



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ALÜMİNYUM ENJEKSİYON KALIPLAMA SEKTÖRÜNDE ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİNİN UYGULANMASI

RUŞEN OZAN PARLAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Selim HARTOMACIOĞLU

İSTANBUL, 2022



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ALÜMİNYUM ENJEKSİYON KALIPLAMA SEKTÖRÜNDE ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİNİN UYGULANMASI

RUŞEN OZAN PARLAK
(523218049)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Selim HARTOMACIOĞLU

İSTANBUL, 2022

ÖNSÖZ

Türkiye’de sanayileşme, 1929 Dünya Ekonomik Bunalımı’nın oluşturduğu ortamda büyük bir atılım yaptı. Bu süreçte Türkiye ekonomisi dışa kapatılmış ve kamu girişimleri sanayileşmenin temel aracı olarak belirlenmişti. Bu süreçte başlayan sanayileşme atılımı, üç aşamaya ayrılabilir: 1929-1950 dönemini kapsayan ilk aşamada amaç, kamu teşebbüsleri aracılığıyla temel tüketim mallarında kendi kendine yeterliliğe ulaşmaktır. 1950-1960 dönemlerini kapsayan ikinci aşamada, liberal bir ekonomi politikası izlendi. Bu dönemde özel sektör faaliyet alanları genişletilip Türkiye’de sanayinin temel tüketim malları dışında kalan sektörlerle yayılması başladı. Planlı kalkınma olarak adlandırılan bu süreçte devlet, bir yandan uzun dönemli sanayileşme stratejilerinin oluşturulmasında, diğer yandan da üstlendiği üretim ve yatırım işlevleri ile bu stratejilerin hedeflerinin gerçekleşmesinde aktif bir rol oynadı.

Üretimde verimlilik, mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan kaynakların, etkin şekilde değerlendirilebilmesidir. Rekabetin çok fazla olduğu günümüz dünyasında, üretimde verimliliğin önemi tartışmasız bir hale gelmiştir. Bunun en büyük sebebi, işletmelerin varlığını sürdürebilmek için maliyet, kâr, verimlilik, kalite gibi değerlere ihtiyaç duymasıdır.

MES kelimesinin açılımı Manufacturing Execution System olarak tanımlanmakta ve Türkçe karşılığı için Üretim Yürütme Sistemi denilmektedir. MES, üretim aşamasında kullanılan her türlü yöntem ve aracın toplu şekilde çevrimiçi ortamda veri akışının sağlandığı bilgi sistemidir. 09.11.2020 tarihli ve 2020-56037-6 toplantı numaralı KOBİGEL destek programı kapsamında desteklenen 'Üretim Verimliliğinin Arttırılmasına Yönelik Dijital Dönüşüm Projesi' başlıklı proje kapsamında OMEGA KALIPÇILIK SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. firması desteklenmiş ve çalışmalar gerçekleştirilmiştir. KOSGEB’e desteklerinde dolayı teşekkür ederiz.

Tez çalışmamda değerli katkılarından ve desteklerinden dolayı OMEGA KALIPÇILIK SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. firması sahipleri Bülent DEMİRTEL ve Ali ASLAN beyefendilere, tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Selim HARTOMACIOĞLU hocama firma çalışanlarına ve aileme teşekkürü borç bilirim.

Ekim, 2021

Ruşen Ozan PARLAK

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
SEMBOLLER	ix
KISALTMALAR	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması	1
1.2. Literatür Taraması Değerlendirmesi	5
1.3. Türkiye’de Sanayileşme	6
1.3.1. Türkiye’de sanayinin tarihsel gelişimi	6
1.3.2. Türkiye’de sanayileşme süreci	6
1.3.3. Cumhuriyet dönemi sanayileşme politikaları	7
1.4. Sanayileşmede Üretim Verimliliği	8
1.4.1. Verimlilik ve etkinlik	8
1.4.2. Verimlilik kavramı ve kapsamı	8
1.5. Verimlilik Ölçüm Modelleri	9
1.5.1. David J. Sumanth modeli	9
1.5.2. Veri zarflama analizi	10
1.5.3. M. R. Ramsay modeli	10
1.5.4. Jackson ve Petterson yaklaşımı	11
1.5.5. Kurosawa modelleri	11
1.5.5.1. Oranlarla işgücü verimliliği modeli	11
1.5.5.2. Değişken yapıli hiyerarşik ağırlıklı ortalama işgücü verimliliği indeks sayı sistemi	11
1.5.5.3. Toplam verimlilik ve karlılığın ölçümü ve analizi modeli	12
1.6. Toyota Üretim Sisteminin Özellikleri	12
1.6.1. Kanban	13
1.6.2. Jidoka	14
1.6.3. Andon	15

1.6.4. Standart İşler.....	15
1.6.5. Heijunka	16
1.6.6. Shojinka.....	16
1.6.7. Kaizen.....	16
1.6.8. Tedarikçiler	17
1.7. Dijital Dönüşüm	17
1.7.1. Sanayi devrimlerinin tarihsel gelişimi.....	17
1.7.2. Sanayi 4.0 ve gelişen teknoloji bileşenleri	19
1.7.3. Büyük veri ve analizi.....	21
1.7.4. Akıllı robotlar	22
1.7.5. Üç boyutlu yazıcılar	22
1.7.6. Simülasyon	23
1.7.7. Bulut bilişim.....	23
1.7.8. Nesnelerin interneti	24
1.7.9. Artırılmış gerçeklik	24
1.7.10. Yatay – dikey entegrasyon	25
1.7.11. Siber güvenlik.....	25
1.8. KOBİ’lerde Sanayi 4.0	26
1.8.1. KOBİ’lerde istihdam	26
1.8.2. KOBİ’lerde Teknolojik Gelişmeler.....	27
1.9. Üretim Yürütme Sistemlerine Giriş.....	27
1.9.1. Üretim yürütme sistemleri açısından sanayi devrimi	27
1.9.2. Üretim yürütme sistemleri açısından verimlilik.....	28
1.9.3. Üretim yürütme sistemleri açısından MES	29
1.9.4. Üretim yürütme sistemlerinin uygulanması	29
1.9.5. MES değerlendirme modeli.....	30
1.9.6. MES’in gelişimi	31
1.9.7. MES’in tanımı ve işlevleri	32
1.9.8. Üretim verimliliği.....	35
1.9.9. Esneklik ve zamanlama	36
1.9.10. Sanayi 4.0	36
1.9.11. Üretim yürütme sistemi birliği (MESA)	37
1.10. Ürün ve Süreç Tanımı	37
1.10.1. Malzeme faturaları	38
1.10.2. Süreç yönlendirmeleri, çalışma talimatları.....	38
1.10.3. Değişiklik ve yapılandırma yönetimi	39

1.11. Kaynak Yönetimi.....	40
1.11.1. Personel nitelikleri ve sertifikaları	40
1.11.2. İş takımı kalibrasyonu	40
1.12. Üretim İşleri Sevki	41
1.12.1. Günlük iş gönderme listesi	41
1.12.2. Kaynakların işlere atanması	42
1.13. Üretim Süreci Yürütme Yönetimi	43
1.13.1. Teknisyenin çalışma adımları boyunca yönlendirilmesi	43
1.13.2. Üretim iş ilerleme takibi.....	44
1.13.3. Olaylar ve uyarılar.....	44
1.13.4. Üretim kontrolü	45
1.13.5. İş emri bölmeleri	45
1.13.6. Yüksek kullanılabilirlik ile çevrimiçi sistem.....	46
1.14. Programlanabilir Ekipman ve Veri Toplama.....	46
1.14.1. Çalışan makine programları	46
1.14.2. Veri toplama	47
1.14.3. İş satın alma / imzalar ve durum	48
1.15. Ürün- Parça Takibi ve Şecere.....	48
1.15.1. Parça sorunu, kit oluşturma	49
1.15.2. Süreç içerisindeki ürün takibi.....	49
1.15.3. Parça kurulum kayıtları ve ürün şeceresi	50
1.15.4. Malzeme raf ömrü ve son kullanma tarihi.....	50
1.16. Üretim Kalite Yönetimi.....	50
1.16.1. Üretim denetimi planlama ve yürütme	51
1.16.2. Ürün yapılandırması doğrulaması	51
1.16.3. Uygunsuzluk ve hata yönetimi	52
1.17. Üretim / Tesis Performans Analizi	52
1.17.1. Program / kapasite performans analizi	53
1.17.2. Maliyet ve kalite performans analizi	54
1.18. Sistem Entegrasyon Hizmetleri	55
1.18.1. Mühendislik ürün ve proses tasarım sistemleri	55
1.18.2. İş satın alma / envanter ve finansal sistemler	55
1.18.3. Kurumsal iş zekası.....	56
1.18.4. Kurumsal sürekli iyileştirme yönetimi	57
2. MATERYAL VE YÖNTEM	58
2.1. Şirket Tanıtımı.....	58

2.2. Üretim Yönetimi ve Planlama Yazılımının Satın Alınması ve Kurulması	59
2.3. Makine Ekipman ve Teçhizat Özellikleri.....	61
2.4. Üretim Yönetim Sistemi.....	66
2.5. Üretim Yönetim Modülleri.....	67
2.6. Dijital Sinyal Dönüştürücüler ile Üretim Verisi Toplama	67
2.7. Akıllı Sayaçlar ile Üretim Verisi Toplama.....	68
2.8. Endüstriyel PC 'ler ile Operator Arayüzü Uygulamaları.....	68
2.9. OEE Rapor Fabrikası Kullanım Kılavuzu.....	69
2.9.1. Kapsam.....	69
2.9.2. OEE rapor fabrikası veri yükleme ve hesaplama yöntemi	70
2.9.3. Rapor oluşturma	71
2.10. Veri Filtrelendirme Alanı	72
2.11. Baz Başlık Alanı.....	73
2.12. Detaylar Alanı	74
2.12.1. Verimlilik Göstergeleri.....	74
2.12.2. Duruşlar	75
2.12.3. Hurdalar.....	76
2.12.4. Biçimlendirme seçenekleri alanı	77
2.12.5. Kaydetme, silme, kayıtlı raporu açma alanları.....	79
2.13. OEE Mesajları	79
2.14. Parametreler.....	82
3. YÖNTEM	84
3.1. OEE'nin Hesaplanması	84
3.1.1. Kullanılabilirlik	84
3.1.2. Performans.....	84
3.1.3. Kalite	84
3.2. TEEP (Toplam Etkin Ekipman Performansı).....	84
3.2.1. TEEP nedir?	84
3.2.2. TEEP ve OEE karşılaştırılması	85
3.2.3. TEEP nasıl ölçülür?	85
3.2.4. Neden TEEP üretimi ölçülür?	86
4. BULGULAR.....	87
4.1. Omega Kalıpcılık Verimlilik Değerleri.....	87
4.1.1. OEE, kullanılabilirlik, performans, kalite, TEEP, kapasite kullanımı ..	87
4.1.2. TEEP şelalesi.....	88
4.1.3. Bekleme kaynaklı duruşlar	89

4.2. Omega Kalıpcılık Dijital Dönüşüm Sonrası Verimlilik Değerleri	90
4.2.1. OEE, kullanılabilirlik, performans, kalite, TEEP, kapasite kullanımı ..	90
4.2.2. TEEP şelalesi (İyileştirmelerin İşletmeye Yansıması)	91
4.2.3. Bekleme kaynaklı duruşlar	92
4.3. Aylık OEE Trendi.....	93
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	94
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

ALÜMİNYUM ENJEKSİYON KALIPLAMA SEKTÖRÜNDE ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİNİN UYGULANMASI

Son on yılda meydana gelen teknolojik gelişmeler, çalışma hayatındaki hemen her şeyi değiştirmiştir. Yerel işletmeler bilginin sürekli ve sınırsız paylaşımı ve aktarımı ile beraber global işletme halini almışlardır. Küresel pazarda rekabet edebilmek için, kuruluşlar üretimlerinin diğer ticari faaliyetleriyle senkronize olmasını sağlamak zorundadır. Bunu başarmak için şirketler, üretim yürütme sistemleri (ÜYS) olarak bilinen çeşitli çözümler üretmektedir. Bu sistemler, kontrol ve iş sistemleri arasında bir köprü sağlar ve birçok iş işlevinde çeşitli insanlar tarafından kullanılır. Tipik kullanıcılar üretim ve bakım personelinden mühendislere, finansmana ve yönetime kadar uzanır. İmalat endüstrisindeki sektörlerin kendi ÜYS tanımları vardır ve bunlar işlevsel gereksinimlerine ve bu sektördeki satıcıların tekliflerine dayanmaktadır. Bu nedenle, insanlar MES anlayışları ve tanımlarında farklılık göstermiştir. Üretim yürütme sistemleri literatürünü incelerken, işlevselliklerin ve tanımların var olduğu, ancak standart bir yaklaşım ve uygulama metodolojisinin eksik olduğu fark edilmiştir. Böylece, bir literatür çalışmasına ve MES ortamındaki deneyimlere dayanan bir çerçeve geliştirilmiştir. Bir tezgâhın bekleme zamanı, arıza sayısı ve zamanı, kalite kriterini sağlamış ürün miktarı, toplam ürün miktarı, fire miktarı, boşta geçen zamanı ve personeller arası farkları MES sistemiyle raporlanacaktır. Bu tez çalışmasında MES yazılımlarının alüminyum enjeksiyon kalıp üretim sektöründe üretim verimliliğine katkıları araştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Üretim verimliliği, alüminyum enjeksiyon döküm, MES yazılımları, optimizasyon.

Ekim, 2021

Ruşen Ozan PARLAK

ABSTRACT

IMPLEMENTING MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM IN ALUMINIUM INJECTION MOLDING SECTOR

Technological developments in the last decade have changed almost everything in working life. Local businesses have become global businesses with continuous and unlimited sharing and transfer of information. In order to compete in the global market, organizations must ensure that their production is synchronized with their other business activities. To achieve this, companies produce a variety of solutions known as manufacturing execution systems (MES). These systems provide a bridge between control and business systems and are used by various people in many business functions. Typical users range from manufacturing and maintenance staff to engineers, finance and management. Sectors in the manufacturing industry have their own definitions of MES, and they are based on their functional requirements and the offerings of vendors in that sector. Therefore, people differed in their understanding and definition of MES. When reviewing the manufacturing execution systems literature, it was noticed that functionalities and definitions exist, but a standardized approach and implementation methodology is missing. Thus, a framework based on a study of literature and experiences in the MES environment has been developed. The waiting time of a machine, the number and time of failures, the amount of product that has provided the quality criterion, the total amount of product, the amount of waste, the idle time and the differences between the employees will be reported with the MES system. In this thesis, the contribution of MES software to manufacturing efficiency in aluminum injection molding sector will be investigated

Keywords: Manufacturing efficiency, aluminium injection molding, MES softwares, optimization.

October, 2021

Ruşen Ozan PARLAK

SEMBOLLER

Ø : Çap
°C : Derece



KISALTMALAR

CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CPS	: Siber Fiziksel Sistem
DCS	: Dağıtık Kontrol Sistemi
ECN	: Mühendislik Değişiklik Bildirimi
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması
IOT	: Nesnelerin İnterneti
ISA	: Endüstri Standart Mimarisi
JIT	: Tam Zamanında Üretim
KPI	: Temel Performans Göstergesi
LCD	: Sıvı Kristal Ekran
MES	: Üretim Yürütme Sistemi
MESA	: Üretim Kurumsal Çözümler Derneği
MRP	: Malzeme İhtiyaç Planlaması
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
PLM	: Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi
RFID	: Radyo Frekanslı Tanımlama
SMED	: Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi
SPC	: İstatiksel Proses Kontrol
WIP	: Yarı Mamül
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
OEE	: Genel Ekipman Etkinliği

ŞEKİL LİSTESİ

	SAYFA
Şekil 1.1. ISA-95 Standardında Tanımlanan MES Seviyeleri ve Konumu.....	34
Şekil 1.2. Endüstriyel Otomasyon İçin Yeni Model Olarak Diabolo.....	35
Şekil 2.1. Eğitim Katılım Görüntüleri	60
Şekil 2.2. Üretim İş Emri.....	60
Şekil 2.3. Kurulum Proje Planı.....	67
Şekil 2.4. Rapor Fabrikaları Modül Şeması	70
Şekil 2.5. OEE Rapor Fabrikası Ekranı	71
Şekil 2.6. OEE Mesajları Ekranı	80
Şekil 3.1. OEE, Kullanılabilirlik, Performans, Kalite, TEEP, Kapasite Kullanımı	87
Şekil 3.2. TEEP Şelalesi.....	88
Şekil 3.3. Bekleme Kaynaklı Duruşlar	89
Şekil 3.4. OEE, Kullanılabilirlik, Performans, Kalite, TEEP, Kapasite Kullanımı	90
Şekil 3.5. TEEP Şelalesi	91
Şekil 3.6. Bekleme Kaynaklı Duruşlar	92
Şekil 3.7. Bekleme Kaynaklı Duruşlar	92
Şekil 3.8. Aylık OEE Trendi	93

TABLO LİSTESİ

	SAYFA
Tablo 1.1. MESA'nın Organizasyon Profili	37
Tablo 2.1. Makine Ekipman Formu	61
Tablo 2.2. Takisawa Nex-106	62
Tablo 2.3. Kiwa KH-45	63
Tablo 2.4. Brother TC-32 B QT	64
Tablo 2.5. Brother R 650 X2	65
Tablo 2.6. Takisawa Nex 108 Y	66
Tablo 2.7. Verimlilik Göstergeleri	74
Tablo 2.8. Duruşlar	75
Tablo 2.9. Hurdalar.....	76
Tablo 2.10. Parametreler	82

1. GİRİŞ

Türkiye'nin sanayileşmesi, 1929'da Dünya Ekonomik Bunalımının yarattığı ortamda büyük bir atılım yaptı. Planlı kalkınma adı verilen bu süreçte devlet, bir yandan uzun vadeli sanayileşme stratejilerinin oluşturulmasında, diğer yandan bu stratejik hedeflere ulaşılmasında etkin rol oynamıştır. Kamu girişimciliğinin şekillendirdiği bu dönemde, önce ara ürünlerin tüketimi ve ithal ikamesi, ardından yatırım ürünleri açısından tarım dışı sektör lehine hızlı bir yapısal dönüşüm gerçekleştirilmiştir. [1]. Verimliliğin daha çok üretmek ve en az girdi ile en çok çıktıyı elde etmek gibi birçok tanımı vardır. En genel tanımıyla iş verimliliği nedir? Üretim sisteminin çıktısı ile bu çıktıyı oluşturmak için gereken girdi arasında bir ilişki olarak tanımlanabilir. [2].

1.1. Literatür Taraması

Bu tez çalışması kapsamında konu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Uygun görülen çalışmalar bu taramaya konu edilmiştir. 2021 yılı Ocak ve Haziran aylarında aşağıdaki çalışmalar incelenmiş ve teze konu edilmiştir.

F.B. Vernadat tarafından yapılan çalışmada pazar gereksinimleri sürekli gelişmekte ve şirketlerin bilgi sistemleri ihtiyaçları ve stratejileri doğrultusunda yeni çözümler ve teknikler aramasını talep etmektedir. Entegrasyon, insanlar, makineler ve uygulamalar arasındaki yüksek düzeyde etkileşimden oluşan ve bir şirket içindeki sinerjiyi artıran bir süreç olarak görülebilir [3].

Kagermann, H. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada siber fiziksel sistemler (CPS) biçiminde birleştiren küresel ağlar kurmuşlardır [4].

Caggiano, A. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada artan küreselleşme nedeniyle, daha geniş bir ürün yelpazesi üreten daha küçük üretim tesislerinin sayısında bir artışla karşı karşıyayız. Buna ek olarak, internet, e-ticaret ve ürün özelleştirme için artan talep nedeniyle, doğrusal üretim hattının aksine, hibrit üretim tekniklerinde bir artışa yol açmıştır [5,6].

Liu, C. H. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada günümüzün ürünleri, müşterilerden gelen yüksek düzeyde eleştiriyi karşı karşıyadır ve şirketler arasındaki

rekabetin şiddetli olduğu üretim tesisleri, ürünlerin optimum bir hızda çalışırken yüksek bir standartta yapılmasını sağlamalıdır [7].

Qiu, X., H. Luo ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada makine kesinti süresini azaltarak, teslimat sürelerini iyileştirerek, üretim oranlarını optimize ederek ve hem işçiler hem de kullandıkları araçlar için programları yöneterek verimlilik elde edilir. [8,9].

Tao, F. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada bu işlevler, on bir anahtar fonksiyonun dahil edilmesiyle üretim kurumsal çözümler birliği (MESA) tarafından tanımlanan bir üretim yürütme sisteminin (MES) temelini oluşturur. Nesnelerin interneti (IoT), internet üzerinden çeşitli cihazlar arasındaki etkileşimi tanımlamak için kullanılan bir terimdir [10,11].

Wang, L. H. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda konsept, akıllı evler birbirine bağlı eğlence platformları ve karı artırabilen akıllı araçlar gibi ticari ve tüketici uygulamalarından çok çeşitli yaşam uygulamaları için geçerlidir [12-16].

Zhong, R. Y. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada IoT, sensörlerin, donanımın, yazılımın ve hatta bulut ağının kullanımı yoluyla bir şirketin operasyonları hakkında bir fikir vererek birçok sektörde faydalı bir şekilde kullanılmaktadır. IoT ağı ile toplanan veriler daha sonra bir şirketin performansını optimize etmek ve sonuçta karda bir artışa yol açmak için kullanılabilir. Bulut bilişim, ağ içinde hızlı iletişim sağlar ve gerçek zamanlı karar verme sağlar [17,18].

Zhong, R. Y. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada MES, küçük ve orta ölçekli işletmeler için uygun bir sistem oluşturmanın yanı sıra, mevcut örneklerle göre teknolojilerin hızla gelişmesi nedeniyle önemli iyileştirmelere sahip olmalıdır. Şeffaflık, yanıt verebilirlik ve maliyet verimliliği de dahil olmak üzere MES'in geliştirilmesinde üç faktör önemli bir rol oynamaktadır. Şeffaflığı artırmak için, işletmenin sisteme entegrasyonunu iyileştirmek için bir itici güç olmalıdır. Son olarak MES, her MES işlevi için temel bir araç olarak optimizasyon sunmalıdır. Bu optimizasyon, kaynak ve zamandan tasarruf sağlar ve sonuçta maliyetleri düşürür [19-21].

J. Sarkis ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada MESA International'a göre, üretim yürütme sistemleri (MES), üretim operasyonlarının yürütülmesini yönlendiren dinamik bir bilgi sistemi uygulamasıdır ve mevcut ve doğru verileri kullanarak tesis faaliyetlerini

yönlendirir, tetikler ve raporlar, MES değerlendirmesi çeşitli göstergeler gerektirir [22-24].

Jacobs, F.R., tarafından yapılan çalışmada kalite değerlendirme endeksi ayarı, MES performans değerlendirmesinin kalitesi veya başarısı ile doğrudan ilgilidir. Doğru ve makul performans değerlendirme göstergelerinin seçilmesi, işletmelerin ve MES'in kaynak tahsisini optimize etmesine, sistem performansını iyileştirme önlemleri önermesine yardımcı olabilir. 1970'lerin sonlarında, imalat endüstrilerindeki sektörler pazarlamaya odaklanıyordu ve daha iyi üretim entegrasyonu ve planlamasına odaklanan hedef pazar stratejilerinin benimsenmesine yol açtı [25].

Orlicki, J.A., tarafından yapılan çalışmada tahmini, ana planlama ve tedarik entegre Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP) sistemi, iç ve dış lojistik akışlarını senkronize sağlayan bir malzeme her madde için üretim/tedarik bir dizi emir yayınlayarak talebin yerine getirilmesini sağlamak için kullanılmaya başlandı [26].

Sum, C.C., Yang, K.K. tarafından yapılan çalışmada küresel pazarın rekabetçi baskısı nedeniyle, 1980'lerde üretim stratejisi ayrıntılı proses kontrolüne, dünya standartlarında üretime ve genel giderlerin azaltılmasına kaymıştır. Bu çerçevede, MRP gelişti ve üç ana özellik sağlayan MRP II oldu: malzeme planlaması, malzeme kontrolü ve üretim siparişi tanımı [27].

Harrington, J. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada 1973 yılında, bilgisayar entegre üretim kavramı ilk olarak önerildi. 1980'lerin sonunda, IBM, bilgileri işletme genelinde entegre etmek için yeni bir bilgisayarla entegre üretim çerçevesi tanıttı. Bu, bir üretim işletmesini desteklemek için sistematik bir yaklaşım anlamına gelir ve pazarlama, araştırma ve mühendislik, üretim iş planlaması, tesis operasyonları, finans muhasebesi ve yönetimi gibi temel fonksiyonel iş alanlarını içerir [28-30].

Muhammad, Y. ve arkadaşları tarafında yapılan çalışmada ERP'ler, daha iyi tahmin ve planlama, envanter yönetimi ve muhasebe işlevleri sağlamada mükemmel olan daha iyi müşteri desteği ve planlaması için organizasyonel işlevleri entegre etmeyi amaçlayan sistemlerdir. Bununla birlikte, ERP uygulamaları atölyedeki işlemleri yönetemez, çünkü bu uygulamalar atölye faaliyetleri için gereken ayrıntı ve hızdan yoksundur. ERP uygulamalarındaki işlem verileri haftalık, aylık veya günlük olarak kaydedilir ve

raporlanır, tesis yönetimi ise her bir işlemin anında, yani gerçek zamanlı olarak kaydedilmesini, raporlanmasını ve yanıtlanmasını gerektirir [31,32].

Rondeau, P. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ERP / MRP sistemlerinin bu yetersizliği, bugün sahip olduğumuz MES haline gelen gerçek zamanlı veri toplama yazılımı uygulamalarının geliştirilmesini hızlandırıyor. MES terimi ilk olarak 1992 yılında AMR Research tarafından kullanıldı ve aynı yıl MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) ortaya çıktı. MES'in ortaya çıkışı, MRP II sistemleri ile cihaz kontrol sistemleri ile atölye arasında kritik bir ara yüzün geliştirilmesini sunar. MES'in en önemli katkısı, üretim sürecini müşteri gereksinimlerini ve talebini karşılamaya odaklanan bir değer dağıtım sistemi ile birleştirmesidir [33,34].

Vogel-Heuser ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada bugün, Sanayi 4.0, nesnelerin interneti (IoT) ve siber-fiziksel sistem (CPS) gibi konular dikkat çekiyor. Vogel-Heuser ve arkadaşları, bilgi teknolojisinin gelişimi, mühendislik de dahil olmak üzere üretim tesislerinin yaşam döngüsündeki değişiklikler, standardizasyon ve modülerleştirme yoluyla verimliliği artırma baskısı nedeniyle, heterojen endüstriyel otomasyon ortamında bilgi entegrasyonu için omurga görevi gören endüstriyel otomasyon için yeni bir bilgi modeli önerdi [35,36].

Almada-Lobo, F. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada üretim işletmeleri için, MES sistemleri iş süreci üretim ve varlıkları, malzeme ya da konteynerlerin yerini tespit etmek ve iletişim karmaşıklığını azaltmak için atölye içerisinde bağlantı ve bulut bilişim ve gelişmiş analiz arasında, bitkiler, ürünler, üretim süreçleri, kaynaklar, dikey entegrasyon mantıksal yerinden yönetim uygulamak için vazgeçilmez bir katman haline geliyor. Fabrikadaki kaynakların kullanımını analiz etmek ve karşılaştırmak için temel referans önlemin yanı sıra, OEE sektörlerin potansiyel iyileştirme alanlarını belirlemelerine ve yalın girişimleri desteklemelerine yardımcı olabilir [37,38].

Cottyn, J. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada üretim verimliliğini artırmak için yalın karar verme süreçlerini tetiklemek, beslemek veya doğrulamak için malzemelerin kullanımı, işleme süreleri ve makine arızaları gibi yararlı gerçek zamanlı bilgiler sağlayabilir. Değişim süresini azaltmak için MES'de tek dakikalık kalıp değişimi (SMED) prensibini entegre eden ve planlama ve üretim verimliliğini artıran bir yöntem önerildi. Üretim siparişini gerçek zamanlı olarak planlayabilen bir RFID entegre MES

tanıtılmıştır. RFID verileri ile birlikte veri madenciliği teknolojilerinin kullanımı sayesinde, MES'in atölyede üretim için daha hassas zamanlama yapabildiğini belirtildi. Ayrıntılı planlamanın, MES ile entegre edilen ve kısa seri üretim planlaması için ajan tabanlı bir MES öneren sipariş yürütme bağlantısını gerektirdiğini belirtildi. [39-42].

Van Brussel, H. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada bir dizi araştırma MES için holonik mimarinin geliştirilmesi ve uygulanmasına odaklanan zamanlama işlevini, gerçek zamanlı reaktif zamanlamayı gerçekleştiren tüm MES oluşturmak için diğer holonlarla iletişim kurması gereken bir holon olarak ele aldı. MES'in süreç endüstrisinde, tipik olarak endüstride planlamanın temeli olduğu ve MES ile entegre bir planlama yaklaşımı önerdiğini ve planlama görevini bilgi edinimi, rota hesaplaması ve karar verme için çeşitli alt görevler olarak ayırdığını belirtti [43-46].

Rüßmann, M. ve arkadaşları endüstri 4.0 ile ortaya çıkan teknolojileri analiz etti ve gelişmekte olan imalat endüstrisinde MES'in sürdürülebilirliğini doğruladı [47-49].

1.2. Literatür Taraması Değerlendirmesi

- 1) Şirketlerin gelişen pazar ihtiyaçları nedeniyle dijitalleşmeye entegre olmaları gerektiği belirtilmiştir.
- 2) Üretim ortamında kullanılan siber fiziksel sistemlerin endüstriyel süreçleri iyileştirdiği vurgulanmıştır.
- 3) Teslim sürelerinin iyileştirilmesi, üretim oranlarının ölçülmesi, işçi verimliliğinin araştırılması gibi nedenler işletmeleri MES kullanımına yönlendirmiştir.
- 4) Üretim verimliliğini arttırmak için yalın karar verme süreçlerini tetiklemek, beslemek veya doğrulamak için malzemelerin kullanımı, işleme süreleri ve makine arızaları gibi yararlı gerçek zamanlı bilgiler sağlamıştır.
- 5) MES'in süreç endüstrisinde, tipik olarak endüstride planlamanın temeli olduğu ve MES ile entegre bir planlama yaklaşımı önerdiğini ve planlama görevini bilgi edinimi, rota hesaplaması ve karar verme için çeşitli alt görevler olarak ayırdığını belirtmiştir.

1.3. Türkiye’de Sanayileşme

1.3.1. Türkiye’de sanayinin tarihsel gelişimi

Ülkemizin büyük ölçekli sanayisinin kuruluşu uzun bir geçmişe sahiptir. Sanayileşme faaliyetlerinin ilk adımı 1839 yılında Tanzimat hareketi ile su depoları, tersaneler ve demirhanelerin kurulmasıyla başlamıştır. Ancak Avrupa’da yaşanan büyük sanayi devrimi ve tekstil sektöründe yaşanan gelişmeler, Bursa ve İstanbul başta olmak üzere tekstil sektörünü olumsuz etkilemiştir. Ayrıca, 19. yüzyılda Avrupa ülkeleri ile imzalanan teslimiyet anlaşmaları Osmanlı Devleti’ne yükümlülükler getirmiş, gümrük vergilerinin artması yabancı malların rekabetini engellemiş ve kurulan fabrikaların çoğu zarara uğramıştır. Bu dönemde ülkenin ihtiyaçlarını karşılayabilecek küçük tesisler bulunmaktadır. Bunlar arasında değirmenler, sabunlar, makarna, yağ ve konserve fabrikaları, basit dokuma tesisleri, tabakhaneler, çimento fabrikaları, kereste fabrikaları, tuğla fabrikaları ve tarım ürünlerini bitmiş ürüne dönüştüren bazı gemi ve makine tamir atölyeleri bulunmaktadır. Nitekim 1915 yılında yapılan sanayi sayımında İstanbul, İzmir, Bursa, Manisa ve Uşak’ta toplanan 269 tesisin 88’i gıda, 75’i tekstil, 55’i tütün ve 20’si de çimento ve seramik endüstrisine aittir. Sanayinin büyük bir bölümünün Batı Anadolu’da yoğunlaştığı görülmektedir. Lozan Antlaşması yürürlükten kaldırılıp teslim edilmeden önce bu tesislerin Avrupa ile rekabet etmesi zordu. Ancak Cumhuriyetin kurulmasıyla birlikte 17 Şubat 1923’te İzmir’de yapılacak olan İktisat Konferansı’nın özel sektörü teşvik etmesi beklenmiştir. 1927 yılında milli sanayiye canlandırmak için gümrük, vergi, nakliye ve hammadde temininde uygun tedbirler alınmıştır. Devletin aldığı bu önlemler sonucunda 1927 Sanayi Sayımında yaklaşık 65.000 işletme tespit edilmiştir [50].

1.3.2. Türkiye’de sanayileşme süreci

Gelişmekte olan ülkelerin ve sosyalist ülkelerin en temel sosyal hedeflerinden biri olan sanayileşmenin İkinci Dünya Savaşı sonrasında özellikle son yirmi yılda büyük ölçüde gündemden düştüğü görülmektedir. Öte yandan, Cumhuriyet’in kuruluşundan bu yana sanayileşmeyi önemli bir hedef olarak benimseyen Türkiye, 1950’lerin başında neredeyse tamamen ülkenin önderliğinde büyük sanayileşme atılımları

gerçekleştirmiştir. Savaştan sonra, savaş sırasında özel sermaye birikiminin de katkısıyla bu yöndeki çabalar devam etmiş ve 1960'ların başında merkezi planlamanın devreye girmesiyle yeni bir ivme kazanmıştır [51].

1970'li yılların sonlarında artan kısa devre istikrarsızlık ve daha önemlisi had safhaya varan dış kaynak kıtlığı sebebiyle sanayileşme çabaları tıkanmıştır. Türkiye, 1980 yılı başlarından itibaren Dünya Bankası ve IMF desteğinde özgür piyasa ağırlıklı dışa açık politikaları esas alan politikaları tatbik eden ülkeler içinde yer almıştır [52]. Son çeyrek asırlık döneme sanayileşme stratejileri açısından bakıldığında 1980'li ve 1990'lı yıllar, Türkiye'nin sanayileşme sürecinde iki mühim dönüm noktası oluşturacak vakalara sahne olmuştur. Bunlardan birincisi 1980'lerin başından itibaren Türkiye'nin dışa açık sanayileşme stratejisine yönelmesi, ikincisi de 1990'ların ortalarından itibaren ekonomik entegrasyona yönelik bir sanayileşme stratejisine geçiştir [53].

1.3.3. Cumhuriyet dönemi sanayileşme politikaları

Cumhuriyetin ilk birkaç yılındaki sanayileşme hareketi tarihsel olarak iki gruba ayrılabilir. Birincisi, Cumhuriyetin ilanından Büyük Buhran'ın başladığı 1929 yılına kadar özel girişimcileri desteklemektir. Diğeri, 1929'dan 1939'a kadar devlet merkezli sanayileşme yılıdır. Cumhuriyetin ilk yılındaki sanayileşme hareketinin, devrimin kurmaya çalıştığı bireysel özgürlük idealizmi temelinde özel girişimciler tarafından desteklendiği söylenebilir. Kurtisk, o dönemde siyaseti "devletin kendi yeni sanayisini kurması ve işletmesi söz konusu bile olamaz", hatta "gereksiz" görülen bir yapı olarak özetler. Bu nedenle ilk dönemlerde sanayileşmeden çok bu hareketi teşvik eden düzenlemeler ilgi odağı olmuştur. Örneğin, 1923 Ekonomi Konferansı'nın daha sonra Türkiye'nin sanayileşmesini şekillendiren bir karar aldığı biliniyor. Benzer şekilde, 1927 Teşvik Sanayi Yasası özel yatırımcılara devlet desteği sağladı. Yatırımcılara vergi muafiyetleri ve devlete ait arazilerden yararlanma fırsatları gibi özerklik verildi. Yürürlüğe giren mevzuatın ağırlıklı olarak imalat sanayinin gelişimini teşvik ettiği söylenebilir. Keeder: "Kalkınmanın başlangıcından itibaren modern sayılabilecek imalat, büyük Avrupa şehirleri ile güçlü kültürel ilişkiler gerektiren küçük ölçekli üretimin ötesinde iç pazarın ihtiyaçlarını karşılayabilmiştir. Aynı zamanda Türkiye'nin dünya ekonomisine entegre olma sürecinde ortaya çıkan ticaret kapsamında tamamlayıcı bir unsurdur"[54].

Ancak 1930'daki Büyük Buhran girişimcileri vurdu ve yatırımları ciddi şekilde durdurdu. Ancak devlet merkezli siyasi krizin aşılması, özellikle sanayileşmenin teşvik edilmesi için girişimlerde bulunulmuştur. Bu süre zarfında Türkiye ekonomik olarak içe kapanmış ve ulusal sanayileşme deneyinde başarılı olmuştur [55].

1.4. Sanayileşmede Üretim Verimliliği

1.4.1. Verimlilik ve etkinlik

Verimlilik ve etkinlik genellikle birbirinin yerine kullanılır, ancak bunlar farklı içerikteki kavramlardır. Bu nedenle verimlilik ve etkinlik kavramları arasındaki farkı göstermemiz gerekiyor. Drucker ayrımı genellikle verimlilik ve etkinlik arasında ayrım yapmak için kullanılır. Drucker'a göre etkinlik girdiler ve çıktılarla, verimlilik çıktılar, sonuçlar ve bunların etkileriyle ilgilenir. Aslında verimlilik, üretim kaynaklarının kullanımını ölçer ve bir hedefe ulaşma derecesini belirler. Buna paralel olarak, verimlilik ölçümlerinin, bir organizasyonun üretim faaliyetlerinin etkinliğinin objektif bir ölçüsü olduğu bulunmuştur. Verimlilik, bir organizasyon içindeki tüm faaliyet alanlarıyla ilgilidir, ancak diğer herhangi bir sosyal yapı gibi, etki işin gerçekleştirilmesiyle başlar. Etkinlik ilk adım olarak kabul edilir, ancak verimlilik bir önceliktir ve verimlilik, etkinliğe ek olarak kullanılmalıdır [56].

1.4.2. Verimlilik kavramı ve kapsamı

"Verimlilik" kelimesi uzun zamandır ortalıkta dolaşmaktadır. İlk olarak hümanist Agricola tarafından De Re Metallica (1530) literatüründe kullanılmıştır. Agricola, "bir sonraki yöntem verimi artıracak" diyerek, yeraltından maden çıkarmanın ve cevheri ve uygunluğunu artırmanın yollarını araştırırken verimliliği bilimsel olarak inceleyen ilk kişi oldu. Agricola üretkenliği yazılı olarak ilk kez kullandıktan sonra, Fizyokratlar kelimeye net bir anlam vermiş ve üretkenlik ile verimsizlik arasındaki farkı ortaya koymuşlardır. Yüzyılın ilk yarısında verimlilik teorisini geliştirdi. Bu nedenle, tarım ve toprak, gerçek refah ve zenginlik kaynaklarıdır. Çünkü üretken sınıf, toprağı işleyen sınıftır. [57].

Verimlilik, Agricola ve Fizyokratlardan sonra daha geniş ve yaygın olarak Klasikler tarafından kullanılmıştır. Bu okulun öncülerinden Adam Smith, sınaî üretimi yaratan emeği verimli, hizmetleri ise verimsiz kabul etmiştir. Smith'e göre, ekonomi geliştikçe artan getiri nedeniyle üretimin reel maliyeti düşmekte; iş bölümü geliştikçe ve makineler ihtisaslaştıkça verim yükselmektedir. Marjinal verimlilik teorisini literatüre kazandıran Neoklasikler ise iktisat biliminde analitik düşüncenin yolunu açmışlardır. Keynesyen iktisadın kurucusu olarak bilinen John M. Keynes ise verimliliği talebin bir fonksiyonu olarak ele almıştır. Bu açıklamalarımız doğrultusunda verimlilik veya üretkenlik/prodükktivite, en basit tanımıyla, çıktının girdiye oranıdır. Bu çerçevede, verimlilik kavramı göreceli bir kavram olmayıp, incelenen karar birimlerinin verimliliklerini birbirlerinden bağımsız olarak ölçme imkânı sağlamaktadır [58].

Yukarıda da belirtildiği üzere çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi arasındaki oran verimlilik olarak adlandırılmaktadır [59].

Verimlilik belirleyicilerinin istatistiksel olarak açıklanması ve daha geniş yorumlanması gerekir. Birçok OECD ülkesinde verimlilik ölçümü konusunda kapsamlı araştırmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar, çeşitli faktörlerin verimlilik üzerindeki etkilerini istatistiksel olarak ölçmeye çalıştı. Bu çalışmalar, teknolojik ilerleme ve ölçek ekonomileri, yatırım ve sermaye gücü, iş ve eğitim kalitesi, yaş ve cinsiyet faktörleri ve verimlilik artışının başlıca itici gücü olan hükümet politikası gibi konuları kapsar. Bu tür önlemler, uzun vadede verimliliği artırmada hangi tür faktörlerin daha etkili olduğunu belirlemede önemlidir. Uzun vadede üretkenliğe yol açan faktörlerin kısa vadede daha etkili olduğu iyi bilinmektedir. Bu ayrım, kesit verileri ve zaman serisi verileri kullanılarak netleştirilebilir. Bu teknik ilişkiler öncelikle verimlilik göstergeleriyle ilgilidir. Verimlilik göstergelerinin kısa vadeli istatistiksel izlemesi, çeşitli adımlar atmanıza yardımcı olabilir [57].

1.5. Verimlilik Ölçüm Modelleri

1.5.1. David J. Sumanth modeli

Bu, her ürün türü (en azından temel ürün) için toplu bir üretkenlik endeksi sağlayan ürün odaklı bir modeldir. Genel endekse ek olarak, bu endeksler yönetici için genel

ölçüm modelinden daha faydalı sonuçlar sağlar. Referans dönem için ayarlanan cari dönem için girdi ve çıktı değerleri ile elde edilen ürünün toplam verimliliği, fiili değerlerde TL çıktı / TL girdi olarak ifade edilir. Toplam verimlilik, toplam malzeme üretiminin tüm malzeme girdilerine oranıdır. Çıktı unsurları bitmiş ve yarı mamul ürünler, girdiler ise işçilik maliyetleri, malzeme maliyetleri, sermaye, enerji ve diğer maliyetlerdir. Bu modelin bir özelliği, hem bir bütün olarak şirketin hem de bireysel ürünlerin genel verimliliğini ölçme yeteneğidir [62].

1.5.2. Veri zarflama analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA) ilk kez 1957 yılında Farrell tarafından Ortalama Performans ölçütüne karşılık ortaya atılan Sınır Üretim Fonksiyonu önerisi ile şekillenmiş, Charnes, Cooper, Banker ve Rhodes'in çalışmalarıyla bu günkü haline gelmiştir [63].

Veri zarfı analizi, ürettikleri mal ve hizmetlerle ilgili benzer ekonomik karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini ölçmek için geliştirilmiş, parametresiz bir etkinlik ölçüm yöntemidir [64].

Çok sayıda girdi ve çıktıyı karşılaştırmayı zorlaştıran diğer etkinlik ölçüm yöntemlerinin yetersizliği bu şekilde denenmiştir. Bu yöntemin en önemli özelliklerinden biri, parametrik yöntemde olduğu gibi önceden tanımlanmış analitik üretim fonksiyonlarına ihtiyaç duymadan birden çok girdinin kullanıldığı ve birden çok çıktının elde edildiği bir üretim ortamında ölçülebilmesidir [65].

VZA, soruşturma sırasında belirlenen her bir karar birimi için verimsizliklerin kapsamını ve nedenini tanımlamanıza olanak tanır. Girdinin nasıl azaltılacağı veya verimsiz birimlerin çıktısının nasıl artırılacağı konusunda yönetici rehberliği sağlar [66].

1.5.3. M. R. Ramsay modeli

M. R. Ramsay, modeli "Genel Verimlilik Ölçümleri" makalesinde tanımladı. Ramsey, çıktıyı toplam maliyet, hammadde ve malzeme kâr ve maliyetlerinin toplamı ve girdiyi toplam maliyet eksi hammadde ve malzeme maliyetleri olarak tanımladı. Buradaki amaç, aradığınızı bulmaktır. Yalnızca hammadde ve malzemelerin mal ve hizmetlere veya ürünlere dönüştürülmesinde aktif olarak yer alır [62].

1.5.4. Jackson ve Petterson yaklaşımı

Zamana dayalı verimlilik ölçümleri, üretkenliği, katma değerli işin toplam zamana oranı olarak kabul eder. İlgili yaklaşımlar, kullanımı kolay, herkesin anlaması kolay ve farklı işletme türlerini ve farklı ülkeleri karşılaştırmanın kolay olması nedeniyle tercih edilir [67].

1.5.5. Kurosawa modelleri

Bir verimlilik artırma uzmanı olan Kurosawa'ya göre, işletmede verimlilik ölçümü, geçmişin analizi ve yeni etkinliklerin planlanmasına yardım eder; ayrıca işlevsel etkinliklerin izlenmesi için bir bilgi sisteminin kurulmasında kullanılabilir. Kurosawa 3 model üzerinde durmuştur [68]. Bunlar:

1.5.5.1. Oranlarla işgücü verimliliği modeli

Bu sisteminin genel amacı, her çalışanın, üst yönetimin ve üst yönetimin iş kaynaklarının kullanımına ilişkin sorumluluğunu göstermektir. Bu sistem, zamanın ve insanların önemli olduğunun anlaşılmasına ve tanınmasına dayanmaktadır. Zaman bilinci, hammadde ve sermaye verimliliğinin yanı sıra işgücü verimliliğinin artmasında en temel faktördür. Bu nedenle, özellikle emek yoğun endüstriler için genel verimlilik kampanyaları için en iyi model olması gerekir [68].

1.5.5.2. Değişken yapıli hiyerarşik ağırlıklı ortalama işgücü verimliliği indeks sayı sistemi

Kurosawa, işgücü kaynağı kullanım durumunu gösteren, birbiriyle ilişkili bir verimlilik indeksleri ağı geliştirmiştir. Amacı çeşitli faktörlerin kişi-yıl verimliliğinde gözlenen değişikliklere etkisini incelemektir. Sistem;

- 1) Çalışılmayan günler ve çalışma günleri,
- 2) Çalışılmamış günler ve çalışılmış günler,
- 3) Çalışılan ve kullanılmayan işgücü saatleri,

- 4) Kayıp ve etkili süre kategorilerinden oluşan olası çalışma saatlerini yapısını yansıtmak için tasarlanmıştır [69].

1.5.5.3. Toplam verimlilik ve karlılığın ölçümü ve analizi modeli

Sistem toplam maliyet verimliliği ve karlılığı birleştirmek için tasarlanmıştır. Bu sistemde verimlilik, cari fiyatla ölçülen gelir ve gider arasındaki ilişkiyi gösterir. Yalnızca nispi değer (çıktı/girdi oranı) değil, aynı zamanda gelir ve gider arasındaki mutlak fark da kullanılır. Bu sistemi hem makro hem de mikro düzeyde uygulayarak bir şirketin performansı, içinde bulunduğu sektörün ortalama yapısı ve eğilimleri ile karşılaştırılarak değerlendirilebilir. Verimlilik oranı şirket için tek bir değerle temsil edilse bile, kısmi verimlilik, farklı girdilerin şirket üzerindeki verimliliğe etkisini daha net gösterdiği için daha çok tercih edilen bir kullanım şeklidir. Kısmi verimlilik oranı; işgücü verimliliği tahsisi, malzeme verimliliği tahsisi, mekanik verimlilik tahsisi, sermaye verimliliği tahsisi, enerji verimliliği tahsisi olarak ayrı ayrı hesaplanabilir [70].

1.6. Toyota Üretim Sisteminin Özellikleri

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Japon ekonomisi tehlikedeydi ve ekonomik durgunluk başlamıştı. Japon Toyota , şartlara uygun olarak ABD Merkez Komutanlığı'nın onayı ile kamyon üretimine başladı. Savaş makineleri ve sistemleri ile ayda 800 kamyon üretme hedefine zar zor ulaştı. Verimlilik çok zayıftı. Bu yıllarda Ford, Amerika Birleşik Devletleri'nde ucuz dökme ürünler üretti. Ancak Japonlar, endüstriyel yaşamlarını sürdürmek ve küresel pazara katılmak için kendi yollarını geliştirmeleri gerektiğine inanıyorlardı. Tam zamanında üretim fikri 1950'lerde Taiichi Ohno tarafından geliştirildi. Ohno bu fikri bulduğunda, Amerikan süpermarketlerinde gördüğü kullanımlardan etkilendi. Süpermarketlerde ara aşamalar yoktur ve müşteriler birçok farklı ürünle doğrudan karşı karşıyadır. Bu esnada kusurlu veya kalitesiz ürünler, aradığınız ürünlerde eksiklik, değişim veya iade gibi sorunlar doğrudan tesisinize yansımaktadır. Müşteri rafları boşalttığında, operatör rafları doldurdu ve malları orijinal konumuna geri getirdi [71].

Uzun yıllar Toyota fabrikalarında iyileştirme tekniklerinin uygulanması sonucu aşağıda açıklanan 7 israf cinsinin en önemli olduğu sonucuna varılmıştır:

- 1) Lüzumsuz fazla üretim
- 2) Bekleme süreleri
- 3) Taşıma
- 4) Prosese özgü israf
- 5) Fazla stok
- 6) Lüzumsuz hareket (insan)
- 7) Ürün hataları

Tam zamanında üretim sisteminin tam olarak uygulanmasında büyük önem taşıyan özel terimler aşağıdadır:

- 1) Kanban
- 2) Jidoka
- 3) Andon
- 4) Standart İşler
- 5) Heijunka
- 6) Shojinka
- 7) Kaizen
- 8) Tedarikçiler

1.6.1. Kanban

Üretimi "tam zamanında " gerçekleştirebilmenin ön koşuludur. Tüm süreçlere ne zaman ve ne miktarda üretim yapacaklarını zamanında bildiren bir bilgi sisteminin kurulmasıdır. Tam zamanında üretim ortamında bu işlevi gerçekleştiren sistem Kanban Sistemidir [72].

Üretim kontrol sistemleri iki ana gruba ayrılabilir: çekme sistemleri ve itme sistemleri. Klasik sistem bir itme sistemidir. Üretim ve envanter yönetimi, tahmini ihtiyaçlara dayanmaktadır. Üretim planlaması bu değerlere göre belirlenir. İtme sistemlerine genellikle çizelge tabanlı sistemler denir çünkü üretim bu çizelge göz önünde bulundurularak zaman içinde gerçekleşir. Bu ortamda üretim süreci her zaman bir sonraki süreç ihtiyaçlara dayalı olacak şekilde üretilir. Ama bu durumda. Herhangi bir

üretim süreci sorunu veya talep dalgalanması nedeniyle değişikliklere hızlı bir şekilde uyum sağlamak kolay değildir [73].

Kanban Kuralları

- 1) Bir sonraki prosese hatalı parça gönderme.
- 2) Sonraki prosesin istediği kadar üretim yap.
- 3) Sonraki prosesten çekilen tam miktar kadar üretim yap.
- 4) Üretimi dengele. Kanban iyi bir üretim düzenleme aracıdır.
- 5) Prosesleri istikrarlı ve mantıklı hale getir.

Kanban'ın Yararları

- 1) Gerektiğinden fazla üretimi önler.
- 2) İmalatla ilgili bilgilenmemizi sağlar.
- 3) İzleyerek kontrol yapmanızı sağlar.

1.6.2. Jidoka

Üretimde kullanılan makine ve aletlerin veya standart dışı kalitede işlenen ürünlerin çalışmasındaki olası sorunları tespit ederek kendinizi ve tüm üretim hattınızı kapatma yeteneğidir. Aynı zamanda Jidoka, bir montaj hattı çalışanının bir hata veya sorun tespit etmesi ve üretim hattının çökmesidir. Jidoka, sıfır kaliteli üretimin gerçekleşmesine önemli katkı sağlar. Otomatik tezgahlar ve makineler günümüz fabrikalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tezgahları ve makineleri çalıştırmak için tek bir düğmeye basmak yeterlidir. Ancak bu makinelerin çoğu sınırlı işlevselliğe sahiptir, çalışma sırasında sorunun farkında değildir ve süreci durdurmanın hiçbir yolu yoktur. Bu nedenle, operatörün makineyi denetlemesi gerekir. Ancak iş ekipmanlarının takibi ürüne değer katan, ürünün maliyetini artıran bir süreç değildir. Bu israf, operatörü makineden çıkararak ve üretken görevler atayarak önlenabilir. Bunun için makinenin belirtilen olağan durumlar dışında (hata oluşması, takım aşınması, kırılma vb.) otomatik olarak durması ve operatörden bir sinyal ile harekete geçmesi istenmesi gerekir [74].

Jidoka uygulamasıyla sağlanan diğer yararlar:

- 1) İşgücü sayısındaki azalma sonucunda maliyetlerin azalması,
- 2) Talep değişmelerine uyum sağlama becerisinin artması,
- 3) İnsana saygı kültürünün gelişmesi,
- 4) Hasarlı parça ya da makinaların düzgün çalışmasının başka operatörler tarafından denetimine gerek kalmaması.
- 5) Hurda/iade oranının azalması

1.6.3. Andon

Andon, standart dışı çalışma koşullarını ve problemlerini tanımlamayı kolaylaştıran ve mümkün kılan bir araçtır. Andon, Japonca'da "sokak lambası" anlamına gelir. Fenerlerin insanların karanlıkta kendilerini yönlendirmesine izin vermesi gibi, Andon'un ışığı da fabrikalardaki olağandışı durumları bulmamıza izin veriyor. Jidoka uygulamasında tüm montaj ve üretim hatlarında Andonboard ve çağrı lambaları bulunmaktadır. Çağrı lambaları genellikle bir ustabaşı, tamir/bakım işçisi veya işçiye sorunun bulunduğu yere çağırmak için kullanılır. Çağrı lambasının ışığı, aranan kişiye göre değişir. Andon, hattaki standın durumunu gösteren ışıklı bir panodur [75].

1.6.4. Standart İşler

Toyota sisteminde operasyonların standardizasyonu ile gerçekleştirilen, ek istenen 3 temel hedef vardır:

- 1) Standart operasyonların ilk hedefi el işçiliklerinde israf olarak tanımlanan gereksiz hareketleri kaldırarak verimliliği arttırmaktır.
- 2) Standart operasyonların ikinci hedefi üretim zamanlanması açısından tüm süreçler arasında hat dengesinin sağlanmasıdır.
- 3) Standart operasyonların üçüncü ve son hedefi ise süreç içi envanter düzeylerinin en azlanmasıdır.

Standardizasyon olmadan, iyileştirmelerin uygulanması olasılığı çok sınırlıdır. Bu durumda, bir süre sonra her şey eski kaotik ve kontrolsüz duruma geri döner. Üretim dengeli ise şirket genelinde iyi bir iş disiplini gelişir [75].

1.6.5. Heijunka

Çeşitli ürünler üreten üretim hatları için bu, üretimin hem sayı hem de üretim sırası açısından dengelenmesi anlamına gelir. Dengeli üretim, üretim kullanımındaki ve ham / bitmiş envanterdeki değişiklikleri en aza indirir. Makine/cihaz kapasitesi dengelidir. Hat işlemleri daha verimli ve esnektir. Üretimi Toyota ortamının değişen talep koşullarına uyarlama süreci, üretim seviyelendirme olarak bilinir. Üretim dengeleme süreci sonunda tek bir ürün tipinin üretimine çok sayıda üretim hattı tahsis edilemez. Tersine, talep değiştikçe, aynı gün içinde küçük miktarlarda farklı türde ürünler üretebilecek şekilde üretim hatlarınızı düzenlemeniz gerekir [75].

1.6.6. Shojinka

Toyota üretim sisteminde shojinka, işgücü sayısını talepteki azalma ve artışlara paralel olarak azaltmak ya da arttırmak anlamına gelmektedir. Yani talep değişmelerine uyum sağlamak amacıyla işgücü sayısında esneklik sağlamaktır. Shojinka kavramının gerçekleşebilmesi ise 3 temel ön koşula bağlıdır:

- 1) Uygun tezgah yerleşim planlaması
- 2) Çok yönlü ve eğitilmiş işgücü; çok fonksiyonlu işgücü
- 3) Standart operasyon sıralamalarının sürekli değerlendirilmesi ve düzenli olarak revizesi

İş gücünün "çok fonksiyonlu" niteliğini kazanacak şekilde eğitilmesi Shojinka kavramının gerçekleştirilmesinde çok önemlidir Toyota üretim sisteminde bu amaçla iş rotasyonu sistemi uygulanmaktadır. Bu sistem çerçevesinde her işçi, bulunduğu atölyedeki tüm işleri sırayla dolaşarak öğrenmekte ve giderek bu işlerde uzmanlaşmaktadır [76].

1.6.7. Kaizen

Kaizen gelişme ve sürekli iyileştirmedir. Buradaki temel amaç, kusurlu ürünleri azaltarak, verimlilik ve üretkenliği artırarak üretim maliyetlerini düşürmektir. Üretim aşamasını veya şirketi iyileştirmek için büyük veya küçük herhangi bir teklif Kaizen'dir. Toyota Üretim Sistemi ile Batı Üretim Sistemi arasındaki temel fark Kaizen'dir. Kaizen,

Toyota Üretim Sisteminin temelini oluşturan en önemli unsurdur. İyileştirme programları çalışanların aktif katılımı ile uygulanmalı ve her seviyeden gelen öneriler aynı özenle değerlendirilmelidir. Özellikle çalışanların teklif geliştirme aşamasına katılımının sağlanması motivasyona olumlu etki etmekte ve işe bağlılıklarını artırmaktadır [77].

1.6.8. Tedarikçiler

Tam zamanında üretim alanında ideal olan "sıfır envanter" hedefine ulaşmak için az sayıda tedarikçiden istenilen kalitede ve az miktarda ve zamanında ürün elde etmek gerekmektedir. Tedarikçi ve üretici arasında bir mesafe varsa, sık teslimatlar düzenli, nispeten nadir teslimatlarla değiştirilmelidir. Tedarikçilerle iş ilişkilerinin geliştirilmesi, şirketin üretkenliği ve verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Faaliyet sadece kendi iş problemlerinizi değil, tüm üretim sistemini kapsamalıdır. Tam zamanında üretim sisteminde küçük miktarların sık sevkiyatı çok önemlidir, ancak nakliye maliyetleri açısından, büyük miktarlarda parça sevk etmek veya daha küçük nakliye araçları kullanmak avantajlı olabilir. Üreticiler ve tedarikçiler arasındaki ilişkiler ve iletişim, birbirlerinden çok uzakta olmadıklarında daha iyidir. Uzak tedarikçilerle ilgili ulaşım sorunlarına ek olarak iletişim konularını da vurgulamak önemlidir. Tedarikçi ile ana endüstriler arasındaki mesafe ne kadar büyük olursa, esneklik o kadar az olur. Bir sipariş verildiyse ve siparişi daha sonra değiştirmeniz gerekiyorsa, sipariş transit aşamasında olabileceğinden bazı sorunlar olacaktır. Bu nedenle, yerleşik bir alt şubeye geçmek arzu edilir [78].

1.7. Dijital Dönüşüm

1.7.1. Sanayi devrimlerinin tarihsel gelişimi

Tarım devrimi, avcı-toplayıcı tarafından yaşamaya devam eden toplulukların tarım yapması ve yerleşik bir yaşam tarzı sürmesi olarak gelişti. Bu gelişme, toplumun sosyo-ekonomik yapısında büyük değişiklikleri beraberinde getirmiş, kent yaşamına geçişi, nüfusun hızla artmasını, mimari, sanat ve kültürün gelişiminin yanı sıra özel mülkiyet anlayışının da gelişmesine yol açmıştır. Bu gelişmelerden yaklaşık 100 yıl sonra ikinci en önemli gelişme olan Sanayi Devrimi gerçekleşmiştir. 18. yüzyılın sonlarında

İngiltere'de başlayan Sanayi Devrimi, ellerin ve gücün yerini makinelerin gücüne bıraktıkça hızla gelişti. İngiltere'de başlayan Sanayi Devrimi kısa sürede Avrupa'ya ve ardından tüm dünyaya yayılmış, gelişmiş ülkelerin refah ve refahı giderek artmıştır [79].

a) Birinci Sanayi Devrimi (Sanayi 1.0): 1760-1830 yılları arasındaki dönemi içine alan ve sanayileşmenin başlangıcı olarak kabul edilen Sanayi 1.0, İngiltere'de insan emeğinin yerine, su ve buhar gücü ile çalışan mekanik tezgâhlarının kullanılmaya başlanmasıyla etkisini göstermiştir [79]. Odun yerine kömür gibi fosil yakıtlardan enerji üretilmesi ve buharın artan itici gücü, üretimin mekanize edilerek fabrikalara aktarılmasını mümkün kıldı. Daha yaşlı aileler ve daha küçük fabrikaların yerini daha büyük fabrikalar aldı [80].

b) İkinci Sanayi Devrimi (Sanayi 2.0): Birinci Sanayi Devrimi'nin üzerinden bir asırdan kısa bir süre sonra, İkinci Sanayi Devrimi'ni oluşturan unsurlar ortaya çıktı. Yıllar içinde denemeler yapmak kolay değildir, ancak 1860 yılında başladığına inanılan bu dönem, I. Dünya Savaşı'na ve ardından II. Sanayi 2.0, seri üretim, yağ bazlı içten yanmalı motorların yaygın kullanımı ve elektrik teknolojisi kullanılarak fabrika üretim hattında iş bölümünün ilk olarak geliştirildiği dönemi içermektedir [81]. Bu devrimle birlikte buhar gücü tamamen endüstriyel üretim için kullanılmış ve demiryolları inşa edilmiştir. Sanayide enerji kaynaklarına olan ihtiyaç, geleneksel buhar gücünden petrol ve elektrik bazlı enerji kaynaklarına doğru kaymaktadır. Bu gelişmeler, demiryolu taşımacılığını ve ticaretini hızlandıracak, çelik üretiminin ilk Sanayi Devrimi'nde kullanılan demirin yanı sıra radyo, telefon ve daktilo gibi telekomünikasyon araçlarının yerini almasını sağlayacak ve iletişimin gelişmesini sağlayacaktır [82]. Buhar gücünün yerine elektrik alınca otomotivdeki seri üretim hatları oluşmuştur [83].

c) Üçüncü Sanayi Devrimi (Sanayi 3.0): Üçüncü Sanayi Devrimi, 1970'lerin başından beri elektronik ve bilgi teknolojisinin gelişmesiyle birlikte gelişmiştir. Ana geliştirme süreci II. Dünya Savaşı'ndan sonra nükleer, lazer ve genetik gibi alanlarda gelişmelerle yaşanılabilmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısında tüketici beğenilerinin gelişmesiyle birlikte, üretim yerini kişiselleştirilmiş üretim anlayışına bıraktı ve hızla değişen duruma ayak uyduramayan büyük şirketler ortadan kalkmaya başladı. Bilişim sektörünün ve internetin yaygınlaşmasıyla birlikte kaliteli ve ucuz üretim temel yaklaşım haline gelmiştir. Sanayi 3.0'da gelişmiş ülkelerin imalat sanayi

içindeki payı azalmış ve hizmetler sektörü öne çıkmıştır. [84]. Sanayi Devrimi'nin ilerlemesi ile dünyada yenilenemeyen kaynakların hızla tükenmesi çevre sorunlarını ortaya çıkarmış ve yenilenebilir enerji kaynakları daha önemli hale gelmektedir [85]. Sanayi 3.0'ın en çarpıcı özelliği, bilgi teknolojisinin hızla gelişmesiydi. Bu süreçte ilk bilgisayarlar geliştirildi ve dijital teknoloji ön plana çıktı. 1990'larda İnternet'in ortaya çıkışı, Sanayi 3.0'ın dönüm noktalarından biriydi ve iletişim ve ulaşımdaki ilerlemeler, küreselleşme olgusunu birçok endüstride hissettirdi [86]. Bu dönemde elektrik ve mekanik makinelerin yerini dijitalleşme almıştır [87].

d) Dördüncü Sanayi Devrimi (Sanayi 4.0): 21. yüzyılın başında iletişim ve bilgi teknolojilerindeki önemli gelişmeler internetin yaygınlaşmasını sağlamış ve yazılımların gelişmesi akıllı sistemlerin gelişmesine yol açmıştır. Fiziksel ve dijital sistemleri birbirine bağlayarak insansız üretim süreçleri kurabilen yeni üretim sistemlerinin ortaya çıkması, Sanayi 4.0 sürecinin başlamasına katkı sağlamıştır. Sanayi Devrimi, insanların araç ve üretim süreçlerinde köklü değişikliklerin meydana geldiği, kullanılan iletişim araçları ve enerji sistemlerinin değiştiği, yeni üretim ve yaşam biçimlerinin yaratıldığı bir dönem olarak özetlenebilir. Sanayi Devrimi, yalnızca yaşamlarının evrelerinde güçlü bir ekonomik etkiye sahip olmakla kalmamış, aynı zamanda kültürel, sosyal, idari ve sosyal etkileri de olmuştur. Bu teknolojilerin ortaya çıkmasına neden olan gelişme, toplumsal sorunların çözümünde çeşitli cevaplar sağlayarak yeni yaşamın oluşmasına katkı sağlamıştır. Yeni yaşamla iç içe olan ekonomik faaliyet, daha yoğun ve titiz bir toplumsal yapı oluşturmuş, sanayi toplumları bir yandan sosyal ve ekonomik olarak değişime uğramıştır. Bilimsel yöntemlerdeki değişimlerle birlikte bilime dayalı bilgi ve kazanılan güç de önemli olmuştur. Bilgi yoluyla sanayileşilir ve kalan bilgi toplumda daha önemli hale gelir. Sosyal düzeyde anlam ifade etmeyen toplumlar sınıflara aittir, geliştirdikleri bilgilerle gelişme fırsatı bulur ve iyi yaşam koşullarına ulaşmak için verinin önemini anlarlar [88].

1.7.2. Sanayi 4.0 ve gelişen teknoloji bileşenleri

Sanayinin tarihsel sürecine bakıldığında üretim sürecinin devrim olarak nitelendirilebilecek üç aşamalı bir süreçten geçtiği söylenebilir. İçinde bulunduğumuz dönemle bağlantılı olarak Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Siber-Fiziksel Sistemler (CPS)

tabanlı üretime atıfta bulunan yeni bir Sanayi Devrimi süreci başlamıştır. Endüstri 4.0 olarak bilinen bu süreç, bir makinenin kendini ve üretim sürecini personel kullanmadan kontrol edebilmesi olarak tanımlanmaktadır [89]. Sanayi 4.0, tüm endüstriyel üretim paydaşlarının birbirleriyle iletişim kurmasının, tüm verilere anında erişmesinin ve bu veriler yardımıyla yüksek katma değer elde etmesinin temellerini atmak için henüz emekleme aşamasındadır. Sanayi 4.0 terimi, 2011 yılında Almanya'da Hannover Fuarı'nda kullanılan, tedarik zincirindeki tüm ürün ve süreçlerin ortak bir ağa bağlı olduğu ve tüm süreçlerin birbirine bağlı olduğu bir çalışma tarzını ifade eder. İlk kez kullanıldı. İnterneti üretimde kullanmanın olanaklarını anlatan Almanya devrim niteliğinde ve gelecek senaryolarını Endüstri 4.0 başlığı altında tartışıyor. Bu nedenle, bu kavram bir Alman üretim üssüne dönüşmede önemli bir faktör olarak görülüyor. Sanayi 4.0, bilgi teknolojisinin üretimdeki mevcut konumunu vurguluyor, üretimi tam otomatik hale getiriyor, öncelikle kol gücü kullanılarak beyin gücü ile kontrol ediliyor ve tamamen robotlar ve robotik cihazlar tarafından kullanılıyor.

- 1) Hız: Bu devrim önceki devrimlerin aksine doğrusal bir hızla değil üstel bir hızla ilerlemektedir. Bu da içinde yaşadığımız toplumun son derece bağlantılı ve çok yönlü olarak sürekli daha yeni ve daha yetenekli teknolojilerin önünü açmasının bir sonucudur.
- 2) Genişlik ve Derinlik: Dijitalleşme, devrimin hız kazanmasını tetikleyerek teknoloji çeşitliliğinin artmasına katkıda bulunmuştur. Yeni devrim ile iktisadi sorular olan “ne” ve “nasıl” sorularının yanında “biz kimiz” sorusuna verilen cevaplarda değişim göstermiştir.
- 3) Sistem Etkisi: Bu devrim ile birlikte tüm sektörler, şirketler ve hatta ülkeler de köklü bir dönüşüm yaşanması beklenmektedir.

Bununla birlikte, federal hükümetin bu fikirleri yeni bir endüstriyel strateji olarak uygulamasıyla, Sanayi 4.0 resmi yönleri ve kavramsal fenomenleri gerçekleştirmiştir. Fuardan kısa bir süre sonra Sanayi 4.0 Çalışma Grubu kuruldu ve bir yıl sonra Hannover Fuarı'nda Sanayi 4.0'ın stratejik olarak uygulanmasına yönelik bir öneri sunuldu ve Federal Hükümete bildirildi [88]. 2013 yılında federal hükümet, Sanayi 4.0 uyum sürecini açıklamak için bir eylem planı oluşturmuş ve akıllı hizmetler, ürün üretimi ve internet gibi birçok yeniliği içeren Sanayi 4.0'ın uygulanmasını sağlamak için

dünya çapında sunmuştur. [89]. Sanayi 4.0'ın gelişimi, Almanya'da dünyanın önde gelen çeşitli şirketlerinin Ar-Ge araştırmaları ve bu araştırmanın bir parçası olarak yeni teknolojilerin geliştirilmesiyle sağlandı. Ancak Sanayi 4.0 birçok alanda yavaş yavaş yer kazanmakta ve şirketler bu sürece daha fazla dahil olmaya başlamaktadır. Almanya'da kurulmuş, başlangıçta Avrupa'ya yayılmaya başlamıştır. Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da bu sürece geçici olarak dahil oldu [90]. Bu kavram için farklı ülkelerde aynı anlamı ifade eden benzer kavramlar da kullanılmıştır. Örneğin; Avrupa'da, "Geleceğin Fabrikaları", Almanya'da "Sanayi 4.0", ABD'de "Endüstriyel İnternet" ve Çin'de "İnternet +" olarak anılmaktadır. Şu an da tüm sektörleri etkileme gücüne sahip olan Sanayi 4.0 kavramı "Endüstriyel İnternet", "Akıllı imalat" ya da "Entegre Sanayi" adlarını da almaktadır [91]. Üretimde sorgulanan verilerin bulut sistemlerde saklandığı bu yeni sektörde, zaman ve mekan kavramı aşılarak istenilen zaman ve yerde çalışma yapılmaktadır. Yüksek düzeyde mühendislik bilgisi gerektiren ve sistemler arası tam entegrasyona katkı sağlayan Sanayi 4.0, uluslararası düzeyde ucuz işgücüne dayalı rekabet yerine katma değeri yüksek üretime dayalı rekabete geçişi sağlamayı amaçlamaktadır [92].

1.7.3. Büyük veri ve analizi

Büyük veri, mevcut bilgi sistemleri tarafından işlenemeyecek kadar büyük olan karmaşık bir veri kümesini temsil eder. Yani, bilinen veri tabanı yönetim sistemleri ve yazılım araçlarının veri toplama, depolama, yönetim ve analiz yeteneklerinin ötesine geçen veriler. İnternetin ortaya çıkışından bu yana var olan ancak anlamı ve işlevi henüz yeni kayıt altına alınan internetteki bu hareketler, günümüzde değerlendirilip analiz edilmeye başlanmış ve büyük veri kavramı ortaya çıkmıştır. Büyük veri, sosyal medya paylaşımı, GSM operatörlerinden gelen arama kayıtları, iklim, RFID etiketleri, bloglar, fotoğraflar ve videolar gibi sensörlerden gelen bilgiler gibi çeşitli kaynaklardan büyük miktarda işlevsel ve anlamlı bir şekilde bilgi toplama süreci olarak tanımlanabilir. Büyük veri üç temel değere ulaşır: gelişmiş karar verme, azalan maliyetler ve iyileştirilmiş ürün ve hizmetler. Özellikle işletmeler, bu kadar büyük miktardaki veriyi güvenli sistemlerde depolayarak, analiz ederek ve anlamlı bilgilere dönüştürerek önemli bilgiler elde etmektedirler. Bu bilgileri çeşitli kaynaklardan toplamak ve uygun analitik yöntemlerle yorumlamak şirketlerin önemli kararlar almalarını, riskleri daha iyi

yönetmelerini ve yenilikçi olmalarını sağlar. Sanayi 4.0'da büyük veri çok önemlidir. Doğru strateji ancak doğru bilgilerle oluşturulabilir [92].

1.7.4. Akıllı robotlar

Bilgisayarların ve yazılım programlarının makinelere uyarlanması akıllı üretimi popüler hale getirdi. İnsanlar her zaman kendilerine yardım amaçlı araçlar yaratmayı düşündükleri için, günümüzde bitkilere, hayvanlara ve en önemlisi kendilerine benzeyen cihazlar yaratmaya çalışılır. Bu da akıllı robot konseptinin gelişmesine katkıda bulundu ve 1900'lü yıllarda dokuma tezgâhlarında yardımcı iş makinesi olarak kullanıldığında mekanik akıllı robotlar hayatımıza girmeye başladı. İnsan işi yapabilen akıllı robotlar, düşük maliyetli, yüksek hız, düşük hata oranı ve seri üretim hatları oluşturmak için ilk olarak otomobil endüstrisinin montaj hattında kullanıldı [93]. Özellikle akıllı robotları yeni teknoloji sistemleriyle hareket etme yeteneğiyle donatarak, akıllı robotlar askeri, havacılık, tıp, arama ve kurtarma, hizmetler ve ev uygulamaları için belirli üretim alanlarının ötesine geçer [94]. Endüstriyel akıllı robotların kullanımı üretimi hızlandırmış, işçilik maliyetlerini düşürmüş ve üretimi artırmıştır. İnsanların hatalarının önemli olduğu mesleklerde akıllı robotlar kullanılarak, hayati tehlike arz eden ve hassas, tutarlı, tekrarlayan ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir [95].

1.7.5. Üç boyutlu yazıcılar

Üç boyutlu yazıcı, sanal ortamda programlanmış bir üç boyutlu nesnenin sabit bir baskısından oluşan ve bilgisayar ortamında depolanan verileri fiziksel olarak gerçek bir nesneye dönüştüren bir cihazın adıdır [96]. Eklemeli üretim olarak da bilinen bu baskı işlemi, geleneksel üretim sürecine zıt olarak çalışır ve bilgisayar ortamında oluşturulan üç boyutlu nesnelerin katmanlara ayrılması sürecini ifade eder. Bu, işin temel standardıdır. Eritilmiş hammaddeler üst üste gelecek şekilde her katmana basılır [97]. Üç boyutlu yazıcılarla ilgili araştırmalar yenidir, ancak bu teknolojinin tarihi süreci 1970'lere kadar uzanmaktadır [98]. 1970'lerde üç boyutlu teknolojisi hızlı prototipleme olarak yapıların prototipini yapmayı amaçlamış, 1980'lerde ise numunelerden ziyade gerçek parçaların üretilmesinden söz edilmiş ve bu teknolojinin patentleri alınıp

ticarileştirilmiştir. İlk katı malzeme 1982 yılında basılmıştır. Üç boyutlu yazıcılar 1995 yılında pazara sunulmuştur. [99] 2006 yılında Regrap adlı ilk açık kaynaklı yazıcı piyasaya sürülmüş ve birçok genel kullanıcı ve meraklı bu cihazları kullanmaya başlamıştır [100]. Açık kodların kullanılması, üç boyutlu yazıcıların hızlı gelişimine katkıda bulunmuştur [101]. Bu yazıcılarla birlikte, bilgisayar destekli tasarım programları tarafından üç boyutlu modeller kullanılarak gerçek dünyada üç boyutlu katı nesneler oluşturulmuştur [102].

1.7.6. Simülasyon

Simülasyon, ürünleri, üretim süreçlerini ve malzemeleri bir bilgisayarda üç boyutlu olarak çoğaltmak için gerçek zamanlı verilerin kullanılmasıdır. Gerçek veriler kullanılarak oluşturulan sanal modeller, ürünler, makineler ve insanlarla gerçek dünya sanal gerçekliğini yaratmaya çalışır [103]. Bu sayede oluşturulan sanal model, gerçek zamanlı üretime geçmeden ürünü sanal dünyada daha verimli bir şekilde test etme imkanı sağlamakta, en iyi cihaz ile kaliteyi arttırmakta ve dolayısıyla makinenin kurulum süresini kısaltmaktadır [104]. Tasarım aşamasındaki ürünler 3 boyutlu simülasyondan faydalanabilmekte ve zamanla simülasyon fabrika üretiminde daha etkin bir şekilde kullanılmaktadır [105].

1.7.7. Bulut bilişim

Bulut bilişim teknolojisi, internetin kullanımı ile doğan ve daha önemli hale gelen bilgi hizmetlerinin evrimi ile değişmiştir [106]. Bununla birlikte, bulut bilişim tamamen yeni bir kavram değildir [107]. Bulut, kelimenin tam anlamıyla hizmetlerin sağlandığı uzak bir konum anlamına gelir ve kullanıcıların internete bağlı bir bilgisayar yardımıyla her zaman, her yerde sisteme bağlanmasına olanak tanır [108]. Bulut bilişim kavramları ise, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için kullanıma hazır donanım ve yazılım, ölçeklenebilir gerçek zamanlı altyapı, hizmetler ve uygulamalar sağlayan kullandıkça öde modelini kullanan bilgi ve iletişim teknolojisini temsil eder. Bulut bilişimin işletmeye getirebileceği faydalar ve potansiyel değişiklikler göz önüne alındığında, bulut bilişim, interneti takip eden bilişim dünyasındaki en önemli yeniliklerden biri olarak kabul edilmektedir [109].

1.7.8. Nesnelerin interneti

Nesnelerin İnterneti teknolojisinin ilk uygulamasına bir örnek 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'ndeki 15 bilim adamının 2001 yılına kadar paylaşılan bir kahve makinesini ve bir kamera sisteminin kurulduğunu görmesi ve sistemin kahve makinesinden görüntüler göndermesiydi. Nesnelerin İnterneti, sensör ağları, gömülü cihazlar ve iletişim protokolleri gibi kritik teknolojileri geleneksel sistemlerden akıllı sistemlere aktararak, fiziksel nesnelerin birbirlerini görmesi, duyması ve düşünmesi için bilgi alışverişinde bulunmasına olanak tanır. Bu nedenle, Nesnelerin İnterneti kavramı, verilerin günlük olarak uzaktan alınmasını ve bu verilerin doğrulanmasını kolaylaştıran çeşitli amaçlar için iletişim ortamlarının oluşturulmasına katkıda bulunan teknolojik süreçleri geliştirmeyi amaçlamaktadır [111]. Bu gelişen teknoloji, milyarlarca insanın taşınabilir mobil teknoloji ve bilgisayarları kullanarak İnternet'e bağlanmasını sağlayacaktır [112] Genel olarak konuşursak, fiziksel nesnelerin birbirine veya kendisinden daha büyük bir sisteme bağlı olduğu bir iletişim ağını tanımlar [113].

1.7.9. Artırılmış gerçeklik

Artırılmış gerçeklik, yeni algısal ortamın doğrudan veya dolaylı canlı görüntüsüdür. Bir bilgisayar kullanılarak gerçek dünya ortamından elde edilen video, ses, grafik veya GPS verileri kullanılarak oluşturulur ve duysal girdi ile geliştirilir. Animasyonlu öğeler fiziksel ortamla birleştirilir [114]. Terim, Türkçe'de "artırılmış gerçeklik" olarak tanımlanıyor, ancak kısaca, bilgisayar tarafından oluşturulan bir gerçeklik değişikliğidir. Artırılmış gerçeklik kavramı ilk olarak 1990'larda David Mizell ve Tom Caudell tarafından kullanılmıştır [115]. Google tarafından 2013 yılında geliştirilen artırılmış gerçeklik uygulaması olan Google Glass adlı gözlükler, sanal ve gerçek dünyaların birleşimidir [116]. Gerçek ve sanal koşulların bir kombinasyonu, gerçek zamanlı etkileşimlerin sağlanması ve bu öğelerin üç boyutlu koşullara yerleştirilmesidir [117]. Artırılmış gerçeklik, dijital bir nesneyi herhangi bir zamanda, öncelikle QR kodlarını kullanarak gerçek bir nesneye dönüştürmek olarak hayal edilebilir. Artırılmış gerçeklik, gerçekliğin bir kopyası değil, mevcut gerçekliğin desteklendiği bir ortamdır [118]. Artırılmış gerçeklik ortamında gerçek ve sanal nesneler uyum içinde kullanıcıya sunulur [119].

1.7.10. Yatay – dikey entegrasyon

Yatay entegrasyon, pazar payını artırmak, birbirleriyle iletişim ve dayanışma sağlamak için farklı firmaların benzer müşterilerle bütünleşmesidir. Aynı şube ve benzer bölgelerdeki şirketlerin yatay entegrasyon ile birleştirilmesiyle maliyet ve rekabet avantajı sağlanabilir [120]. Yatay birleşme durumunda, satış sürecinde hammadde tedariklerinden tam olarak yararlanarak maliyetler düşürülebilir [121]. Kısaca yatay entegrasyon, Sanayi 4.0'ın yarattığı rekabet ortamında şirketleri maruz kaldıkları tehditlerden korumanın bir yolu olarak da tanımlanabilir [122]. Dikey entegrasyon, bir şirketin hammaddelerin üretildiği, ürüne dönüştürüldüğü ve müşterilere sunulduğu tüm süreçleri kapsayan birden fazla tedarik zincirine sahip olması olarak tanımlanır. Dikey entegrasyon, başka bir şirketi aynı sektördeki tedarikçiler veya müşterilerle entegre ederek büyüme anlamına gelir. Sanayi 4.0'da dikey entegrasyon, üretim maliyetlerini azaltmak, tedarik zincirini güçlendirmek, kârları istikrara kavuşturmak ve satışları optimize etmek için önemlidir. Dikey entegrasyon, yalnızca süreçler arasında değil, süreçler tarafından kullanılan teknik altyapı boyunca sürekli akış ve iletişim sağlamayı amaçlamaktadır [123].

1.7.11. Siber güvenlik

Siber güvenlik kavramı ilk olarak 1990 yılında bilgisayar mühendislerinin ağlara bağlı bilgisayarlar için güvenlik sorunlarını tanımladığı zaman kullanıldı. Yüksek düzeyde veri alışverişi, internet kullanımının artması ve Sanayi 4.0 ile hızlanan teknolojik gelişmeler, acil durumlara hazırlıklı olmayı ve kullanım düzeylerini hızlandırmıştır. Kritik endüstriyel sistemleri ve üretim kanallarını siber güvenlik tehditlerinden korumayı sağlamayı amaçlar ve makine tanımlamasına dayalıdır[125]. Bu kavramı tanımlayarak siber güvenlik, bilgisayarları, yazılımları, donanımları ve ağları yetkisiz erişimden, siber suçlulardan, terörist gruplardan, bilgisayar korsanlarından ve İnternet ve bilgisayarlardaki olası güvenlik ihlallerinden korumak için oluşturulur, bir teknoloji ve süreç olarak temsil edilir. [126]. Gerçekleşen saldırıların belirlenmesi siber güvenliğin olmasını zorunlu kılmıştır [127]. Siber güvenliğin genel amacı, yalnızca bilgi kaynaklarını korumak ve İnternet güvenliğini sağlamak değil, aynı zamanda bireyler de

dahil olmak üzere diğer varlıkların korunması da dahil olmak üzere geleneksel veri güvenliğini oluşturmaktır [128].

1.8. KOBİ'lerde Sanayi 4.0

Yılda 250'den az çalışanı olan ve yıllık net satışları veya finansal bilançosu 40 milyon TL'yi aşmayan şirketler yönetmelikle KOBİ olarak tanımlanmaktadır. Bu yapıya sahip büyük şirketlerle karşılaştırıldığında; daha az çalışanı ve daha düşük yıllık maaşları vardır ancak birçok yönden daha iyi bir konumda olabilirler. KOBİ'ler büyük şirketlere kıyasla müşterilerine her zaman daha yakındır, onlarla iletişimi kolaylaştırır, ihtiyaç ve sorunlarını hızlı bir şekilde değerlendirir. Değişen pazarlara hızla yanıt verme yetenekleri gelişmiştir. Bu esneklik, KOBİ'lerin inovasyona yaklaşmasını sağlar. Bu nedenle, hızla büyüyen yeni fikirlerin ve icatların kaynağı olarak KOBİ'ler, endüstrinin ihtiyaç duyduğu esnekliği sağlamaya yardımcı olur [129]. Firmalar müşterilerinin değişen beklentilerini karşılayabilmek için değişime ve gelişime açık olmalıdır. Bir şirketin ürün portföyünü genişletmek, farklı ürün tasarımlarını keşfetmek, üretim süreçlerini iyileştirmek, son teknoloji makinelerle üretim yapmak veya kaynak kullanmaktan kaçınmak gibi araştırma ihtiyacı, büyüklük, iş kapasitesi ve diğer nedenlere bağlıdır. Farklı olacak. KOBİ'lerin inovasyonun gelişmesi için uygun bir ortam sağlaması ve değişen bir kriz karşısında farklı fikirleri denemeyi kolaylaştırması önemlidir. KOBİ'lerin ülke sanayisindeki yeri ve önemi büyüktür ve özellikle ülke ekonomisine katkıları çeşitli şekillerde değerlendirilebilir [130].

1.8.1. KOBİ'lerde istihdam

KOBİ'ler özellikle 1990'lı yıllardan itibaren ülke ekonomisine hakim olmuş ve ekonomideki paylarını her geçen gün artırmaktadır [131]. KOBİ'ler bir ülke ekonomisinin önemli bir belirleyicisidir, ancak genellikle düşük sermayelidirler ve nispeten daha az katma değere sahiptirler [132]. Katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi için endüstrinin güçlenmesi, dijital dönüşüm sürecinin gerçekleşmesi ve emek gücünün yeni yapılanmalara uygun şekilde hazırlanması gereklidir. [133]. Sanayi 4.0'ın bu değişime cevap verme gücüne sahip bir endüstriyel dönüşüm olduğunu söylemek doğru bir yaklaşımdır [134].

1.8.2. KOBİ'lerde Teknolojik Gelişmeler

Her geçen gün artan teknolojik gelişme ve KOBİ'lerin bu dönüşümlerdeki konumlarını belirleme yetenekleri, Sanayi 4.0'ın uygulanma şeklini etkileyecek ve endüstriyel değeri artıracaktır. [135]. Sanayi 4.0 ile hayatımıza giren endüstriyel dijitalleşme sürecinde, KOBİ'lerin inovasyon kavramını doğru tanınması ve tanınması önemli bir konudur. Sanayi 4.0 sadece en son teknolojiyi kullanan bir süreç olarak algılanmamalıdır. Bu yeni sanayileşme çağı, temel olarak üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak ve işleri daha entegre hale getirmek için geliştirilen üretim fikirlerinden doğdu. [136].

1.9. Üretim Yürütme Sistemlerine Giriş

Pazar gereksinimleri sürekli gelişmekte ve şirketlerin bilgi sistemleri ihtiyaçları ve stratejileri doğrultusunda yeni çözümler ve teknikler aramasını talep etmektedir. Kurumsal kaynak planlama sistemleri, üretim yürütme sistemleri ve ürün yaşam döngüsü yönetimi sistemleri gibi çeşitli iş uygulamalarından oluşur. Bu eğilimin bir sonucu, şirketlerin entegrasyonuna duyulan ihtiyaçtır. Entegrasyon, insanlar, makineler ve uygulamalar arasındaki yüksek düzeyde etkileşimden oluşan ve bir şirket içindeki sinerjiyi artıran bir süreç olarak görülebilir [3].

1.9.1. Üretim yürütme sistemleri açısından sanayi devrimi

İlk üç sanayi devrimi, mekanizasyon, elektrik ve bilgi teknolojisi ile gerçekleştirilmiştir. Bugün, Nesnelerin İnterneti ve hizmetlerin üretim ortamlarına girmesi, dördüncü Sanayi Devrimi'nin habercisidir. Gelecekte şirketler, makinelerini, depolama sistemlerini ve üretim tesislerini birbirine bağlayan siber-fiziksel sistemler (CPS) biçiminde küresel ağlar kuracaklar. Bir üretim ortamındaki bu siber-fiziksel sistemler, bağımsız olarak bilgi alışverişinde bulunabilen, eylemleri tetikleyebilen ve birbirlerini bağımsız olarak kontrol edebilen akıllı makineleri, depolama sistemlerini ve üretim tesislerini içerir. Bu; üretim, mühendislik, malzeme kullanımı ve tedarik zinciri ve yaşam döngüsü yönetimi açısından endüstriyel süreçlerde temel iyileştirmeler sağlar. En genel anlamıyla üretim, insan ihtiyaçlarını karşılamak için her türlü ürün veya hizmetin yaratılması süreci olarak tanımlanabilir. Özellikle ürün imalatında fiziki varlıkların katma değerli faaliyetleri ön plandadır. Bu, hammadde veya yarı mamul ürünlerin katma değerli değişiklikler yoluyla

nihai ürünlere dönüştürülmesi sürecidir. Yukarıdaki açıklama aynı zamanda üretimin hammadde veya yarı mamul tüketimi yoluyla gerçekleştiğini de göstermektedir. Dolayısıyla üretim de tüketimdir. Bu durumda, tüketimin verimliliği verimli üretime yol açar. Üretim sürecinde tüketilen temel metalar, aynı zamanda üretim sisteminin temel girdileri olan ve üretimin temel faktörleri olarak adlandırılan insan, makine ve malzemelerdir. Bu temel üretim faktörleri ne kadar verimli tüketilirse, o kadar fazla üretim bu amaca ulaşacaktır. Üretim faktörleri arasındaki etkileşimler göz önüne alındığında, bu faktörlerin her biri, optimum verimliliği elde etmek için birlikte çalışmalıdır. Her durumda, bu üç faktörden biriyle ilgili bir sorun, diğerinin üretkenliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olacaktır [4].

1.9.2. Üretim yürütme sistemleri açısından verimlilik

Verimlilik, genel olarak bir üretim sistemiyle ilişkili üretim faktörlerinin etkin kullanımı olarak ifade edilir. Üretim faktörlerinin etkin kullanımı; şirketin hedeflerine ulaşmasını israf etmeden üretime ulaşmak için ihtiyaç duyulan insan, makine, malzeme gibi temel kaynakları ve istenilen zaman, miktar, kalite ve maliyetlerin mümkün olan en düşük seviyede sunulmasıdır. Küreselleşmenin ilerlemesiyle birlikte, daha geniş bir ürün yelpazesi üreten küçük ölçekli üretim ekipmanlarında bir artışla karşı karşıyayız. Ek olarak, e-ticaret ve ürün özelleştirmesine yönelik artan talep, lineer üretim hatlarının aksine hibrit üretim teknolojisinde bir artışa yol açmıştır [6,7]. Şirketler arasındaki rekabetin şiddetli olduğu imalat sektörü bunu, makine duruş süresini azaltarak, teslimat sürelerini iyileştirerek, üretkenliği optimize ederek ve çalışanların ve kullandıkları araçların programını yöneterek yapar [9,10]. Bu özellikler, Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA) tarafından 11 temel özellikle tanımlanan Üretim Yürütme Sisteminin (MES) temelini oluşturur [11,12] Bu konsept, akıllı evler, bağlantılı eğlence platformları ve karı artırabilecek akıllı araçlar gibi ticari ve tüketici uygulamalarından çeşitli konut uygulamaları için geçerlidir [13,17]. IoT, birçok sektörde akıllıca kullanılır ve kurumsal operasyonel süreçlere ilişkin öngörüler sağlamak için sensörler, donanım, yazılım ve hatta bulut ağlarını kullanır. IoT ağlarında toplanan veriler, kurumsal performansı optimize etmek ve nihayetinde karı artırmak için kullanılabilir. IoT ağları ayrıca, yakından izlenebilen tek bir varlığa ilişkin öngörüler sağlayarak kurumsal değerin ağına yerleştirilmesine izin verir. Bu, tek bir cihazda gerçek

zamanlı olarak işlenmediğinde faydasız olabilecek büyük miktarda veri üretir. Bu nedenle, verileri işlemek için yerel bir sunucu veya kişisel bilgisayar kullanmak yerine bulut bilişim kullanılır. Bulut bilişim, ağ içinde yüksek hızlı iletişim sağlayarak gerçek zamanlı karar vermeyi mümkün kılar [18,19].

1.9.3. Üretim yürütme sistemleri açısından MES

MES'in KOBİ'lere uygun sistemler oluşturma yanısıra teknolojinin hızlı gelişimi nedeniyle mevcut örnekler göre önemli gelişmeler göstermesi gerekir. MES'in gelişiminde üç faktör önemli rol oynamaktadır: şeffaflık, yanıt verme ve maliyet verimliliği [20]. Daha fazla şeffaflık için işletmelerin sistem entegrasyonunu iyileştirmesi gerekir. Bu, finans ve üretim departmanları arasında daha iyi bir iletişime yol açmalıdır. Sistem yanıtı genellikle veri akışını gösterir. Daha uzun yanıt süreleri, sorunları ve beklenmeyen olayları daha hızlı belirlemenize ve sorunları yayılmadan önce bulup düzeltmenize yardımcı olur. Sonuçta MES, tüm MES işlevleri için temel bir araç olarak optimizasyon sağlamalıdır. Bu optimizasyon, kaynak ve zamandan tasarruf sağlar ve nihayetinde maliyetleri düşürür [21,22].

1.9.4. Üretim yürütme sistemlerinin uygulanması

MESA International'a göre, üretim yürütme sistemleri (MES), üretim operasyonlarının yürütülmesini yönlendiren dinamik bir bilgi sistemi uygulamasıdır ve mevcut ve doğru verileri kullanarak tesis faaliyetlerini yönlendirir, tetikler ve raporlar. MES fonksiyon seti, üretim operasyonlarını siparişin serbest bırakılmasından üretime, ürünün bitmiş ürünlere teslim edilmesine kadar yönetir. MES, iki yönlü iletişim yoluyla organizasyon ve tedarik zinciri genelinde diğer üretim ile ilgili sistemlere üretim faaliyetleri hakkında kritik bilgiler sağlar. Özetle, MES, iş sistemlerini tesis kontrol sistemleriyle bütünleştiren ve genellikle atölye katından en üst kata entegrasyon olarak adlandırılan katman olarak tanımlanmaktadır [23].

- 1) Daha iyi iş akışı kontrolleri, süreç adımlarının daha iyi ve gerçek zamanlı dokümantasyonu ile tüm tedarik zincirinin optimize edilmesi.
- 2) Süreçleri ve ürünleri değerlendirmek için geliştirilmiş veri kalitesi.

- 3) Tüm üretim süreci boyunca görünürlük ve şeffaflık: sadece sapmalar analiz edilecek, normal işlem akışının ayrıntılı bir incelemesi artık gerekli değildir.
- 4) Teslim süresinin kısalması nedeniyle devam eden malzeme için depolama maliyetlerinin azaltılması.
- 5) Üretim belgelerini korumak için idari işlerin azaltılması.
- 6) Kayıp parti sayısını azaltmak.
- 7) Yüksek düzeyde entegrasyon ve izole çözümlerin önlenmesi nedeniyle işletme maliyetlerinin azaltılması.
- 8) Herkes için mevcut verilere ve bilgilere kolay erişim ile daha iyi karar verme süreci kritik iş vakaları.

1.9.5. MES değerlendirme modeli

MES değerlendirmesi çeşitli göstergeler gerektirir [24,25]. Kalite değerlendirme endeksi ayarı, MES performans değerlendirmesinin kalitesi veya başarısı ile doğrudan ilgilidir. Doğru ve makul performans değerlendirme göstergelerinin seçilmesi, işletmelerin ve MES'in kaynak tahsisini optimize etmesine, sistem performansını iyileştirme önlemleri önermesine yardımcı olabilir. Bu nedenle, performans değerlendirme göstergelerini belirlemek için aşağıdaki ilkelere uyulmalıdır:

- 1) Sistematiiklik: Üretim sürecinin kapsamlı durumunu yansıtmalı ve sistemi etkileyen ana faktörleri kavramalıdır.
- 2) Seviyeler: Farklı seviyelerde karmaşık bir süreç, çoklu alt süreçlere ayrıştırılır, değerlendirme göstergeleri genelden farklı olan ve aynı seviye göstergelerine uygun ağırlık verilmelidir.
- 3) Ölçülebilirlik: Göstergelerin anlamı açıktır ve gerekli verilerin toplanması ve analiz edilmesi kolaylaştırılmıştır.
- 4) Nitel ve nicel bir arada: Nicel göstergeye değer; nitel göstergeler ölçülebilir sonuçları değerlendirme kriterleri ilgili personel tarafından ve fiili durumun yanı sıra, kişisel tecrübelerine dayanarak değerlendirilir.

- 5) Görelilik: Çeşitli göstergeler sistem performansını farklı açılardan yansıtmalıdır. Farklı seçim ve değerlendirme yapmak için bu tür göstergeler, sistemin çalışmasını çok daha iyi bir şekilde yönetebilir.

1.9.6. MES'in gelişimi

1960'larda üreticiler finans departmanlarını otomatikleştirmek için yazılım çözümleri uygulamaya başladılar. Bunun nedeni, maliyetin, seri üretime, maliyet minimizasyonuna ve istikrarlı ekonomik koşullara dayalı ürün odaklı üretim stratejilerine yol açan ana rekabet faktörü olmasıydı. 1970'lerin sonlarında, imalat sektörü pazarlamaya daha fazla odaklandı, bu da daha iyi üretim entegrasyonuna ve planlama için hedef pazar stratejilerinin benimsenmesine yol açtı [26]. Dahili ve harici lojistik akışının senkronize olarak artmasını sağlamak için her bir malzeme için bir dizi üretim / teslimat siparişi vermek üzere tahmin, genel planlama ve teslimat ile entegre bir malzeme ihtiyaç planlama sistemi kullanmak gerekir. [27]. Küresel pazardaki rekabet baskısı, imalat stratejilerini, 1980'lerde ince taneli süreç kontrolüne, birinci sınıf imalata ve genel giderlerin azaltılmasına kaydırdı. Bu çerçevede MRP, MRP II'yi geliştirmiştir. Bu, üç ana işlevi sağlar: malzeme planlama, malzeme yönetimi ve üretim emri tanımı [26,28]. 1973'te bilgisayarla bütünleşik üretim kavramı ilk kez önerilmiştir [29]. 1980'lerin sonlarında IBM, bilgileri kuruluş genelinde bütünleştirmek için yeni bir entegre bilgisayar üretim çerçevesi tanıttı. Üretim şirketlerini desteklemeye yönelik sistematik bir yaklaşımı ifade eder ve pazarlama, araştırma ve teknoloji, üretim planlaması, tesis operasyonları, finansal muhasebe ve yönetim gibi temel işlevsel iş alanlarını içerir [30, 31]. ERP, daha iyi müşteri hizmetleri ve planlama için organizasyonel fonksiyonları entegre etmeyi amaçlayan bir sistemdir ve daha iyi tahmin ve planlama, depo yönetimi ve muhasebe fonksiyonları açısından üstündür [32]. Ancak, ERP uygulamaları, yerinde faaliyetlerin yerinde işlemleri kontrol etmesi için gereken ayrıntılardan ve hızdan yoksundur. ERP uygulamaları için işlem verileri haftalık, aylık veya günlük olarak kaydedilir ve raporlanır, ancak tesis yöneticileri tüm işlemlerin kaydını, raporlamasını ve yanıtını anında gerçek zamanlı olarak işler [33]. ERP/MRP sistemindeki bu kusur, mevcut MES haline gelen gerçek zamanlı veri toplama yazılım uygulamalarının geliştirilmesini hızlandırmaktadır. MES terimi ilk olarak 1992 yılında AMR Research tarafından kullanıldı ve aynı yıl MESA (Manufacturing Enterprise

Solutions Association) doğdu. MES'in ortaya çıkışı, MRP II sistemleri ile cihaz kontrol sistemleri ve üretim sahaları arasında kritik arayüzlerin geliştirilmesini sağlar [34]. MES'in ana katkısı, üretim sürecini müşteri gereksinimlerini ve gereksinimlerini karşılamayı amaçlayan katma değerli bir sistemle birleştirmektir [35].

1.9.7. MES'in tanımı ve işlevleri

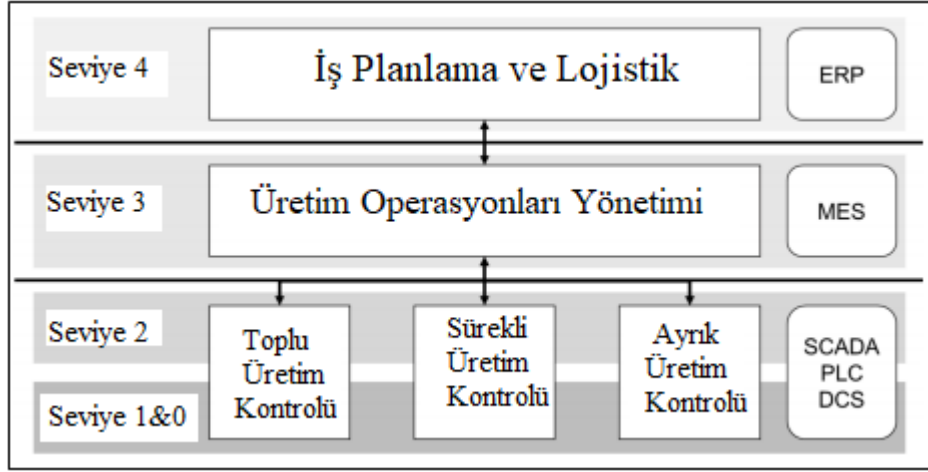
MES, operasyonel varlıkların getirisini ve zamanında teslimat, envanter dönüşleri, brüt kar marjı ve nakit akışı performansını artırır. MES, iki yönlü iletişim yoluyla işletme ve Tedarik Zinciri genelinde üretim faaliyetleri hakkında misyon kritik bilgiler sağlar [36]. Farklı üretim ortamlarının gereksinimlerini karşılamak için on iki MES işlevi tanımlanmıştır [37]:

- 1) Kaynak tahsisi ve kontrolü: Doğrudan kontrol ve üretim ile ilişkili kaynakları yönetme. Kaynaklar, işin başlaması ve tamamlanması için gerekli olan makineleri, araçları, emek becerilerini, malzemeleri, diğer ekipmanları, belgeleri ve diğer varlıkları içerir.
- 2) Üretim sevkiyatı: Üretimi belirli ekipmanlara ve personele göndererek işler, siparişler, partiler ve iş emirleri şeklinde üretim akışını yönetir.
- 3) Veri toplama ve birleştirme: Üretim ekipmanı ve üretim süreçleri ile ilişkili operasyonel üretim ve parametrik verilerin elde edilmesi.
- 4) Kalite yönetimi: Doğru ürün kalite kontrolünü sağlamak ve dikkat gerektiren sorunları belirlemek için üretim ve analizden toplanan gerçek zamanlı ölçümlerin sağlanması.
- 5) Süreç yönetimi: Üretimin izlenmesi ve süreç içi işlevlerin düzeltilmesi ve iyileştirilmesi için operatörlere otomatik olarak düzeltir veya karar desteği sağlar.
- 6) Üretim takibi: Üretim durumunu ve işin elden çıkarılmasını sağlamak.
- 7) Performans analizi: Geçmiş ve beklenen sonuçlarla karşılaştırmaların yanı sıra gerçek üretim operasyonlarının sonuçlarının en son raporlanmasını sağlar.
- 8) İşlemler ve ayrıntılı zamanlama: Belirli üretim ekipmanı ve belirli ürün özellikleri ile ilgili önceliklere, niteliklere, özelliklere ve üretim kurallarına dayalı işlemlerin sıralı ve zamanında işlenmesini sağlamak.

- 9) Belge kontrolü: Üretim birimi ile birlikte tutulan kayıtları ve formları kontrol etme.
- 10) İşgücü yönetimi: Zaman ve katılım raporlaması, sertifikasyon takibi ve dolaylı işlevleri takip etme yeteneği de dahil olmak üzere personelin durumunu sağlamak.
- 11) Bakım yönetimi: Ekipman ve araçların bakımı.
- 12) Malzemelerin taşınması, depolanması ve takibi: Malzemelerin, proses içi ürünlerin ve son ürünlerin taşınması ve depolanması ve tesisler arasında ve içinde transferlerin yönetilmesi ve izlenmesi.

MESA, imalat şirketlerinin imalat ve finansal yöneticileri için MES'in gerçek faydaları hakkında anlamlı veriler oluşturmak için, 1993 ve 1996 yıllarında MES'in farklı sektörlerdeki MESA üyeleriyle getirebileceği faydalar hakkında iki anket analizi gerçekleştirmiştir. İki anketin sonuçları, MES'in üretim döngüsü süresinin %40'ını, veri giriş süresinin %55'ini, devam eden işin %25'ini, teslim süresinin %27'sini, ürün kusurlarının %19'unu ve ortalama vardiyalar arasındaki evrakların %56'sını azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermiştir [36]. MES kullanmayan tesislerle karşılaştırıldığında, MES kullanan tesislerde üretim maliyetinde (%34), enerji tüketiminde (%57) ve çevrim süresinde (%37) daha fazla azalma ölçülmüştür [37,39].

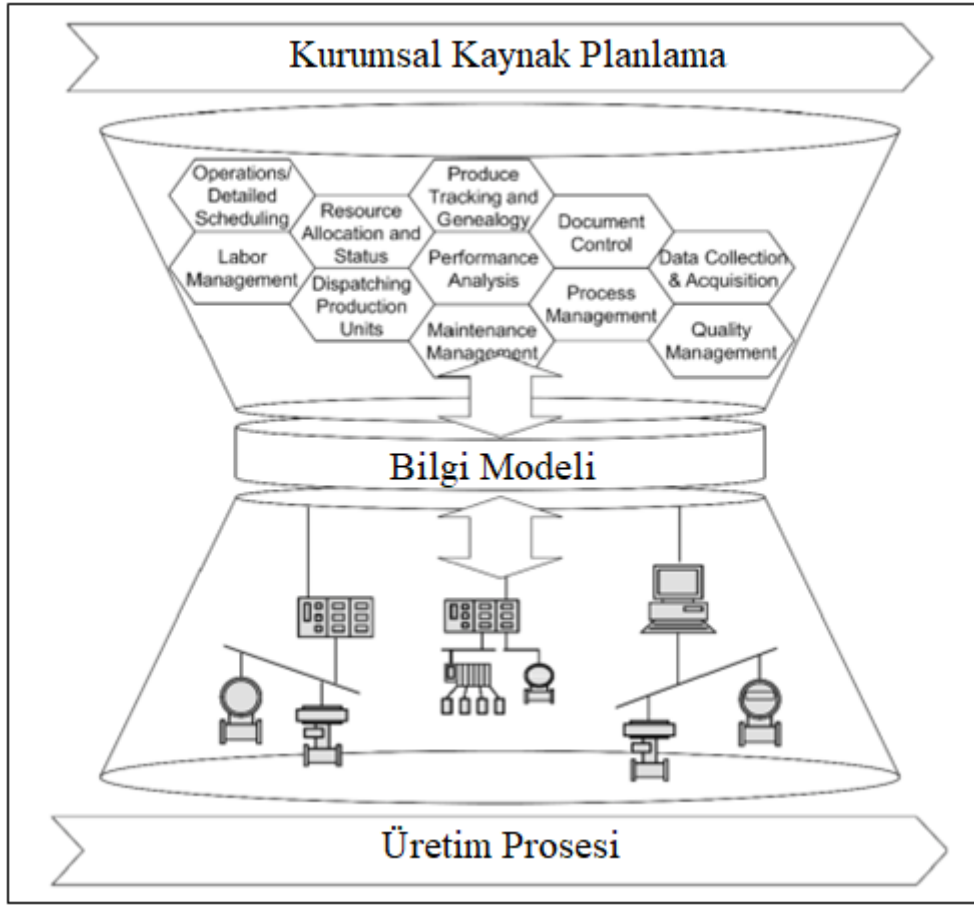
İmalat endüstrisinde giderek daha fazla yazılım sistemi kullanıldıkça, bu sistemlerin entegrasyonu çözülmesi gereken bir sorun haline geldi. 2000'den 2013'e kadar, uluslararası Otomasyon Derneği (ISA), kurumsal kontrolün entegrasyonu için ISA-95 standardının beş bölümünü yayınladı [40,41,42,43,44]. ISA-95 standardında dört kontrol seviyesi tanımlanmıştır :



Şekil 1.1. ISA-95 Standardında Tanımlanan MES Seviyeleri ve Konumu [40]

- 1) Seviye 0 ve 1, gerçek fiziksel süreçler ve algılama ve harekete geçirme.
- 2) Seviye 2, üretim süreçleri, özellikle SCADA, Programlanabilir mantık denetleyicisi (PLC) ve dağıtılmış Kontrol Sistemi (DCS).
- 3) Seviye 3, toplu, sürekli veya ayırık üretim operasyonlarının iş akışını yöneten sistemler, MES.
- 4) Seviye 4, işle ilgili üretim faaliyetlerini yöneten iş planlaması ve lojistik sistemleri [45].

Bugün, Sanayi 4.0, nesnelerin interneti (IoT) ve siber-fiziksel sistem (CPS) gibi konular dikkat çekiyor. Vogel-Heuser ve arkadaşları, bilgi teknolojisinin gelişimi, mühendislik de dahil olmak üzere üretim tesislerinin yaşam döngüsündeki değişiklikler ,standardizasyon ve modülerleştirme yoluyla verimliliği artırma baskısı nedeniyle [46], heterojen endüstriyel otomasyon ortamında bilgi entegrasyonu için omurga görevi gören endüstriyel otomasyon için yeni bir bilgi modeli önerdi (Şekil 1.2) :



Şekil 1.2. Endüstriyel Otomasyon İçin Yeni Model Olarak Diabolo [46]

Yeni model, çift koni veya diabolo model olarak kabul edilebilir. Altta iş süreci boyunca bir üretim sürecinden oluşur. Alt koni, alanı ve kontrolü temsil eder, üst koni, proses kontrolünü ve organizasyon seviyesini temsil eder ve çevresinde MES vardır [46.47]. Üreticiler için, MES sistemleri, ürünlerin, üretim süreçlerinin, kaynakların, dikey entegrasyon, bağlanabilirlik ve bulut bilişim arasındaki mantıksal dağıtım, iş süreci üretimi ve ekipman, malzeme veya kapsayıcıların yerleştirilmesi için atölye içinde gelişmiştir. İletişim karmaşıklığının analizi ve uygulanması için gereklidir [48].

1.9.8. Üretim verimliliği

MES, değerlendirme ile otomatik veri toplama sağlar, böylece elektronik tablo programına göre OEE hataya açık hesaplamalar değiştirilebilir. Otomatik değerlendirme aynı zamanda bir grup şirketin dahili üretim verimliliklerini birbirleriyle karşılaştırmak için birleşik bir OEE kıyaslaması oluşturmaya da yardımcı olur. Fabrikalarda kaynak

kullanımını analiz etmeye ve karşılaştırmaya yönelik temel referans araçlarına ek olarak, OEE endüstri için potansiyel iyileştirme alanlarını belirler, yalın girişimleri destekler ve operasyonel yönetimi modernleştirir. Teknik parçalar değiştirilebilir, operatör eğitim programları vb. yardımcı olabilir. [49]. Yalın ilkesinin üretim alanında uygulanması da MES ile desteklenebilir. Üretim verimliliğini artırmak için yalın bir karar verme sürecini tetiklemek, kolaylaştırmak veya gerekçelendirmek için malzeme tüketimi, işlem süresi ve makine arızaları gibi yararlı gerçek zamanlı bilgiler sağlayabilir [51]. Anahtarlama süresini azaltmak için, planlama ve üretim verimliliğini artırmak için 1 dakikalık kalıp değiştirme ilkesini (SMED) MES'e entegre etmek için bir yöntem önerilmiştir [52].

1.9.9. Esneklik ve zamanlama

RFID, işleri gerçek zamanlı olarak planlamanıza olanak tanır. MES'in üretim alanında üretimi daha doğru bir şekilde planlamak için RFID verileriyle birlikte veri madenciliği teknolojisini kullanabileceği bulunmuştur [53]. Ayrıntılı planlamanın MES'e entegre edilmiş sipariş yürütme için bağlantı gerektirdiğine dikkat çekilir ve düşük hacimli üretim planlaması için aracı tabanlı bir MES önerilir [54]. Çoğu araştırma, gerçek zamanlı olarak reaktif zamanlama sağlayan tüm MES'leri üretmek için diğer holonlarla iletişim kurmak için zamanlama işlevlerini gerektiren MES holon mimarilerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına odaklanmıştır. Bu bir holon olarak ele alınmalıdır. [55, 56, 57]. MES'in proses endüstrisi, genellikle endüstrinin planlama temelini temsil eder ve MES ile entegre bir planlama yaklaşımı önerir. Bilgi edinme, rota hesaplama ve karar verme için planlama görevini birkaç alt göreve böler [58].

1.9.10. Sanayi 4.0

Siber-Fiziksel Sistemler, Dijital Fabrika, Sanayi 4.0, IoT gibi yiyecek ve içecek endüstrisi için en son teknolojilerin avantajı, iş süreçleri ve kontrol için ERP sistemleri arasındaki merkezi bilgi işleme ve dağıtım katmanıdır, bu nedenle MES ile yakından ilişkilidir. Yeni bir endüstriyel otomasyon ortamında üretim süreçleri için sistemler [44, 45] Sanayi 4.0 olarak bilinen yeni nesil dijital endüstriyel teknolojinin üretim verimliliğini artırabileceğini, geliri ve istihdam artışını artırabileceğini bildiriyor. [57].

Ayrıca, ürün yaşam döngüsü boyunca şeffaflığın optimizasyonu, üretim bakım aralıkları için temel üretim sistemleri, verimli planlama, kendi kendini işleyen üretim konfigürasyonlarının organizasyonu, kendi kendine esnek ve bireysel olarak uyarlanabilir ürünler gibi yenilikler mevcuttur. İmalat sanayi için bir endüstri avantajı olarak kabul edilmiştir [58]. Gelişmekte olan teknolojileri analiz etmek ve gelişen üretimde MES'in sürdürülebilirliğini doğrulamak için Endüstri 4.0'ı kullanılmalıdır. [59,61].

1.9.11. Üretim yürütme sistemi birliği (MESA)

Üretim Yürütme Sistemi Birliği, merkezi Chandler, Arizona'da bulunan bir Amerikan sanayi derneğidir. 1992 yılında farklı yazılım şirketleri tarafından kurulan MESA, dünya çapında kabul gören standartları ile MES alanında belki de en deneyimli kuruluştur. Ancak, MESA'nın yönergeleri hala MES yazılım satıcısının perspektifinden güçlü bir şekilde etkilenmiştir [61].

Tablo 1.1. MESA'nın Organizasyon Profili [61]

Üretim Yürütme Sistemi Birliği (MESA)	
<i>Kuruluş Tarihi</i>	1992
<i>Merkez</i>	Chandler, Arizona (ABD)
<i>İlgili sektörler</i>	Tüm imalat sanayileri
<i>Kapsam</i>	Uluslararası; Yalnızca MES
<i>Üyeler</i>	Yazılım şirketleri, kullanıcı şirketleri ve üretim uzmanları
<i>Ana sayfa</i>	www.mesa.org

1.10. Ürün ve Süreç Tanımı

MES, ürünün imalatını gerçekleştirmek için atölyede gerekli olan belge paketlerini yönetmelidir. Bu belge, 2B çizimler, 3B modeller, geometrik boyutlar ve toleranslar ve tesisat stili inşaat seçenekleri hakkında bilgiler içerir. MES sistemi, üretim belgeleri için kendi belge yönetim sistemini sağlayabilir veya mühendislik belgeleri aracılığıyla ortak bir havuza bağlanabilir. Mühendislik sistem havuzu ile MES belgesi arasındaki değişiklik yönetimi için mühendislik belgesinin revizyon durumuna bakılmalıdır. Takım tutucu planları ve modelleri kaydedilir ve ürün tasarımı ve süreç planlamasına bağlanır.

Bazı ürün parçaları, işlevleri veya süreç tasarımlarının ihracat kontrolü (veya fikri mülkiyet) nedenleriyle korunması gerekebilir. Eğer şirket bu gereksinimlere sahipse, MES'in bu tür güvenlik kontrollerini destekleme yeteneğini değerlendirmek önemlidir. Bu gereksinimler, çoğu MES çözümünde bulunan kullanıcı hakları ve rollerinin genel yönetiminin ötesine geçer.

1.10.1. Malzeme faturaları

MES sisteminin bazı malzeme faturaları yönetim senaryolarını etkinleştirmesi gerekir. Yapı Parçaları Listesi , ürün yapısını 3 boyutlu CAD modellerine bağlı parça numaraları biçiminde tanımlar. Revizyon odaklıdır ve Ürün Veri Yönetimi veya Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi sistemleri tarafından yönetilen bir alt montaj yapıları hiyerarşisi halinde düzenlenirler. Üretim parça listesi , ürün yapısını ürün akışına göre tanımlar. MES, terminaldeki aralıkları, seri/lot numaralarını veya tarihleri kullanarak her bir bileşenin etkinliği aracılığıyla parça listesi konfigürasyon yönetimini desteklemelidir. Bazı şirketler, tek bir ürün reçetesi içindeki ürün varyasyonlarını yönetmek için bileşen konfigürasyon kodlarını da kullanabilir. Bu yeniden kullanılabilir talimat kitaplıkları daha da verimli olabilir. Kitaplık girdileri ve bunlara referans veren belgeler arasında çapraz referansları ve revizyon kontrolünü korurken, yönlendirme ve çalışma talimatlarının toplu güncellemeleri için işlevsellik sağlamanız gerekir. MES ayrıca, harici olarak bağlantılı sistemlerde şu anda revizyon kontrolüne tabi olmayan ekli belgeler için belge yönetimi yetenekleri de sağlayabilir [63].

1.10.2. Süreç yönlendirmeleri, çalışma talimatları

Karmaşık bireysel üretimde, süreç ve iş emirleri genellikle süreç planı adı verilen tek bir birleşik belge olarak yönetilir. Ürün biriminin yerinde iş merkezi tarafından planlanan işleme ve montajının belirlenmesine ek olarak, süreç planlaması yürütme sıralarını, iş emirlerini, kaynakları ve her bir süreç ve adım için veri toplama gereksinimlerini içerir. İş emri, teknisyene ilgili eylemler dizisi boyunca rehberlik eden metinsel açıklamalar ve diyagramlar içerir. Bu kılavuzda takımların nasıl kurulacağı, parçaların nasıl yerleştirileceği, makinenin nasıl çalıştırılacağı ve gerekli ölçüm ve kontrollerin nasıl yapılacağı anlatılmaktadır. Birçok üretici hala kağıda basılmış iş emirlerini idare

ederken, çoğu MES, bir tezgah üzerine monte edilmiş büyük bir ekranda çevrimiçi iş emirlerinin sağlanmasını desteklemektedir. Resimli kullanım kılavuzları genellikle öğrenmesi kolaydır ve mekanik teknisyenler tarafından tercih edilir. Bununla birlikte, çalışma talimatlarının çizimlerini oluşturmak ve sürdürmek zor olabilir. Bunlar geleneksel olarak, iş akışını düzgün bir şekilde tanımlamak için maliyetli hatalardan kaçınılması gereken (veya ifadelerin yetersiz olduğu) daha karmaşık iş adımlarını netleştirmek için ayrılmıştır. Çizimler ve animasyonlar ayrıca doğrudan 3B modelden oluşturulabilir ve 3B model görüntüleyici aracılığıyla aktarılabilir. En yeni nesil CAD satıcı yazılım araçları, bu çizimleri oluşturmayı kolaylaştırır. Düşük bant genişliği gereksinimleri olan hafif dosya biçimlerine otomatik olarak dönüştürmek için ürün tasarımı 3B CAD modellerinden yararlanılabilir. Daha açık format, iş emrinin makul bir çözünürlüğünü korurken grafik kalitesini biraz düşürür. Bu 3B tabanlı çizimler, çizimlere ve manuel eskizlere dayalı çizimlerin yerini hızla alır. MES veya CAD illüstrasyon araçları, sadece birkaç işaretçi ile 3B tabanlı çizimlere açıklama ekleme imkanı da sunar [64].

1.10.3. Değişiklik ve yapılandırma yönetimi

Süreçteki birimleri etkileyen mühendislik değişiklikleri istisna değildir ve normal rutin sürecin bir parçasıdır. Bu, ürünün karmaşıklığından kaynaklanmaktadır ve endüstri, en son teknolojiyi hızlı bir şekilde dahil etmeye isteklidir. Mühendislik sistemi ve MES entegrasyonu, mühendislik değişiklikleri döngüsünü kapatmak ve konfigürasyonun planlandığı gibi eşleşmesini sağlamak için önemlidir. Bazı şirketler için MES'in belirli bir tarihe veya seri numarasına indirilen ürün revizyonlarının yönetimini desteklemesi gerekir. Proses planı, referans alınan parça listesine, diyagramlara ve prosedür revizyon durumuna çapraz referanslarla birlikte revizyon kontrolüne tabi olmalıdır. Bu araçlar, sorgunun kullanıldığı yere göre süreç planlarını ve iş emirlerini revize ederek kullanıcılara rehberlik eder. Bu yeniden kullanılabilir talimat kitaplıkları daha da verimli olabilir. Kitaplık girdileri ve bunlara atıfta bulunan belgeler arasında çapraz referansları ve revizyon kontrolünü korurken, yönlendirme ve çalışma talimatlarının toplu güncellemeleri için işlevsellik sağlamanız gerekir. MES ayrıca, harici olarak bağlantılı sistemlerde halihazırda revizyon kontrolüne tabi olmayan ekli belgeler için belge yönetimi yetenekleri de sağlayabilir [65].

1.11. Kaynak Yönetimi

Süreç yolu, süreç planlama yapısından çıkarılır ve kurumsal kaynak planlama sistemine aktarılır. Bu, kapasite planlaması ve malzeme ve işçilik maliyetlerinin takibi için işlevleri yerine getirmek için bu sistem için gereken ayrıntı düzeyinde yapılmalıdır. Bu, tipik olarak fabrika ve işyeri düzeyinde yapılır ve MES içinde adım düzeyinde ayrıntılar korunur. MES, süreç kontrol planı tanımının bir parçası olarak her iş için kaynak gereksinimlerini listeler. Daha sonra ERP veya planlama sistemine aktarılır. Personel nitelikleri ve takım kalibrasyon kayıtları gibi kaynak becerisi ve sertifika doğrulaması, MES'in temel özelliklerinden biridir [66].

1.11.1. Personel nitelikleri ve sertifikaları

Düzenlenmiş endüstriler (havacılık gibi) görevlerini yerine getirmek için yetenekli, eğitilmiş ve sertifikalı personel gerektirir. Personel, eğitim, öğretim, beceri ve deneyime dayalı bir yeterlilik sertifikası almalıdır. MES, istihdam edilen çalışanın doğru ve geçerli sertifikaya sahip olduğundan emin olmak için bir çalışan sertifika kaydı tutar. MES, doğrulama verilerini kuruluşunuzdaki tek bir ana havuzda barındırabilir veya bu bilgilere erişmek için insan kaynakları sistemiyle entegre edebilir. Tüm iş merkezi yöneticileri, sertifikalarının etkinliğini sürdürmek için hangi çalışanların eğitime ihtiyacı olduğunu düzenli olarak görebilir. MES ayrıca her bir çalışanın farklı iş türlerindeki deneyimini takip edebilir. Bu bilgiler, çalışanları işlere atamak için kullanılabilir. Bazı sertifika türleri ile MES, çalışanları düzenli olarak eğitime kaydettirmek yerine, mesleki deneyimlerine göre otomatik olarak yeniden sertifikalandırabilir [67].

1.11.2. İş takımı kalibrasyonu

Ölçü ve takım yönetimi ayrı bir sistemde yapılabilir, ancak bunu MES sistemi içinde bulundurma bir çok avantajı vardır:

- 1) MES sistemi, her bir alet için kullanım bilgilerini saklar. Kalibrasyon, geleneksel tarihe dayalı kurallara yerine (veya bunlara ek olarak) gerçek kullanım sıklığına göre tetiklenebilir.

- 2) MES, ölçümleri kullanılan araçlara kadar izler ve veri ölçümleri kabul edilmeden önce araçların iyi kalibrasyon durumunda olmasını sağlayabilir.

Alet ve ölçü kalibrasyon yönetimi özellikleri şunları içerir:

- 1) Gösterge ve alet yatağı yönetimi (beşik için araçların giriş / çıkışlarını ve üretim çalışma merkezlerini içerir).
- 2) Tarihlerle veya araç kullanımına dayalı kalibrasyon planlaması.
- 3) İş merkezlerini kullanmak için kalibrasyon zamanı raporları. Araçlar / Göstergeler kalibrasyon zamanı geldiğinde e-posta veya gönderim bildirimi.
- 4) Kalibrasyon talimatları ve standart şablonlar
- 5) Kalibrasyon sonuçlarının kaydedilmesi
- 6) Her araç için kalibrasyon aralıklarının (geçmişe dayalı) optimizasyonu

MES, ölçüm verilerinin toplanması sırasında alet tanımlamasını zorunlu kılarak, daha sonra bir ölçüm cihazında bir arıza tespit edilmesi durumunda geri çağırımları daraltabilir

1.12. Üretim İşleri Sevki

ERP sistemi, iş merkezi düzeyinde (MES tarafından sağlanan kaynak gereksinimlerine dayalı olarak) kapasite planlamasını gerçekleştirir ve üretim planlamasını haftalık veya günlük olarak ayarlar. İşler genellikle üretime hazır olduklarında kurumsal kaynak planlama tarafından MES'e yerleştirilir. Bu genellikle iki haftalık veya dört haftalık bir dönemdir.

1.12.1. Günlük iş gönderme listesi

İşin üretim atölyesine sevkiyatı, süreç planında tanımlanan iş sırasına göre yapılmalıdır. Ancak, uygun onay ile MES, planlanan düzenden sapabilmelidir. İşleri (veya alt işleri) başka bir kuyruğa (veya alternatif iş merkezine) taşıyarak eksik parçalar ve makine arıza süresi gibi planlanmayan sorunları ele alma becerisi önemlidir. İş teslim listesi, işin tamamlanmasını geciktirebilecek sorunları açıkça belirtmelidir. Bu, tamamlanmaya hazır olmayan bir iş üzerinde çalışmaya başlamanızı engeller. Kaydedilmesi ve

görselleştirilmesi gereken gecikmeler ve bekleyen durumlar arasında makine duruş süresi, eksik parçalar ve üretim sırasında oluşan problemler için mühendislik kurallarının beklemesi yer alır. Gantt şemasındaki her bir iş için gerçek ve grafik verilerini grafiksel olarak görüntülemek, görsel planlarınızın performansını değerlendirmeyi kolaylaştırır. Bu, geç yapılan işleri vurgulamanıza olanak tanır ve önceliklendirmeniz veya hızlandırmanız gerekebilir [70].

1.12.2. Kaynakların işlere atanması

MES sevkiyat özelliği, kaynakların üretim siparişlerine tahsis edilmesini kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Histogram görünümü, kaynak kullanımını değerlendirilmesine ve iş atanmasına yardımcı olur. Yöneticilerin çalışanları her işe atmasına yardımcı olmak için benzer türde işlere sahip personelin becerilerini, niteliklerini ve son deneyimlerini görüntülemeye yardımcı olur. Zaman kaydı veya işgücü yönetim sistemlerini MES'e entegre etmek ve mevcut kaynakların işlere tahsisini kolaylaştırmak için denetçiler günlük devam kayıtlarını görüntüleyebilir. Ek olarak, entegrasyon bir adım daha ileri gider ve çalışma ve devam sürelerinin koordine edilmesine yardımcı olur. Birden çok makinenin benzer görevleri gerçekleştirebildiği iş istasyonları için, tek tek görevleri hangi makinenin gerçekleştirdiğinin belirtilmesi gerekir. Bu şekilde, bilgiler belgelenmeli ve daha sonra belirli bir makinede bir sorun keşfedildiğinde etkilenebilecek ürün birimlerini tanımlamalıdır. Her iş için kullanılan makineyi tanımlamanın ek bir yararı, hangi makinenin meşgul olduğunu bilmektir. Ayrıca MES, bakım veya onarım nedeniyle makinenin arızalanması durumunda kayıt yapabilmelidir. Daha sonra yönetici, işlerin ve atamaların yeniden konumlandırılabilmesi için kaynak kısıtlamaları konusunda önceden uyarılır. MES, işe atanan araçlara, veri toplama tolerans gereksinimlerine ve cihaz doğruluğu ve kalibrasyon durumuna dayalı olarak her ölçüm için doğru araç veya ölçümün seçilmesine yardımcı olmalıdır. Tüm iş istasyonları, yakın gelecekte ayarlanması gereken olan, bireysel olarak kontrol edilen araç ve göstergelerin proaktif bir listesini gerektirir. Bu, ekibin durumu kısıtlanmadan önce düzeltici önlem alınmasını sağlar [71].

1.13. Üretim Süreci Yürütme Yönetimi

Bu, üretim uygulamasını basitleştiren temel bir MES özellikleri setidir. Bu, iş emri sürecinin yürütülmesinin kaydedilmesini içerir. Teknisyen, tüm işlerin önceden belirlenmiş bir sırayla yapılması ve adımların atlanmaması için iş adımlarında rehberlik edecektir. Ayrıca, üretim sırasında meydana gelen sorunları teknisyenlere ve denetçilere (gerçek zamanlı olarak) bildirmek için uyarılar ayarlanabilir. Teslim tarihini kısaltmak için, destek personelinin hızlı müdahalesi veya sorun çözümü sırasında boş zamanın etkisini en aza indirmek için üretim kontrolü veya denetçiler (işte yeniden atanan işler) tarafından derhal geçici çözüm gerekebilir. [72].

1.13.1. Teknisyenin çalışma adımları boyunca yönlendirilmesi

MES, teknisyenlere çevrimiçi belgeleri göstermekten fazlasını yapar. MES, sevkiyat listesindeki siparişlerin seçilmesi, oturum açma ve saatlerin başlatılması, ölçümlerin ve bileşen verilerinin toplanması ve siparişin tamamlandığının kaydedilmesi dahil olmak üzere çeşitli prosedürlerde teknisyenlere rehberlik eder. Bu özellik, güzelden sahipleniciye kadar, ayrıntılı adım sırasına dikkat eden çalışma için mutlak ihtiyaca kadar değişebilir. Tamirci, yalnızca her iş için mevcut olan en son belgeleri ve fotoğrafları görebilmelidir. İnsan hatasını önlemek için, MES'in iş emrinin ilgili sürümünü ve revizyonunu teknisyenin başka bir sistemde araması yerine izlemesi ve otomatik olarak görüntülenmesi önemlidir. MES, bir teknisyen bir iş emrinin belirli bir revizyonunu ilk kez gördüğünde ek onay gerektirebilir. Bu şekilde teknisyen yeni çalışma talimatlarını gözden geçirecek ve ürün kusurlarına yol açabilecek önemli değişiklikleri gözden kaçırmayacaktır. Kullanım kılavuzu, uygun güvenlik ekipmanlarının kurulumuna ilişkin güvenlik önlemleri ve uyarıları içermelidir. Bazı durumlarda, teknisyenin devam edebilmesi için teknisyenden güvenlik önlemlerinin onayını almak gerekebilir. MES, bir iş için gereken nitelikleri teknisyenin nitelikleriyle eşleştirebilir ve işin birden fazla beceri gerektirmesi durumunda teknisyeni bilgilendirebilir. Birden fazla vardiyaya yayılan işler için, kısmen tamamlanmış bir işe sonraki vardiya için bir vardiya için çevrimiçi not ekleyebilmek önemlidir [73].

1.13.2. Üretim iş ilerleme takibi

Sipariş ilerleme takibi özelliği, tüm işler, işlemler, ürün birimleri, kullanılan kaynaklar ve kullanılan malzeme ve parçalar için faturaların tamamlanmasının izlenmesini içerir. Bu şekilde, üretim planlamacıları ayrıca her bir ürün biriminin (veya partinin) üretim döngüsünde nerede olduğunu, hangi malzemelere ihtiyaç duyulduğunu ve bunların ne zaman üretildiğini belirleyebilir. Bu görünürlük, sıradaki sonraki işlerin donatılması gerektiğinde üretim kontrolünü bilgilendirmek gibi envanterinizi yönetmenize yardımcı olur. Bu şeffaflık, şirketlerin müşterilerine bir ürünün tam olarak ne zaman teslim edileceğini söylemelerine olanak tanır. İlerleme takibinin bir kısmı, her iş için işçilik maliyetlerini takip edebilmektir. Bu genellikle çalışandan işe başlayıp bitirmesini isteyerek yapılır. İlk saat açılır ve iş başlangıç saati de görüntülenir. Saat kapandığında, teknisyen tamamlanan birim sayısını görüntüleyebilir. Son çalışma süresi işi bitirmek için kullanılır. Saat açma ve kapatma zamanları yapılandırılmış bir ücret maliyet sistemine aktarılmalıdır, iş yapılandırılmış tahsis kurallarına göre dağıtılmalıdır ve paralel görevler için çalışan zamanını her işe (ve her üretim birimine) aktarmalıdır. Her işin çalışma standartları, saatin tıklandığı zamanı hesaba katabilmelidir. Karmaşık ve ayrı endüstrilerde, bir iş emrindeki her işlemin, genellikle sekiz saatlik bir vardiyada tamamlanması amaçlanan ayrı bir üretim görevi olarak düşünülmesi yaygındır. Ancak, işin kısmi hizmet (miktarı veya yüzdesi) kaydedilirken, MES'nin farklı kişileri farklı vardiyalarda birkaç kez açıp kapatabilmesi gerekir [74].

1.13.3. Olaylar ve uyarılar

Otomatik olay izleme, MES için önemli bir görevdir. Tekrar eden olaylar (bir makine tarafından bir işin tamamlanması gibi), bir sonraki adımı gecikmeden tetiklemek için her operatöre görüntülenebilir. Diğer olay türleri, uygun yönetici veya destek personeline bir uyarının tetiklenmesi gibi özel eylem gerektiren istisnalar veya uyarı olayları olabilir. Bu uyarılar, ek e-posta yoluyla kuruluşunuzun amirine veya destek personeline gönderilebilir. Bununla birlikte, çoğu uyarı, operatör veya teknisyenin uyarıyı hemen fark edebilmesi için iş istasyonu MES tarafından görüntülenir. Uyarı olaylarına örnek olarak, spesifikasyon dışı (veya kontrol dışı) koşullar için uyarılar, kalibre edilmemiş ekipman için uyarılar, sertifikaları sona ermiş personel ve hat

kesintileri verilebilir. Tüm iş istasyonlarında hattın kapalı olduğunu gösteren kırmızı bir Andon ışıklı alarmin fiziksel fikri, dijital bir versiyona dönüştürülebilir. İşyerinin durumu farklı renklerle gösterilmiştir. Kırmızı, mevcut tüm kesintileri gösterir. Bu tür göstergelerin MES aracılığıyla sağlanmasının avantajı, sistemin tüm tesisin, sorunun nerede meydana geldiği, takipten kimin sorumlu olduğu ve iş yerinin ne kadar süre etkilendiği hakkında çevrimiçi bir görünüm sağlaması ve gerçek zamanlı olarak hızlı bir şekilde görüntülenmesidir. Bazı MES'ler ayrıca, sorunun aciliyetine ve zamanına (veya bekleme durumuna) bağlı olarak herhangi bir eyleme veya çözüme gerek kalmadan bir sorunu üstlerine iletmeleri için denetçilere ve yöneticilere uyarılar verebilir [75].

1.13.4. Üretim kontrolü

Üretim Kontrol özellikleri şunları içerir:

(a) Parça kıtlığı veya makine arızaları gibi üretimi geciktiren sorunların çözümünü hızlandırma yeteneği, (b) planlanan iş dizilerinden çalışma çevresinde sapmaların koordinasyonu ve onayı ve (c) üretim programını etkileyen acil mühendislik değişikliklerinin dahil edilmesi.

MES, etkilenen alanları analiz etmeli ve bu durumlardan kaçınmak için program zamanlarını ve tahsisleri değiştirmeye yardımcı olacak ekranlar ve raporlar sağlamalıdır. MES, randevunun orijinal planını ve yeni çalışmasını izlemek için hem planlanmış hem de revize edilmiş zamanlanmış tarihler sağlar. Üretim kontrol personeli, süreçteki birimler üzerindeki teknik değişikliklerin etkisinin gözden geçirilmesine de dahil edilebilir. Bunlar, değişikliklerin yürürlüğe girmesi için üretim planlaması için en iyi yeri belirlemeye yardımcı olur. Bu etkileşim, belirli bir çizim veya model kullanılarak her bir iş adımını görüntüleyen bir ekran ile MES tarafından desteklenebilir. [76].

1.13.5. İş emri bölmeleri

Üretim sorunları nedeniyle, ürün birimlerinin bir alt kümesini diğer birimlerin önüne taşıyabilmek (veya bunları özel yeniden işleme kuyruklarından geçirebilmek) için üretim grubunuzu bölmeniz gerekebilir. MES sistemlerinde iş emirlerini bölmek genellikle ERP sistemlerine göre çok daha kolaydır. MES entegre arayüzü, arka planda ERP sistemi ile koordine edilebilir. Bu, her alt lotta gerçekleştirilen iş için önemli

izlenebilirlik bilgilerini ve her bir alt lot için bileşen şecere bilgilerini kaybetmeden fatura sayfasının doğru şekilde işlenmesini sağlar [77].

1.13.6. Yüksek kullanılabilirlik ile çevrimiçi sistem

Kağıtsız bir çevrimiçi yürütme sistemi, birçok tesis 24 saat boyunca üç vardiya çalıştırdığı için yüksek kullanılabilirlik gerektirir. Bu, 24x7 kullanılabilirlik, hata toleransı ve sistem yedeklemesinin bu ortamlar için çok önemli olduğu ve MES dağıtımıyla ilgili hususların bir parçası olması gerektiği anlamına gelir. MES, yüksek kullanılabilirliği destekleyecek şekilde tasarlanmalı ve performans ayarı veya yedeklemesi için periyodik önemli kesinti süresi gerektirmemelidir [77].

1.14. Programlanabilir Ekipman ve Veri Toplama

Bu işlevsel alanların her birinin ayrı ayrı ve uygun şekilde değerlendirilmesi gerekir, ancak kuruluşların bu özelliklerin MES çözümü içinde nasıl sorunsuz bir şekilde birlikte çalıştığını da değerlendirmesi gerekir. İdeal olarak, kullanıcı her bir işlevi gerçekleştirmek için farklı bir sisteme (veya MES ekranına) adım atıyormuş gibi hissetmemelidir. Kullanıcıların çevrimiçi bir iş yürütüyormuş gibi hissetmeleri gerekir ve veri toplama, sorunsuz ve akıcı bir entegrasyon sürecinin bir parçasıdır [78].

1.14.1. Çalışan makine programları

Mevcut piyasa koşulları, yeni ürünlerin daha hızlı piyasaya sürülmesini, daha fazla ürün varyasyonunu, daha kısa daha küçük serileri ve daha esnek programlanabilir makineleri gerektirmektedir. Sonuç olarak, çoğu perakende alanı sürekli değişime dayanmalıdır. Yeni üretim gereksinimlerini karşılamak için verimliliği ve esnekliği artırmak için mevcut makineler yükseltilmelidir, yeniden yapılandırılmalıdır ve uyarlanmalıdır. İşlevselliğini geliştirmek için yeni bir makine satın alınabilir. Üretkenliği artırmak için üretim süreçleri, araçlar ve malzemeler de sürekli olarak geliştirilmektedir. MES'in, çalışan makine programının belirli bir cihaz, süreç ve parça numarası için doğru sürüm olmasını sağlayarak bu değişen ortamı yönetmeye yardımcı olması gerekir. MES iş planları, makinelerin çalıştırılması için çalışma talimatlarını içerebilir. Bu adımlar, basit kurulum sayfalarından sayısal kontrol ve koordinat ölçüm makinesi programları gibi

karmaşık programları çalıştırmaya, üretim adımlarını gerçekleştirmeye ve belirli parçaları test etmeye kadar uzanır. MES, bu programları depolayabilmeli ve belirli işlemler ve bileşen özellikleri için en son çalışma talimatları ile en son programlar arasında bir çapraz referans sağlayabilmelidir. Makine programları, makine, bileşen tasarımı ve takım değişikliklerini hesaba katmak için sürekli olarak revize edilmektedir. NC programları için ayrı belge yönetim sistemleri olabilir, ancak süreç planları dikkatli bir şekilde çapraz referanslandırılmalıdır. Bu, operatörün mevcut parça ve süreç için uygun program sürümünü seçmesine olanak tanır. Üretim için gereken tüm belgeleri düzenlemek kolay bir iş değildir. Manuel bir referans sistemine güveniyorsanız, maliyetli hatalar yapabilirsiniz. Program, araç kurulum sayfası veya görüntüsü ile aynı sistemde değilse görev daha karmaşık hale gelir [79].

Sayısal kontrol ve koordinat ölçüm makinesi programları için merkezi bir kitaplık sağlamaya ek olarak, bir MES aşağıdaki görevlerde yardımcı olabilir:

- 1) Makine parametrelerini yükleme ve yönetme
- 2) Seri (veya Ethernet) arabirim aracılığıyla her tür denetleyiciye ve alet ön ayarlayıcıya bağlama
- 3) Makinelere ve kontrolörlere programları indirme
- 4) Makine durumları, hata kodları ve parça sayıları dahil işlemler için veri toplama olarak makinelerden verileri yükleme (entegrasyon arayüzleri aracılığıyla)
- 5) Makine ara yüzlerinden toplanan verileri MES operatör kullanıcı arayüzüne geri görüntüleme.

1.14.2. Veri toplama

Ürün kalitesi, üretim sırasında kontrol listeleri ve kaydedilen ölçümlerle doğrulanır. Bu ölçümler, kontrol dışı koşullara ve MES'de yapılandırılan kurallara dayalı olarak uyarıları tetiklemek için üzerlerinde ayarlanmış istatistiksel işlem kontrolleri parametrelerine sahip olabilir. Proses içi kalite doğrulamaları, üretim sürecinde sorunların olabildiğince erken tespit edilmesine olanak tanır. Farklı süreç içi veri toplama türleri şunları içerir:

- Üretim işi durumu ve tamamlanan miktarlar

- Kurulum veya inceleme adımı sırasında kontrol listesi doğrulamaları
- Spesifikasyonlarla karşılaştırılacak gerçek boyut (veya ağırlık ölçümleri)
- Ortam (veya ekipman) yapılandırma değişkenleri
- Takım (veya makine) kurulum bilgileri
- Kaynak tanımlama
- Malzeme Son Kullanma Tarihi
- Personel imzaları

MES, girilen bilgiler için manuel yazmaya izin verebilmelidir. Bununla birlikte, ne kadar az yazı, hızı artırmak ve insan hatası olasılığını azaltmak için o kadar iyidir. Veri toplama için arayüz oluşturma cihazları her zamankinden daha kolaydır. İş istasyonu klavyeleri ve dokunmatik ekranların yanı sıra, veri toplama cihazları arasında barkod, RFID, gösterge arayüzleri ve PDA'lar gibi el cihazları bulunur. Bu cihazların kullanımı üretkenliği artırır, üretim döngü süresini azaltır ve hataları azaltır [80].

1.14.3. İş satın alma / imzalar ve durum

Mekanik teknikerler işi tamamladıklarında işin iş talimat ve şartnamelerine uygun olarak tamamlandığını gösteren satın alma imzasını da imzalayacaklardır. Çevrimiçi satın alma doğrulaması, kağıt tabanlı prosedürler için gereken birçok gereksiz doğrulamayı ortadan kaldırır. İmza, üretim işlemini otomatik olarak tamamlayabilir ve durumu otomatik olarak arka planda ERP sistemine aktarabilir [81].

1.15. Ürün- Parça Takibi ve Şecere

Verimli üretim operasyonları ve tam zamanında uygulamaları, doğru parçaların doğru zamanda doğru yere yerleştirilmesine bağlıdır. Kötü malzeme yönetimi, olası bir yapılandırma hataları, uçurtma hataları ve kontrolsüz envanter kaynağıdır. Envanter sistemi ile MES arasındaki uygun entegrasyon ile bu sorunların birçoğu önlenir [82].

1.15.1. Parça sorunu, kit oluşturma

Gerçek zamanlı görünürlüğü ve süreç içerisindeki iş envanterinin doğru bir şekilde muhasebeleştirilmesi, parçaların stoktan çıkarıldıkları andan, atölye depolama alanlarından taşındıkları için kurulana kadar izlenmesini gerektirir.

MES, farklı iş merkezi türleri için farklı türde parça toplama senaryolarını destekleyebilmelidir:

- MES, arabirim aracılığıyla envanter sistemine gönderilen veya tamirci tarafından manuel olarak depoya taşınan her işlem için bir parça seçim listesi oluşturabilir.
- Envanter sistemi ile çekme listesi oluşturulabilir. Stok odasından üretime çıkarılan parçaların işlemleri, bir entegrasyon arayüzü aracılığıyla doğrudan envanter sisteminden MES'e gönderilebilir.
- Depo (veya malzeme işleme) personeli, bir iş üretim personeline gönderilmeden önce her iş emri (veya işlem) için parça kiti oluşturabilir. Kitler daha sonra her bir üretim çalışma merkezi için hazırlık alanına yerleştirilir.

Çalışmaya başlamadan önce parçaları arabaya koymak, parça kusurlarını erken bir aşamada tespit etmenin etkili bir yoludur. Bu aynı zamanda parça eksikliğinden kaynaklanan kesintileri de önler. Uygun bir uçurtma, atölye çevresinde yüzen yarı mamulün kaybolmasını, hasar görmesini ve yanlış hesaplanmasını önleyebilir. MES ayrıca işe teslim edilen ancak kurulmayan parçaların Devam Eden Çalışma envanter düzeylerini de izler. Üretim sırasında ayarlandıktan sonra otomatik olarak küçültülür ve kaydedilir. MES ayrıca bitmiş ürün miktarına göre düzenlenen parçaları kaydetmek için envanter sistemine geri akış sinyalleri gönderebilir.

1.15.2. Süreç içerisindeki ürün takibi

Barkodlama depolama alanları, çöp kutuları ve çıkarılan öğeler, üretim tesisi genelinde malzeme ve ürünlerin takibini kolaylaştırabilir. Ürün birimleri seri numarası, parti numarası veya iş emri numarası ile takip edilir. Ürünün fiziksel konumu, iş emri yönlendirmesi yoluyla MES'de dışa aktarılabilir. Bu işlem tamamlandıktan sonra ürün birimlerinin bir iş merkezinden diğerine hareketini gösterecektir. Üretilen alt tertibatlar

ve bunların bileşenleri, uçağın kuyruk numarası gibi belirli bir terminal numarasına da işaretlenebilir [83].

1.15.3. Parça kurulum kayıtları ve ürün şeceresi

MES tarafından sağlanan ürün ve inceleme geçmişleri, montajda kullanılan malzeme ve bileşenlerin eksiksiz bir aile ağacını içerir. Buna parça numaraları (ve revizyonlar), seri numaraları, parti numaraları ve makara numaraları dahildir. MES, ilgili teknoloji değişikliği aşaması için tasarlanan (veya planlanan) parça listesine göre oluşturulan parça listesini doğrulama olanağı sağlamalıdır. Bu rapor aynı zamanda her bir ürün birimi için listelenen uygulanan teknoloji değişikliği bildirimlerine uygun olarak üretim yapıldığını da teyit etmektedir. Üreticiler, alt tedarik zincirlerinden kaynaklanan kalite sorunlarını belirleyebilir. Parça hattı verileri, kalite maliyetlerini dengelemek, ürün geri çağırma kapsamını sınırlamak ve kalitesiz tedarikçilerle (veya sorunları hızlı bir şekilde çözmeyen tedarikçilerle) ilişkili ek risk riskini sınırlamak için öncesi ve sonrası önemlidir ve izlenebilirlik sağlar [84].

1.15.4. Malzeme raf ömrü ve son kullanma tarihi

MES'in belirli bir malzeme için son kullanma tarihini işaretleyebilmesi gerekir. Kullanıcılardan materyali kullanmadan önce son kullanma tarihini kaydetmeleri ve onaylamaları istenir. Birçok üretici, kompozit malzemeler içeren ürünler üretmektedir. Bazı önceden paketlenmiş kompozitler ve kimyasallar sıcaklığa duyarlı malzemelerdir ve raf ömrünü uzatmak için belirli minimum soğutma sıcaklıklarında saklanmalıdır. Çoğu durumda, malzemeler yalnızca sınırlı "çalışma süresine", yani soğutulmuş deponun dışındaki süreye dayanabilir. MES (veya envanter sistemi) malzemeyi soğutma ortamından her çıkardığında, malzemenin raf ömrünü kısaltması gerekir [85].

1.16. Üretim Kalite Yönetimi

Çoğu MES, proses içi araştırma ve doğrulama adımları için yerleşik nitelik test prosedürleri, istatistiksel proses test prosedürleri, test dışı durumlara yönelik ikazlar ve üretim esnasında bulunan tutarsızlıklar için entegre muamele sağlar. Bu, düzeltme, kusur kapsama ve sıkıntı tekrarını ortadan kaldırmak için düzeltici eylemleri içerir.

Karmaşık ürünlerde parça ve işçilik maliyeti hızla birikebilir. Üretime meydana getirilen yatırım yüksekse, mamüller hurdaya çıkarılmak yerine çoğu zaman tekrar işlenir. MES, tekrar işleme, tamir ve sapma işleme prosedürleri sağlamalıdır. Bu, sapmaların müsait personel tarafınca belgelenmesini, incelenmesini ve onaylanmasını sağlar. Sapma geçmişi de her ürün biriminin geçmişinin bir parçası olarak kabul edilir [86].

1.16.1. Üretim denetimi planlama ve yürütme

Denetim planları, ürün denetimi, test ve doğrulama gereksinimlerini tanımlar. Üretim sürecindeki mühendislik kalitesi, daha fazla süreç içi doğrulama ve daha az nihai denetim anlamına gelir. Ayrıca sıfır kontrol yerine daha fazla rastgele kontrol yapılması gerekir. Modern uygulama aynı zamanda üretim mühendislerini ürünlerinin kalitesi konusunda daha fazla sorumluluk almaya teşvik eder. Bu, ek denetçilere ihtiyaç duymadan daha fazla denetim anlamına gelir. Bu hedeflere ulaşmak için kalite, üretim sürecine ve MES'e entegre edilmelidir. MES, bir sonraki işleme başlamadan önce, süreçle ilgili doğrulama adımlarının ve imzaların tamamlanmasını talep edebilir. Ürünün temel ve temel işlevleri, teknik özelliklerden denetim gereksinimlerine kadar uzanır. Tasarım modellerinin ve değişiklik yönetimini kolaylaştıran özelliklerin uygun şekilde gözden geçirilmesi için her bir denetim gereksinimine çapraz referans vermek önemlidir. Muayene prosedürü, belirli bir gösterge tipi (veya birden fazla gösterge) belirlemenize izin verir ve kalibrasyon kontrolleri gerektirebilir. Belirli bir ölçümde daha sonra bir problemin keşfedilmesi durumunda, her ölçüm için kullanılan araçların bir kaydını tutmak önemlidir [87].

1.16.2. Ürün yapılandırması doğrulaması

İmalat sisteminin çok önemli bir rolü, ürünün doğru mühendislik özelliklerine göre inşa edilmesini sağlamaktır. Kalite yönetimi bakış açısından, ürünün gerçekten spesifikasyonlara göre üretildiğini doğrulamak gerekir. Bu işlev için kullanılan araçlardan bazıları şunlardır:

- Gerektiğinde sapma onayları ile tasarlandığı şekilde yapılandırılmış konfigürasyona mutabakatı.

- Cihaz Geçmişi Kaydı , her bir ürün birimine dahil edilen Mühendislik Değişiklik Bildirimlerinin bir listesini içerir [88].

1.16.3. Uygunsuzluk ve hata yönetimi

Karmaşık toplu üretimde, üretim sırasında bulunan tutarsızlıkları yönetmek, kusur, hurda malzeme sayımı ve verim hesaplamalarının ötesine geçer. MES, uygunsuzlukların sonuçlarının organizasyonunu ve yönetimini sağlamalıdır. Planlanan üretim sürecini çalıştırmanın yanı sıra sapma izinlerini de dahil etmeniz gerekir. Azaltma önlemleri arasında tedarikçilere gönderilen düzeltici eylem talepleri, stoktaki ürün ve malzemeleri değerlendirmek için satın alma siparişleri, süreçten etkilenebilecek iş emirlerine yönelik uyarılar ve müşterilere ürün geri çağırma veya uyarı) dahil edilebilir. Muayene, teknik şartnamelere uygun olmadığını ortaya çıkarırsa, bu durum belgelenmeli, takas ve onay sürecine sunulmalıdır. Bu, ürünün hurdaya çıkarılması, bayiye iade edilmesi, üzerinde yeniden çalışılması, onarılması veya olduğu gibi kullanılması gerekip gerekmediğini belirler. Üretim ve kalite kontrolünün entegrasyonu, teknisyenlerin üretim sürecine devam etmeden önce yeniden işleme ve onarım uyumluluk talimatlarından kaçınmalarını sağlar. İş akışı süreçlerinin, üretim ortamlarında bulunan farklı türdeki sorunlar (ve önem dereceleri) için farklı tutarsızlık türlerini ve onay yönlendirmesini desteklemesi gerekir [89].

1.17. Üretim / Tesis Performans Analizi

Kuruluşlar, bilinçli yönetim kararları almak için iyi performans göstergelerine ihtiyaç duyar. Çeşitli araştırmalara göre, bir üreticinin başarısı, büyük ölçüde bir organizasyonun operasyonel performansı ne kadar etkili ölçtüğüne bağlıdır. Aynı zamanda araştırmalar, çok az sayıda üreticinin performansı kaydetmek ve ölçmek için etkili yöntemlere sahip olduğunu gösteriyor. MES, fiili üretim maliyetleri ve sonuçları hakkında güncel raporların yanı sıra geçmiş ve beklenen iş sonuçlarıyla karşılaştırmalar sağlar. MES, günlük işlemlerden sürekli olarak güvenilir gerçek zamanlı veri toplama için bir platform sağlar. Bu veriler daha sonra otomatik olarak departman ve şirket düzeyinde güvenebileceğiniz temel performans göstergelerine dönüştürülür. MES, süreç kontrolü ve uyumluluk amaçlarıyla halihazırda veri toplamıştır. Sonuç olarak, ölçüm

amacıyla gereksiz veri alımı en aza indirilir. Performans analizi, günlük veya haftalık raporlar olarak oluşturulabilir veya talep üzerine çevrimiçi olarak sunulabilir [90].

Yönetim ekibinin aklındaki sorular, iş ortamına bağlı olarak periyodik olarak değişebilir, ancak genellikle aşağıdaki gibi sorular içerir:

- 1) Vadesi geleni teslim etmek için kaynaklarımız var mı?
- 2) Bizi hangi kısıtlamalar engelliyor?
- 3) Planlanan maliyetleri aşıyor muyuz?
- 4) İyileştirme için nereye yatırım yapmalıyız?
- 5) Kaliteye ne kadar yatırım yapıyoruz?
- 6) Hatalar ve yeniden çalışmanın bize maliyeti nedir?
- 7) Düşük kalitenin yüzde kaç tedarikçiye karşı dahili tedarikten kaynaklanıyor?
- 8) Planlanmamış sorunlara ne kadar çabuk yanıt veriyoruz?
- 9) Süreç iyileştirmeleri etkili mi? Gerçekten gelişiyor muyuz?
- 10) Uygunluğu kanıtlayabilir miyim? Düzenleyici denetimlere hazır mıyız?

1.17.1. Program / kapasite performans analizi

Bir üretim tesisinin (veya sistemin) gerçek potansiyelini anlamak zor olabilir. Yetersiz arabellek envanteri, işleme sorunları, ekipman arıza süresi, eksik parçalar, düşük kalite ve diğer birçok faktör gerçek kapasiteyi gizleyebilir. Ölçümler, düşük performans ve ölçek küçültme yetenekleri olan alanların belirlenmesine yardımcı olur. Bu, tesis kısıtlamalarının kapasiteyi ve programı nerelerde etkilediğini belirlemeye yardımcı olur [91].

Plan ve kapasite ölçütleri aşağıdakileri içerebilir:

- Aktarım Hızı = Takvim günü başına üretilen birimler
- Personel Üretkenliği = İşçilik saati başına üretilen birimler
- Standartlara Göre Performans = (Çalışma Süresi / Toplam Adet) / (Parça Başına İdeal Standart Süre)

- İşgücü Performansı = Standart Çalışma Saatleri / Fiili Çalışma Saatleri
- Döngü Süresi Verimliliği = Katma Değer Döngü Süresi / Toplam Döngü Süresi

Yalın üretim, üretim personeline ve üretim sorunlarına ilişkin basit bilgiler sağlayan özellikler içerir. Andon'un gösterge panosu, herhangi bir iş merkezine, planlanan hedeflere karşı günlük üretim performansına ilişkin bir genel bakış sağlar [92].

1.17.2. Maliyet ve kalite performans analizi

Altı Sigma uygulayıcıları, üretim süreçlerini azaltmak için iyileştirme ve değişkenlik alanlarını sistematik olarak belirlemek için DMAIC (Tanım, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol) sürecini kullanır. Yalın uygulayıcılar, Toyota ve Kaizen etkinlikleri için problem çözme metodolojilerine başvururlar. Bu yöntemlerin her biri, üretim verilerinden elde edilen ölçümlerle tamamlanabilir. MES, üretim ortamları ve hata raporlaması sırasında toplanan verilere dayalı olarak performans analizi raporları sağlayabilir. Bu bilgiler, farklı ürün serilerini, bileşenleri, kaynakları veya süreçleri eşleyerek düşük performansın olası nedenlerini belirlemenize yardımcı olur. Pareto grafikleri, bu tür analizler için etkili araçlardır [93].

İyi metrikler, kuruluşun kalite maliyetinin anlaşılmasına da yardımcı olabilir. Bu, hem proaktif önlemlerin maliyetini hem de kalitesizliğin sonuçlarına dayalı maliyeti içerir. Maliyet ve kalite ölçüleri aşağıdakileri içerebilir:

- 1) Verim = İyi Parçalar / Toplam Adet
- 2) Düşük Kalitede İşgücü Kaybı Oranı = $1 - (\text{Yeniden Çalışma Çalışma Saatleri}) / \text{Toplam Çalışma Saatleri}$
- 3) Bileşen Kusur Oranı
- 4) Müşteri Reddetme / İade Malzeme Yetkileri
- 5) Yıllık Güvenlik Olaylarının Sayısı
- 6) Yıllık Denetimlerde Görülen Önemli Bulgu Sayısı

KPI'ların sürekli izlenmesi ve analizi, üretimin iyileştirilmesi için temel sağlar. Performans göstergeleri, farklı kusurlar (işyeri, ürün hattı, süreç türü veya tedarikçi)

genelinde değerdendirilebilir ve analiz edilebilir ve iyileřtirme veya dűzeltici faaliyet alanlarını belirlemek için kullanılabilir [94].

1.18. Sistem Entegrasyon Hizmetleri

Fabrika zemini sistemlerinin műhendislik ve iř sistemleriyle entegrasyonu, organizasyona yayılan iř sűrelerinin modernize edilmesini saėlar. Bu, űrűn ve sűre deėiřikliėi yűnetimi prosedűrlerini içerir. Kurumsal sistem entegrasyonu yoluyla edinilen disiplin ve çeviklik, bir kuruluřa űnemli rekabet avantajı saėlayabilir [95].

Kurumsal sistemler arasında entegrasyonu kolaylaştırmak için bir MES, XML aracılığıyla entegrasyonu destekleyen entegrasyon arayűzleri ve standart grupları tarafından yayınlanan yűnergelere uygun hizmetler sağlamalıdır. Bunlar arasında ISA (Uluslararası Otomasyon Topluluėu), OAGi (Açık Uygulamalar Grubu) ve OPC Vakfı bulunmaktadır [96].

1.18.1. Műhendislik űrűn ve proses tasarım sistemleri

Tasarım sistemini (CAD ve PLM sistemleri dahil) űretim sistemiyle entegre ederek, tasarım deėiřiklikleri űretim sűrecinin tanımına uygun řekilde dahil edilebilir. Bu entegrasyon, devam etmekte olan űrűnű en son teknoloėi revizyon dűzeyinde dűzgűn bir řekilde gűnceller, bűylece "yapım zamanı" yapılandırması "tasarım zamanı" yapılandırmasıyla eřleřir [97].

Műhendislik sistemi entegrasyonu ařaėıdaki arayűzleri içermelidir:

- Parça / Malzeme Numarası ve Nitelikleri
- izimler, 3B Modeller ve İşlem Spesifikasyonları dahil Tasarım Belgeleri
- Malzeme Listeleri
- Műhendislik Deėiřiklik Bildirimleri (ECN)

1.18.2. İř satın alma / envanter ve finansal sistemler

űretim sistemi ile Kurumsal Kaynak Planlama yazılımı arasındaki entegrasyon, ařaėıdaki entegrasyon arayűzlerini içermelidir:

- Bölümler, Çalışma Merkezleri
- Personel, Beceriler ve Sertifikalar
- Tedarikçiler dahil Parça İkameleri ve Tedarik Verileri
- İş Emri Yönlendirmeleri
- Üretime İş Emri Sürümü
- İş Emri Operasyon Programı Güncellemeleri
- İş Emri İşlem Durumu
- İş Emri Bölmeleri
- İş Emri veya Operasyona Yönelik Parça / Malzeme Sorunları
- İş saati açma / kapama işlemleri

ERP ve MES entegrasyonu, daha verimli uygulamalar sağlar. Örneğin, iş emri düzeyi yerine hareket düzeyinde ve parça düzeyinde planları ve durumları çalıştırılabilir. Gereksiz mesai saatlerinden kaçınmak için çalışma saatleri MES'den ERP'ye (veya personel takip sistemine) aktarılabilir [98].

1.18.3. Kurumsal iş zekası

Birçok şirket, kurumsal düzeyde temel performans göstergelerini (KPI'ler) kullanarak performansı karşılaştırmak ister. Birçok KPI, satış, envanter, maliyetler, tedarikçiler, müşteri yönetim sistemleri ve ölçümler gibi işinizin farklı yönlerine bakan bileşik dizinlerdir. Bu farklı veri kaynaklarını tek bir kurumsal veri ambarında birleştirmek için iki ana seçenek vardır. Entegrasyon sırasında veriler fiziksel olarak birleştirilir. Bu, karşılıklı ilişkileri sürdürmek için verilerin dönüştürülebileceği, dönüştürülebileceği ve/veya genişletilebileceği anlamına gelir. Federasyon genellikle verilerin daha geçici entegrasyonunu ifade eder. Örneğin, birden çok heterojen ortamdan verilere erişmesi gereken bir sorgu çalıştırılırsa, sorgu yürütüldükten sonra orijinal veriler hala orijinal kaynak ortamındadır [99].

Hem ERP hem de MES veri kaynaklarından veri gerektiren KPI'lar şunları içerir:

- Kusursuz Sipariş - İş emri doğruluğunu dikkate alır (miktar, model, revizyon); bileşen sorunu doğruluğu (parça numarası, revizyon, miktar); zamanında teslim edilen ürün; Kusursuz teslim edilen ürün (garanti talepleri yoktur); ve fatura ve ürün belgeleri doğruluk oranı.
- Stok Devir Hızı (diğer adıyla Envanter Dönüşü) - Son 12 aydaki stok satışlarından Satılan Malların Maliyetini dikkate alır.
- Tedarikçi Derecelendirmesi - Fiyat, program ve kalite geçmişini dikkate alır ve daha sonra gelecekteki satın almalar için tedarikçi seçimleriyle karşılaştırır [99].

1.18.4. Kurumsal sürekli iyileştirme yönetimi

Sürekli iyileştirmeyi uygulamak ve izlemek için resmi bir metodoloji, şirketin genel kalite yönetim sisteminin önemli bir parçasıdır. Sürekli iyileştirme için izleme, bir düzeltme ve önleme süreci ile gerçekleştirilir. MES içindeki uyarılar ve sınırlama eylemleri, belirli düzeltici eylemlerin tamamlanmasına bağlı olabilir. Temel nedenin araştırılması ve prosedürlerin gözden geçirilmesi, üretim geçmişi bilgilerine erişim gerektirir. Bu bilgi, kimin neyi, ne zaman ve nasıl yaptığı hakkında ayrıntılı bilgi sağlar. Ayrıca, standart konfigürasyonlardan ve işlemlerden sapmalar hakkında bilgi sağlar. [100].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan tez çalışmasında MES sistemleri üzerinde araştırma ve bir firma uygulaması yapılmıştır. Firma halihazırda MES sistemi kullanmamaktaydı. Firmada dijital dönüşüm öncesi üretim takibi ‘‘İş Emri’’ adlı formlar ile CNC operatörleri tarafından doldurularak takip edilmekte ve toplanan bilgiler günlük bilgisayara aktarılmakta idi. İş emirleri hazırlama dağıtma toplama hesaplama kalite personeli tarafından yapılmakta ve bu işlem zaman kaybına yol açmaktaydı. Gerçekleştirilen çalışma ile firma bünyesine MES sistemi kurulmuş ve verimlilik değerleri incelenmiştir. Sonrasında iyileştirme çalışmaları yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, kayıp zamanlar tespit edilip çalışabilir sürenin önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Her ay alınan raporlar ile sistem açıkları daha net tespit edilmiş ve iyileştirilmesi gereken konular için gerekli aksiyonlar alınmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonrası OEE trendinin sürekli artma eğiliminde olduğu görülmüştür. İlerleyen süreçte; firma kültürünün oluştuğu ve personellerin programı benimsediği ve girilmemiş duruşların azaldığı görülmüştür. Duruşlar zamanında girildiği için gerçek duruşlarla, alınacak aksiyonlar böylece daha net ve reel olmuş ve sistem açıkları bu sayede gerçekçi veriler sonrası yapılan iyileştirmelerle daha doğru ve kalıcı hale gelmiştir. Arıza nedenleri ve süreleri daha net hesaplanarak bu sayede kestirimci bakımlar gündeme gelmiş ve elde edilen veriler yapılacak yatırımlar içinde yol gösterici olacaktır. Set-up sürelerinin kısaldığı görülmüştür. Dönüşüm sonrası kullanılan kapasite ve stok durumlarını daha elverişli takip ederek müşteri taleplerine daha hızlı cevap verilmesi sağlanmıştır. Gerçekleşen ve ön görülen kapasite karşılaştırıldığında daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir.. Dijital dönüşüm ile iş emirleri kaldırılmış ve akıllı sayaçlardan alınan verilerle daha hızlı bilgi toplama ve aktarma gerçekleştirilerek kayıp zamanın önüne geçilmiştir. İş Emirlerinin kaldırılması ile kağıt israfının da önüne geçilmiş ve böylece doğaya da katkıda bulunmuştur.

2.1. Şirket Tanıtımı

1990 yılında İstanbul’da Plastik ve Alüminyum enjeksiyon kalıpları ve aparatları ve aparat yapımı amacıyla GÜÇLÜ KALIP PLASTİK ünvanı ile 100 m² alanda şahıs firması olarak kurulmuştur. 2005 yılında 450 m²’lik yeni yere taşınmış, yeni ortaklar ile

birlikte Limited Şirketi kurarak OMEGA KALIPÇILIK adı altında alüminyum enjeksiyon kalıpları ve bağlama fikstürleri imal edecek şekilde yeniden planlanmıştır. 2013 yılında 2800 m²'lik kapalı alanı olan Organize Sanayi Bölgesine taşınmış, Alüminyum enjeksiyon kalıpları, bağlama fikstürleri ve Seri imalat parça işlemleri imal edecek şekilde yeniden yapılanmış, müşteri potansiyeline 2 adet Yurt Dışı firmasını dahil ederek ihracata başlamıştır. 2014 yılında müşteri potansiyeline 3 adet yurt dışı firmasını daha dahil edecek ihracat yaptığı firma sayısını 5'e yükseltmiştir. 2020 yılında yeni projeler kaynaklı alan genişletmek amacı ile paketleme ve sevkiyat bölümü hizmet vermeye başlamıştır. Şu anda firma; Otomotiv Yan Sanayi, Elektrikli Ev Aletleri, Redüktör Motor Gövde ve Flanşları, Aydınlatma Gövdeleri, Şofben Parçaları konusunda sektöre hizmet vermektedir.

2.2. Üretim Yönetimi ve Planlama Yazılımının Satın Alınması ve Kurulması

Yazılım firmasının yerli olarak geliştirdiği ve pazara sunduğu Üretim Yönetim Sistemi (MES) yazılımı satın alınarak kurulmuş ve ilgili birimlerin personellerine eğitimleri verilmiştir. Online olarak düzenlenen eğitimlere ait görsel ve katılımcı listesi aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.1. Eğitim Katılım Görüntüleri

 OMEGA KALIPÇILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.		ÜRETİM İŞ EMRİ PRODUCTION WORK ORDER				DOKÜMAN NO: FR.028 KAYIN TARİHİ: 24.09.2013 REVİZYON TARİHİ/ NO: 21.05.2019/07 İŞ EMRİ NO: WORK ORDER NO:	
MÜŞTERİ / CUSTOMER		HAFTALIK PLANLANAN ADET WEEKLY PLANNED QUANTITY		VARDIYA ÇALIŞMA SÜRELERİ THE SHIFTS WORKING HOURS			
PARÇA ADI / PART NAME		İŞ EMRİ TARİHİ WORK ORDER DATE		GÜNLÜK NET ÇALIŞMA SÜRESİ NET DAILY WORKING HOURS			
PARÇA KODU / PART NUMBER		SİPARİŞ TARİHİ ORDER DATE		PARÇA İŞLEME SÜRESİ PART MACHINING TIME			
OPERASYON ADI / OPERATION NAME		MAKİNA NUMARASI MACHINE NUMBER		PARÇA ÇEVİRİM SÜRESİ PART CYCLE HOURS			
OPERASYON KODU / OPERATION CODE		SAATLİK ÜRETİM HOURLY PRODUCTION QUANTITY		İŞ EMRİNİ VEREN WORK ORDERED BY			
GÜNLÜK ÜRETİM / DAILY PRODUCTION							
ÜRETİM TARİHİ PRODUCTION DATE	OPERATÖR OPERATOR	VARDIYA SHIFT	ÜRETİM BAŞLANGIÇ SAATİ STARTING HOURS	ÜRETİM BİTİŞ SAATİ FINISHING HOURS	PLANLANAN PARÇA ADETİ PLANNED PART QUANTITY	İŞLENEN SAĞLAM PARÇA ADETİ MACHINED OKEY PART	MAKİNE DURMA SÜRESİ / NEDENİ MACHINE STOP TIME / REASON
MAKİNE DURUŞ KODLARI / MACHINE STOP CODES				FİRE KODLARI / FAILURE CODE			
DK.01- ELEKTRİK ARIZA / ELECTRICAL MALFUNCTION	DK.08- OPERATÖR EKSİKLİĞİ / LACK OF OPERATOR	DK.15- OPERATÖR BAŞKA MAKİNEDEN ÇALIŞTI THE OPERATOR WORKED AT ANOTHER MACHINE	DK.01- İŞLENMEMİŞ DÖKÜM HATALI PARÇA / CASTING FAILURE (UNMACHINED PART)	DK.08- İŞLENMİŞ DÖKÜM HATALI PARÇA / CASTING FAILURE (MACHINED PART)	DK.02- İŞLEME HATALI PARÇA / MACHINING FAILURE PART	DK.09- İŞLENMİŞ BOYA HATALI PARÇA / COATING FAILURE (MACHINED PART)	DK.10- DARBİ (İŞLENMEMİŞ PARÇA) / DAMAGE PART (NOT MACHINED)
DK.02- MAKİNE ARIZA / MACHINE MALFUNCTION	DK.09- ARAÇ DÜŞÜKLÜĞÜ / APPARATUS CHANGE	DK.16- ÇAY MOLASI / TEA BREAK	DK.02- İŞLEME HATALI PARÇA / MACHINING FAILURE PART	DK.09- İŞLENMİŞ BOYA HATALI PARÇA / COATING FAILURE (MACHINED PART)	DK.03- DARBİ (İŞLENMİŞ PARÇA) / DAMAGE PART (MACHINED PART)	DK.10- DARBİ (İŞLENMEMİŞ PARÇA) / DAMAGE PART (NOT MACHINED)	
DK.03- TAKIM KIRILMASI / TOOL BREAKAGE	DK.10- TAKIM DÜŞÜKLÜĞÜ / TOOL CHANGE	DK.17- MAKİNE ISINMASI / WARM UP THE MACHINE	DK.03- DARBİ (İŞLENMİŞ PARÇA) / DAMAGE PART (MACHINED PART)	DK.10- DARBİ (İŞLENMEMİŞ PARÇA) / DAMAGE PART (NOT MACHINED)	DK.04- AYAR MALZEMELERİ / SETUP PARTS		
DK.04- YEMEK MOLASI / LUNCH BREAK	DK.11- KOMPRESÖR ARIZASI / COMPRESSOR FAILURE	DK.18- MAKİNE DOĞRULAMA / MACHINE VERIFICATION	DK.04- AYAR MALZEMELERİ / SETUP PARTS		DK.05- ELEKTRİK ARIZASI / ELECTRICAL MALFUNCTION		
DK.05- TOPLANTI / MEETING	DK.12- MAKİNE AYARI / MACHINE SETTING	DK.19- EĞİTİM / TRAINING	DK.05- ELEKTRİK ARIZASI / ELECTRICAL MALFUNCTION		DK.06- İŞLENMEMİŞ BOYA HATASI / COATING FAILURE (UNMACHINED PART)		
DK.06- MAMUL YETERSİZ / INSUFFICIENT PART	DK.13- BORU YAĞI TEMİZLİĞİ / BORON OIL CLEANING	DK.20- DİĞER / OTHER (LÜTFEN AÇIKLAYINIZ / PLEASE EXPLAIN)	DK.06- İŞLENMEMİŞ BOYA HATASI / COATING FAILURE (UNMACHINED PART)		DK.07- BASINÇLI SİZİRDİMLİLİK TEST KAÇAKI / LEAK TEST FAILURE		
DK.07- TEMİZLİK / CLEANING	DK.14- TALAŞ BÖŞALTMA / CHIP EVACUATION		DK.07- BASINÇLI SİZİRDİMLİLİK TEST KAÇAKI / LEAK TEST FAILURE				

Şekil 2.2. Üretim İş Emri

2.3. Makine Ekipman ve Teçhizat Özellikleri

Tablo 2.1. de firmanın kullandığı makine markaları, model ve seri numaraları ve bulundukları bölümler görülmektedir. Bu makineler kullanılarak alüminyum enjeksiyon kalıpları ve seri parça üretim işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Tablo 2.1. Makine Ekipman Formu

	Makina Adı	Bulunduğu Bölüm	Model /Seri No
1	Takisawa	Parça İşleme	NEX 106
2	Kiwa KH-45	Parça İşleme	JBL-5020
3	Brother	Parça İşleme	TC 32-B QT
4	Brother R65X02	Parça İşleme	JPN 116233
5	Mitsubishi	Parça İşleme	2 AF
6	Takisawa Nex-108Y	Parça İşleme	CS 03LY01S3

Tablo 2.2. de verilen makine Takisawa Nex-106 otomotiv sektöründe sık kullanılan CNC makinelerdendir. NEX serisi, çalışma süresini ve üretkenliği artırmak için maksimum 6.000 RPM iş mili hızı ve hızlı indeksleme özellikleri sunar. Makine özellikleri olarak yüksek hassasiyette lineer kızaklar,hızlı ivmelenme,kolay programlanabilme gibi özellikleri mevcuttur.

Tablo 2.2. Takisawa Nex-106 [136]

Teknik Özellikler	
Çevirme çapı (mm)	350
Maks.Tornalama çapı. (mm)	240
Maks.Tornalama boyu (mm)	288
Çubuk kapasitesi (mm)	42
Karşı ayna çubuk kapasitesi (mm)	-
X eksen hareketi (mm)	140
Z eksen hareketi (mm)	350
Y eksen hareketi (mm)	-
A eksen hareketi (mm)	-
Boşta hız (m/min)	X:24 , Z:30
İşmili devri (Rpm)	5000
C eksen	-
İşmili	140F
Taret	T12
Takım kesiti (mm)	20x20
Takım bara çapı (mm)	32
Tahrikli takım (Rpm)	-
Karşı punta	MT.4
Punta pinöl hareketi (mm)	100
İşmili motoru(Kw)	7,5
Makine yüksekliği (mm)	1720
Yerleşim alanı (mm)	1950x1530
Makine ağırlığı (Kg)	3500

Tablo 2.3. de verilen makine Kiwa KH-45 otomotiv sektöründe sık kullanılan CNC makinelerdendir. Makine özellikleri olarak yüksek hassasiyette lineer kızaklar, hızlı ivmelenme, kolay programlanabilme gibi özellikleri mevcuttur.

Tablo 2.3. Kiwa KH-45 [137]

Teknik Özellikler	
X Ekseni hareketi (mm)	640
Y Ekseni hareketi (mm)	610
Z Ekseni hareketi (mm)	680
Tabla Ölçüsü (mm)	400x400 (Ops.500x500)
Maksimum Tabla Yüğü (kg)	500
Maks. İş parçası (mm)	Ø750xH1000
İşmili ile tabla arası mesafesi (mm)	100-780
Tabla Zemin Mesafesi (mm)	1069
İşmili Devri (rpm)	10000 (Ops.12000 / 15000)
İşmili Koniği	BBT40
İşmili Motoru (kw)	18,5
X-Ekseni hızlı ilerleme (mm/min)	60000
Y-Ekseni hızlı ilerleme (mm/min)	60000
Z- Ekseni hızlı ilerleme (mm/min)	60000
Kesme İlerlemesi (mm/min)	1-30000
Takım Magazin kapasitesi (adet)	40 (Ops. 60/120/180,220)
Maksimum Takım Çapı / Yan pot boşken (mm)	70/140
Maksimum Takım Boyu (mm)	400
Maksimum Takım Ağırlığı (kg)	8
Pozisyonlama Hassasiyeti (JIS B 6338)	-
Tekrarlama Hassasiyeti (JIS B 6338)	-
CNC kontrol Ünitesi	Fanuc 32iM
Gerekli Güç	50
Gerekli Hava (kg/cm ²)	5 - 9
Hidrolik ünitesi tank kapasitesi (Pompa) (liter (HP))	-
Yağlama tank kapasitesi (lt)	-
Bor yağ tankı kapasitesi (liter (HP))	550
Makine Yüksekliği (mm)	2766
Makine oturma alanı (mm)	2398x4539
Makina ağırlığı (kg)	9200

Tablo 2.4. de verilen makine Brother TC-32 B QT otomotiv sektöründe sık kullanılan CNC makinelerdendir.

Tablo 2.4. Brother TC-32 B QT [138]

Teknik Özellikler	
Tabla Özellikleri	Tek Tabla
İş Tablası Ebatları	600 mm X 425 mm (2 adet)
Tabla Yüğü	200 kg
X Eksen Hareketi	550 mm
Y Eksen Hareketi	400 mm
Z Eksen Hareketi	415 mm
Z Eksen İvmelenmesi	1,5 G
X Eksen İvmelenmesi	1,2 G
Eksen Motorlarının Güçleri (X,Y,Z)	1,3 kw
Seri Hareket Hızları	70 m/dak.
Kesme Hareket Hızı (X,Y,Z)	20 m/dak.
Takım Sayısı	26(+1) / 40(+1)
Takım Değiştirme Zamanı	0,9 sn (T-T), 2,0 sn (C-C)
İş Mili Koniği	724
İş Mili Devri	12000 devir/dak. (16000 devir/dak.)
Kılavuz Çekme Devri	8000 devir/dak.
İş Mili Motor Gücü	11 kw
Ağırlık	4600 kg

Tablo 2.5. de verilen makine Brother R 650 X2 otomotiv sektöründe sık kullanılan CNC makinelerdendir.

Tablo 2.5. Brother R 650 X2 [139]

Teknik Özellikler	
Maks. İş Mili Devri	10,000min-1 10,000min-1 high-torque(Optional) 16,000min-1(Optional)
X Eksen Hareketi	650 mm
Y Eksen Hareketi	400 mm
Z Eksen Hareketi	305 mm
Takım Magazin Kapasitesi	14pcs. / 22pcs. / 40pcs.
Seri Hareket Hızı (X, Y, Z)	50m/min × 50m/min × 50m/min
Gerekli Taban Alanı	14/22pcs.) 1,897mm × 3,448mm 40pcs.) 2,145mm × 3,248mm
BBT Spindle	Optional
İş Mili İçinden Su Verme Sistemi	Optional
Düşük Tabla	Optional

Tablo 2.6. Takisawa Nex 108 Y [140]

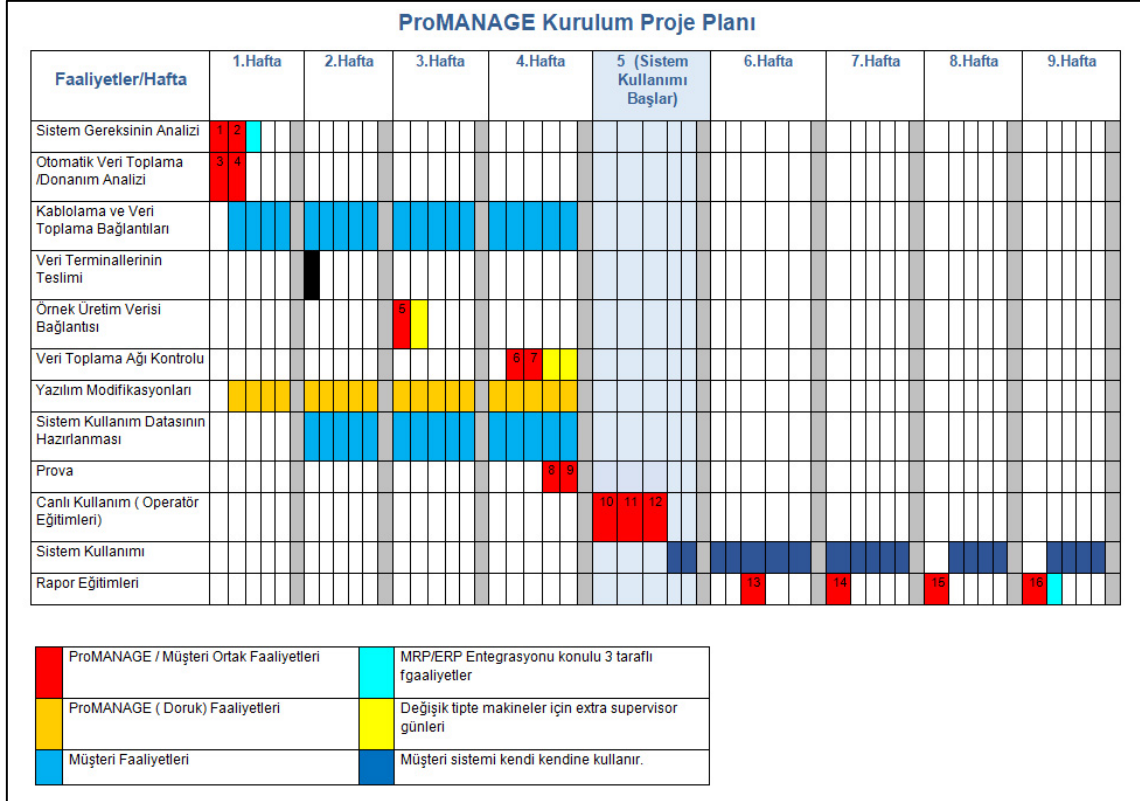
Teknik Özellikler
Yüksek performanslı kompakt dizayn
Güçlü taret yapısı (Japon Dizayn)
Talaş ısısından elimine dizayn gövde
Yüksek rijidlikte ve hassasiyette masuralı lineer kızaklar
Sessiz, hassas ve uzun ömürlü Takisawa teknolojik işlemli
Fem analizli yüksek kaliteli gri dökme demir gövde
Yüksek verimli hızlı ivmelenmeli ve durmalı karakter
Geliştirilmiş kolay programlama ve kullanım
Hidrolik ayna
Takım tutucular
Ayan açma kapama fonksiyonu
Soğutma suyu sistemi
Tam kapalı muhafaza kabini
Hidrolik soğutma sistemi
8,4" TFT renkli ekran
Aydınlatma lambası
Talaş konveyoru
Manual takım ölçme kolu

2.4. Üretim Yönetim Sistemi

Şekil 2.4. ve Şekil 2.5.'te görüldüğü üzere üretim işletmelerinde üretim yönetimine ilişkin tüm operasyonların dijital araçlar ile yönetimi için tasarlanmış kapalı çevrimli bir akıllı üretim yönetimi sistemidir. İşletmelerde üretim planlamadan sevkiyata dek olan tüm üretim, kalite test, bakım yönetimi konulu operasyonları ISO 16949'a uygun şekilde ve ISA 95 standardında tarif edildiği şekilde yönetilmesini sağlar. Bununla birlikte operasyonları anlık olarak takip ederek belli kriterlere göre yetkililere sürekli geri beslemeler sunduğu için daha iyi organize olan işletmede ciddi miktarda verimlilik artışı oluşur. Anlık üretim organizasyonlarının yapılmasına ek olarak işletmede normalde farkedilmeyen hız düşümü, duruş, arıza, bekleme, kalite kayıplarının nedenleri ile birlikte görünür olmasını ve analizler yapılarak kök nedenlerinin tespit edilmesi yolu ile de giderilmesini sağlar.

2.5. Üretim Yönetim Modülleri

Şekil 2.6. 'da görüldüğü üzere anlık üretim organizasyonlarının yapılmasına ek olarak işletmede normalde farkedilmeyen hız düşümü, duruş, arıza, bekleme, kalite kayıplarının nedenleri ile birlikte görünür olmasını ve analizler yapılarak kök nedenlerinin tespit edilmesi yolu ile de giderilmesini sağlar [141].



Şekil 2.3. Kurulum Proje Planı [142]

2.6. Dijital Sinyal Dönüştürücüler ile Üretim Verisi Toplama

Dijital sinyallere basit dönüştürme ve operatör ile merkezi sistem arasında bir arayüz sağlanması yoluyla tüm çalışma koşullarında en çeşitli makinelerin üretim davranışını izlemek için tasarlanmıştır.

Dijital sinyal dönüştürücüler, 1/10 saniyede merkez ofise yeni veri gönderebilir. 300 cihazı olan bir şirket, tüm cihazlardan merkez ofise saniyede 10 kez veri gönderebilir.

Dijital sinyal dönüştürücüler ile veri toplamanın avantajları şunlardır;

- Duruş süreleri otomatik olarak toplanmaktadır.

- Dijital sinyal dönüştürücülerin veri girişi, tuş takımı, barkod okuyucu, RFID okuyucu ile yapılabilmekte, makine, terazi gibi cihazlar ile seri haberleşilerek veri alınabilmektedir.
- Çeşitli uyarılar ile cihazın digital çıkışları etkinleştirilebilmekte, yerel olarak bu digital çıkışlara bağlı aktüatörler ile durum bilgisi çevre ile paylaşılabilir.
- Dijital sinyal dönüştürücülere RS232 portundan bağlanabilen barkod yazıcılar ile ürün, palet, koli, etiketleri yazdırılabilmektedir.
- Homojen veri toplama yapısı sayesinde, üretim holünde makinenin markası veya modeli ne olursa olsun her türlü makineden aynı şekilde üretim verileri alınabilir [143].

2.7. Akıllı Sayaçlar ile Üretim Verisi Toplama

Akıllı sayaçlar, zor çalışma koşullarında üretim makinelerinden üretim verilerini almak ve IoT teknolojisini kullanarak bir Ethernet veya WLAN bağlantısı üzerinden merkeze göndermek için tasarlanmıştır.

Akıllı sayaçlar ile veri toplamanın avantajları şunlardır;

- İşletmede RS485 veri toplama ağı kurulmasına gerek kalmadan Ethernet ya da wifi hattı ile cihazlar merkeze kablosuz ya da ethernet ile bağlanabilmektedirler.
- Üretim adedi, metresi, ağırlığı gibi veriler; değişik hareket kombinasyonları, sinyal filtreleri ve akışlar uygulanarak; tamamen kayıpsız ve en doğru biçimde otomatik olarak toplanabilmekte, anlık olarak merkeze iletilebilmektedir.
- Homojen veri toplama yapısı, üretim holünde makinenin markası veya modeli ne olursa olsun her türlü makineden aynı şekilde üretim verilerinin toplanmasına olanak sağlar [144].

2.8. Endüstriyel PC 'ler ile Operator Arayüzü Uygulamaları

Endüstriyel PC 'ler, işletme koşullarında, operatör ile merkezi sistem arasında arayüz oluşturmak amacı ile kullanılmaktadırlar.

Endüstriyel PC lerin Operatör Arayüzü olarak kullanılmasının avantajları şunlardır:

- Operatörün makine başında kendini tanıtmayı, iş emrine bağlı üretim başlatma işlemleri yapılabilen,
- Üretim başlatma sırasında iş emri detayı, üretimde dikkat edilecek konulara ilişkin operatöre sunulması gereken talimatlar otomatik olarak sunulabilmekte ,
- Operatörlerin işlerin akışı, süreçler ve nasıl yapılacakları konusunda bilgilencmeleri ile otomatik olarak yönlendirilmeleri sağlanabilmektedir [145].

2.9. OEE Rapor Fabrikası Kullanım Kılavuzu

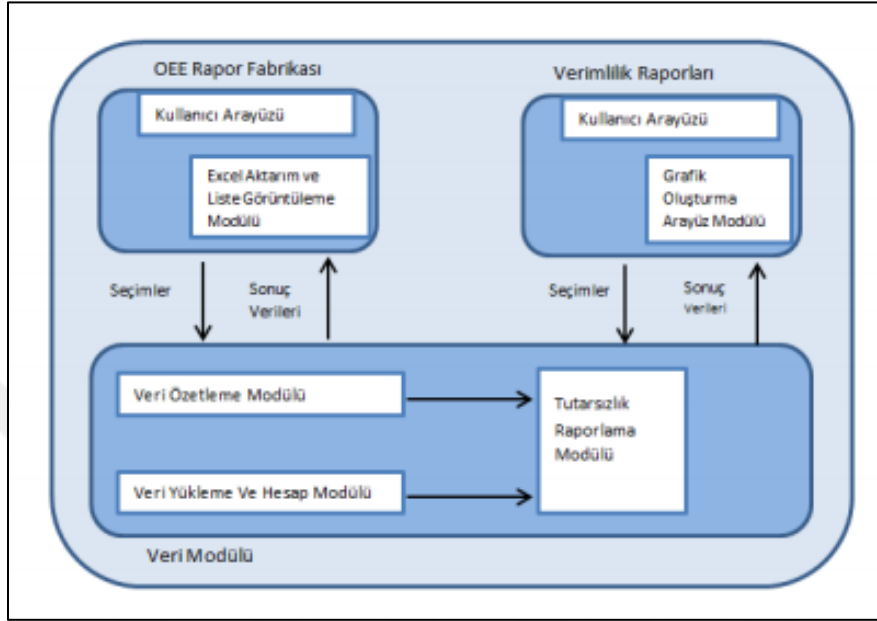
2.9.1. Kapsam

Bu kullanma kılavuzu, OEE Rapor Fabrikası kullanılarak sistemde verimlilik, duruş ve hurda ile ilgili verilerin Excel'e aktararak raporların nasıl üretileceği ve verilerin nasıl analiz edileceğini kapsamaktadır. Tasarlanan raporlar, zaman içinde işletmenin yoğunlaştığı kalite, ayar süreleri, arızalar ve benzeri değişik konulara göre bazı detaylar kaldırılıp yerine başka detaylar eklenerek değiştirilebilir; yeni raporlar eklenip, bazı raporlar takipten kaldırılabilir. Ancak rapor sayısının hep kısıtlı olacağı varsayılmaktadır. Rapor oluşturmadaki zenginlik, “değişik işletmelerin” “değişik konulardaki konsantrasyonlarına” ve “zaman içinde değişen ihtiyaçlarına” cevap verilebilmesi içindir. Yukarıdaki yaklaşımın sonucu olarak;

- Sistemin alt yapısını ve teknik ayrıntılarını bilen, sistem ile ilgili eğitimlere katılmış bir ya da birkaç kullanıcı “Rapor Üretici” olarak istenen rapor formatlarını oluşturup, bu raporları uygun bir isim vererek kaydedecektir. Bazı işletmelerde bu işi bilgi işlem kökenli kullanıcılar üstlenmekte, çoğunluk işletmede ise planlama bölümünden bir kişi bu sorumluluğu almaktadır.
- Diğer kullanıcılar ise “Rapor Kullanıcıları” olarak isim verilerek kaydedilmiş günlük ve haftalık rapor formatlarını çağırarak değişiklik yapmadan kullanacaklardır. Hatta birçok işletmede planlama veya üretimden bir sorumlu ilgili raporları üretmek e-posta ya da kağıt üzerinde ilgililere aktarmaktadır.

Şekil 2.4'te görüldüğü üzere OEE Rapor Fabrikası ile işletmelerde verimlilik analizlerinde kullanılacak çeşitli kombinasyonlardaki raporlar oluşturulup, saklanabilir.

Ancak burada hedef on binlerce rapor formatını oluşturup saklanması değil, işletmede günlük, haftalık veya aylık tarih formatlarında analiz yapabilecek rapor formatlarının saklanması yönündedir [146].



Şekil 2.4. Rapor Fabrikaları Modül Şeması [146]

2.9.2. OEE rapor fabrikası veri yükleme ve hesaplama yöntemi

OEE Rapor Fabrikası'nda, seçilen tarih aralığı ve makine kümesinde yer alan makineler için veriler yüklenir. Seçilen tarih aralığında ilgili makineler için yüklenen veriler şunlardır;

- Üretim verileri: Üretilen ürün ve buna bağlı net çevrim süresi, fiili çevrim adedi, çalışma süresi,
- Duruşlar: Duruş nedenleri, süreleri, yüzdeleri,
- Hatalı üretimler: (Hurda, Fire, Sakat veya Iskarta adıyla anılabilir) Hurda neden ve adetleri
- Vardiya bilgileri: Vardiya başlangıç ve bitiş saatleri, mesai süresi, mola süresi ve saatleri, iş günleri

Yüklenen bu veriler rapor ekranındaki diğer seçimlere göre biçimlendirilip Excel rapor çıktısı olarak üretilir [146].

2.9.3. Rapor oluşturma

OEE Rapor Fabrikası Ekranı'na, ProMANAGE'de Raporlar/OEE Rapor Fabrikası yolu izlenerek ulaşılır. OEE Rapor Fabrikası Ekranı'nda 5 ana kısım vardır (Şekil 2.5).

Bu kısımlar;

- Analiz edilecek verinin filtrelediğı alan,
- Raporda verilerin hangi bazda gösterileceğinin seçildiğı baz başlık alanı,
- Raporda hangi verilerin gösterileceğinin seçildiğı detay alanı,
- Baz başlıkların ve detayda seçilen verilerin şekillendirildiğı seçenekler alanı,
- Rapor kaydetme ya da kayıtlı rapor seçme alanları,

Şekil 2.5. OEE Rapor Fabrikası Ekranı [146]

2.10. Veri Filtrelendirme Alanı

Bu alandaki seçenekler ve kullanım amaçları aşağıdaki gibidir.

- Tarih Süzgeci: Oluşturulmak istenen rapor için kullanılacak tarih aralığı bu alandan seçilir. Bu kısımda tanımlı olan sabit tarih aralıklarını seçerek (Son Biten Vardiya, Bugün, Dün, Bu Hafta, Geçen Hafta, Bu Ay, Geçen Ay) veya herhangi bir tarih aralığı girilerek (Seçilen Aralık) raporun tarih aralığı belirlenir.

Tarih Süzgecinde seçilen başlangıç tarihine vardiya düzeninde tanımlanan birinci vardiyanın saati de eklenir. Birinci vardiya saati farklı olan makinelerin aynı grupta raporlanması durumunda özel durumlar söz konusu olur. Örneğin, vardiya düzeni farklı olan iki makine grubu tanımlı (A Makine Grubu için 7-15-23, B Makine Grubu için 10-22) ve “Makine Süzgeci” nde “Tüm Makineler” seçildi yani vardiya düzeni farklı olan makineler seçildi ise, rapor oluşturken karşılaşılan ilk makine düzenine göre rapor oluşturulur. Böyle bir durumda ise ekranın sağ tarafında uyarı mesajı çıkacaktır.

Tarih Süzgecinde seçilen bitiş tarihine vardiya düzeninde tanımlanan son vardiyanın bitiş saati de eklenir. Eğer seçilen tarih “Bugün” ise gün içinde biten en son vardiyanın saati ile kısıtlanır. Devam eden vardiya için rapor üretilmez.

- Makine Süzgeci: Oluşturulmak istenen rapor için kullanılacak makine veya makine grubu bu alandan seçilir. Bu alandan tek bir makine, tüm makineler veya ProMANAGE Ayarları/Makine Grup Yöneticisi’nde tanımlanmış olan makine grupları seçilebilir.
- Vardiya Süzgeci: OEE Rapor Fabrikası’nı kullanarak yapılan verimlilik analizini işletme için tanımlanmış olan vardiya düzenine göre filtreleme yapabilen alandır.
- Html Aktar: OEE Rapor Fabrikası’nda oluşturulan raporları Html formatında görüntülenen alandır.
- Rapor Üret: OEE Rapor Fabrikası’nda belirlenen verimlilik değerleri ile excel formatında rapor oluşturmak için kullanılan tuştur.
- Çık: OEE Rapor Fabrikasını kapatmak için kullanılan tuştur.

- Durum: OEE Rapor Fabrikası’nda seçilen verimlilik değerlerine göre rapor üretilirken raporun ilerleme durumu ile ilgili bilgilerin alındığı alandır [146].

2.11. Baz Başlık Alanı

Bu alandaki seçenekler ve kullanım amaçları aşağıdaki gibidir.

- Başlıklar: OEE Rapor Fabrikası’nda oluşturulan verimlilik değerlerinin baz başlıkları (tarih, makine, makine grubu ve vardiya) bu alandan seçilir. Örneğin; tarih bazında OEE değeri raporlamak isteniliyorsa bu alanda “Tarih” seçeneğinin işaretlenmesi gerekir.
- Ara Toplam: OEE Rapor Fabrikası’nda oluşturulan verimlilik değerlerinin baz başlık kırılımında dip toplam yerine özet tablo gibi ara toplamı aratılır. Örneğin; tarih ve makine bazında OEE değeri raporlanmak istenilirse ve gün bazında ara toplam almak isteniyorsa bu alandan “Tarih” seçeneğinin işaretlenmesi gereklidir.

2.12. Detaylar Alanı

2.12.1. Verimlilik Göstergeleri

Tablo 2.7. Verimlilik Göstergeleri [146]

Değer Adı	Değer Açıklaması	Değer Formülü
Kapasite Kullanımı	Raporlama dönemine giren toplam süre içerisinde işletme içinde bulunan makinelerin kapasitesinin ne oranda dolu olduğunu gösterir.	$\frac{\text{Çalışılabilir Süre}}{\text{Toplam Süre}}$
Kapasite (Mesai)	Raporlama dönemine giren mesai süresi içinde makinenin kapasite kullanım oranını gösterir.	$\frac{(\text{Çalışılabilir Süre} - \text{Kapasite(Mesai) Duruşları})}{\text{Toplam Süre}}$
Kullanılabilirlik	Raporlama dönemine giren üretim yapan makinelerin çalışılabilir süre içinde çalıştığı sürenin oranını gösterir.	$\frac{\text{Çalışılan Süre}}{\text{Çalışılabilir Süre}}$
Performans	Raporlama dönemine giren makinenizin verilen süre içerisindeki üretimi ile maksimum üretim kapasitesine oranını gösterir.	$\frac{\text{Toplam Teorik Süre}}{\text{Çalışılan Süre}}$
Kalite	Raporlama dönemine giren tüm üretimler için hesaplanan teorik süreden hurda üretimlerin süresi çıktığında kalan sürenin tüm üretimler için hesaplanan süreye oranıdır.	$\frac{\text{Sağlam Teorik Süre}}{\text{Toplam Teorik Süre}}$
OEE	Raporlama dönemine giren kullanılabilir süre üzerinden kaynak etkinliğini hesaplayan ölçüm aracıdır.	$\frac{\text{Sağlam Teorik Süre}}{\text{Kullanılabilir Süre}} \text{ Veya } \frac{\text{Kullanılabilirlik} * \text{Performans} * \text{Kalite}}{1}$
Net Kullanım (TEEP)	Raporlama dönemine giren takvim süresi üzerinden kaynak etkinliğini hesaplayan ölçüm aracıdır.	$\frac{\text{Sağlam Teorik Süre}}{\text{Toplam Süre}} \text{ veya } \frac{\text{KapasiteKullanımı} * \text{Kullanılabilirlik} * \text{Performans} * \text{Kalite}}{1}$
İşletme Verimi	Raporlama dönemine giren mesai süresi üzerinden kaynak etkinliğini hesaplayan ölçüm aracıdır.	$\frac{\text{Sağlam Teorik Süre}}{\text{Mesai Süresi}}$
Yararlı Kullanım	Raporlama dönemine giren mesai süresi üzerinden üretim yapan makinelerin ne kadar süre çalıştığını temsil eder.	$\frac{\text{Çalışılan Süre}}{\text{Mesai Süresi}}$

2.12.2. Duruşlar

Raporlama dönemine giren duruşların, raporlama dönemi dışında kalan bölümleri kesilerek kullanılır. Bir duruş başı ya da sonu olması dikkate alınmaksızın bir bölümü bu dönem içinde ise duruşun dönem içindeki süresi olarak kullanılır ve bu duruş bu dönemde bir adet duruş olarak değerlendirilir. Bu nedenle seyrek gerçekleşen uzun süreli duruşlar için günlük olarak alınan duruş adetleri toplamı, aylık olarak alınan duruş adetleri toplamını tutmayacaktır. Vardiya planında “Sabit zamanlı vardiya molası” tanımlı ise duruşların tanımlı vardiya molası saati ile çakışan bölümleri “mola” olarak mesai süresinden düşüldüğünden duruş süresinden çıkartılır. Vardiya planı/iş günü listelerinde tatil olarak görünen vardiyalar “tatil” olarak mesai süresinden düşüldüğünden duruş ile çakışıyorsa vardiya süresi duruş süresinden çıkartılır [146].

Tablo 2.8. Duruşlar [146]

Değer Adı	Değer Açıklaması	Değer Formülü
Toplam Duruş (Dakika)	Tüm duruşların dakika cinsinden sürelerinin toplamıdır.	
Duruş Süreleri (Dakika)	Rapor alınan tarih aralığında gerçekleşen duruşların süreleridir.	
Duruş Yüzdeleri	Rapor alınan tarih aralığında gerçekleşen duruş sürelerinin toplam duruş süresine oranıdır.	$(\text{Duruş Süreleri} / \text{Toplam Duruş}) * 100$
Duruş Adetleri	Rapor alınan tarih aralığında gerçekleşen duruşların adetlerinin toplamıdır	
FR	Rapor alınan tarih aralığında ilgili duruşun OEE’deki kayıp kısmının içindeki payını gösterir. FR değerine OEE’yi etkileyen duruşlar için bakılmalıdır.	Duruş Süresi/Çalışılabilir Süre
MTBF	Rapor alınan tarih aralığında gerçekleşen duruşları arasında geçen ortalama süredir	$\text{Çalışılabilir Süre} / \text{Duruş Sayısı}$
MTTR	Rapor alınan tarih aralığında gerçekleşen duruşların ortalama süresidir	$\text{Toplam Duruş Süresi} / \text{Duruş Sayısı}$
FFR	Rapor alınan tarih aralığında gerçekleşen duruşların sıklığını gösterir.	$\text{Duruşların Sayısı} / [\text{Çalışılabilir Süre} / 1440]$

2.12.3. Hurdalar

Tablo 2.9. Hurdalar [146]

Değer Adı	Değer Açıklaması	Değer Formülü
Toplam Hatalı Üretim	Rapor alınan tarih aralığındaki hurda ve tamirlerin toplam miktarıdır.	
Hatalı Üretimler	Rapor alınan tarih aralığında hurda nedeni bazında hurda ve tamir adetleridir.	
Hatalı Üretim (adet ve %)	Rapor alınan tarih aralığındaki hurda ve tamir adetlerinin toplam hatalı üretim içerisindeki yüzdesini gösterir.	
Toplam Süre (Dakika)	Raporlamanın yapıldığı tarih aralığındaki sürenin dakika cinsinden toplamıdır. Eğer rapor birden fazla makine için alınıyor ise toplam süre raporlamanın yapıldığı makine sayısı ile çarpılır.	
Mesai Süresi (Dakika)	Raporlamanın yapıldığı tarih aralığındaki süreden sisteme tanımlı olan kapasite (mesai) sınıfı duruş (mola ve tatil duruşları) süreleri çıktıktan sonra kalan dakika cinsinden süredir.	Toplam Süre-(Mola ve Tatil)
Çalışılabilir Süre (Dakika)	Raporlamanın yapıldığı tarih aralığındaki mesai süresinden duruş OEE grubu “Kapasite Kullanımı” olan duruş sürelerinin ve iş emri tipi “Numune” olan üretimlerin üretim süresinin çıkarılması ile kalan süredir.	Mesai Süresi-(Sipariş Yok, Numune vb) Veya Toplam Süre – (Tüm kapasite duruşları ve Numune Üretimleri)
Çalışılan Süre (Dakika)	Raporlamanın yapıldığı tarih aralığındaki çalışılabilir süreden raporlama dönemine giren duruş grubu “Kullanılabilirlik” olan duruş sürelerinin çıkarılması ile kalan süredir.	Çalışılabilir Süre-(Kullanılabilirlik Duruşları)
Toplam Teorik Süre (Dakika)	Raporlama dönemine giren tüm üretimler için (Çevrim Adedi*Net Üretim Süresi) toplam teorik süre toplamıdır.	Çevrim Adedi*Net Çevrim Süresi
Sağlam Teorik Süre (Dakika)	Raporlama dönemine giren toplam teorik süreden hatalı üretimlerin süresini (hurda miktarının sistemde tanımlı olan hız değeri ile çarpımı) çıkardığımızda kalan süredir.	Toplam Teorik Süre Hatalı Üretim Süresi
İşsiz Çalışma (Dakika)	Seri üretim veya rework üretimi fark etmeksizin makinenin üretim yaptığı dönemde iş emri girilmemişse bu dönem “İşsiz Çalışma” olarak raporlanır.	İş Seçilmeden Yapılan Çalışmaların Toplamı
Ürün Detayları	Raporlama döneminde üretilen ürünlerin detayını görebildiğiniz seçenektir.	

2.12.4. Biçimlendirme seçenekleri alanı

Bu alandaki seçenekler ve kullanım amaçları aşağıdaki gibidir.

- Tarih Formatı: OEE Rapor Fabrikası'nda raporlanan verimlilik değerlerini, belirlenen tarih formatında rapor alınan alandır. Bu kısmın kullanılabilmesi için “Başlıklar” alanından “Vardiya” seçilmelidir. Örneğin, yıllık bazda alınan rapor için “Gün” seçeneği seçilirse, bütün bir yılın değerlerini gün bazında, “Hafta” seçeneğini seçilirse, bütün bir yılın değerlerini hafta bazında, “Ay” seçeneğini seçilirse, bütün bir yılın değerleri ay bazında rapor olarak alınır.
- Hurda Seçimi: OEE Rapor Fabrikası'nda hatalı üretim ile ilgili alınan raporlarda ProMANAGE'de tanımlanan hurda adı veya hurda grubu bazında veri alınmasını sağlayan seçenektir [146].
- Vardiya Formatı: OEE Rapor Fabrikası'nda vardiya bazlı alınan raporlarda vardiya numarası, vardiya saati ve vardiya grubu bazında veri alınabilmesini sağlayan seçenektir. Bu kısmın kullanılabilmesi için “Başlıklar” alanından “Vardiya” seçilmiş olmalıdır.
 - Vardiya No Bazlı: Vardiya bazlı alınan verileri ProMANAGE'de tanımlanmış vardiya planlarındaki vardiya numarasına göre özetleyerek rapor alınmasına olanak sağlayacak özetleme aracıdır.
 - Grup Bazlı: Vardiya grubu bazında rapor alınabilmesi için, ProMANAGE'de vardiya grubu ve vardiya grup düzeni tanımlanmış olmalıdır. Bu özetleme aracı seçilir ise vardiya değerleri öncelikle ilgili tarihte o vardiyada çalışan gruba çevrilir. Daha sonra da grup adı aynı olanlar birleştirilip özetlenerek rapor alınmasına olanak sağlanır.
 - Saat Bazlı: Vardiya bazlı alınan verileri ProMANAGE'de tanımlanmış vardiya planlarındaki vardiya saatine göre özetleyerek rapor alınmasını sağlayan özetleme aracıdır.
- Duruş Liste Seçimi: OEE Rapor Fabrikası'ndan alınacak duruş raporlarında rapor alınan aralıkta tüm duruş kodlarının ya da sadece gerçekleşen duruş kodlarının görülebilmeye imkân sağlayan seçenektir.

- Gerçekleşen Duruşlar: Rapor alınan tarih aralığında sadece gerçekleşen duruş kodlarının raporlanmasını sağlayan seçenektir.
- Tüm Duruşlar: Rapor alınan tarih aralığında tüm duruş kodlarının raporda gelmesini sağlayan seçenektir.
- Duruş Seçimi: OEE Rapor Fabrikası’nda alınan duruş raporlarında “ProMANAGE Ayarları” Menüsünde tanımlamış duruşları, duruş grubunu, duruşların etkileyeceği OEE grubunu veya bu iki bilgiyi de gösterecek olan özetleme aracıdır.
 - Duruş: Duruş detayında rapor alındığında gerçekleşen duruşları duruş kodu bazında göstererek rapor almanızı sağlayan seçenektir.
 - Duruş Grubu: Duruş detayında rapor alındığında duruş grubu (ProMANAGE Ayarları/Duruş Grup Tanımları) bazında göstererek rapor almanızı sağlayan seçenektir.
 - OEE Grubu: Duruş detayında rapor alındığında duruşları duruş OEE grubu (ProMANAGE Ayarları/Duruş OEE Grup Tanımları) bazında göstererek rapor alınmasını sağlayan seçenektir. o OEE Grubu+Duruşlar: Duruş detayında rapor alındığında duruşları duruş OEE grubu ve duruşlar bazında göstererek rapor alınmasını sağlayan seçenektir [146].
- Duruş Sıralama: OEE Rapor Fabrikası’nda alınan duruş raporlarında “ProMANAGE Ayarları” menüsünde tanımlamış olan duruşları duruş adı, kodu, süre ve adet değerlerine göre sıralayarak gösteren özetleme aracıdır.
 - Adı: Duruş detayında rapor alındığında rapordaki sütun başlıklarının duruş adına göre (A’dan Z’ye) sıralandığı seçenektir.
 - Kodu: Duruş detayında rapor alındığında rapordaki sütun başlıklarının duruş koduna göre (ProMANAGE’de tanımlı olan duruş kodunun büyükten küçüğe göre sıralanması) sıralandığı seçenektir.
 - Süre: Duruş detayında rapor alındığında rapordaki sütun başlıklarının duruş süresine göre (büyükten küçüğe) sıralandığı seçenektir.
 - Adet: Duruş detayında rapor alındığında rapordaki sütun başlıklarının duruş adedine göre (büyükten küçüğe) sıralandığı seçenektir.

- **Müdahaleli Duruş:** Bu seçenek seçildiğinde aşağıdaki durumları sağlayan duruşlar birleştirilir. Teknisyenin tanımlamış olduğu duruş nedeni baz alınarak toplam süreli tek bir duruş olarak değerlendirilir.
 - OEE Rapor Fabrikası’nda müdahale edilmiş (teknisyen girişi olan) bir duruşun öncesinde veya sonrasında kullanılabilirlik sınıfı başka duruşlar var ise,
 - Müdahale edilen duruş ile bu duruşlar arasında “OEEDURUSBIRLESTIRSANIYE” parametresi ile belirtilenden daha az süre var ise,
 - Teknisyenin müdahale ettiği duruşun öncesindeki ve sonrasındaki duruşlar müdahale edilen makine ile aynı makinede gerçekleşmiş ise,

2.12.5. Kaydetme, silme, kayıtlı raporu açma alanları

Bu alandaki seçenekler ve kullanım amaçları aşağıdaki gibidir.

- **Rapor Seçimi:** İşletme için önemli olan verimlilik değerleri ile saklanan raporların seçildiği alandır.
- **Uzman:** OEE Rapor Fabrikası’nda ‘Başlıklar’, ‘Değerleri Detaylar’ gibi raporda kullanılacak olan bilgilerin seçildiği bölümün açılması için kullanılan seçenektir.
- **Rapor Adı:** OEE Rapor Fabrikası’nda oluşturulan verimlilik değerleri ile ilgili raporlar (örneğin, haftalık veya günlük raporlar) bu alana isim vererek “Sakla” tuşu ile saklanır, “Rapor Seçimi” alanından da ilgili rapor seçilerek kullanılır. Silinmek istenen raporlar ise Rapor Seçimi alanından seçildikten sonra “Sil” tuşu ile silinir.

2.13. OEE Mesajları

OEE Mesajları ekranı rapor alınan tarih aralığında raporda gösterilen veriler ile ilgili hataları tespit edip, alınan raporda hangi noktaların ne sebeple hatalı olduğunu gösteren ekrandır. Ayrıca bu ekran manuel olarak uzun süren hesaplamalarla yapılabilecek kontrolleri çok kısa sürede gerçekleştirdiği için çok önemli bir araçtır. Ekranda çıkan hatalar düzenli olarak takip edilip düzeltildiğinde sistemden alınan raporların doğru veriler oluşturulması sağlanmaktadır [146].

The screenshot shows a software window titled "OEE Mesajları" (OEE Messages). It contains a table with columns: "Açıklama" (Description), "Fark %" (Difference %), "Fili Dak" (Actual Time), "Teorik Dak" (Theoretical Time), "Çevrim Süresi" (Cycle Time), "Çevrim Sayısı" (Cycle Count), "Makine" (Machine), and "Job RN". The table lists various error messages such as "Hata : Boş iş..." (Error: Empty job...) and "Uyarı : Çevrim süresi hatalı..." (Warning: Cycle time error...). At the bottom, a status bar indicates "16425 Adet" (16425 Pieces).

Açıklama	Fark %	Fili Dak	Teorik Dak	Çevrim Süresi	Çevrim Sayısı	Makine	Job RN
Hata : Boş iş...	-85	480	260	100	156	14508 HELYUM	981868
Hata : Boş iş...	-46	480	887	60	887	PUNCH2	981889
Hata : Boş iş...	56	470	1078	60	1078	PUNCH3	981956
Hata : Boş iş...	-982	433	40	60	40	18007 FIRÇALAMA	981974
Hata : Boş iş...	-301	433	108	60	108	18004 FIRÇALAMA	981975
Hata : Boş iş...	-1868	433	22	60	22	18008 FIRÇALAMA	981979
Hata : Boş iş...	-2447	433	17	60	17	18003 FIRÇALAMA	981981
Hata : Boş iş...	47	480	902	60	902	PUNCH1	982254
Hata : Boş iş...	-133	7	3	30	6	XRAY3	982263
Uyarı : Çevrim süresi hatalı...	2	476	485	335	87	AB32	982227
Uyarı : Çevrim süresi hatalı...	2	479	490	350,4	84	AB21	982198
Hata : Boş iş...	17	119	144	60	144	XRAY2A	982259
Hata : Boş iş...	-68	119	71	60	71	XRAY2B	982260
Hata : Boş iş...	47	479	908	60	908	PUNCH2	982261
Hata : Boş iş...	50	479	953	60	953	PUNCH3	982264

Şekil 2.6. OEE Mesajları Ekranı

OEE Mesajları ekranında çıkan hatalar job ve vardiya bazlı hataları içermektedir. Job bazlı olan hata mesajları

- Çevrim Süresi Hatalı...: Makine, ilgili ürün için tanımlı olan net çevrimden daha hızlı çalışmış ise,
- Boş İş: KeyPDT veya EPC üzerinden iş seçilmeden üretim yapıldığında,
- Mesai dışı çalışma var, Üretim/hurda dikkate alınmadı: ProMANAGE’de “İş Günü” ekranında mesai günü olarak işaretli olmayan zamanda çalışma gerçekleştiğinde,
- Üretim miktarı hatalı...Miktar=0 alındı: İşin baş sayaç değeri>son sayaç değeri olduğunda,
- Başlangıç tarihi bitiş tarihinden büyük...Son=Baş alındı: İşin başlangıç tarihi>bitiş tarihi olduğunda,
- Ürün belirsiz: KeyPDT veya EPC’den manuel iş emri başlatıldığında,
- Çevrimdeki parça adedi belirsiz: Enjeksiyon makineleri için geçerli olan uyarıdır. İş, plan, plan-takım da belli fakat takımın parçaları belli olmadığında,
- Hurda miktarı, üretim miktarını aştı: Giriş yapılan hurda adedinin sağlam ürün miktarını aşması durumunda oluşan hatadır.

- Çevrim süresi belirsiz...100 saniye alındı: Makinada çalışan ürün için çevrim süresi belli olmadığında oluşan hatadır. 100 saniye proje bazlı olarak değişmekte olup, ürün için çevrim süresi tanımlanmamışsa default olarak tanımlı olan çevrim süresinin iş için tanımlı olan süre olarak kabul edildiğini gösterir.

Vardiya bazlı olan hata mesajları

- Toplam Teorik Süre < Hatalı Teorik Süre: Hatalı (hurda+tamir) üretim adedi sağlam üretim adedinden fazla ise,
- Toplam toplam teorik süre > Çalışılan Süre: Bu hata yukarıda açıklanan diğer hatalara bağlı olarak oluşmaktadır. Diğer hatalar düzeltildiğinde otomatik olarak gidecektir.
- İşsiz çalışma var...Kontrol ediniz: Toplam iş (job) süresi toplam mesai süresi kadar olduğunda bu hata oluşmaktadır [146].

2.14. Parametreler

Tablo 2.10. Parametreler

Parametre Adı	Parametre Açıklaması
MINORSTOP	Verimlilik Rapor Fabrikasında kaç dakikanın altındaki sürelerin rapora gelmesi istenmiyorsa bu sürenin saniye cinsinden tanımlandığı parametredir. Parametre listede tanımlı değil ise default olarak 30 sn olarak tanımlıdır.
MESAIDISICALISMATOLERANS	OEE Mesajları sayfasında kullanılan parametredir. Vardiya çalışma süresine tolerans süresi belirlenerek vardiya bitiş saatinden tolerans süresi kadar sürede gerçekleşen mesai dışı çalışmaların OEE mesajları ekranına uyarı olarak gösterilmemesini sağlayan parametredir. Parametre listede tanımlı değil ise default olarak 15 sn tanımlıdır.
OEEBURUSBIRLESTIRSANIYE	OEE Rapor Fabrikası ve Verimlilik Rapor Fabrikasında ardışıl iki duruşun kodu aynı ise bu duruşların birleştirilip tek duruş gibi değerlendirilmesi için gereken iki duruş arası limit süreyi saniye cinsinden tanımlamak için kullanılan parametredir. Parametre listede tanımlı değilse default olarak -1 tanımlıdır. Birleştirme yapmaz.
OEEFIX	Performans değerinin %100'den büyük olması durumunda toplam teorik süreyi çalışılan süreye eşitleyen parametredir. Parametre değeri olarak "ON" veya "OFF" değeri tanımlanmalıdır. OEEFIX Parametresi aynı zamanda makine bazlı kullanılabilir. Bunun için OEEFIX parametresi değeri "MAK" olarak tanımlanmalıdır.
OEEUNUMUNEDK	Plan detay ekranında işaretlenen "Numune" kutucuğu ile üretimi numune olan ürünlerin üretim sürelerinin OEE hesabına katılmaması için tanımlanan parametredir. Parametre değeri olarak numune duruşunun kodu tanımlanmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default olarak 9997 kodlu "İş Emri Yok" duruşu tanımlıdır.
OEEAYNISAYACDRSBI RLESTIRGRUP	OEE AYNI SAYAC DRS BIRLESTIR ARA GRUP parametresi ile beraber kullanılır. Duruş kodu aynı olan 2 duruş arasına farklı bir duruş kodu girmesi durumunda bölünen duruşun tek duruş olarak raporlanmasını sağlamak için duruş grubunun tanımlandığı parametredir. Parametre değeri olarak duruş grubunun adı yazılmalıdır. Bu parametrenin çalışması için makine sayacının artmamış olması gerekmektedir.
OEEAYNISAYACDRSBI RLESTIRARAGRUP	OEE AYNI SAYACDRS BIRLESTIR GRUP parametresi ile beraber kullanılır. Duruş kodu aynı olan 2 duruş arasına farklı bir duruş girmesi durumunda bölünen duruşun tek duruş olarak raporlanmasını sağlamak için araya giren duruşları içeren duruş grubunun tanımlandığı parametredir. Bu parametrenin çalışması için makine sayacının artmamış olması gerekmektedir. Örneğin, Arıza- Yemek- Arıza şeklinde yaşanan arıza duruşlarının birleştirilmesi için bu parametreye Yemek Molası duruşu tanımlanmalıdır.
REPORT_LOG	OEE ve Verimlilik Rapor Fabrikalarında alınan raporların Log Yönetiminde kaydının tutulması için tanımlanan parametredir. Parametre değeri "ON" olarak tanımlandığında Log Yönetiminde kayıt tutulmasını "OFF" olarak tanımlandığında kayıt tutulmamasını sağlar
OEECOUNTPLANCYCL ETIME	OEE ve Verimlilik Rapor Fabrikasında OEE hesabının plan çevrime göre yapılması isteniyor ise kullanılan parametredir. Parametre değeri "ON" olarak tanımlandığında OEE hesabı plan çevrime göre yapılmaktadır. "OFF" olarak tanımlandığında OEE hesabı net çevrime göre yapılmaktadır. Parametre listede tanımlı değil ise default olarak "OFF" olarak tanımlıdır.

Tablo 2.10 (devam) Parametreler

Parametre Adı	Parametre Açıklaması
OEETATILDK	OEE ve Verimlilik Rapor Fabrikasında aşağıdaki durumlar gerçekleştiğindeki süreler bu parametreye tanımlı olan duruşun altında toplanmaktadır. 1. Bugün rapor alındığından günün bitimine kalan süre 2. İş gününde çalışılmayan vardiyalar var ise 3. Vardiya tanımında sabit mola, tatil var ise,
STOPNAMEWCODE	OEE, Verimlilik ve Üretim Rapor Fabrikasında duruş raporları alındığında duruş isimleri ile beraber kodlarının da gelmesini sağlayan parametredir. Eğer raporda duruş kodlarının gelmesi istenmiyorsa parametre değeri "0" olarak tanımlanmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default olarak "1" tanımlıdır.
GLB_ONDALIK_MIKTAR	Online Makine İzleme ekranında, Rapor Fabrikaları kullanılarak alınan raporlarda, Olay ve Android OSD ekranlarda gösterilen saklı raporlarda miktar değerinin ondalık kısımlarının düzenlenmesini sağlayan parametredir. Parametre değeri olarak virgülden sonraki basamak sayısı yazılmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default değeri "0" olarak tanımlıdır.
GLB_ONDALIK_SURED AKIKA	Online Makine İzleme ekranında, Rapor Fabrikaları kullanılarak alınan raporlarda, Olay ve Android OSD ekranlarda gösterilen saklı raporlarda dakika cinsinden süre değerinin ondalık kısımlarının düzenlenmesini sağlayan parametredir. Parametre değeri olarak virgülden sonraki basamak sayısı yazılmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default değeri "0" olarak tanımlıdır
GLB_ONDALIK_YUZDE	Online Makine İzleme ekranında, Rapor Fabrikaları kullanılarak alınan raporlarda, Olay ve Android OSD ekranlarda gösterilen saklı raporlarda yüzde değerinin ondalık kısımlarının düzenlenmesini sağlayan parametredir. Parametre değeri olarak virgülden sonraki basamak sayısı yazılmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default değeri "2" olarak tanımlıdır.
GLB_ONDALIK_SURES AAT	Online Makine İzleme ekranında, Rapor Fabrikaları kullanılarak alınan raporlarda, Olay ve Android OSD ekranlarda gösterilen saklı raporlarda saat cinsinden süre değerinin ondalık kısımlarının düzenlenmesini sağlayan parametredir. Parametre değeri olarak virgülden sonraki basamak sayısı yazılmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default değeri "0" olarak tanımlıdır
GLB_ONDALIK_HIZ	Online Makine İzleme ekranında, Rapor Fabrikaları kullanılarak alınan raporlarda, Olay ve Android OSD ekranlarda gösterilen saklı raporlarda hız değerinin ondalık kısımlarının düzenlenmesini sağlayan parametredir. Parametre değeri olarak virgülden sonraki basamak sayısı yazılmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default değeri "0" olarak tanımlıdır.
GLB_ONDALIK_ENERJİ	Online Makine İzleme ekranında, Rapor Fabrikaları kullanılarak alınan raporlarda, Olay ve Android OSD ekranlarda gösterilen saklı raporlarda enerji değerinin ondalık kısımlarının düzenlenmesini sağlayan parametredir. Parametre değeri olarak virgülden sonraki basamak sayısı yazılmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default değeri "3" olarak tanımlıdır.
GLB_ONDALIK_AGIRLIK	Online Makine İzleme ekranında, Rapor Fabrikaları kullanılarak alınan raporlarda, Olay ve Android OSD ekranlarda gösterilen saklı raporlarda ağırlık değerinin ondalık kısımlarının düzenlenmesini sağlayan parametredir. Parametre değeri olarak virgülden sonraki basamak sayısı yazılmalıdır. Parametre listede tanımlı değil ise default değeri "2" olarak tanımlıdır.

3. YÖNTEM

3.1. OEE'nin Hesaplanması

OEE'yi hesaplamamanın en basit yolu, tam üretken sürenin planlanan üretim süresine oranıdır. Tam üretken süre, durma süresi olmadan yalnızca iyi parçaları olabildiğince hızlı (ideal döngü süresi) üretmenin başka bir yoludur. Bu tamamen geçerli bir OEE hesaplaması olmasına rağmen, kayıpla ilgili üç faktör hakkında bilgi sağlamaz: Kullanılabilirlik, Performans ve Kalite. Bunun için tercih edilen hesaplama kullanılır.

3.1.1. Kullanılabilirlik

Kullanılabilirlik, planlı üretimi yeterince uzun süre durduran ve kesintiye neden olan bir nedeni (genellikle birkaç dakika) izlemenin mantıklı olduğu tüm olayları hesaba katar. Kullanılabilirlik, çalışma süresinin planlanan üretim süresine oranı olarak hesaplanır.

3.1.2. Performans

Performans, üretim sürecinin çalışırken mümkün olan maksimum hızın altında çalışmasına neden olan her şeyi hesaba katar (hem yavaş döngüler hem de küçük duraklar dahil). Performans, net çalışma süresinin çalışma süresine oranıdır.

3.1.3. Kalite

Kalite, yeniden işlenmesi gereken parçalar da dahil olmak üzere kalite standartlarını karşılamayan üretilmiş parçaları hesaba katar. OEE Kalitesi, ilk geçiş verimine benzer, çünkü iyi parçaları, herhangi bir yeniden işleme gerek kalmadan üretim sürecinden ilk kez başarıyla geçen parçalar olarak tanımlar [147].

3.2. TEEP (Toplam Etkin Ekipman Performansı)

3.2.1. TEEP nedir?

TEEP (Toplam Etkili Ekipman Performansı), üretim operasyonlarının gerçek kapasitesini ölçmek için kullanılan ve ne kadar büyük bir kapsamın açılmayı beklediğini

gösteren bir performans metriğidir. Bu ölçüm, üreticilere, fabrikalarının mevcut ekipmanlarına dayalı olarak ne kadar potansiyele sahip olduğu konusunda fikir verir. TEEP, Ekipman Kayıplarını (OEE ölçümü) ve Program Kayıplarını (Kullanım ölçümü) dikkate alır.

3.2.2. TEEP ve OEE karşılaştırılması

TEEP, fabrikanın tüm zamanların üretkenliğinin yüzdesini ölçerken, OEE yalnızca gerçekten yüksek verimli olan Planlanan Üretim Süresinin yüzdesini ölçer. Fabrikanın maksimum üretim kapasitesini anlamak için OEE'yi ölçülür; ancak işin ölçeklenebilirliği konusunda daha büyük bir perspektif elde etmek için TEEP hesaba katılmalıdır. Her ikisi de paralel olarak kullanılsa da, her metrik bir üretim işinin farklı bir bölümünü tanımlar.

3.2.3. TEEP nasıl ölçülür?

TEEP, üretimin çalışmadığı süreyi (kullanım) hesaplamanın yanı sıra OEE'yi (makine kullanılabilirliği, performans ve kalite) etkileyen her değişkeni dikkate alır. Bu aynı zamanda genellikle bir program kaybı olarak kabul edilir.

Bu değişkenleri derinlemesine inceleyelim:

$$\text{Makine Kullanılabilirliği (\%)} = \text{Çalışma Süresi} / \text{Planlanan Üretim Süresi} \quad (3.1)$$

$$\text{Performans (\%)} = \text{İdeal Döngü Süresi} \times \text{Toplam Sayı} / \text{Çalışma Süresi} \quad (3.2)$$

$$\text{Kalite (\%)} = \text{İyi Sayı} / \text{Toplam Sayı} \quad (3.3)$$

$$\text{Makine Kullanımı (\%)} = \text{Planlanan Üretim Süresi} / \text{Tüm Zamanlar} \quad (3.4)$$

Kullanılabilirlik faktörü, üretimi önemli bir süre durduran tüm olayları hesaba katar; performans faktörü, üretimin mümkün olan maksimum hızın altında çalışmasına neden olabilecek her şeyi hesaba katar; kalite faktörü, kalite standartlarını karşılamayan tüm üretim parçalarını dikkate alır; ve kullanım faktörü, üretim için kullanılan takvim zamanının yüzdesini sağlar.

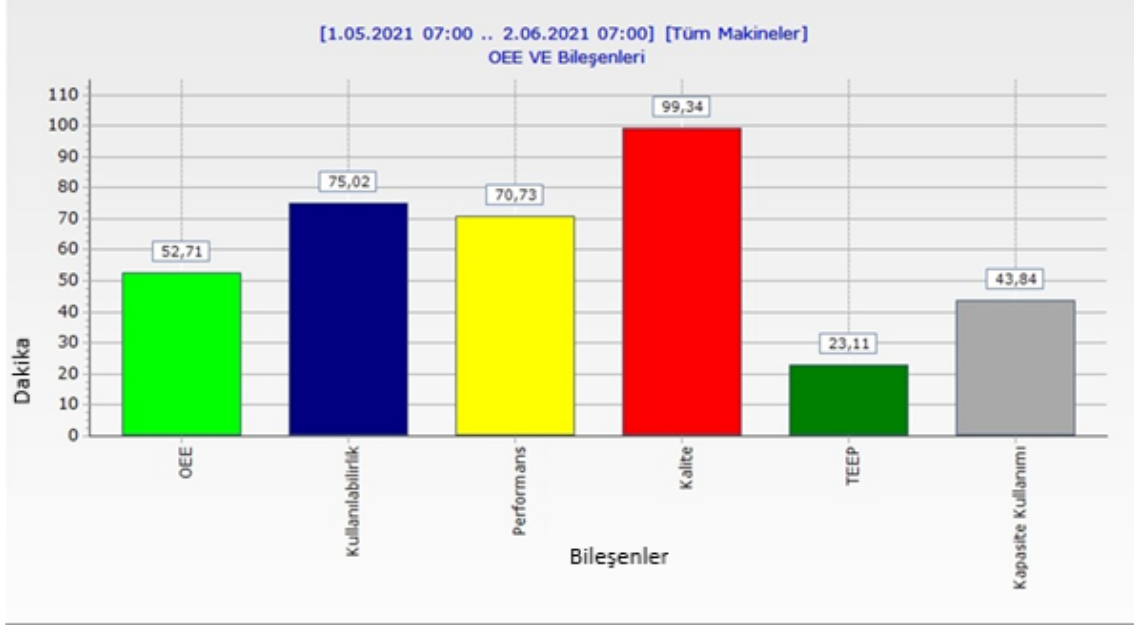
3.2.4. Neden TEEP üretimi ölçülür?

TEEP - OEE'ye benzer şekilde - üreticiler tarafından fabrikalarının süreçlerini nasıl iyileştireceklerini ve işte karar verme sürecini nasıl geliştireceklerini anlamak için kullanılır. Ve işletmenizin ölçeklenebilirliğini anlamak için tüm bu faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. İki metrik arasındaki temel fark, üretim için mevcut maksimum süredir. TEEP tüm zamanları hesaba kattığından, üretim için mevcut maksimum süre yılda 365 gün 7/24'dür. TEEP, planlı duruş süresinin etkisini vurgulayarak ve bunu yaparken bir fabrika üretiminin gerçek kullanılmamış potansiyelini ortaya çıkararak OEE'nin bir adım ötesine geçer. Üretimi doğru bir şekilde tahmin edip programlayabilmek için TEEP'i ölçmek önemlidir. Fabrikanın kayıplarını anlayarak, güvenilirliği artırmak için bu konular üzerinde çalışmaya başlanabilir [148]

4. BULGULAR

4.1. Omega Kalıpcılık Verimlilik Değerleri

4.1.1. OEE, kullanılabilirlik, performans, kalite, TEEP, kapasite kullanımı



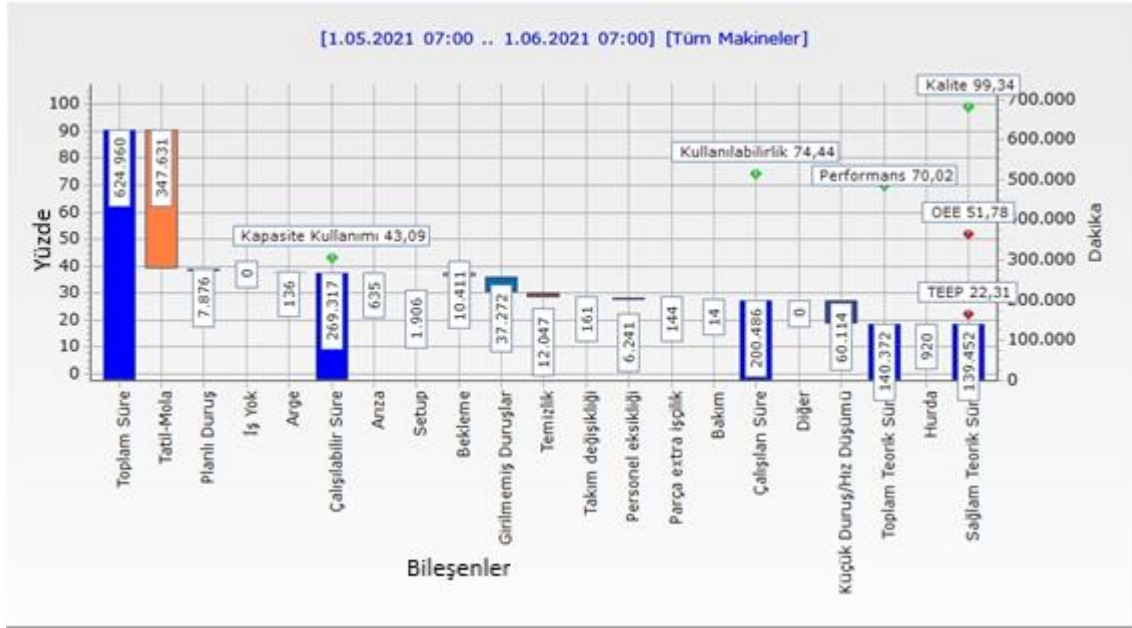
Şekil 3.1. OEE, Kullanılabilirlik, Performans, Kalite, TEEP, Kapasite Kullanımı

Şekil 4.1’de 1 Mayıs-2 Haziran 2021 tarihlerindeki belirtilen değerler ölçülmüş ve belirtilmiştir.

Bu tabloda işletmeye ait OEE (ekipman verimliliği) ve makine kapasitelerinin ne kadar kullanıldığı kalitenin ne düzeyde seyrettiği ile ilgili veriler bulunmaktadır. Grafiği incelediğimizde OEE %52,71 , kullanılabilirlik %75,02 , performans %70,73 , kalite %99,34 , TEEP %23,11 ve kapasite kullanımı %43,84 olarak ölçülmüştür. Değerler bu şekilde kaydedilmiştir. Bu veriler işletmenin süreçlerini nasıl iyileştireceklerini ve işte karar verme sürecini nasıl geliştireceklerini anlamaları açısından önemlidir. İşletmenin ölçeklenebilirliğini anlamak için tüm bu faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

Fabrikanın kayıplarını anlayarak, güvenilirliği artırmak için bu konular üzerinde çalışmak önemlidir.

4.1.2. TEEP şelalesi



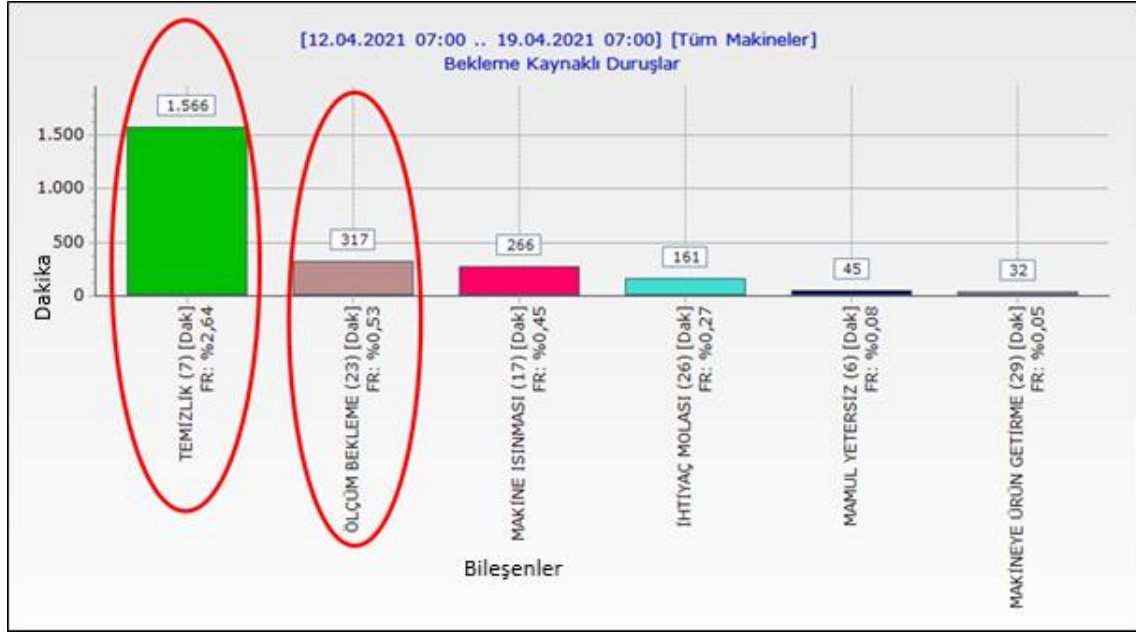
Şekil 3.2. TEEP Şelalesi

Şekil 4.2’de 1 Mayıs-1 Haziran 2021 tarihlerindeki belirtilen değerler ölçülmüş ve belirtilmiştir.

Programda bulunan TEEP şelalesi raporu hem makinenin ne kadar planlı duruşun olduğu ve hemde makinelerin tatil ve planlı duruşlar dışında ne kadar çalışması gerektiğini, ne kadar süre çalıştığını yani OEE ait bilgilerin görülerek sistem açıkları tespit edilip iyileştirmelerin ne doğrultuda yapılması gerektiği ve bu sayede kullanılabilirliğin nasıl artırılacağına yol gösteren rapordur.

Bu raporda üretimde yaşanan kayıp süreler görülür. İşlemede , set – up larda , arızalar , takım değişikliklerinde yaşanan kayıplar iyileştirilerek kullanılabilirlik oranları yükseltilmiş ve bu sayede verimlilik artırılmış olur.

4.1.3. Bekleme kaynaklı duruşlar



Şekil 3.3. Bekleme Kaynaklı Duruşlar

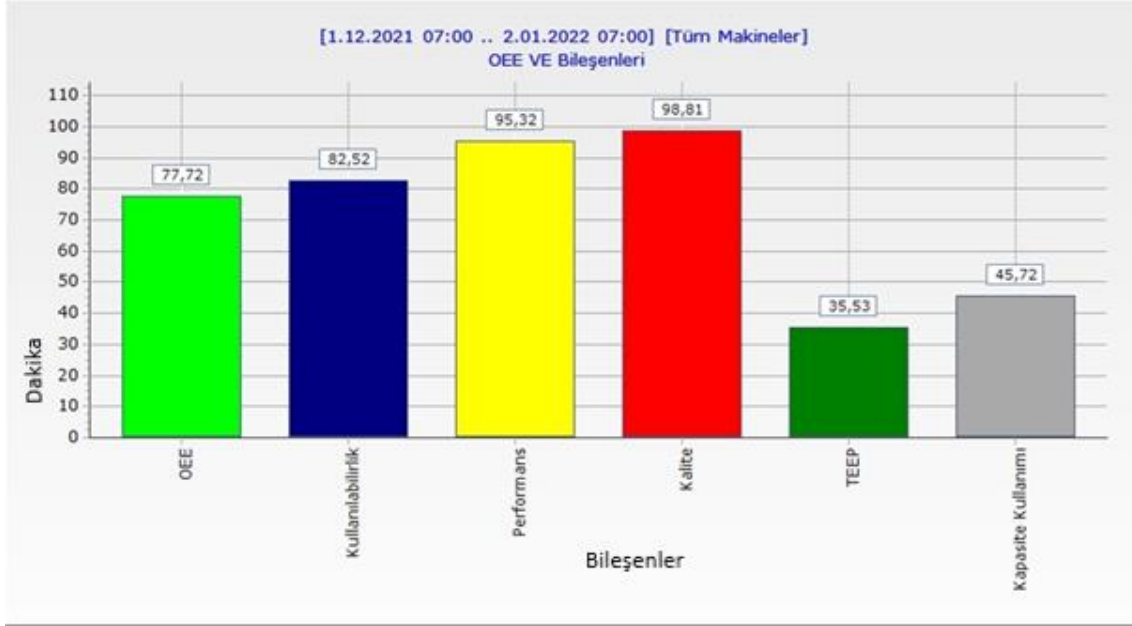
Şekil 4.3’de 12-19 Nisan 2021 tarihlerindeki belirtilen değerler ölçülmüş ve belirtilmiştir.

Yukarıdaki grafikte bekleme kaynaklı duruşların süreleri ve nedenlerinin gösterildiği bilgiler bulunmaktadır. Program bize her zaman kapasiteyi doğru kullanmayı ve verimliliği yükseltmeyi hedeflediği için gerçek veriler ve nedenlerle yaşanan kayıpların neler olduğu ve bu doğrultuda alınacak etkin aksiyonlarla kapasitenin doğru kullanılması ve verimliliğin yükseltilmesi mümkündür.

Bu raporla, kullanılabilirliğin düşmesine neden olan kayıp süreler yani çalışılabilir süreyi etkileyen duruşlar bulunmaktadır. Bu duruşların nedeni ve olması gerektiği sürelerde mi verilen hedefleri aşıyor mu bunlar incelenerek alınacak aksiyonlar tespit edilmektedir.

4.2. Omega Kalıpcılık Dijital Dönüşüm Sonrası Verimlilik Değerleri

4.2.1. OEE, kullanılabilirlik, performans, kalite, TEEP, kapasite kullanımı

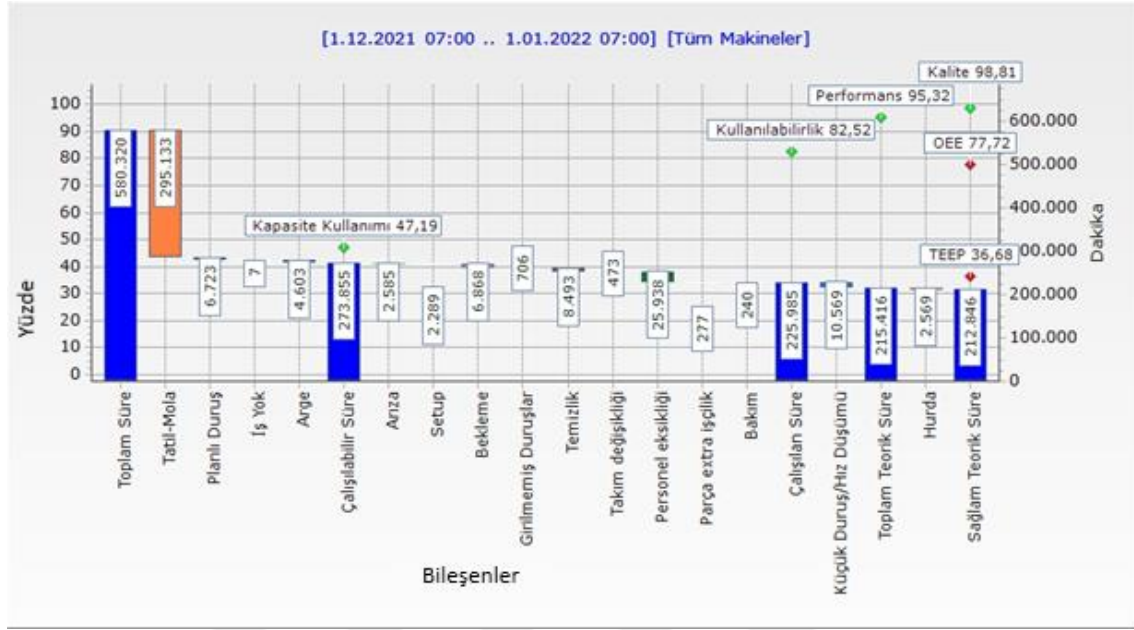


Şekil 3.4. OEE, Kullanılabilirlik, Performans, Kalite, TEEP, Kapasite Kullanımı

Şekil 4.4'te 1 Aralık 2021 - 2 Ocak 2022 tarihlerindeki belirtilen değerler ölçülmüş ve belirtilmiştir.

Yukarıda bulunan rapor da makine ekipman verimliliği (OEE) ve bileşenlerinin yüzdesel dağılımını vermektedir. Grafiği incelediğimizde OEE %77,72 , kullanılabilirlik %82,52 , performans %95,32 , kalite %98,81 , TEEP %35,53 ve kapasite kullanımı %45,72 olarak ölçülmüştür. Bu grafiği yorumladığımızda , MES sistemi ile farkındalığın arttığı gözlemlenmiştir. Kullanılabilirlik ve performansta yaşanan artış, sistem açıklarının doğru tespit edildiği ve yapılan doğru iyileştirmelerle OEE ' nin önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Bu nedenle her ay özellikle OEE ve bileşenleri gözden geçirilir diğer raporlarda olduğu gibi iyileştirmeler tespit edilir , sorunun kök nedenine kadar inilir ve etkin aksiyonlarla işletmenin potansiyeli görülmüş olur.

4.2.2. TEEP şelalesi (İyileştirmelerin İşletmeye Yansıması)

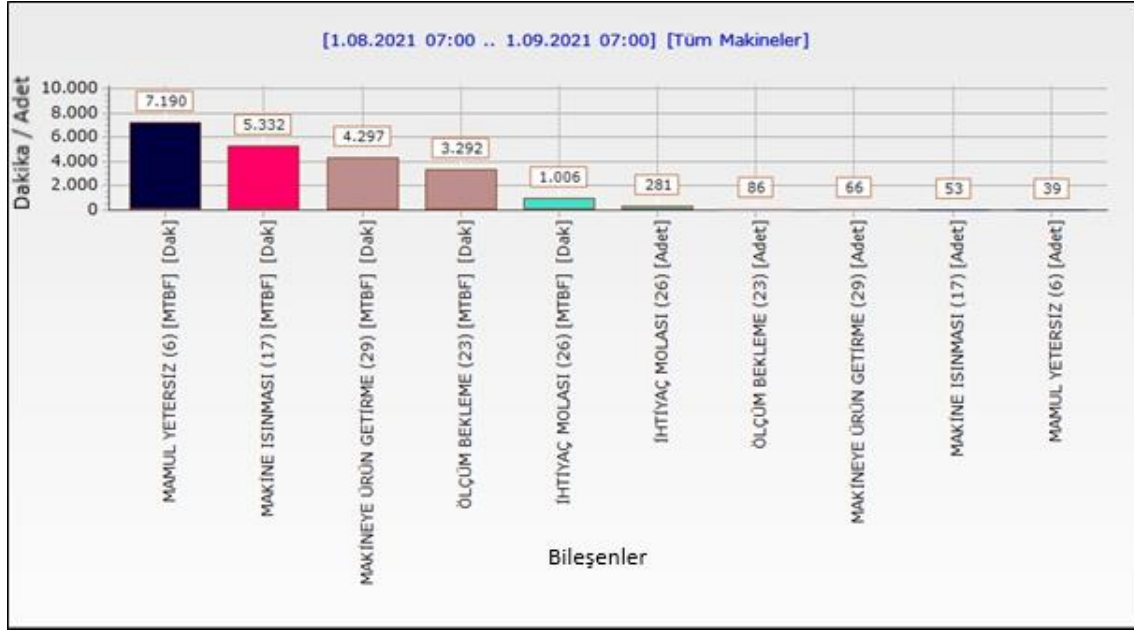


Şekil 3.5. TEEP Şelalesi

Şekil 4.5’da 1 Aralık 2021 – 1 Ocak 2022 tarihlerindeki belirtilen değerler ölçülmüş ve belirtilmiştir.

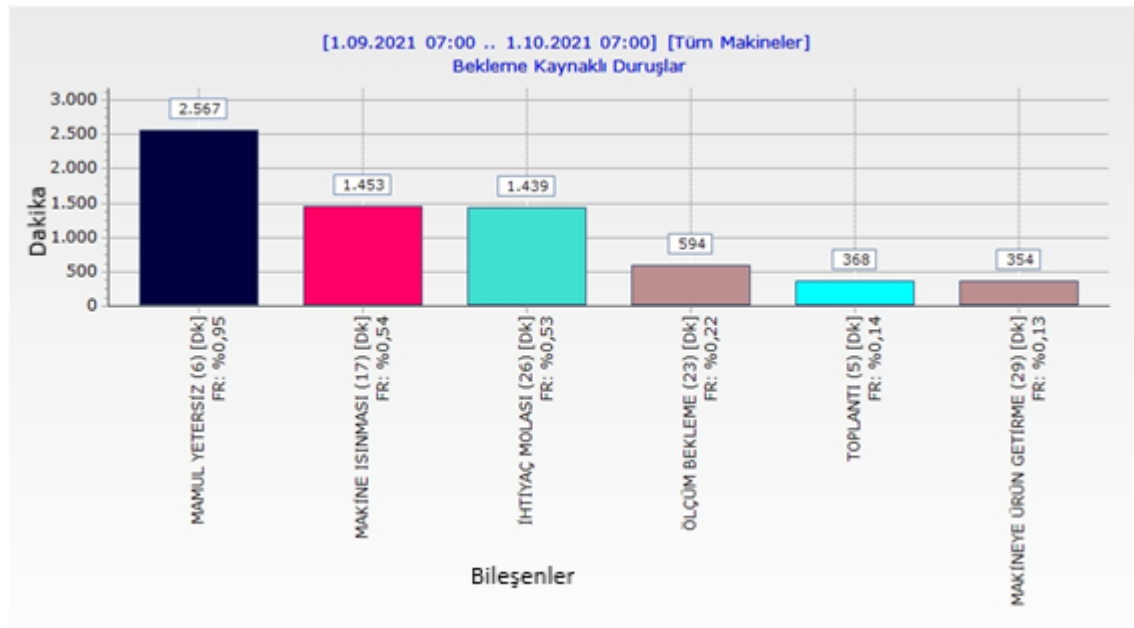
Bu iki grafikte İşletmenin OEE verileri kapasite kullanımları görülmektedir. Mayıs ayında alınan raporlarda OEE değerinin %51,78 iken Aralık ayında ise %77,72 lere , TEEP değerinin %22,31 iken %36,68 lere yükseldiği görülmektedir. Her ay alınan raporlarla kullanılabilirliği etkileyen duruşlar detayları ile analiz edilerek doğru iyileştirmenin nasıl yapılması gerektiği tespit edilip uygulanması ile kullanılabilirlik değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. OEE sadece performansın bir göstergesi değil, daha da önemlisi, israfları ortadan kaldırmamızı ve neredeyse her üretim tesisinde bulunan hedeflememizi sağlayan sürekli bir iyileştirme aracıdır. En önemli amacı şirketlerin eldeki makine ve ekipmanların performanslarının artırılmasına odaklanmaktır ve doğru hesaplandığında , yorumlandığında, üretimimizi önemli ölçüde arttırabilir.

4.2.3. Bekleme kaynaklı duruşlar



Şekil 3.6. Bekleme Kaynaklı Duruşlar

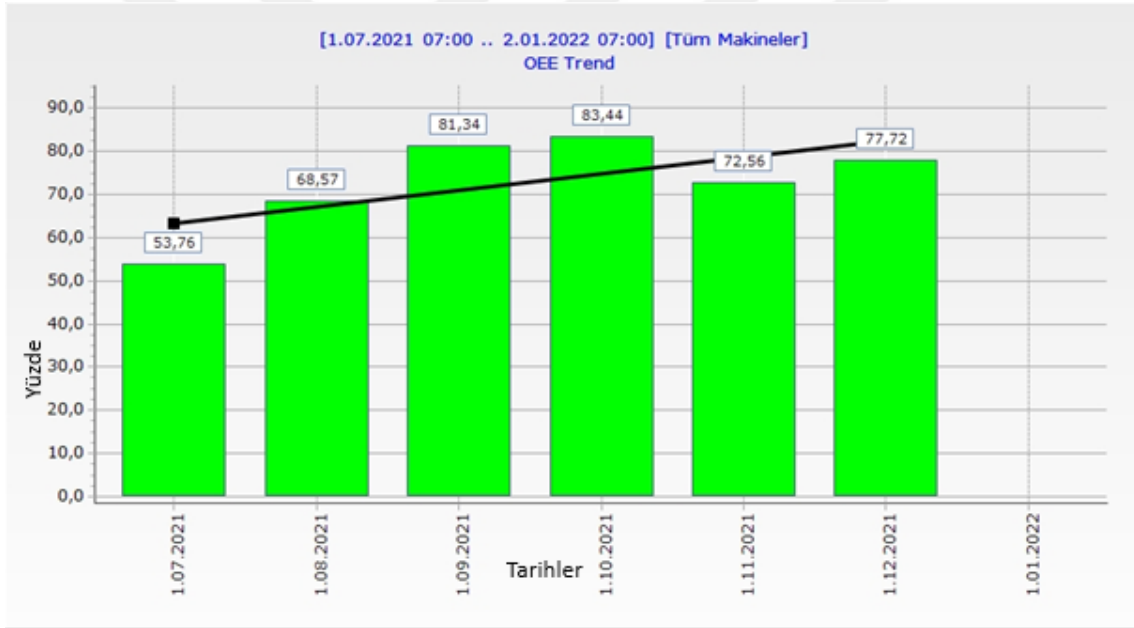
Bu grafikte bekleme kaynaklı duruşların detayına inilmiş ve Ağustos ayında mamul bekleme için çok süre kaybedildiği ve makine ısınması kaynaklı duruşların hedefi aştığı gözlemlenmiştir. Konu ile aksiyonlar alınarak;



Şekil 3.7. Bekleme Kaynaklı Duruşlar

Eylül ayı alınan verilerde makine kaynaklı duruşların 5332 dk den 1453 dk ya düşürüldüğü gözlemlenmiştir. Bekleme kaynaklı duruşlar kullanılabilirliği en çok etkileyen duruşlar olduğu için her ay bekleme kaynaklı duruşların olduğu rapor kalite ve üretim ekibi ile birlikte duruş verileri gözden geçirilmektedir. Özellikle Kasım ayında alınan bu raporda makine ısınmalarının hedefi aştığı görülmüştür. Makine ısınmaları için verilen aylık hedef süre 1560 dakikadır ancak kasım ayında 2239 dakika duruş görülmüş detay raporla fazla duruş veren makineler tespit edilmiş nedenleri araştırılmış ve gerekli aksiyonlar alınmıştır. Aralık ayında alınan raporda kasım ayı için alınan aksiyonların etkin olduğu görülmüştür.

4.3. Aylık OEE Trendi



Şekil 3.8. Aylık OEE Trendi

Firma bünyesinde aylık OEE verileri alınmıştır. Veriler Temmuz, Ağustos, Eylül Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait ortalama OEE değerleri incelenmiş ve ortalama değerleri Şekil 4.9 'da verilmiştir. Temmuz ayında ortalama OEE değeri 53,76 iken, Ekim ayında 83,44 değerine ulaşmıştır. Rapor aldığımız Aralık döneminde ise ortalama OEE değerinin 77,72 olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dijital dönüşüm sonrası değerlendirme sonucunda;

- Yapılan analizler sonucunda, işletmede kayıp zamanlar tespit edilip çalışabilir sürenin önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Her ay alınan raporlar ile sistem açıkları daha net tespit edilmiş ve iyileştirilmesi gereken konular için gerekli aksiyonlar alınmıştır. MES öncesi verimlilik değeri %55 iken MES sonrası işletmede verimlilik %76 ya çıkmıştır.
- Yapılan iyileştirmeler sonrası işletme verimliliğini en iyi analiz etmemize yardımcı olan OEE değerinin artış trendinde olduğu görülmüştür.
- İlerleyen süreçte; program kullanılması konusunda firma kültürünün oluştuğu ve personellerin programı benimsediği ve girilmemiş duruşların azaldığı görülmüştür.
- Duruşlar zamanında girildiği için gerçek duruşlarla; alınacak aksiyonlar böylece daha net ve reel olmuş ve sistem açıkları bu sayede gerçekçi veriler sonrası yapılan iyileştirmelerle daha doğru ve kalıcı hale gelmiştir.
- Arıza nedenleri ve süreleri daha net hesaplanarak bu sayede kestirimci bakımlar gündeme gelmiş ve elde edilen veriler yapılacak yatırımlar içinde yol gösterici olacaktır. Set-Up sürelerinin kısaldığı görülmüştür. Programdan önce operatörler tarafından bildirilen takım değiştirme sürelerinin programdan sonra aslında daha kısa olduğu tespit edilmiştir.
- Öncesinde işletmede barkodlu bir izleme yöntemi olmadığından operatörlerin bildirdiği adetler kabul edilmekte iken programla gerçek adetlerle üretime fayda sağlanmıştır.
- Dönüşüm sonrası kullanılan kapasite ve stok durumlarını daha elverişli takip ederek müşteri taleplerine daha hızlı cevap verilmesi sağlanmıştır.
- Gerçekleşen ve ön görülen kapasite karşılaştırıldığında daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir.
- Firmada dijital dönüşüm öncesi üretim takibi ‘‘İş Emiri’’ adlı formlar ile CNC operatörleri tarafından doldurularak takip edilmekte ve toplanan bilgiler günlük

bilgisayara aktarılmakta idi. İş emirleri hazırlama dağıtma toplama hesaplama kalite personeli tarafından yapılmakta ve bu işlem zaman kaybına yol açmaktaydı. Dijital dönüşüm ile İş Emirleri kaldırılmış ve akıllı sayaçlardan alınan verilerle daha hızlı bilgi toplama ve aktarma gerçekleştirilerek kayıp zamanın önüne geçilmiştir.

- İş Emirlerinin kaldırılması ile kağıt israfının da önüne geçilmiş ve böylece doğaya da katkıda bulunmuştur.
- Dijital dönüşüm, kuruluşlara kısa vadede esneklik ve hız sağlarken, uzun vadede zaman kazandırabilir, maliyetleri azaltabilir, insan kaynaklarını daha katma değerli alanlara yönlendirebilir ve daha fazlasını yapabilir. Paha biçilmez faydalar sunar.
- Yürütülme şekline ve iş modellerine yansıyan değişen teknoloji, iş yönetimini daha verimli ve daha hızlı hale getirecektir.
- MES için pazar gereksinimleri sürekli değişiyor ve şirketlerin bilgi sistemleri ihtiyaçlarına ve stratejilerine uyan yeni çözümler ve teknikler bulmasını gerektiriyor. Entegrasyon, bir şirket içindeki sinerjiyi artıran, insanlar, makineler ve uygulamalar arasında yüksek derecede etkileşimi içeren bir süreç olarak kabul edilir.
- Küreselleşme nedeniyle, daha geniş bir ürün yelpazesi üreten daha küçük üretim tesislerinin sayısında bir artışla karşı karşıyayız. Buna ek olarak, internet, e-ticaret ve ürün özelleştirme için artan talep nedeniyle, doğrusal üretim hattının aksine, hibrit üretim tekniklerinde bir artışa yol açmıştır.
- MES, küçük ve orta ölçekli işletmeler için uygun bir sistem oluşturmanın yanı sıra, mevcut örneklerle göre teknolojilerin hızla gelişmesi nedeniyle önemli iyileştirmelere sahip olmalıdır. Şeffaflık, yanıt verebilirlik ve maliyet verimliliği de dahil olmak üzere MES'in geliştirilmesinde üç faktör önemli bir rol oynamaktadır. Şeffaflığı artırmak için, işletmenin sisteme entegrasyonunu iyileştirmek için bir itici güç olmalıdır. Son olarak MES, her MES işlevi için temel bir araç olarak optimizasyon sunmalıdır. Bu optimizasyon, kaynak ve zamandan tasarruf sağlar ve sonuçta maliyetleri düşürür.
- MES performans değerlendirmesinin kalitesi veya başarısı ile doğrudan ilgilidir. Doğru ve makul performans değerlendirme göstergelerinin seçilmesi, işletmelerin ve MES'in kaynak tahsisini optimize etmesine, sistem performansını iyileştirme önlemleri önermesine yardımcı olur.

- Bilgisayarla tümleşik üretim kavramı ilk olarak 1973'te önerildi. 1980'lerin sonlarında IBM, bilgileri kuruluş genelinde bütünleştirmek için yeni bir bilgisayarla tümleşik üretim çerçevesini tanıttı. Bir imalat işini desteklemek için sistematik bir yaklaşım olması amaçlanmıştır ve pazarlama, araştırma ve mühendislik, imalat iş planlaması, operasyon fabrikası, finansal muhasebe ve yönetim gibi temel işlevsel iş alanlarını kapsar.
- MES sistemleri iş periyodu üretim ve varlıkları, araç-gereç yahut konteynerlerin yerini saptamak ve kontakt karmaşıklığını azaltmak için imalathane içinde rabıta ve bulut bilişim ve gelişmiş çözümleme arasında, bitkiler, ürünler, üretim süreçleri, kaynaklar, dikey entegrasyon mantıksal yerinden idare icra etmek için olmazsa olmaz bir tabaka haline geliyor. Fabrikadaki kaynakların kullanımını çözümleme etmek ve karşılaştırmak için temel referans önlemin yanı sıra, OEE sektörlerin potansiyel iyileştirme alanlarını belirlemelerine ve yalın girişimleri desteklemelerine destek olur.
- MES için holonik mimarinin geliştirilmesi ve uygulanmasına odaklanan zamanlama işlevini, gerçek zamanlı reaktif zamanlamayı gerçekleştiren tüm MES oluşturmak için diğer holonlarla iletişim kurması gereken bir holon olarak ele aldı. MES'in süreç endüstrisinde, tipik olarak endüstride planlamanın temeli olduğu ve MES ile entegre bir planlama yaklaşımı önerdiğini ve planlama görevini bilgi edinimi, rota hesaplaması ve karar verme için çeşitli alt görevler olarak ayırdığını belirtti.

KAYNAKLAR

- [1] Köse, A. H. ve Öncü, A. (2000). “İş bölümünde uzmanlaşmanın mekansal boyutları: 1980 sonrası dönemde türkiye imalat sanayi”. *Toplum ve Bilim*, 86, Ankara <http://www.birikimdergisi.com/birikim/toplumbilim.aspx?did=3&dsid=190>, 17.05.2014.
- [2] <https://www.digitatek.com/verimlilik-nedir-isletmede-verimlilik-tanimi-blog>
- [3] Vernadat, F.B. (1996), Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications, Chapman & Hall, London, UK, 496 p. ISBN: 978- 0412605505
- [4] Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing The Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0, Frankfurt: Acatech
- [5] Caggiano, A., T. Segreto, R. Teti (2016). "Cloud manufacturing framework for smart monitoring of machining." *Procedia CIRP* 55: 248-253.
- [6] Gao, R., L. Wang, R. Teti, D. Dornfeld, S. Kumara, M. Mori , M. Helu (2015). "Cloud-enabled prognosis for manufacturing." *CIRP Annals Manufacturing Technology* 64(2): 749-772.
- [7] Liu, C. H., R. Y. Zhong (2017). "Internet of Things for Manufacturing in the Context of Industry 4.0." *Transdisciplinary Engineering: A Paradigm Shift Advances in Transdisciplinary Engineering* 6(6): 1013- 1022.
- [8] Qiu, X., H. Luo, G. Xu, R. Zhong ,G. Q. Huang (2015). "Physical assets and service sharing for IoT-enabled Supply Hub in Industrial Park (SHIP)." *International Journal of Production Economics* 159: 4-15.
- [9] Qu, T., S. Lei, Y. Chen, Z. Wang, H. Luo, G. Q. Huang (2014). Internet-of-Things-Enabled Smart Production Logistics Execution System Based on Cloud Manufacturing. ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference, American Society of Mechanical Engineers.

- [10] Tao, F., Y. Cheng, L. Da Xu, L. Zhang, B. H. Li (2014). "CCIoTcmfg: cloud computing and internet of things-based cloud manufacturing service system." *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10(2): 1435-1442.
- [11] Tao, F., Y. Zuo, L. Da Xu, L. Zhang (2014). "IoT-based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing." *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10(2): 1547-1557.
- [12] Wang, L. H., M. Törngren, M. Onori (2015). "Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing." *Journal of Manufacturing Systems* 37(Part 2): 517-527.
- [13] Y. Yu, X. Wang, R. Y. Zhong, G. Huang (2017). "E-commerce logistics in supply chain management: Implementations and future perspective in furniture industry." *Industrial Management & Data Systems* 117(10): 2263-2286.
- [14] Zhong, R. Y., Q. Y. Dai, T. Qu, G. J. Hu, G. Q. Huang (2013). "RFID- enabled Real-time Manufacturing Execution System for Mass- customization Production." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 29(2): 283-292.
- [15] Zhong, R. Y., G. Q. Huang, S. Lan, Q. Dai, X. Chen and T. Zhang (2015). "A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID- enabled production data." *International Journal of Production Economics* 165: 260-272.
- [16] Zhong, R. Y., G. Q. Huang, S. L. Lan, Q. Y. Dai, T. Zhang and C. Xu (2015). "A two-level advanced production planning and scheduling model for RFID-enabled ubiquitous manufacturing." *Advanced Engineering Informatics* <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2015.01.002>.
- [17] Zhong, R. Y., S. Lan, C. Xu, Q. Dai, G. Q. Huang (2016). "Visualization of RFID-enabled shopfloor logistics Big Data in Cloud Manufacturing." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84(1): 5-16.
- [18] [Zhong, R. Y., X. Xu, E. Klotz, S. T. Newman (2017). "Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review." *Frontiers of Mechanical Engineering* 3(5): 616-630.

- [19] Zhong, R. Y., X. Xu , L. H. Wang (2017). "IoT-enabled Smart Factory Visibility and Traceability using Laser-scanners." *Procedia Manufacturing* 10: 1-14.
- [20] Liu, F., Z. Miao. The application of RFID technology in production control in the discrete manufacturing industry. *IEEE*.
- [21] Chryssolouris, G., et al., Digital manufacturing: history, perspectives, and outlook. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 2009. 223(5): p. 451-462.
- [22] MESA International 1997 MES explained: A High Level Vision White Paper 6
- [23] J. Sarkis , R.P. Sundarraj. (2005). "Evaluation of Enterprise Information Technologies: A Decision Model for High-Level Consideration of Strategic and Operational Issues", *J. IEEE Trans, on Systems, Man, and Cybernetics-Part C Vol., Issue 99*, pp.1-14.
- [24] J.S. Dyer, (1999). "Remarks on the Analytic Hierarchy Process", *J. Manage. Sci.*, vol.36, no.3, pp.249-268.
- [25] Jacobs, F.R., 2007. Enterprise resource planning (ERP)—a brief history. *J. Oper. Manag.* 25 (2), 357–363.
- [26] Orlicki, J.A., 1975. *Material Requirements Planning: the New Way of Life in Production and Inventory Management*. McGraw-Hill.
- [27] Sum, C.C., Yang, K.K., 1993. A study on manufacturing resource planning (MRP II) practices in Singapore. *Omega* 21 (2), 187–197.
- [28] Harrington, J., 1973. *Computer Integrated Manufacturing*. Industrial Pr, New York, N.Y.
- [29] Harris, T.J., 1985. *CIM Architecture-an Industry Perspective*. *IEEE*, 1975–1975.
- [30] Meudt, T., Pohl, M., Metternich, J., 2017. Modelle und Strategien zur Einführung des Computer Integrated Manufacturing (CIM)—Ein Literaturüberblick.

- [31] Muhammad, Y., Cong, P., Lu, H., Fan, Y., 2010. MES development and significant applications in manufacturing -a review. 2nd International Conference on Education Technology and Computer 5, 97–101. <https://doi.org/10.1109/ICETC.2010.5530040>.
- [32] Schleipen, M., Münnemann, A., Sauer, O., 2011. Interoperabilität von Manufacturing Execution Systems (MES). *Automatisierungstechnik Methoden und Anwendungen der Steuerungs-, Regelungs-und Informationstechnik* 59 (7), 413–424.
- [33] Rondeau, P., Litteral, L.A., 2001. The evolution of manufacturing planning and control systems: from reorder point to enterprise resource planning. *Prod. Inventory Manag. J.* 42 (2).
- [34] Marks, E.A., 1997. Manufacturing execution systems: enablers for operational excellence and the group ware for manufacturing, *Information strategy. Exec. J.* 13 (3), 23–29.
- [35] Vogel-Heuser, B., Kegel, G., Wucherer, K., 2013a. Global information architecture for industrial automation. *atp edition* 51 (1–2), 108–115.
- [36] Vogel-Heuser, B., Diedrich, C., Broy, M., 2013b. Anforderungen an CPS aus Sicht der Automatisierungstechnik, *at–Automatisierungstechnik at–Automatisierungstechnik* 61 (10), 669–676.
- [37] Almada-Lobo, F., 2016. The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of innovation management* 3 (4), 16–21.
- [38] Sohal, A., Olhager, J., O'Neill, P., Prajogo, D., 2010. Implementation of OEE– Issues and Challenges, *Competitive and Sustainable Manufacturing Products and Services*, pp. 1–8.
- [39] Cottyn, J., van Landeghem, H., Stockman, K., Derammelaere, S., 2011. A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. *Int. J. Prod. Res.* 49 (14), 4397–4413.

- [40] Palanisamy, S., Siddiqui, S., 2013. Changeover time reduction and productivity improvement by integrating conventional SMED method with implementation of MES for better production planning and control. *Int. J. Innovat. Res. Sci. Eng. Technol.* 2 (12), 7961–7974.
- [41] Zhong, R.Y., Huang, G.Q., Dai, Q.Y., Zhou, K., Qu, T., Hu, G.J. (Eds.), 2011. *RFIDenabled Real-Time Manufacturing Execution System for Discrete Manufacturing: Software Design and Implementation*. IEEE, pp. 311–316.
- [42] Cupek, R., Ziebinski, A., Huczala, L., Erdogan, H., 2016. Agent-based manufacturing execution systems for short-series production scheduling. *Comput. Ind.* 82, 245–258.
- [43] van Brussel, H., Wyns, J., Valckenaers, P., Bongaerts, L., Peeters, P., 1998. Reference architecture for holonic manufacturing systems: PROSA. *Comput. Ind.* 37 (3), 255–274.
- [44] Valckenaers, P., van Brussel, H., 2005. Holonic manufacturing execution systems. *CIRP Annal.* 54 (1), 427–432.
- [45] Colombo, A.W., Schoop, R., Neubert, R., 2006. An agent-based intelligent control platform for industrial holonic manufacturing systems. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 53 (1), 322–337.
- [46] Wauters, T., Verbeeck, K., Verstraete, P., Berghe, G.V., de Causmaecker, P., 2012. Realworld production scheduling for the food industry: an integrated approach. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 25 (2), 222–228.
- [47] Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M., 2015. Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consult. Group* 9 (1), 54–89.
- [48] Potter, T., Folmer, J., Vogel-Heuser, B., 2017. Enabling Industrie 4.0–Chancen und Nutzen für die prozessindustrie. In: *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4*. Springer, pp. 69–81.
- [49] Arica, E., Powell, D.J. (Eds.), 2017. *Status and Future of Manufacturing Execution Systems*. IEEE, pp. 2000–2004.

- [50] Şanlı, O. , Petek, A. "Makro Ekonomik Değişkenler Açısından Türkiye’de Sanayi Sektörünün Gelişimi ve İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısı". Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 5 (2018): 185-203
- [51] Şenses, Fikret ve Erol Taymaz (2003), “Unutulan Bir Toplumsal Amaç: Sanayileşme: Ne oluyor? Ne Olmalı?”, İktisat Üzerine Yazılar II: İktisadi Kalkınma, Kriz ve İstikrar Oktar Türel’e Armağan içinde, İletişim Yayınları.
- [52] Türkkan, Erdal (2001),”Türkiye’de Sanayileşme (1980-2000)” A.Şahinöz (Der.) Türkiye Ekonomisi Sektörel Analiz, İmaj Yayıncılık:Ankara
- [53] Keyder, Çağlar, Dünya Ekonomisi İçinde Türkiye, İstanbul: Yurt Yayınları, 1993.
- [54] Sönmez, Mustafa, “75 Yılın Sanayi Politikaları”, 75 Yılda Çarklardan Chiplere, Baydar, Oya (der.), İstanbul: Tarih Vakfı, 1999, s. 1-19.
- [55] Boratav, Korkut, Türkiye İktisat Tarihi 1908-1985, İstanbul: Gerçek Yayınevi, 1989, s. 28-40.
- [56] EKİNCİ, Hasan ve Abdullah YILMAZ; (2002), “Kamu Örgütlerinde Yönetmel Etkinliğin Artırılması Üzerine Bir Araştırma”, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19, ss. 35–50.,
- [57] KÖK, Recep ve Ertuğrul DELİKTAŞ; (2003), Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme ve Strateji Geliştirme Teknikleri, Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Yayını, Yayın Karar No: 25-8/1, İzmir, 322s.
- [58] TARIM, Armağan; (2001), (Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı), Sayıştay Yayını, Yayın No: 15, Ankara, 222s.
- [59] PROKOPENKO, Joseph; (1992), Verimlilik Yönetimi, Çev.: O. Baykal, N. Atalay ve E. Fidan, MPM Yayını, Yayın No: 476, Ankara, 339s.
- [60] KÖK, Recep ve Orhan ÇOBAN; (2002a), “Kitlere İlişkin Bir Regülasyon Modelinin Gerekliliği ve Kaynak Kullanım Etkinliği Üzerine: Nevşehir Tekel Rakı Fabrikası Örneği”, 6th METU International Conference in Economics, Ankara, September 11-14, (CD-ROM basımı), 27s.

- [61] KÖK, Recep; (1991), Endüstriyel Verimlilik ve Etkinlik, AÜ Yayınları, Yayın No: 680, Erzurum, 254s.
- [62] Baş, İ.M., Artar, R.A, “İşletmelerde Verimlilik Denetimi”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara (1991).
- [63] Hadad, Y., Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., “Effect of Variations on Efficiency of Decision-Making Units with Respect to Output, Output Estimated by Production Functions, and Output Differences”, Central European Journal of Operations Research, 11(4): 351, 368 (2003).
- [64] Boussofiane, A., Dyson R., Rhodes, E., “Applied Data Envelopment Analysis”, European Journal of Operational Research, 6 : 1-15 (1991).
- [65] Banker, R.D., “Estimation of Returns To Scale Using Data Envelopment Analysis”, European Journal of Operational Research, 62: 74-84 (1992).
- [66] Charnes, A., Cooper, W. ,Rhodes, E., “Measuring The Efficiency Of Decision Making Units”, European Journal of Operational Research, 2: 429 – 444 (1978).
- [67] Jackson, M., Petersson P., “Productivity—an overall measure of competitiveness”, Leuven, Belgien. Proceedings of the Second Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, Leuven, Belgium, 573-581, (1999).
- [68] Köroğlu, K., “Verimlilik Yönetimine Japon Yaklaşımı ve Kazukiyo Kurosawa Modeli”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No:507, Ankara. (1993).
- [69] Kahya, E., “İş Etüdü”, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir (2006).
- [70] Kahya, E., Polat, O., “Bir Atölyede Oranlarla İşgücü Verimlilik (WPMR) Tasarımı ve Uygulaması”, Verimlilik Dergisi, 2:9-36 (2007).
- [71] Long, L., “Management Information Systems”, Prentice Hall, U.S.A. (1989).
- [72] ACAR ,Nesime "Tam Zamanında Üretim" , MPM Yayınları:542 Ankara 1995
- [73] ÇITLAK ,Hakan Halis "Tam Zamanında Üretim Sistemi" İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Haziran 1989
- [74] AYPERİ, S, Okur, "Yalın Üretim" Eylül 1997. S Yayın Oyun Ajans LTD.

- [75] ERTAY ,Tijen , "Geleneksel İmalat Sistemlerinin Tam Zamanında Üretim Sistemine Dönüşümünün Tasarlanmasında Simülasyon Yaklaşımı, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi ,Eylül 1995
- [76] SUZAKI K. "Üretim İşletmelerinde Modern Yönetim" ,Nisan 1994 Çeviri: Dr. S. İZGİZ
- [77] Toyotasa Personel El Kitabı
- [78] Genç, S. (2018). Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye. Sosyoekonomi, 26(36), 235–243. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2018.02.14>
- [79] Kılıç, S., & Alkan, R. M. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri. Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, 2(3), 29–49. <https://doi.org/10.31006/gipad.417536>
- [80] Eldem, M. O. (2017). Endüstri 4.0. TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, 3, 10–16.
- [81] Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. German.
- [82] Alfred, D., & Chandler, J. (1994). Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism. Belknap Press.
- [83] EKOIQ. (2014). Endüstri 4.0 Akıllı Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi, 4–5.
- [84] Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 21(1), 41–64.
- [85] SIEMENS. (2016). Endüstri 4.0 Yolunda: Dijital Fabrikalar. Tarihinde 20 Kasım 2019, adresinden erişildi http://siemens.edergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40_DigitalFabrikalar/assets/basic-html/page-1.html#
- [86] Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017). IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. International Congress on Politic, Economic and Social Studies, (3), 149–174.

- [87] Rifkin, J. (2011). Üçüncü Sanayi Devrimi.
- [88] Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar. Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute. <https://doi.org/10.30794/pausbed.424955>.
- [89] EBSO. (2015). Sanayi 4.0. Ege Bölgesi Sanayiciler Odası, 1–56.
- [90] Aydın, N. (2018). Almanya'nın Endüstri 4.0 Vizyonu. Tarihinde 20 Kasım 2019, adresinden erişildi <https://www.endustri40.com/almanyain-endustri-4-0-vizyonu/>
- [91] Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2017). A Framework of Energy Consumption Modelling for Additive Manufacturing Using Internet of Things. Procedia CIRP, 63, 307–312. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.036>
- [92] Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. Journal of Life Economics, 19–30.
- [93] Acar, M. (2007). İki Ayaklı Yürüme Hareketinin Modellenmesi Ve Kontrolü. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [94] Çayırpunar, Ö. (2009). Çoklu Robot Sistemlerinde Robotlar Arası Haberleşme ve İşbirliği Kullanılarak Arama Verimliliğinin Artırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [95] Gürgüze, G., & Türkoğlu, İ. (2019). Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31(1), 53–66.
- [96] Gilpin, L. (2014). 10 Facts on 3D Printing: Understanding Tech's Next Big Game-Changer. Tarihinde 11 Şubat 2020, adresinden erişildi <https://www.techrepublic.com/article/10-facts-on-3dprinting-understanding-techs-next-big-game-changer/>
- [97] Berman, B. (2012). 3-D Printing: The New Industrial Revolution. Business Horizons, 55(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>

- [98] Schubert, C., Van Langeveld, M. C., & Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3D Printing: A 3D Overview from Optics to Organs. *British Journal of Ophthalmology*, 98(2), 159–161. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304446>.
- [99] Rošker, P., & Shellabear, M. (2004). E-manufacturing with laser-sintering - to series production and beyond.
- [100] Turan, B. O., & Şahin, K. (2018). Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırılmalı Analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırma Dergisi*, 2(2), 2587–2621.
- [101] Sönmez, S., Kesen, U., & Dalgıç, C. (2018). 3 Boyutlu Yazıcılar. 6th International Priiting Techologies Symposium, 471–481.
- [102] Kruth, J. P., Leu, M. C., & Nakagawa, T. (1998). Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 47(2), 525–540. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63240-5](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63240-5).
- [103] BCG. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Tarihinde 30 Mart 2020, adresinden erişildi <http://www.informeticplus.com/industry-4-0-the-future-of-productivity-and-growth-in-manufacturing-industries-bcg>
- [104] Davutoğlu, N. A., Akgül, B., & Yıldız, E. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak. *The Journal of Academic Social Sciences*, 52(52), 544–567. <https://doi.org/10.16992/asos.12648>.
- [105] TÜSİAD. (2016). Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektif. İstanbul. Tarihinde adresinden erişildi www.tusiad.org.
- [106] Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2012). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (Twelfth). New York.
- [107] Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., & Lu, S. (2008). Cloud Computing and Grid Computing. İçinde GCE '08, The Grid Computing Environments Workshop (ss. 1–10). <https://doi.org/10.1109/GCE.2008.4738445>.

- [108] Velte, A. T., Velte, T. J., & Elsenpeter, R. C. (2010). *Cloud Computing : A Practical Approach*. McGraw-Hill.
- [109] Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud Computing - The Business Perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.006>.
- [110] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- [111] Ashton, K. (2009). “Internet of Things”. *RFiD Journal*, 97–114. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [112] Kutup, N. (2011). *Nesnelerin Interneti; 4H Her Yerden, Herkesle, Her Zaman, Her Nesne ile Bağlantı*. İzmir.
- [113] Karagöz, J. (2018). *Sağlıkta Dijital Dönüşüm*. İstanbul: Kutlu Yayınevi.
- [114] Graham, M., Zook, M., & Boulton, A. (2014). Augmented Reality in Urban Places: Contested Content and the Duplicity of Code. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 464–479.
- [115] Kipper, G., & Rampolla, J. (2013). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Syngress/Elsevier.
- [116] Uğur, İ., & Apaydın, Ş. C. (2014). Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Reklam Beğeni Düzeyindeki Rolü. *NWSA-Humanities*, 9(4), 145–156. <https://doi.org/10.12739>
- [117] Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- [118] Erbaş, Ç., & Demirer, V. (2014). Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları : Google Glass Örneği. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 3(2), 8–16.

- [119] Bronack, S. C. (2011). The Role of Immersive Media in Online Education. *Journal of Continuing Higher Education*, 59(2), 113–117. <https://doi.org/10.1080/07377363.2011.583186>.
- [120] Tarver, E. (2019). Horizontal Integration Definition and Notable Examples. Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.investopedia.com/ask/answers/051315/what-are-someexamples-horizontal-integration.asp>.
- [121] Yelis, B. (2017). Yatay ve Dikey Entegrasyon Nedir? Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/>
- [122] Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- [123] Amadeo, K. (2019). Vertical Integration: Definition, Examples, Pros, Cons. Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.thebalance.com/what-is-vertical-integration-3305807>.
- [124] Hansen, L. (2009). Digital Disaster, Cyber Security, and the Copenhagen School. *International Studies Quarterly*, 53, 1155–1175.
- [125] Gerbert, P., Lorenz, M., Rüßmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.
- [126] Goutam, R. K. (2015). Importance of Cyber Security. *International Journal of Computer Applications*, 11(7), 975–8887.
- [127] Goodman, S. E. (2008). Critical Information Infrastructure Protection. *Responses to Cyber Terrorism*, 34, 24–33.
- [128] Von Solms, R., & Van Niekerk, J. (2013). From information security to cyber security. *Computers & Security*, 38, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2013.04.004>

- [129] İmamoğlu, S. (2002). Küçük ve orta ölçekli işletmelerde (KOBİ) yenilik çabaları ve KOBİ'lerde ürün yeniliği üzerine bir araştırma. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- [130] İraz, R. (2005). Yaratıcılık ve yenilik bağlamında girişimcilik ve KOBİ'ler. Konya: Çizgi Kitabevi.
- [131] Kılıç, H.Ö., Çakmak, A.Ç. ve Fidan, Y. (2016). KOBİ'lerde yönetim ve pazarlama sorunları: Karabük örneği. Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 10(2),51-69.
- [132] Onday, O. (2018). What would be the impact of Industry 4.0 on SMEs: The case of Germany. The International Journal of Management, 7(2), 11-18.
- [133] TÜSİAD ve The Boston Consulting Group.(2016b). Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0 Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi. Yayın No:576.
- [134] Schröder, C. (2017). The challenges of Industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. Division for Economic and Social Policy.
- [135] Müller, J. M., ve Voigt K. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. Technological Forecasting & Social Change, 132, 2-17.
- [136] Hatice, Ç., ve Baç, U. (2007). Kobi 'lerde inovasyon yapmayı etkileyen faktörler ve bir alan araştırması. Ege Academic Review, 2(7), 445-458.
- [137] <https://www.istmak.com/nex-106>
- [138] <https://www.istmak.com/kh45>
- [139] <https://www.tezmaksan.com.tr/brother-tc-32bn-qt-cnc-tapping-center-hizli-delik-delme-tezgahi-urundetay-236>
- [140] <https://www.tezmaksan.com.tr/brother-r650x2-cnc-cift-paletli-dikey-isleme-merkezi-urundetay-1247>
- [141] <https://www.istmak.com/nex-108-y#>
- [142] <https://dorukotomasyon.com/Urunler/Promanage.aspx>

- [143] <https://dorukotomasyon.com/Hizmetler/Mes-Mom-Kurulum-Proje-Yonetimi.aspx>
- [144] <https://dorukotomasyon.com/Urunler/Keypdt.aspx>
- [145] <https://dorukotomasyon.com/Urunler/Smart-Counter.aspx>
- [146] <https://dorukotomasyon.com/Urunler/Endustriyel-Pc.aspx>
- [147] Promanage OEE Rapor Fabrikası Kullanım Kılavuzu
- [148] <https://www.oeo.com/calculating-oeo.html>
- [149] <https://matics.live/glossary/teep-total-effective-equipment-performance/>



ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini Bursa’da tamamladı. Lisans eğitimini 2017 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde tamamladı. İş hayatına YÜNSA A.Ş.’de Bakım Mühendisi olarak başlamış olup, MKS Marmara Entegre Kimya Sanayi A.Ş.’de Bakım Mühendisi olarak devam etmiştir ve şu anda Sigma Mühendislik Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş.’de Proje Mühendisi olarak çalışmaktadır.

