.

Ishikawa K., *Toplam Kalite Kontrol*, İstanbul, KalDer Yayınları, 1995.

Islam A. and Haque A. F. M A., Pillars of TQM Implementation in Manufacturing Organization - An Empirical Study Md., *Journal of Research in International Business and Management*, 2012, **2**(5), 128-141.

I-SCOOP Co., *Industry 4.0: The Fourth Industrial Revolution – Guide to Industrie 4.0*, E-book, 2018.

İlğan A., Erdem M., Taşdan M., Örgütsel Gelişim Aracıları Olarak Toplam Kalite Yönetimi İle Stratejik Yönetim Ve Planlama Yaklaşımları, *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 2008, **3**(35), 75.

Joel M., *The Second Industrial Revolution-1870-1914*, Northwestern University, August 1998.

John B., *Quality: A Critical Introduction*, 4th edition, Routlegde Taylor&Francis Group, Sunrise Setting Ltd., UK, 2017.

Juran J. M., *Quality Control Handbook*, McGraw Hill, New York, 1988.

Juran J. M., *Juran on Planning for Quality,* The Free Press, New York, 1988.

Juran J.M. and Gryna F.M., *Quality Planning and Analysis*, 3rd edition, McGraw-Hill, Newyork, 1993.

Juran M. and Godfrey A., *Juran's Quality Handbook*, 5th edition, New York, Mc Graw-Hill; 1998.

Kadir A. ve İsmail K., Nesnelerin İnterneti Uygulamaları İçin Algılayıcı/Eyleyici Kablosuz Düğüm İlk Örneği Geliştirme, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2016, **7**, 35-43.

Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., Recommendations for Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0. Report, Industry 4.0 Working Group, *acatech – National Academy of Science and Engineering*, 2013.

Kagermann H., How Industrie 4.0 will Coin The Economy of The Future-The Results of The German High-tech Strategy's and Strategic Initiative Industry 4.0, *Royal Academy of Engineering*, London, February 2014.

Kal Der, *EFQM Mükemmellik Modeli: Kamu ve Sivil Toplum,* Kal Der, İstanbul, 2003.

Kamble S. S., Gunasekaran A., Gawankar S. A., Sustainable Industry 4.0 Framework: A Systematic Literature Reviewidentifying the Current Trends and Future Perspectives, *Process Safety and Environmental Protection,* 2018, **117,** 408-425.

Kaspar S., Schneider M., Lean und Industrie 4.0 in der Intralogistik: Effizienzsteigerung Durch Kombination der Beiden Ansätze, *Productivity Management*, 2015, **5**, 17-20.

Kaygın E., Zengin Y., Topçuoğlu E., Endüstri 4.0'a Akademik Bakış, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Ekim 2019, **33**(4), 1065-1081.

Keliang Z., Taigang L. & Lifeng Z., Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges, *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, China, August 2015.

Kerem C. B., Sanayinin Geleceği: Robotlar ve Yapay Zeka, *6. Ulusal Verimlilik Kongresi*, Ankara, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, 2017.

Khanam S., Siddiqui J. and Talib F., Modelling The TQM Enablers and IT Resources in The ICT Industry: An ISM-MICMAC Approach, *International Journal of Information Systems and Management*, 2015, **1**(3), 195- 218.

Kılıç Ş., Aydınlı C., Sağlık Kurumlarında Süreç Yönetimi Uygulamaları, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 2015.

Koch V., Simon K., Geissbauer R., Schrauf S., *Indusrty 4.0, Opportunities and Challanges of The Industrial Internet*, PwC, 2015.

Koh T. Y. and Pheng L. S., Organizational Culture and TQM Implementation in Construction Firms in Singapore, *Construction Management and Economics*, 2008, **26**(3), 237-248.

Konecny P. A. and Thun J. H., Do It Separately or Simultaneously—An Empirical Analysis of a Conjoint Implementation of TQM and TPM on Plant Performance, *International Journal of Production Economics, 2011, **133**(2), 496-507.*

Kökümer Z., Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Beyaz Eşya Sektöründe Endüstri 4.0 Dijital Dönüşüm Yetkinlik Analizi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 2018, Yüksek Lisans Tezi.

Kruger V., Total Quality Management and Its Humanistic Orientation Towards Organisational Analysis, *The TQM Magazine*, 1998, **10**(4), 293-301.

Kruger V., Main Schools of TQM: 'The Big Five'. *The TQM Magazine*, 2001, **13**(3), 146-155.

Künzel H., *Erfolgsfaktor Lean Management 2.0: Wettbewerbsfähige Verschlankung auf Nachhaltige und Kundenorientierte Weise*, Germany, Springer Gabler, 2016.

Lee J., Industry 4.0 in Big Data Environment, *German Harting Magazine*, 2013, **8**(10).

Lee V. H., Ooi K. B, Tan B. and Chong Y. L., A Structural Analysis of the Relationship between TQM Practices and Product Innovation, *Asian Journal of Technology Innovation***,** 2010, **18**(1), 73-96.

Lia Y., Daib J., Cuic L., The Impact of Digital Technologies on Economic and Environmental Performance in The Context of Industry 4.0: A Moderated Mediation Model, *International Journal of Production Economics*, 2020, **229.**

Lopez-Mielgo N., Jose M. M.-P. and Camilo J. V.-O., Are Quality and Innovation Management Conflicting Activities?, *Technovation*, 2009, **29**, 537-545.

Lu E. & Sohal A., Success Factors, Weaknesses and Myths Concerning TQM Implementation in Australia, *Total Quality Management*, 1993, **3**, 245-255.

Lu Y., Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues, *Journal of Industrial Information Integration*, 2017, **1**(10).

Lifvergren S. and Bergman B., Improving 'Improvement' by Refocusing Learning: Experiences from an –Initially- Unsuccessful Six Sigma Project in Healthcare, Total Quality Management and Six Sigma, *Open Access-Intech*, 2012, 23-38.

Lu Y., Morris K. C., Frechette S., *Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems*, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 8107, USA, 2016.

Madakam S., Ramaswamy R., Tripathi S., Internet of Things (IoT): A Literature Review, *Journal of Computer and Communications*, 05.2015, **3**, 164-173.

Manichander T., Manjula H. S., *Management of School Education*, 978-1-329-79813-7, Lulu Publications, 2015.

Mayr A., Weigelt M., Kühl A., Grimm S., Potzel M., Franke J., Lean 4.0 - A Conceptual Conjunction of Lean Management and Industry 4.0, *51st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, İsveç, 2018.

Masood U. H., Aamna M., Saif U. Q., Impact of TQM Practices on Firm's Performance of Pakistan's Manufacturing Organizations, *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2012, **2**(10), 232-259.

McKinsey, *How to Navigate Digitization of The Manufacturing Sector*, McKinsey Digital, 2015.

Merz S. L., Siepmann D., *Industrie 4.0 – Vorgehensmodell fur die Einfuhrung*, Springer Berlin, Heidelberg, Germany, 2016.

METI Journal Through IoT, *Japanese Factories Connected Together*, 05.2015.

Mills C. A., *The Quality Audit; a Management Evaluation Tool*, ASQC Quality Press, McGraw-Hill, MilwaukeeNew York, 1989.

Mohd S., Aspinwall Y. E., Critical Success Factors for Total Quality Management Implementation in Small and Medium Enterprises, *Total Quality Management*, 1999, **10**(4&5), 803-809.

Mohelska H., Sokolova M., Management Approaches For Industry 4.0 – The Organizational Culture Perspective, *Technological and Economic Development of Economy*, 2018, **24**(6), 2225-2240.

Monostori L., Kádár B., Bauernhansl T., Kondoh S., Kumara S., Reinhart G., Sauer O., Schuh G., Sihn W., Ueda K., Cyber-Physical Systems in Manufacturing, *CIRP Ann.*, 2016, **65**(2), 621–641.

Moreno-Luzon M. D., Peris F. J., Strategic Approaches, Organizational Design and Quality Management - Integration in a fit and Contingency Model, *International Journal of Quality Science*, 1998, **3**(4), 328-347.

Motwani J., Critical Factors and Performance Measures of TQM, *The TQM Magazine*, 2001, **13**(4), 292-300.

Mourtzis D., Challenges and Future Perspectives for The Life Cycle of Manufacturing Networks in The Mass Customisation Era, *Logistics Research*, 2016, **9**(1), 1-20.

Mrugalska B., Wyrwicka M. K., Project, and Production Management Towards Lean Production in Industry 4.0, *7th International Conference on Engineering, Procedia Engineering, 2017,* **182***,* 466-473.

Müller J., Contributions of Industry 4.0 to Quality Management – A SCOR Perspective, *IFAC PapersOnLine Avusturya,* 2019, **52**(13), 1236-1241.

Nabil A. S., Reaching for The “Cloud”: How SMEs can Manage, *International Journal of Information Management*, 2011, **31**(3), 272-278

Naktiyok A., Küçük O., Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerde (KOBİ) Toplam Kalite Yönetimi (TKY) Kritik Faktörlerinin Örgütsel Performans Üzerine Etkileri, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Temmuz-Aralık 2003, **21**, 43-65.

Nejad H. & Rowe G., Strategic Leadership: Short-term Stability and Long-term Viability, *Ivey Business Journal*, 2009, **73**(5), 2-6.

Oakland J. S., *Total Quality Management and Operational Excellence*, 4th Edition, New York, 2014.

Oakland J. S., *Total Quality Management*, Oxford, Butterworth-Heinemann, 1993.

Obermaier R., *Industrie 4.0 als Unternehmeriche Gestaltungsaufgabe*, Springer Gabler, Wiesbaden, Germany, 2016.

Okay Ş., TKY Uygulamalarının Mesleki ve Teknik Ortaöğretimde Paydaşlar Arasındaki İletişime Etkileri, *Tübav Bilim Dergisi*, 2008, **1**(2).

Omachonu V. K. & Ross J. E., *Principles of Total Quality*, 3rd ed., Boca Raton, Florida, Taylor & Francis, 2004.

Özçakar N., Bir Kamu Kuruluşundaki Toplam Kalite Yönetimi Uygulamalarının Değerlendirilmesi, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 2010, **39**(1), 106-124.

Özdoğan O., *Endüstri 4.0*, Pusula Yayınları, Ankara, 2017.

Özer G., Eklemeli Üretim Teknolojileri Üzerine Bir Derleme, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2020, **9**(1), 606 - 621

Özmutaf N. M., Toplam Kalite Yönetiminin Temel Unsurları Bağlamında Sivil Toplum Kuruluşları, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 2010, **2**(2)**,** 66-86.

Özsoylu A. F., Endüstri 4.0, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 2017, **21**(1), 41-64.

Pagnon W., The 4th Industrial Revolution – A Smart Factory Implementation Guide, Freelance Robotics Pty Ltd, *International Journal of Advanced Robotics and Automation*, June 06, 2017.

Palmarini R., Erkoyuncu J., Roy R. and Torabmostaedi H., A Systematic Review of Augmented Reality Applications in Maintenance, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2018, **49**, 215-228.

Pfeiffer S., Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work is More Than Routine Work, *Societies*, 2016, **6**(16), 1-26.

Pîrvu B.C. and Zamfirescu C.B., Smart Factory in The Context of 4th Industrial Revolution: Challenges and Opportunities for Romania, *ModTECH IOP Publishing IOP Conf. Series, Materials Science and Engineering,* 2017, **227**.

Powell T. C., Total Quality Management as Competitive Advantage: A Review and Empirical Study, *Strategic Management Journal*, 1995, **16**, 15-37.

Power D.J., Amrik S.S. & Rahman S., Critical Success Factors in Agile Supply Chain Management, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management,* 2001, **31**(4), 247-265.

Prajogo D. I., Sohal A. S., TQM and Innovation: a Literature Review and Research Framework, *Technovation*, 2001, **21**, 539-558.

Prajogo D. I., & Sohal A. S., The Relationship between TQM Practices, Quality Performance, and Innovation Performance, *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 2003, **20**(8), 901-918.

Prajogo D. I., The Comparative Analysis of TQM Practices and Quality Performance between Manufacturing and Service Firms, *International Journal of Service Industry Management*, 2005, **16**(3), 217-228.

Prajogo D. I., Sohal A. S., The Multidimensionality of TQM Practices in Determining Quality and Innovation Performance - an Empirical Examination, *Technovation*, 2004, **24**, 443-453.

Prinz C., Kreimeier D., Kuhlenkötter B., Implementation of a Learning Environment for an Industrie 4.0 Assistance System to Improve the Overall Equipment Effectiveness, *7th Conference on Learning Factories, CLF 2017, Procedia Manufacturing, 2017, **9**,* 159-166.

Qian F., Zhong W., Du W., Fundamental Theories and Key Technologies for Smart and Optimal Manufacturing in the Process Industry, *Engineering*, 2017, **3**, 154-160.

Qina J., Liua Y., Grosvenora R., Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, *ScienceDirect Procedia CIRP,* 2016, **52**, 173-178.

Quazi H. and Padibjo S., A Journey Towards Total Quality Management through ISO 9000 Certification a Singapore Experience, *The TQM Magazine*, 1997, **9**(5), 364-71.

Rabbani A., Molavi M., Beigzadeh Y., Evaluate and Rank the Performance of Total Quality Management in Manufacturing Organizations with Approach Fuzzy ANP, *Report and Opinion*, 2013, **5**(5).

Radziwona A., Bilberga A., Bogersa M., Madsenb E. S., *24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation*, 2013, The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions, *ScienceDirect, Procedia Engineering,* 2014, **69**, 1184-1190.

Rahman S., & Bullock P., Soft TQM, Hard TQM, and Organisational Performance Relationship: An empirical Investigation, *Omega*, 2005, **33**, 73–83.

Rao S., Solis L. and Raghunathan T., A framework for International Quality Management Research: Development and Validation of a Measurement Instrument, *Total Quality management*, 1999, **10**(7), 1047-75.

Reiner A., Industry 4.0-Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production, *19th International Seminar on High Technology*, Technological Innovations in the Product Development, Piracicaba, Brazil, 2014.

Roblek V., Meško M., Krapež A., A Complex View of Industry 4.0, *SAGE Open*, April-June 2016, **1**(11).

Rodič B. Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm, *Organizacija*, 2017, **50**(3), 193–207.

Rojko A., Industry 4.0 Concept: Background and Overview, *International Journal of Interactive Mobile Technologies***,** 2017, **11**(5), 77-90.

Roland B., *Industry 4.0; The New Industrial Revolution, How Europe will Succeed*, Rolanberger Publication, 2014.

Ruskin J., The Stones of Venice, Volume II (1853), Dover Publications, ABD, 2005

Sader S., Husti István, Daróczi Miklós, Industry 4.0 as a Key Enabler toward Successful Implementation of Total Quality Management Practices, *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 2019, **27**(2), 131-140.

Sader S., Husti I., Daróczi M., Suggested Indicators to Measure The Impact Of Industry 4.0 On Total Quality Management, *International Scientific Journal "Industry 4.0"*, 2017, **6**, 298-301.

Sadıkoğlu E. and Olcay H., School of Business Administration, Gebze Institute of Technology, Research Article; The Effects of Total Quality Management Practices on Performance and the Reasons of and the Barriers to TQM Practices in Turkey, *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Decision Sciences*, 2014, **Volume 2014**.

Sahoo T., Banwet D. K. and Momaya K., Developing a Conceptual Framework for Strategic Technology Management Using ISM and MICMAC Methodology a Case of Automotive Industry in India, *Global Business Review*, 2011, **12**(1), 117- 143.

Sallis E., *Total Quality Management in Education*, 3rd edition, Kogan Page, London, 2002.

Samson D. and Terziovski M., The Relationship Between Total Quality Management Practices and Operational Performance, *Journal of Operations Management*, 1999, **17**, 393-409.

Saraç Ö., *Türk Vergi Yönetiminde Toplam Kalite*, İzmir, 2000.

Saraph J. V., Benson G. P., & Schroeder R. G., An Instrument for Measuring The Critical Factors of Quality Management, *Decision Sciences*, 1989, **20**, 810–829.

Scheer A. W., *Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung Industrie 4.0 als Unternehmerische Gestaltungsaufgabe*: Betriebswirtschaftliche, Technische und Rechtliche Herausforderungen, Springer Gabler, 2016, 35-52.

Schröder C., *The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises, a good society – social democracy*, # 2017 plus, A Project by The Friedrich-Ebert-Stiftung, 2015–2017.

Semuel H., Siagian H. & Octavia S., The Effect of Leadership and Innovation on Differentiation Strategy and Company Performance, *7th International Conference on Intercultural Education "Education, Health and ICT for a Transcultural World"*, EDUHEM 2016, 15-17 June 2016, Almeria, Spain, *ScienceDirect, Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2017, **237**, 1152-1159.

Sevimler S., Duran C., Çetindere A., Toplam Kalite Yönetiminin Unsurları ile İşletme Performansı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Eskişehir Örneği, *DergiPark, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2011, **29.**

Shamim S., Cang S., Yu H., Li Y., Management Approaches for Industry 4.0, *IEEE Congress on Evolutionary Computation*, İngiltere, 2016.

Shyamal G., *TQM Techniques*, Wordpress, Chapter-4, 2011.

Sila I. and Ebrahimpour M., Examination and Comparison of The Critical Factors of Total Quality Management (TQM) Across Countries, *International Journal of Production Research*, 2003, **41**(2), 235-268.

Sila İ., Examining the Effects of Contextual Factors on TQM and Performance through the Lens of Organizational Theories, *Journal of Operations Management*, 2007, **25**(1), 83-109.

Silvestro R., The Manufacturing TQM and Service Quality Literatures: Synergistic or Conflicting Paradigms?, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1998, **15**(3), 303-328.

Singh M., Khan I. A., Grover S., Tools and Techniques for Quality Management in Manufacturing Industries, *Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering*, *YMCA University of Science & Technology*, Faridabad, Haryana, 2012, **19**(20).

Singh R. and Bhanot N., An Integrated DEMATEL-MMDE-ISM Based Approach for Analysing The Barriers of IoT Implementation in The Manufacturing Industry, *International Journal of Production Research*, 2020, **58**(8), 2454–2476.

Sorkun M. F., Üreticileri Tersine Lojistik Faaliyetlerine Yönelten Motivasyonlar Hiyerarşisi. *Ege Akademik Bakış*, Nisan 2018, **18**(2), 243-259.

Sterev N., Marketing Leadership; The Industry 4.0 Need of Next Generation Marketing, *Trakia Journal of Sciences*, 2017, **15**(1), 99-103.

Stock T., Seliger G., Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, *Procedia CIRP,* 2016, **40,** 536-541.

Sun H., A Comparison of Quality Management Practices in Shanghai and Norwegian Manufacturing Companies", *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2000, **17**(6), 636-66.

Sureshchandar G.S., Chandrasekharan R. & Anantharaman R. N., A Conceptual Model for Total Quality Management in Service Organizations, *Total Quality Management*, 2001, **12**(3), 343-363.

Şimşek M., *Sorularla Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri*, Alfa Yayınları, İstanbul, 2000.

Şimşek M.Ş., *Yönetim ve Organizasyon*, Günay Ofset, Konya, 2002.

Tamas P., Illés B. and Dobos P., Waste Reduction Possibilities for Manufacturing Systems in The Industry 4.0, *20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference,* 2016.

Tamimi N., A Second Order Factor Analysis of Critical TQM Factors, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1998, **14**(1), 71-9.

Tamimi N. & Gershon M., A Tool for Assessing Industry TQM Practice versus Deming Philosophy, *Production and Inventory Management Journal*, 1995, **36**, 27-32.

Tay S. I., Lee T. C., Hamid N. A. A., Ahmad A. N. A., An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives, *Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems*, 2018, **10**(14-Special Issue), 1379-1387.

Thiagarajan T., Zairi M. and Dale B., A Proposed Model of TQM Implementation based on An Empirical Study of Malaysian industry, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2001, **18**(3), 289-306.

Ullrich C., Aust M., Kreggenfeld N., Kahl D., Prinz C., Schwantzer S., Assistance- and Knowledge-Services for Smart Production. In: i-KNOW '15, *Proceedings of the 15th International Conference on Knowledge Technologies and Data-driven Business*, Article No. 40, 2015.

Uludağ İhracatçılar Birliği, *Yapay Zeka ve Yeni Teknolojiler*, Uludağ İhracatçılar Birliği Ar-Ge Yayını, 06.2020.

Ulusoy G., An Assessment of Supply Chain and Innovation Management Practices in The Manufacturing Industries in Turkey, *International Journal of Production Economics,* 2003, **86**, 251-270.

Uryan B., Toplam Kalite Yönetimi, *Mevzuat Dergisi,* 07.2002, **55**.

URL-1, www.totalqualitymanagement.weebly.con, (Ziyaret tarihi: 26 Aralık 2017).

URL-2, www.bosch.com, Industry 4.0 at Bosch, Innovation Cluster Connected Industry-2016, (Ziyaret tarihi: 19 Ekim 2020).

URL-3, http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi40_88510761.pdf, (Ziyaret tarihi: 26 Kasım 2018).

URL-4, https://www.iso.org/about-us.html, (Ziyaret tarihi: 26 Haziran 2020).

URL-5, https://www.history.com/topics/industrial-revolution/industrial-revolution, (Ziyaret tarihi: 05 Ağustos 2020).

Xu. X, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing From Cloud Computing to Cloud Manufacturing Ubiquitous Product Life Cycle Support, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 2012, **28**(1), 75–86.

Valmohammadi S. R., The Guidelines of Improvement: Relations Among Organizational Culture, TQM and Performance, *Int. J. Production Economics*, 2015, **164**, 167-178.

Vermesan O., Friess P., *Internet of Things-Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*, River Publishers, Denmark, 2013, 153-204.

Vujovic A., Krivokapic Z. and Jovanovic J., Artificial Intelligence Tools and Case Base Reasoning Approach for Improvement Business Process Performance, *Total Quality Management and Six Sigma*, Chapter I, 08.2012.

Wang S., Wan J., Li D. and Zhang C., Research Article, Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook, Hindawi Publishing Corporation *International Journal of Distributed Sensor Networks,* 2016, **Volume 2016**.

Warfield J. N., Toward Interpretation of Complex Structural Models, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1974, **4**(5), 405-417.

Weyer S., Schmitt M., Ohmer, M., & Gorecky, D. , Towards Industry 4.0 - Standardization as The Crucial Challenge for Highly Modular, Multi-vendor Production Systems. *IFAC-PapersOnLine,* 2015, **48**(3), 579-584.

Witkowski K., Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, *Procedia Engineering*, 2017, **182** (1), 763–769.

Woon K. C., TQM Implementation: Comparing Singapore's Service and Manufacturing Leaders, *Managing Service Quality*, 2000, **10**(5), 318-331.

Yengi Y., Büyük Veride Duygu Analizine Dayalı Öneri Sistemleri, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2016, 436205.

Yüksel A. N., Sener E., The Reflections of Digitalization at Organizational Level: Industry 4.0 in Turkey, *Journal of Business, Economics and Finance*, 2017, **6**(3), 2146-7943.

Závadská Z. & Závadský J., Quality Managers and Their Future Technological Expectations Related to Industry 4.0, *Total Quality Management & Business Excellence*, 2020, **31**(7-8), 717-741.

Zanqar F. S. M., Khatibi A., Azam S. M. F., Tham J., The Impact of ISO Principles of Total Quality Management On Higher Education Quality, *European Journal of Management and Marketing Studies*, 2019, **4**(1).

Zeitz G., Johannesson R. & Ritchie J. E., An Employee Survey Measuring Total Quality Management Practices and Culture. *Group and Organization Management*, 1997, **22**(4), 414-444.

Zezulka F., Marcon P., Vesely I., Sajdl O., Industry 4.0 – An Introduction in the Phenomenon, *IFAC-Papers OnLine,* 2016, **49**(25), 8-12.

Zhang Z., Waszink A. and Wijngaard J., An Instrument for Measuring TQM Implementation for Chinese Manufacturing Industries, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2000, **17**(7), 730-55.

EKLER

Ek-A Tez Araştırması Etik Kurul Kararı

T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ ETİK KURULU

Toplantı Tarihi: 02/03/2018

Toplantı No: 2018/04

Karar No 3: Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünün 01/03/2018 tarih ve 18340 sayılı yazısı görüşüldü. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı doktora öğrencisi Kamile CANBAY'ın, doktora tezi için kullanacağı "Endüstri 4.0 ve Toplam Kalite Yönetimi konulu" anket çalışmalarını uygulamasında; **bilimsel araştırma ve yayın etiği açısından bir sakınca olmadığına oy birliği verildi.**

Karar No 4: Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünün 01/03/2018 tarih ve 18344 sayılı yazısı görüşüldü. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Ali Tarık ALUCA'nın tezini hazırlamakta kullanacağı **"Mobil Telefon Markalarının Algılanması"** isimli anketi uygulamasında; **anket yorumlarında, sonuçlarında ve yayımlanmasında herhangi bir firma ve katılımcı bilgilerine yer verilmedikçe bilimsel araştırma ve yayın etiği açısından bir sakınca olmadığına oy birliği verildi.**

Karar No 5: Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünün 01/03/2018 tarih ve 18344 sayılı yazısı görüşüldü. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Sevil GÜNEL'in hazırlamakta olduğu yayın kapsamında kullanacağı **"TUS ile Tıpta Uzmanlık Dalı Seçimine Etki Eden Kriterlerin Değerlendirilmesi"** isimli anketi uygulamasında; **anket yorumlarında, sonuçlarında ve yayımlanmasında katılımcı bilgilerine yer verilmedikçe bilimsel araştırma ve yayın etiği açısından bir sakınca olmadığına oy birliği verildi.**

Prof.Dr.Alpaslan FİĞLALI
Başkanı

Prof.Dr.Bülent ORUÇ
Başkan Yardımcısı

Prof.Dr.Engin ÖZDEMİR
Üye
(Görevli)

Prof.Dr.Ufuk YILDIZ
Üye

Prof.Dr.Y.Emre ERDEMLİ
Üye

Prof.Dr.Zafer DÜLGER
Üye

Prof.Dr.Nilüfer HİLMİOĞLU
Üye
(Mazeretli)

Ek-B Tez Araştırma Soru Formu

ENDÜSTRİ 4.0 VE TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ

Sayın araştırma katılımcısı, bu araştırma Endüstri 4.0'ın Toplam Kalite uygulamaları ile ilgili getirdiği değişiklikleri tespit etmek ve bilimsel bir araştırma yapmak amacı ile hazırlanmıştır.

Cevaplarınız gizli tutulacak ve diğer anket cevapları ile birlikte toplu şekilde analiz edilecektir. Sorular arasında şahsi hiçbir soru yoktur, görüş ve gözlemleriniz bu araştırmada çok kıymetlidir.

Yaklaşık 10 dk sürecek anket cevaplarınız için şimdiden çok teşekkür eder, işlerinizde başarılar dilerim.

Kamile Canbay-Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Doktora Öğrencisi

Doç. Dr. Gülşen Akman – Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

1. BÖLÜM

Bu bölüm, işyerinizde Endüstri 4.0 uygulama seviyesini tanımlamak için hazırlanmış genel sorulardan oluşur.

1. İşyerinizde Endüstri 4.0 uygulama hedefleri var mı? ☐ Evet ☐ Hayır
2. İşyerinizde Endüstri 4.0 uygulanıyor mu?
   ☐ Evet, bazı birim ve süreçlerde ☐ Evet işletmenin pek çok yerinde ☐ Hayır
3. Endüstri 4.0 uygulamaları için özel olarak kurulmuş bir birim/departman var mı? (akılı fabrika-dijitalleşme birimi vb.)
   ☐ Evet ☐ Hayır
4. İşletmenizde Endüstri 4.0'ın uygulandığı süreçlerde Makina-makina veya makina-hizmet işlemleri arasında dijitalleşme yolu ile işlem yaparak sistemi yürütme oranı ne kadar (IoT Oranı)?
   ☐ %30 ☐ %31-%50 ☐ %51-%70 ☐ %71-%90 ☐ %91-100

   Örneğin makina-hizmet: otomatik ağırlık ölçen kantar uygulamasında malzeme ölçüm sonucunun doğrudan ERP sistemine dahil olarak muhasebe sistemine kayıt olarak otomatik girmesi. BU BİR ÖRNEKTİR, MUTLAKA OLMALIDIR OLARAK ALGILANMAMALIDIR!

5. İşletmenizde Endüstri 4.0'ın uygulandığı süreçlerde akıllı fabrika uygulaması var mı? (smart factory)
   ☐ %20-30 ☐ %31-%50 ☐ %51-%70 ☐ %71-%90 ☐ %91-100 ☐ Hayır, yok
6. Endüstri 4.0'ın uygulandığı süreçlerde otomasyon-insansız araçlar-robot sistemler ve böylece insansız işlemler oranı ne kadar? (örneğin insansız araçlar işin asıl kısmını oluşturuyor, diğerleri destek işleri oluşturuyorsa %50'nin üzerinde puan veriniz)
   ☐ %20-30 ☐ %31-%50 ☐ %51-%70 ☐ %71-%90 ☐ %91-100

1.soruya veya 2. Soruya verdiğiniz cevap "hayır" ise lütfen ankete devam etmeyiniz.

2. BÖLÜM

İşyerindeki pozisyonunuz: ☐ Mühendis/Uzman ☐ Yönetici ☐ Supervizör/Vardiya Şefi ☐ Diğer

Sektörünüz: ☐ Elektronik ☐ Beyaz eşya ☐ Otomotiv ☐ Yazılım ☐ Makina/Sistem üretimi ☐ Diğer

Kaç yıldır bu işletmede çalışıyorsunuz? : ☐ 1 yıldan az ☐ 1-2 yıl ☐ 3-4 yıl ☐ 5 ve daha fazla

Puanlama: + : artış seviyesini - : azalış seviyesini 0: Hiç bir değişim olmadığını gösterir.

+1: Az oranda arttı +2: Kısmen arttı +3: Orta derecede arttı +4: Oldukça arttı +5: Çok arttı

-1: Az oranda azaldı -2: Kısmen azaldı -3: Orta derecede azaldı -4: Oldukça azaldı -5: Çok azaldı

Aşağıdaki uygulamaların, Endüstri 4.0 ile birlikte durumu ne oldu, puanlayınız.

	1 Müşteri Odaklılık	**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	**+4**	**+5**
1.	Müşteri şartlarını zamanında karşılama											
2.	Müşteri tatmini											
3.	Müşteri tatmininde süreklilik											
4.	Birim/süreç hedeflerinin müşteri istekleri ile bağı											
5.	Müşteri ihtiyaç ve şartlarının/speklerin her kademede anlaşılması											
6.	Değişen istek ve taleplere zamanında cevap verme/adaptasyon yeteneği											
7.	Müşteri geribildirimlerine göre sistemin esnekliği											
8.	Liderlerin ve her kademedeki çalışanın müşterinin sesine kulak vermesi											

	2 Liderlik	**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	**+4**	**+5**
1.	Liderlerin, işletmenin/birimin/veya sürecin hedeflerine ulaşmasındaki önemi											
2.	Liderliğin etkisi											
3.	Liderin kaliteye taahhüdü teşvik etmesi											
4.	Takım uyumu											
5.	Süreçleri (daha iyi) organize etme ve yönetme											
6.	Liderin strateji belirlemedeki rolü											
7.	Birimin/sürecin hedeflerine ulaşma kabiliyeti, verimliliği ve etkinliği											
8.	Liderin, çalışanlara ve sisteme yeterli kaynakları, eğitimi ve yetkilendirmeyi yapması											

	2.1 Liderlikte yeni ihtiyaçlar	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
1.	Liderlerin, işletmenin/birimin/veya sürecin hedeflerine ulaşması için yetkinliğinin yükselmesine olan ihtiyaç											
2.	Liderin teknik bilgisi ve teknoloji adaptasyon yeteneğine olan ihtiyaç											
3.	Liderin sadece insanlara değil sisteme/insansız sistemlere liderlik etme rolü											
4.	Liderin çok yönlü ve stratejik bakış açısı											

	3. Çalışanların katılımı	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
1.	Çalışan olarak işinize olan bağlılığınız											
2.	Çalışanların geliştirme/ iyileştirme faaliyetlerine katılımı											
3.	Çalışanların yetkilendirilmesi											
4.	Çalışanların yetkinliği /kişisel gelişimi ve öğrenimi											
5.	Çalışanların işe ve sürece olan etkisini anlaması											
6.	İşyeri içindeki iş birliği, bilgi ve tecrübeyi paylaşımı											
7.	Çalışanların işe katkısı ve katılımı											
8.	Çalışanların problemleri bulma ve çözme için teşvik edilmesi, bunun için yeterli kaynağın verilmesi/sağlanması											

	4. Süreç Yaklaşımı	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
1.	Süreçlerin birbiri ile ilişkili fonksiyonlarının anlaşılması ve etkin yönetimi											
2.	Süreç performansı											
3.	Kaynakların etkin kullanımı											
4.	Departmanlar/birimler arası uyum											
5.	Süreç operasyonunu yerine getirme/takip etme, analiz veya değerlendirme yapmak için yeterince veriye zamanında ulaşabilirliğim											
6.	Süreç hedeflerine ait bilgim											
7.	Herhangi bir değişikliğin/ müdahalenin/ aksaklık veya iyileştirmenin hangi süreçleri veya sürecin neresini etkileyeceğine dair uygulamalardaki iyileşme											
8.	Riskleri yönetme veya risklerle başetme kabiliyetim											

	5. (Sürekli) Gelişme	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
1.	Gelişime odaklanma sürekliliği											
2.	Sorunların ana sebeplerini tespit yeteneği											
3.	Yenilikçi uygulamalar											
4.	Operasyonel verimlilik ve etkililik											
5.	Küçük küçük iyileştirmeler (Kaizen)											
6.	Büyük iyileştirmeler											
7.	Her seviyede çalışanın gelişim ve geliştirme için hedefleri vardır											
8.	Her seviyedeki çalışanın eğitimi ve bilgisi, gelişim için öğrenmesi											

	6. Kanıta dayalı karar verme	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
1.	Verilerin toplanması, analizi ve toplanan verilere göre verilen kararların doğruluğu ve zamanındalığı											
2.	Süreç performansına ait kilit performans indikatörlerini ölçme ve takip etme kolaylığı											
3.	İlgili tüm kişilerin ihtiyaç duyduğu verilere ulaşabilirliği											
4.	Verilerin doğruluğu ve güvenirliği											
5.	Her seviyede çalışanın verilerin analizi ve değerlendirilmesi, yorumlanması yeteneği											
6.	Kalite araçlarının ve tekniklerinin kullanımı (SPC, Grafikler, Kaizen, Benchmarking-Kıyaslama, Kalite çemberi vb.)											
7.	Her seviyede karar alma yetkinliğine olan ihtiyaç											
8.	Her seviyede sebep-sonuç ilişkisini anlama yeteneğine olan ihtiyaç											

	7. İlişki Yönetimi	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
1.	Tedarikçilerle ilişkilerin etkin yönetimi											
2.	Yeni sistemle dış ilişkilerimizin (tedarikçiler) performansa olumlu etkisi											
3.	Karşılıklı sorunlar, fırsatlar, öncelikler hakkında zamanında iletişim											
4.	Karşılıklı hedefler ve değerlerin paylaşımı											
5.	İç ve dış müşterilerle iş birliği içinde çalışma, kalite esaslı risklerin yönetimi											
6.	Tedarikçilerden malzeme ve hizmetlerin stabil ve sorunsuz akışı											
7.	İç müşterilere/iç süreçlere malzeme ve hizmetlerin stabil ve sorunsuz akışı											
8.	(Müşteriler, tedarikçiler, çalışanlar) la ilişkilerde bilgilerin paylaşımı, uzmanlıkların paylaşımı, gerektiğinde diğer kaynakların paylaşımı ve geri bildiri sağlanması											

3. BÖLÜM

Puanlama: + : artış seviyesini - : azalış seviyesini 0: Hiç bir değişim olmadığını gösterir.

+1: Az oranda arttı +2: Kısmen arttı +3: Orta derecede arttı +4: Oldukça arttı +5: Çok arttı

-1: Az oranda azaldı -2: Kısmen azaldı -3: Orta derecede azaldı -4: Oldukça azaldı -5: Çok azaldı

Endüstri 4.0 ile birlikte TKY araçlarının kullanımı nasıl değişti?

Not: Aşağıdaki araç ve tekniklerden bugüne dek hiç kullanılmamış olanlar varsa, "0" puan veriniz.

Aşağıdaki kalite tekniklerinin kullanımı (arttı-azaldı)		**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	**+4**	**+5**
1.	Benchmarking (kıyaslama)											
2.	Kaizen											
3.	Kalite çemberleri											
4.	Süreç yeniden yapılandırma											
5.	TPM											
6.	6 sigma											
7.	Poka Yoka											
8.	Deneysel Tasarım											
9.	Hata-Etki Analizi (FMEA)											
10.	Hata Ağacı Analizi (FTA)											
11.	Sürekli Gelişim Döngüsü-PUKO											

Aşağıdaki kalite araçlarının kullanımı (arttı-azaldı)		**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	**+4**	**+5**
1.	Pasta ve çizgi grafikler											
2.	Histogramlar											
3.	Eğilim/gidişat tabloları; belirli bir zaman dilimindeki gerçekleşen durumu ortaya koyan tablo; Pareto											
4.	Odak Grupları											
5.	Beyin Fırtınası											
6.	Akış Diyagramı ve Modelleme Diyagramları											
7.	Dağılım Diyagramı											
8.	İlişki Diyagramı											
9.	Kontrol Çizelgeleri											
10.	Sebep-Sonuç Diyagramı											
11.	Veri Kayıt ve Kontrol Tabloları (Check Sheet)											
12.	Kontrol Tablosu (prosesteki varyasyonu takip eden grafiksel tablo)											

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Canbay K., Akman G., Aladağ Z., Applicability of Total Quality Management Principles in the Context of Industry 4.0, *International Journal of Advanced Research in Engineering& Management (IJAREM)*, ISSN: 2456-2033, 2019, **5**(3), 12-28.

Alkan A., **Canbay K.**, Akman G., Aladağ Z., Researching Usage of GLOBE Culture Dimensions in Organizational Management by using DEMATEL Method, *Sakarya University Journal of Science*, ISSN 1301-4048, e-ISSN 2147-835X, 04.2019, **23**(2), 282-290.

Canbay Ş. K., STK Yönetimi, *Mimar ve Mühendisler Grubu Aylık Dergi*, 06.2015, **83**, 14-18.

Canbay K., Genç Kadınlar İçin İstihdam Önerileri, TOKAGEDER, 2015.

Canbay K., İşveren Gözü İle Kadın İstihdamına Bakış Alan Çalışması Raporu, 2015.

Canbay K., Beyond Gender Stereotypes, *Anna Lindth Mediterranean Forum - International Conference*, Marsilya, Fransa, Nisan 2013.

Canbay K., Yalova Yaşlı Turizm Potansiyeli Araştırma Raporu-Yalova'da Genç Kalın, 2012.

Canbay K., Globe Kültür Boyutlarının Örgüt Yönetiminde Kullanımı Araştırması, *Global Joint Conference on Industrial Engineering and Its Application Areas*, Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye, 2011.

Canbay K., *İslamiyet ve Modern Yönetim Sistemleri,* Altın Kalem, İstanbul, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 1987 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 1991 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2008 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladır. İş yaşamına Mart 1992'de Bayraktarlar Holding bünyesinde faaliyet göstermekte olan Aygersan şirketinde Üretim Planlama ve Kontrol Mühendisi olarak başlamıştır. Eylül 1994'de Goodyear firmasına fabrika direktör asistanı olarak geçmiştir. Kasım 1999 yılına kadar aynı şirkette Toplam Kalite Yönetimi, Eğitim ve İş Güvenliği Müdürü olarak çalışmıştır. Sonrasında kısa bir süreliğine bir özel hastanede hastane müdürü olarak çalıştıktan sonra 2002-2019 arasında, kurucusu olduğu CRM Yönetim Danışmanlık Şirketi'nde Uzman Yönetim Danışmanı, Eğitmen ve Proje Koordinatörü olarak çalışmaktadır. Pek çok özel, yerel ve kamu kuruluşuna yeniden yapılanma, örgüt kültürü, yönetim sistemleri kurma, TKY uygulamalarını yerleştirme, süreç yapılanmaları, stratejik plan da dahil pek çok konuda hedef odaklı projeler yürütmüştür. 2006 yılından bu yana uluslararası projelerde de yürütücü proje koordinatörü ve kalite koordinatörlüğü yapmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve iki çocuk annesidir.