

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜRETİM SEKTÖRÜNDEKİ BİR FİRMADA DEĞER AKIŞ
HARİTALANDIRMA VE ORANLARLA İŞGÜCÜ VERİMLİLİK
MODELİ İLE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

Musa AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Mühendislik Yönetimi Programı

Danışman
Prof. Dr. Semih ÖNÜT

Mayıs, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜRETİM SEKTÖRÜNDEKİ BİR FİRMADA DEĞER AKIŞ
HARİTALANDIRMA VE ORANLARLA İŞGÜCÜ VERİMLİLİK MODELİ
İLE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

Musa AKIN tarafından hazırlanan tez çalışması 23.05.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Semih ÖNÜT
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Semih ÖNÜT, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nihan ÇETİN DEMİREL, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gülfem TUZKAYA, Üye
Marmara Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Semih ÖNÜT sorumluluğunda tarafımda hazırlanan “Üretim Sektöründeki Bir Firmada Değer Akış Haritalandırma ve Oranlarla İşgücü Verimlilik Modeli ile Süreç İyileştirme Uygulaması” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Musa AKIN

İmza



Aileme
ve
Sevdiklerime

TEŞEKKÜR

Türkiye’de yerli üretim yapan sızdırmazlık sektöründeki bir firmada gerçekleştirilen bu projede, çeşitli yalın üretim teknikleri kullanılarak üretim ortamındaki sürece ve verimsizliğe neden olan etkenlere yönelik iyileştirilme çalışması yapılmıştır.

Hayatımın her alanında ve eğitim hayatımda her daim yanımda ve bana destek olan ailem ile bu projenin tamamlanmasında ilgisini ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Semih ÖNÜT’e teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla...

İstanbul, Aralık 2021

Musa AKIN

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-------------|
| SİMGE LİSTESİ | viii |
| KISALTMA LİSTESİ | ix |
| ŞEKİL LİSTESİ | x |
| TABLO LİSTESİ | xi |
| ÖZET | xii |
| ABSTRACT | xiv |
| 1 GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Literatür Özeti | 1 |
| 1.2 Tezin Amacı | 10 |
| 1.3 Hipotez | 11 |
| 2 YALIN ÜRETİM | 12 |
| 2.1 Yalın Üretimin Tarihsel Gelişimi | 12 |
| 2.2 Yalın Düşüncenin İlkeleri | 14 |
| 2.3 Yalın Üretimde Kullanılan Teknikler | 16 |
| 2.3.1 5S | 16 |
| 2.3.1.1 5S Tekniğinin Adımları | 17 |
| 2.3.2 Kaizen | 18 |
| 2.3.3 SMED | 19 |
| 2.3.4 Poka-Yoke | 21 |
| 2.3.5 Just-In-Time (Tam Zamanında) | 22 |
| 2.3.5.1 Kanban | 23 |
| 2.3.5.2 FIFO | 25 |
| 2.3.5.3 Takt Zamanı | 26 |
| 2.3.6 Heijunka (Üretim Hattı Dengeleme) | 26 |
| 2.3.7 Tek Parça Akışı | 27 |
| 3 SÜREÇ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI | 30 |
| 3.1 Süreç İyileştirme Çalışmalarında Son Yıllarda Sıklıkla Kullanılan Üç Yöntem | 30 |
| 3.1.1 Altı Sigma Yöntemi | 30 |
| 3.1.2 Simülasyon Yöntemi | 33 |
| 3.1.3 Değer Akış Haritalandırma Yöntemi | 35 |
| 4 DEĞER AKIŞ HARİTALANDIRMA YÖNTEMİ | 37 |
| 4.1 Değer Akış Haritalandırma Öncesi Gereksinimler | 37 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1.1 | Ürün Ailesi Seçimi..... | 38 |
| 4.1.2 | Haritalandırma İçin Gerekli Bilgiler | 38 |
| 4.1.3 | Değer Akış Haritalandırmada Kullanılan Semboller | 39 |
| 4.2 | Mevcut Durum Değer Akış Haritası | 41 |
| 4.2.1 | Mevcut Durum Değer Akış Haritasının Çizimi | 41 |
| 4.2.1.1 | Üretim Proseslerinin Belirlenmesi | 41 |
| 4.2.1.2 | Gerekli Bilgi ve Verilerin Toplanması | 41 |
| 4.2.1.3 | Mevcut Durum Değer Akış Haritasının Çizimi | 42 |
| 4.3 | Gelecek Durum Değer Akış Haritası | 43 |
| 4.3.1 | Gelecek Durum Değer Akış Haritasının Çizimi | 44 |
| 4.3.1.1 | TAKT Zamanı Hesabı | 44 |
| 4.3.1.2 | Sürekli Akış Sistemi Kurma | 45 |
| 4.3.1.3 | Süpermarket Sisteminin Kurulması | 45 |
| 4.3.1.4 | Pacemaker Prosesin Seçimi | 46 |
| 5 | VERİMLİLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ | 47 |
| 5.1 | Verimlilik | 47 |
| 5.2 | Verimlilik Düzeyini Ölçme Teknikleri..... | 48 |
| 5.2.1 | David J. Sumanth Modeli..... | 48 |
| 5.2.2 | Ramsay Modeli | 48 |
| 5.2.3 | Kurosawa Modeli | 48 |
| 5.3 | Oranlarla İş Gücü Verimlilik Modeli (WPMR) | 49 |
| 6 | UYGULAMA | 52 |
| 6.1 | Uygulamanın Amacı ve Önemi..... | 52 |
| 6.2 | Uygulama Yapılan Firmanın Tanıtımı | 53 |
| 6.3 | Ürün Ailesi Seçimi..... | 54 |
| 6.4 | WPMR (Oranlarla İş Gücü Verimlilik Yönetimi) Uygulaması..... | 55 |
| 6.5 | Mevcut Durum Haritası..... | 60 |
| 6.6 | Mevcut Durum Haritası ve Güncel Verilerin Değerlendirilmesi | 65 |
| 6.6.1 | Verimsizliğe Neden Olan Kök Nedenlerin İncelenmesi ve Planlanan Aksiyonlar | 65 |
| 6.7 | Gelecek Durum Değer Akış Haritalandırması | 68 |
| 6.7.1 | Takt Zamanı..... | 69 |
| 6.7.2 | Gelecek Durum Değer Akış Haritasının Oluşturulması | 69 |
| 6.7.2.1 | Montaj Bölümü | 69 |

| | |
|---|-----------|
| 6.7.2.2 Talaşlı İmalat Bölümü | 70 |
| 6.8 Gelecek Durum Değer Akış Haritasına göre Alınan Aksiyonlar | 72 |
| 6.8.1 Ayar Süresine Dair İyileştirmeler..... | 76 |
| 6.8.2 Makine Arızasına Dair İyileştirmeler | 80 |
| 6.8.3 Program Yazılması | 80 |
| 6.8.4 Hammadde Alınması..... | 81 |
| 6.9 Talaşlı İmalat Bölümünde Yapılan İyileştirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... | 82 |
| 7 SONUÇ VE ÖNERİLER | 87 |
| KAYNAKÇA | 90 |
| TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR | 95 |



SİMGE LİSTESİ

| | |
|----------|---|
| L_U | Direkt olarak işçiden kaynaklı saatler |
| L_E | Etkili işçilik saatleri |
| € | Euro |
| $L_{R'}$ | İşçilik saatleri |
| E_w | İşgücü etkinliği |
| L_O | Kullanılmayan ve yönetime yüklenen işgücü saati |
| m^2 | Metrekare |
| L_M | Nezaretçilerden kaynaklanan kayıp zamanlar |
| σ | Sapma |
| L_S | Standart adam-saat |
| L_R | Toplam işçilik saati |
| ₺ | Türk lirası |
| % | Yüzde |

KISALTMA LİSTESİ

| | |
|-------|--|
| Ad. | Adet |
| CNC | Sayısal Kontrollü Bilgisayar (Computer Numerical Control) |
| ÇS | Çalışma Süresi |
| ÇZ | Çevrim Süresi |
| DAH | Değer Akış Haritalandırma |
| Dk. | Dakika |
| DPMO | Milyon Fırsat Başına Kusur (Defects Per Million Opportunities) |
| ERP | Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning) |
| FIFO | İlk Giren İlk Çıkar (First In First Out) |
| GO | Güvenilirlik Oranı |
| HPH | Üretim Parti Büyüklüğü |
| HZ | Hazırlık Süresi |
| PDCA | Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al (Plan-Do-Check-Act) |
| SIPOC | Tedarikçi-Girdi-Süreç-Çıktı-Müşteri (Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers) |
| Sn. | Saniye |
| SMED | Tekli Zamanlarda Kalıp Değişimi (Single Minute Exchange of Dies) |
| TKVÖ | Tam Kapsamlı Verimlilik Ölçümü |
| TL | Türk lirası |
| WPMR | Oranlarla İşgücü Verimliliği Yönetimi (Workshop Productivity Management By Ratios) |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1 Kaizen kelimesini oluşturan karakterler (Ulugüner, 2021) | 18 |
| Şekil 2.2 PDCA döngüsü (PDCA Döngüsü, 2021) | 19 |
| Şekil 2.3 Kanban kartları ile süpermarket çekme sistemi (Ahmetoğlu, 2007) ... | 25 |
| Şekil 4.1 Sürekli akış hattı örneği (Rother & Shook, 1999)..... | 45 |
| Şekil 5.1 İşgücü adam-saat yapısı (Prokopenko, 1992)..... | 49 |
| Şekil 6.1 Üretim takip kartı..... | 56 |
| Şekil 6.2 Ortalama duruş oranları grafiği..... | 58 |
| Şekil 6.3 Mevcut durum haritası..... | 64 |
| Şekil 6.4 Gelecek durum haritası | 71 |
| Şekil 6.5 Ezme operasyonu iyileştirme öncesi ve sonrasına ait görsel | 75 |
| Şekil 6.6 Günlük iş planı formu | 76 |
| Şekil 6.7 Ayna ayakları rafının düzenleme sonrası görüntüsü..... | 77 |
| Şekil 6.8 Uç dolabının düzenlenme sonrası fotoğrafı | 78 |
| Şekil 6.9 Kater ve U-drill dolabı fotoğrafı..... | 79 |
| Şekil 6.10 Takım arabası iç düzeni | 79 |
| Şekil 6.11 Hammadde rafı..... | 81 |
| Şekil 6.12 Güncel duruş oranları | 82 |
| Şekil 6.13 Güncel gelecek durum haritası..... | 86 |

TABLO LİSTESİ

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tablo 3.1 | Süreç sigma değerleri (Can, 2006)..... | 31 |
| Tablo 4.1 | Bilgi akış sembolleri (Kubanlı, 2018) | 39 |
| Tablo 4.2 | Malzeme akış sembolleri (Kubanlı, 2018) | 39 |
| Tablo 4.3 | Genel akış sembolleri (Turgut, 2010) | 40 |
| Tablo 5.1 | Duruşa neden olan etkenler (Kahya & Karaböcek, 2004) | 51 |
| Tablo 6.1 | 40-T-77 modeli ürün ağacı..... | 54 |
| Tablo 6.2 | Duruş açıklaması kodları..... | 57 |
| Tablo 6.3 | Ortalama duruş oranları tablosu | 58 |
| Tablo 6.4 | Üç aylık duruş oranları tablosu | 60 |
| Tablo 6.5 | Mevcut durum haritası verileri..... | 62 |
| Tablo 6.6 | Uygulamada gerçekleşen çevrim süreleri | 62 |
| Tablo 6.7 | Mevcut duruma göre üretim akış süresi | 63 |
| Tablo 6.8 | Ezme operasyonu önceki ve güncel verilerin karşılaştırması | 72 |
| Tablo 6.9 | Aralık ayı ezme operasyonu verimlilik tablosu | 73 |
| Tablo 6.10 | Nisan ve Mayıs ayları ezme operasyonu verimlilik tablosu..... | 74 |
| Tablo 6.11 | Bakım çizelgeleri takip kartı..... | 80 |
| Tablo 6.12 | Güncel duruş oranları listesi | 83 |
| Tablo 6.13 | Üç aylık duruş oranları tablosu | 83 |
| Tablo 6.14 | İyileştirme öncesi ve sonrası verilerin kıyaslaması..... | 84 |
| Tablo 6.15 | İyileştirme öncesi ve sonrası uygulamada gerçekleşen çevrim süreleri | 85 |

Üretim Sektöründeki Bir Firmada Değer Akış Haritalandırma ve Oranlarla İşgücü Verimlilik Modeli ile Süreç İyileştirme Uygulaması

Musa AKIN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Semih ÖNÜT

Rekabetin hız kazandığı günümüzde üretim teknolojisini geliştirmek, üretimde süreçleri iyileştirmek ve üretim verimini arttırmak oldukça önemlidir. Firmalar, rekabetçi ortamda ürün kalitelerini arttırarak müşteri memnuniyetini karşılamak için devamlı olarak üretim süreçlerini iyileştirme çalışmaları yapmaktadırlar. Bu süreçleri iyileştirmek adına birçok farklı yöntem uygulanabilmektedir. Bu yöntemler ve uygulama biçimleri firmanın bütçesine, kültürüne, ürün çeşitliliğine, büyüklüğüne ve daha birçok faktöre göre değişmektedir.

Yalın üretim sistemleri, giderek artan hammadde ve taşımacılık maliyetlerinden dolayı günümüzde önemini daha da arttırmaktadır. Diğer yöntemlere kıyasla daha düşük bütçeli bir yatırım gerektirmesi ve sürdürülebilir olması en önemli avantajlarından. Çok geniş bir uygulama alanına sahip olan yalın üretim sistemlerinde amaç, israfların tespit edilerek üretim maliyetlerinin en düşük seviyelere indirilmesi aynı zamanda da devamlı yapılan iyileştirmelerle ürün kalitesinin artırılmasıdır.

Bu çalışmada, ilk olarak yalın yönetim sistemleri kullanarak yapılan çalışmalar üzerine literatür taraması yapılmış ve yalın yönetim sistemleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Uygulama kısmında bir üretim tesisindeki israflar tespit edilmiş ve değer akış haritalandırma, 5S, kaizen gibi yalın üretim teknikleri kullanarak belirli iyileştirmeler sağlanmıştır. Bu iyileştirmelerin sonucunda, üretim tesisindeki tüm istasyonlarda müşterinin günlük ürün talebi karşılanabilir noktaya gelmiş, hedeflenen istasyonlarda verim artışı gerçekleştirilmiş, işçilik maliyetlerinde ve israf noktalarında azalma sağlanmıştır. Aynı zamanda azalan üretim süreleri sonucunda, müşterinin günlük sipariş talebi karşılanabilecek ve zamanında teslimat yapılabilir olacaktır. alışması yapılan ürünün belirli adetlerde başka tedarikilere rettirilmesinin de nne geilecektir.

Anahtar Kelimeler: Değer akış haritalandırma, 5S, kaizen, yalın retim.

Process Improvement Application with Value Stream Mapping and Workshop Productivity Management By Ratios in a Company in the Manufacturing Sector

Musa AKIN

Department of Industrial Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Semih ÖNÜT

It is very important to improve production technology, improve processes in production and increase production efficiency in today's competitive environment. Companies are constantly working to improve their production processes in order to meet customer satisfaction by increasing their product quality in a competitive environment. Many different methods can be applied to improve these processes. These methods and the way they are applied vary according to the company's budget, culture, product variety, size and many other factors.

Lean production systems are increasing their importance due to the increasing raw material and transportation costs. Its most important advantages are that it requires a lower budget investment compared to other methods and is sustainable. In lean production systems, which have a wide application area, the aim is to determine the waste and to reduce the production costs to the lowest levels, and to increase the product quality with continuous improvements.

In this study, firstly, a literature review was conducted on studies using lean management systems and lean management systems are explained in detail. In

the application part, wastes in a production facility were determined and certain improvements were made by using lean production techniques such as value stream mapping, 5S and kaizen. As a result of these improvements, the customer's daily product demand at all stations in the production facility has reached the point where it can be met, efficiency has been increased at the targeted stations, and labor costs and waste points have been reduced. At the same time, as a result of reduced production times, the customer's daily order demand will be fulfilled and timely delivery will be possible. It will also be prevented that the product being studied is produced in certain quantities by other supplier.

Keywords: Value stream mapping, 5S, kaizen, lean production.



İnsanoğlu tarihin çok eski zamanlarından beri hep bir Őeyler üretmenin gayreti içerisindedir. Üretilen bir bilgi, eŐya ya da hizmet, her ne olursa olsun bir fayda zarar eksenini içerisindedir. Tarihe baktığımızda en önemli teknolojik gelişmeler ya savaŐ ya da kıtlık zamanlarında ortaya çıkmıştır. Üretim teknolojilerine ve üretimde maliyetlerin azaltılmasına yönelik gelişmeler de yine bu zamanlarda ortaya çıkmıştır.

Yalın üretim sistemlerinin ortaya çıkış zamanı II. Dünya Savaşı'nın hemen sonrasına denk gelmektedir. SavaŐtan çıkan ve ekonomik anlamda zarara uğrayan ülkelerin, mal ve hizmet üretme noktasında yapacakları en önemli Şeylerin başında üretim maliyetlerini azaltma konusu gelmiştir. Japonya bu noktada ortaya koyduğu sistem ile sadece maliyetleri azaltmaya odaklanmamış aynı zamanda kaliteyi de arttırmaya odaklanmıştır.

Günümüzde yalın üretim sistemleri, artan rekabet koşulları, hammadde ve işçilik maliyetlerinden dolayı giderek daha da önem kazanmaktadır. Firmalar bu sistemi, kendi kültürlerine uygun şekilde uygulayarak, israfların yok edilmesi noktasında önemli kazanımlar sağlamaktadırlar. Yalın üretim kavramı artık günümüzde etkinliği kanıtlanmış bir felsefedir. Azalan işgücü ve artan konfor koşullarına baktığımızda ileriki yıllarda önemini daha da arttıracaktır.

1.1 Literatür Özeti

Planlanan çalışmaya yönelik yapılan literatür taramasında, ağırlıklı olarak güncel çalışmalar olmak üzere 2005 yılı ve sonrası yapılan çalışmalara bakılmıştır.

(S. Şahin, 2005) bir otomotiv firmasında yapmış olduğu çalışmada, çevrim sürelerinde önemli iyileşmeler sağlamış olup, Değer Akış Haritalandırma (DAH) yönteminin sağladığı faydaları ortaya koymuştur.

(Birgün vd., 2006) yaptıkları çalışmada, DAH kullanarak bir yalın üretime geçiş projesi yürütmüşlerdir. Değer akış haritalandırma ile değer ne olduğu, ne şekilde aktığı ve israf kaynakları tespit edilmeye çalışılmıştır. Mevcut olan yapı analiz edildikten sonra sürece ait iyileştirmelerle alakalı önerilerde bulunulmuştur.

(Can, 2006) gerçekleştirdiği projede, altı sigma yaklaşımı kullanarak, başlangıçta 3 olan sigma seviyesini iyileştirme sonucu 3.7'ye yükseltmeyi başarmıştır. Bu çalışma ile birlikte Milyon Fırsat Başına Kusur (DPMO) seviyesi de 61.446'dan 12.293'e düşmüştür. Bu olumlu sonuçlar çalışanları hata oranını minimuma indirmeye teşvik etmiştir.

(Özsever vd., 2009) bu çalışmada meydana getirilen karar destek sistemi, işletmede veri toplama kolaylığını, doğru veri elde etmeyi, standartlaştırılmış verimlilik analizi elde edilmesini ve sorgulanması imkânını sağlamıştır. Oranlarla İşgücü Verimlilik Modeli (WPMR) kullanılarak duruşlara dair yapılan analizler ile israfların ölçülmesi sağlanmıştır.

(Turgut, 2010) yapmış olduğu çalışmada, DAH kullanarak bir hazır giyim firmasında verimsizliğe neden olan noktaların tespitini yapmış ve gelecek durum haritası ile birlikte oluşturulması gereken yeni sistemi planlamıştır.

(Carvalho vd., 2011) yaptıkları çalışmada, yalın üretim tekniklerini kullanarak kat edilen mesafelerde ve teslim sürelerinde önemli verim artışı sağlamışlardır. Düzenin yeniden yapılandırılması ve tek parça akış, nakliye süresini azaltmış ve sürekli akışı desteklemiştir. Kat edilen mesafeler %25 oranında azaltılmış ve termin süreleri %80 oranında düşürülmüştür.

(Dekier, 2012) yapmış olduğu çalışmada, yalın üretim sistemlerinin temel prensiplerinden ve çalışma ortamına sağladığı faydalardan bahsetmiştir.

(Matt, 2013) sac metal kablo kanalı sistemlerinin seri üretimi için bir yalın üretim sisteminin değer akış haritalama yaklaşımının genişletilmesiyle elde edilen pratik deneyimleri bildirmiştir. Oluşturulan gelecek durum haritası ile birlikte tavsiyeler sunulmuştur.

(Cinođlu, 2013) yaptığı çalışmada, firmanın hurda adetlerinin fazla olduğu konektörde iyileştirme çalışması yapmıştır. Poka-yoke tekniği ile yapılan hataların önüne geçilmiştir. Yapılan alışma ile birlikte hurda miktarında %624 dűřűř sağlanmıştır.

(Aksoylu, 2014) yaptıđı çalıřmada, bir hastanede deđer akıř maliyetlendirme rneđi sunarak, pek çok iřletme için çeřitli avantajlar sađladıđı dűřűnűlen yalın dűřűnce sisteminin bir parçası olan deđer akıř maliyetlendirmenin, hastaneler için de uygulanabileceđini ortaya koymuřtur.

(Aydın, 2015) yapmıř olduđu arařtırmada, yalın űretimi uygulayan firmaların ortalama űretim akıř sűresinde %90 azalma, űretkenlikte %100 artıř, stoklarda %80 azalma, űrűn geliřtirme sűresinde dört katı hızlanma ve kapasitede %30 artıř olabileceđini göstermektedir.

(Indrawati & Ridwansyah, 2015) demir cevheri sanayisinde yalın altı sigma çalışması yaparak, katma değeri olmayan faaliyetleri belirlemişler, sigma seviyesi hesaplanmış ve yapılması gereken iyileştirmeleri tavsiye etmişlerdir.

(Rohani & Zahraee, 2015)'in yaptıkları çalıřmanın amacı, bir boya sanayi firması için nihai űrűne deđer katmayan israfları belirlemek ve ortadan kaldırmak için bir deđer akıř haritası geliřtirmektir. Ayrıca, toplam verimi artırmak için teslim sűresini ve katma deđer zamanını azaltmak amaçlanmıřtı. Gelecekteki durum haritasına bađlı olarak 5S, kanban yöntemi, kaizen ve benzeri bazı yalın űretim tekniklerinin uygulanmasıyla űretim teslim sűresinin 8,5 gűnden 6 gűne dűřűtűđűnű ve katma deđer zamanının 68 dk. 'dan 37 dk. 'ya kadar dűřűtűđűnű göstermiřlerdir.

(Takcı & Dođan, 2015) bir tekstil firmasında yaptıkları siműlasyon çalıřmasında, mevcut durumda gerçekleřen yıllık űretim adetleri ile gelecek durum için oluřturulan yıllık űretim adetleri kıyaslandıđında, ngrűlen siműlasyon modelinde yıllık %47 daha fazla űrűn űretimi yapılacađı ngrűlműřtűr. Bu yűkseliřin řirket performansını kayda deđer řekilde etkileyeceđi grűlműřtűr.

(Marařlı vd., 2016) bir dondurma űretim iřletmesinde yalın űretim tekniklerinden DAH yöntemini uygulamıřlardır. Bu alıřma neticesinde kalıp deđiřtirme

zamanları ile stoklar minimuma getirilmiş ve bu şekilde maliyetlerde ve zamanda kayda değer azalmalar yaşanmıştır. Gelecek durum değer akışı haritalamasına göre toplam hammadde stok envanteri 7,5 günden 1,5 güne, toplam üretim istasyonları arası bekleme süresi 85 dk. 'dan 70 dk. 'ya düşürülmüştür.

(Özdağoğlu & Rebiş, 2016) çalışmayı yarı esnek PVC film üreticisi bir firmada gerçekleştirmişlerdir. Uygulanan kaizen çalışmaları ile birlikte kesim istasyonunun çevrim süresi 16,6 sn.'den 12,2 sn.'ye düşürülmüştür. Bir günde fazla mesai süresi 4 saat/işçiden 1 saat/işçiye düşürülmüştür. Toplam fazla mesai süresi 64 saat/gün 'den 16 saat/gün 'e düşürülmüştür. 48 saat/gün farkıyla şirket günde yaklaşık 350 TL kara geçmiştir.

(Cheung vd., 2017) yaptıkları çalışmada, müşteri ve tedarikçi sipariş düzenlemesini kontrol etmek için kanbanın çekme sistemi uygulanarak, toplam işlem süresi %90 oranında kısaltılmıştır. Teslimat gereksinimlerinin değişmesi nedeniyle, toplam malzeme kullanımı azaltılmıştır ve üretimde karbon emisyonlarının %40 oranında azaltılması açısından doğrudan ekti göstermiştir. 5S ve hücreli üretim yöntemlerinin uygulanması, üretim sürecine enerji ve elektrik tüketiminde %41'lik önemli bir tasarruf sağlamıştır.

(Adalı vd., 2017) bir traktör işletmesinde yaptıkları çalışmada DAH yöntemi kullanmışlardır. Gelecek durum haritası ile israfların azaltılması yolunda iyileştirmeler yapılarak değer akış süresi 13,08 günden 4,35 güne düşürülmüştür. Mevcut ve gelecek durum haritaları analiz edilerek platform imalat hattının çevrim süresi %8 azaltılmıştır. Yapılan çalışma sonuç olarak, DAH metodunun bir üretim sürecinin değişikliğine karar verilmesinde iyi bir alternatif olduğunu göstermiştir.

(Öztürk, 2017) çalışmasında, yalın yönetim ve yalın altı sigma metodolojisini özetleyerek, tarım işletmelerinde ne şekilde ve ne için kullanıldığını göstermiştir. Bununla birlikte yalın altı sigma projelerinin başarılı olması için gerekli faktörleri de ortaya koymuştur.

(T. Türkan & Görener, 2017) vasıflı çelik imalatı gerçekleştiren bir şirkette süreç iyileştirme çalışmalarında bulunmuşlardır. Yapılan uygulamada kaizen, poka-

yoke, neden-sonuç diyagramı, hata türü ve etkileri analizi, 8D gibi tekniklerden faydalanılmıştır.

(Güner Gören, 2017) bir mobilya fabrikasında gerçekleştirdiği çalışmasında DAH tekniği kullanmıştır. Üretim sistemini detaylı olarak analiz etmek için bir simülasyon modeli de geliştirilmiştir. Yapılan önerilerle toplam akış süresi iyileştirilmiş ve katma değer sağlamayan süre azaltılmıştır.

(Çoruh, 2017) hazır giyim sektörü üzerine yapmış olduğu çalışmada çeşitli üretim yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarından bahsetmiştir. Modüler üretim, Toyota üretim sistemi, hücreli üretim birimleri gibi farklı üretim sistemlerinden bahsedilmiştir.

(Gerger, 2017) yaptığı uygulama çalışmasında otomotiv sektöründeki bir firmada altı sigma yönteminden faydalanmıştır. Altı sigma uygulaması sonucunda, sigma seviyesi 2.21'den 4.80'e yükselmiştir.

(Güzel vd., 2018) tarafından yapılan çalışma bir tekstil firmasında gerçekleştirildi. DAH ve 5s yöntemleri uygulanan çalışmada, gelecek durum değer akış haritasında yalın teknikler uygulanmasıyla birlikte toplam hazırlık süresi 14,5 günden 5,2 güne düşürülmüştür.

(Tekin vd., 2018) bir un fabrikasında yalın yönetim sistemlerinden 5S tekniğini kullanarak üretimde verimi arttırmayı hedeflemişlerdir. Transpalet, stok alanı ve forklift bölgelerinde yapılan 5S çalışmalarıyla süreçteki gereksiz zaman kaybı, ekstra malzeme taşıma süreleri ve işgücü israfı noktalarında iyi sonuçlar alınmıştır.

(Sremcev vd., 2018) yalın üretimin bir parçası olan 5S uygulamasını bir üniversite laboratuvarında öğrencilerle birlikte uygulamışlardır. Herkesin bir şirkette uygulama yapmasının ve bu yöntemleri öğrenmesinin mümkün olmadığı düşünüldüğünde, öğrencilere yalın felsefenin aşılması ve öğretilmesi noktasında çalışma önem arz etmektedir.

(Kubanlı, 2018) imalat sektöründe bir firmada DAH yöntemi kullanarak yaptığı çalışma sonucunda, gelecek durumda, temin süresinde, bekleme ve stok

seviyesinde azalma sağlanmıştır. Emek yoğun bir işletmede yapılan bu çalışmada, işgücü verimliliği ölçümü için WPMR yöntemiyle hesaplama yapılmıştır.

(Sarı, 2018a) civata ve somun üretimi yapan bir işletmede gerçekleştirdiği çalışmada, DAH yöntemi ile çevrim sürelerinin azaltılması, stok miktarlarının düşürülmesi, yaşanan aksaklıkların düzeltilerek kalite sorunlarının giderilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, firmanın yapılması önerilen iyileştirmelerden sağlayacağı fayda %50 olarak öngörülmüştür.

(Deste & Berber, 2018) çalışmalarında süreç iyileştirme uygulamalarına yönelik bir literatür araştırması yapmışlardır. 2005-2018 tarihleri arasında yapılan çalışmalardan 177 tane çalışmayı incelemişlerdir. Bu çalışmaların çeşitli olgulara göre sınıflandırılması ki-kare analizi ile yapılmıştır. Uygulamanın en fazla yapıldığı iş kollarının sağlık ve otomotiv iş kolları olduğu ve en fazla uygulanan yöntemlerinse altı sigma, akış diyagramı, istatistiksel analiz yöntemleri, balık kılçığı diyagramı, pareto analizi ve histogram olduğu sonucuna varılmıştır.

(Sarı, 2018b)'nin yürüttüğü çalışmada 5s, kaizen, toplam üretken bakım, balık kılçığı diyagramı, tekli dakikalarda kalıp değişimi (SMED) yöntemlerinden faydalanılarak değer katmayan faaliyetlerin oranında ciddi düşüşler yaşanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 105.599 Euro kazanç sağlanmıştır. Ayrıca kaybedilen zamanın üretime aktarılması ile 3.485.714 Euro gelir sağlanacağı düşünülmektedir.

(Çanakçıoğlu, 2019) yapmış olduğu çalışmada israfın önlenmesinde kullanılan yalın araçlar olan, 5S, kanban, SMED, DAH, sürekli akış, heijunka, U-Hatlar, jidoka, poka-yoke, kaizen sistemlerinin detaylı açıklamalarını yapmıştır.

(Oskaloğlu, 2019)'un çalışmasında amaç, üretim firmalarında süreç iyileştirme tekniklerinin kullanılabilirliğinin ölçülmesidir. Malatya I. ve II. Organize Sanayi Bölgelerinde çeşitli sektörlerdeki çok sayıda firma ile anket yoluyla test yapılmıştır. Analiz kısmında betimsel istatistik hesaplamaları, t testi, anova testi ve korelasyon analizi uygulanmıştır. Sonuç kısmında sunulan hipotezlerin hangi oranlarda kabul edilip reddedildiğine dair bilgiler sunulmuştur.

(Bittencourt vd., 2019) yaptıkları çalışmada, yalın düşüncenin Endüstri 4.0 bağlamındaki ilişkisini ve katkısını incelemek adına sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. İnceleme, 2011-2018 dönemi için gerçekleştirilmiş ve toplam 26 makalenin analiz edilmesiyle sonuçlanmıştır. Sunulan sonuçlarla, yalın düşüncenin Endüstri 4.0'ın uygulanması ve konsolidasyonunda önemli bir etken olarak görüldüğü ve iş standardizasyonu, organizasyon ve şeffaflık gibi yalın kavramların Endüstri 4.0'ın uygulanmasında temel olduğu tespit edilmiştir.

(Sevgili & Antmen, 2019) ağır iş makinesi aksamı üreten bir fabrikada gerçekleştirdikleri çalışmada, yalın üretim metotlarından DAH ve A3 düşünmeyi birlikte uygulayarak oluşturulan gelecek durumda, toplam üretim akış süresinde 360 dk. azalma olacağını öngörmüşlerdir.

(Oliveira vd., 2019) tarafından yürütülen proje, otomobiller için elektronik bileşenlerin üretimini yapan çok uluslu bir şirkette gerçekleştirilmiştir. Yalın ilkeler kullanılarak iki nihai montaj hattının performansını iyileştirmek amaçlanmıştır. Montaj hatlarının önerilen şekilde yeniden yapılandırılması sonucunda, %22 daha fazla kullanım alanı kazanılması, operatör sayısında %38'lik bir azalma, üretim hatlarının her biri için yaklaşık %50'lik bir üretkenlik artışı olacağını ortaya koymuşlardır.

(Uygun vd., 2019) yaptıkları çalışmada, verimi arttırmak adına otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada DAH yöntemi kullanmışlardır. Oluşturulan gelecek durum ile forklift verimliliği, pres verimliliği, işçilik, kataforez boya işlemlerinin verimliliği noktasında önemli gelişimler elde edilebileceği sonucuna varmışlardır. Sonuçlar bütünüyle dikkate alındığında, bu imalat süreci için yıllık 4579,30 € tasarruf edilebileceği saptanmıştır.

(Zahraee vd., 2020) yaptıkları çalışmada, küçük ölçekli bir ısıtıcı endüstrisindeki israfların belirlenmesi ve ortadan kaldırılması için bilgisayar simülasyonu ile DAH yaklaşımını uygulamayı amaçlamışlardır. Gelecekteki DAH iyileştirmelerine dayalı olarak sonuçlar, üretim teslim süresinin 17,5 günden 11 güne düştüğünü ve katma değer süresinin 3412 sn.'den 2415 sn.'ye düştüğünü göstermiştir. Takt süresi de 250 sn.'den 192 sn.'ye düşürülmüştür.

(Mudgal vd., 2020) sipariş bazlı çalışan bir işletmede DAH yöntemi kullanarak mevcutta 1098,59 sn. olan akış süresini gelecek durum haritasına göre 676,63 sn.'ye düşürmüşlerdir.

(Martin vd., 2020) küçük ölçekli bir işletmede akıllı üretim yöntemini desteklemek için bir DAH uzantısı geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada (Kurumsal Kaynak Planlaması) ERP sisteminden de yararlanılmıştır. Bu duruma uygun olarak çeşitli tavsiyeler ve izlenmesi gereken yol ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

(D. Şahin & Akolaş, 2020) bir otomotiv endüstrisinde yaptıkları çalışmada 5N1K yönteminden faydalanarak üretimde süreç iyileştirmeye yönelik çeşitli tavsiyelerde bulunmuşlardır.

(Uslu Divanoğlu vd., 2020) bir otomotiv firmasında yaptıkları çalışmada, kaizen ve 5S yöntemlerinden faydalanmışlardır. Çalışma sonucunda, bir ürün için gerçekleşen 7,8 dk. 'lık işçilik israfını önleyerek, toplam üretilen ürün miktarı için yılda 13.000 €/yıl tasarruf elde edilmiştir. İmalatta 25 m² alan tasarrufu sağlanmıştır.

(Akın, 2020) bu çalışmada tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmada DAH yöntemi uygulamıştır. Gelecek durum haritasında öngörülen iyileştirme faaliyetleri neticesinde, firmada toplam işlem süresi 383,02 sn. iken 370,84 sn.'ye, akış süresi 28,90 gün iken 8,15 güne düşürülmüştür ayrıca haftalık üretim adetinin 150 adete yakın arttırılabileceği öngörülmüştür.

(Çelebi Gürsoy, 2020) tekstil sektöründeki bir firmada yaptığı çalışmada, yalın üretim tekniklerinden tam zamanında üretim, kaizen ve altı sigma yöntemlerini kullanmıştır. Yalın altı sigmanın ve diğer iyileştirmelerin uygulanması ile üretim akış zamanında %75,13, işlem zamanında, %41,2, hazırlık zamanında %12,6'lık bir azalma olduğu hesaplanmıştır.

(Beşir Kasnak, 2020) bir otomotiv firmasında altı sigma yöntemini uygulamıştır. Firmanın, test şirketine ödenen saatlik fiyatlar ve başarısız testlerin sayısının artmasından kaynaklı olan bir maliyet azaltma çalışmasıdır. Toplamda durum testi

süresi 479 dk. 'dan 87,6 dk. 'ya düşürülerek, projenin verimi %82 olarak hesaplanmıştır.

(Ersöz vd., 2020) demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren firmada DAH ve simülasyon yöntemlerini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma ile fırınlama operasyonunda meydana gelen bekleme süresi 37 dk. 'dan 0,12 dk. 'ya azalmıştır. Bir mamulün sistem içerisindeki akış zamanı 58 dk. 'dan 22 dk. 'ya, bekleme süresi 40 dk. 'dan 5 dk. 'ya azaltılmıştır.

(Bilici & Kosanoğlu, 2020) tekstil sektöründe yaptıkları çalışmada DAH yöntemi ile birlikte hata türü ve etkileri analizi yöntemini de kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda operasyonlarda risk öncelik sayısının önemli miktarda düştüğü tespit edilmiştir.

(Marquina vd., 2021) bir üretim işletmesinde yaptıkları çalışmada DAH yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak, akış süresi 10,86 günden 9,71 güne, katma değerli zaman 2120 sn.'den 1952 sn.'ye düşürülmüştür.

(Hemalatha vd., 2021) Bir üretim işletmesinde yaptıkları çalışmada “Work-In-Process” yöntemi kullanarak ara stokların dengelenmesini hedeflemişlerdir.

(Ulugüner, 2021) yaptığı tez çalışmasında bir üretim işletmesinde kaizen yaklaşımı ile uygulama yapılmıştır. İki grup halinde yapılan kaizen çalışmaları sonucunda, 1. kaizen grubunun yapacağı iyileştirmeler için ulaşılmak istenen hedef, bağlantı elemanlarının azaltımı oranına göre, arızadan kaynaklı duruş süresinin %58,8 oranında düşürülmesi olarak belirlenmiştir. 2. kaizen grubu için verim artış hedefi %50 olmasına rağmen, süreçte yapılan iyileştirme sonucu verim artışı %125 oranında olmuştur.

(Doğan & Kama, 2021) imalat sektöründe bir firmada yaptıkları çalışmada, tedarik zincirinde değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını amaçlamışlardır. Hammaddenin satın alınmasından ürünün müşteriye teslim edilmesine kadarki zamanın 75 gün 12 saat olduğu saptanmıştır. Bunun azaltılması adına içerisinde 5S gibi tekniklerin olduğu öneri ve tavsiyeler gelecek durum haritasında sunulmuştur.

(Kuğu & Köse, 2021) ısı değiştirici üretimi yapan bir firmada yaptıkları çalışmada DAH yöntemi uygulamışlardır. Gelecek durum haritası oluşturularak işlem sürelerinin %30, ara stok adetlerinin %50 azaltılması hedefi belirlenmiştir. Uygulama sonucunda işlem sürelerinde %31,1 ve ara stok adetlerinde %59,1 düşüş görülmüştür.

(Ayna, 2021) bir tekstil işletmesinde DAH, kaizen ve 5S teknikleri kullanarak yaptığı çalışma ile üretim akış süresi 16 günden 11 güne, örgü bölümünde yapılan kaizen çalışmasıyla da işlem süresi 3,36 günden 3,17 güne düşürülmüş ve toplam üretim maliyeti %8 azalmıştır.

(Tağman, 2021) pantolon dikimi yapan bir işletmede gerçekleştirdiği çalışmada simülasyon yöntemi ile bir süreç iyileştirme amaçlanmıştır. Mevcut durum ile iyileştirilmiş durum arasında günlük 239 ad. çıkan ürün farkı olduğu ve mevcut duruma göre adette günlük %24,7 oranında artış olduğu ve %12 oranında da işgücü kapasite kullanım oranında düşüş olduğu görülmüştür.

(Kahya & Polat, 2007) yaptıkları çalışmada, Oranlarla İşgücü Verimlilik Yönetim (WPMR) modelini kullanılarak bir atölyede ortaya çıkan verimsiz noktaların tespitini ve bir verimlilik yönetim sisteminin tasarlanmasını ele almışlardır.

(Kahya & Karaböcek, 2004) yaptıkları çalışmada mekanik işler atölyesinde Oranlarla İşgücü Verimliliği (WPMR) Modelinin tasarımı ve uygulamasını gerçekleştirmişlerdir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, sızdırmazlık sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın üretim departmanındaki israfların ortadan kaldırılıp, çeşitli yalın üretim metotları kullanılarak üretim ortamında verimin arttırılması ve müşteri taleplerine karşı zamanında ürün teslimatı yapılabilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma, Türkiye’de mekanik salmastra ve döner bağlantı elemanları üretimi yapan bir firmada yapılan ilk kapsamlı süreç iyileştirme çalışması olması yönünden önemlidir.

1.3 Hipotez

Mekanik salmastra üretimi yapan ve ürettiği ürünün doğal yapısı gereği teslimat süreleri kısa, ürün çeşitliliği fazla ve üretim parti adetleri düşük olan bir üretim ortamında süreç iyileştirme çalışması yapılmak istenmektedir. Sistem kurmak açısından bahsedildiği gibi bu üç dezavantaja sahip olan ve başka bir firmadan fason üretim desteği alan bir üretim sisteminde dahi, değer akış haritalandırma (DAH), kaizen, 5S, kanban gibi yapılacak yalın üretim yöntemleri ile üretim veriminin arttırılabileceği ve müşteri taleplerinin karşılanabileceği düşünülmektedir.



Yalın üretim; içerisinde hiçbir şekilde fayda sağlamayan öge bulundurmayan ve hata, stok, işçilik, fire ve müşteri memnuniyetsizliği gibi ögelerin, mümkün olduğunca en aza indirildiği üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (Aslantaş, 2014)

Yalın olmak için gereken birinci şart yalın düşünce ile başlamaktır. Yalın düşünce, süreçleri israf noktalarından çıkararak maliyetlerin en aza inmesini ve müşteri memnuniyetini sağlamıştır (Maraşlı vd., 2016). Japonya’da doğmuş olan bu sistem dünyaya yayılmıştır.

Yalın üretim sistemleri, uzun yıllardır üretim yöntemlerinin geliştirilmesi noktasında firmalar açısından önemli bir rol oynarken, günümüzde de önemini giderek arttırmaktadır.

Yalın üretimdeki temel amaç, firmanın israf noktalarını azaltarak müşteri taleplerine karşı duyarlı olmayı sağlamaktır. Yalın üretim, müşterinin istediği şekilde seri ve en düşük maliyetle ürün üretmeyi hedeflemektedir. Yalın üretim maliyeti düşürmek, verimlilik ve kaliteyi arttırmak noktasında şirketlere diğer şirketlerle rekabet edebilme avantajı sağlamaktadır (Sarı, 2018b).

2.1 Yalın Üretimin Tarihsel Gelişimi

Yalın üretim, Toyota firmasında ortaya çıkmış bir Japon iş organizasyonu yöntemidir. Bu sistem, 1980’li yıllara kadar “Toyota Üretim Sistemi” olarak anılmıştır. Yayılma sürecinde ve yayıldıktan sonra dünyadaki pek çok farklı ülkede farklı şekilde ifade edilmiştir (Ö. U. Türkan, 2010).

Henry Ford ve Alfred Sloan I. Dünya Savaşı’ndan sonra dünyadaki otomotiv sanayisini emek-yoğun işletme modelinden seri üretim mantığında çalışan işletme modeline dönüştürdüler. 1920 yılından sonra ise yığın üretim sistemini ortaya attılar. Bütün bunların etkisi ile birlikte Amerika Birleşik Devletleri dünya

ekonomisinde lider noktaya gelmiştir. 1950'li yıllarda Japonya'da Toyota mühendisleri Taiichi Ohno, Shigeo Shingo ve Eiji Toyoda'nın önderliklerinde yalın üretim sistemi, bu kitle üretim sisteminden daha farklı bir yapı ve anlayış olarak ortaya çıkmıştır. Yalın üretim sisteminin esas amacı müşterinin istediği anda, istediği kalitede ve istediği miktarda ürünün müşteriye ulaştırılmasıdır (Maraşlı vd., 2016).

1950'de Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno, Ford firmasını incelemek adına Amerika'ya gittiklerinde Ford'un uygulamış olduğu yığın üretim sisteminin Japonya için uygun olmadığına karar verirler. Çünkü o dönemde II. Dünya Savaşı'ndan galip devlet olarak ayrılmış olan Amerika Birleşik Devletleri'nde halkın ekonomik durumu gayet iyi bir seviyede olup, üretilen otomobillere talep hayli yüksekti. Ancak aynı savaşta bir mağlup devlet olarak ayrılmış olan Japon halkı için durum tam tersi idi. Amerika'da refah seviyesi yüksek olan halkın otomobillere olan talebi de yüksek olunca Ford, yığın üretim sisteminde yüksek stoklar ile çalışabilmekteydi. Japonya'da ise halkın refah seviyesi düşük olduğundan otomobil talepleri son derece düşüktü ve stoklu çalışma imkânı yoktu. Bu sebeple, Toyoda ve Ohno Ford'un uyguladığı sistemin kendileri için uygun olmadığını düşünüp yeni bir sistem kurmaları gerektiğini düşündüler.

Yaptıkları saptamalara göre; yığın üretim sisteminde üretimdeki her öge ya da unsur mümkün olduğunca çok sayıda kullanılmakta ve bu yüzden üretim çok sayıda israf içermektedir. İsrafın ana kaynağı, üretim sistemi içerisindeki her bir kişi ya da makinenin sadece tek işe göre programlanmış olup, bir işe göre görev tanımlamasının olmasıdır. Bu özellikle istenen bir durumdur. Üretimde bu şekilde bir organizasyon kurulması, üretim elemanlarının ya da makinelerinin gereksiz yere kitlesel boyutlarda kullanılmalarına yol açmaktadır ve üretim esnek yapısını kaybetmektedir. Ayrıca, çalışan işçilerin tamamen el melekесinden yararlanılıp iş geliştirme süreçlerine dâhil edilmemektedirler (Aslantaş, 2014).

Japon pazarının küçük, ekonomisinin zayıf, halkın refah seviyesinin düşük olmasından dolayı Japon üreticileri için, tek bir iş yapan işçi ve makinalar topluluğu ile az modelde araçtan yılda milyonlarca imal etmek akıllıca bir

yaklaşım değildir. Japon üreticileri ise çok sayıda farklı tipteki araçlardan az miktarlarda üreterek, düşük maliyet tutturma zorunluluğu hissetmişlerdir. Bu sebeple üretimi maliyeti arttırıcı tüm israflardan ve gereksiz noktalardan arındırmaya karar vermişlerdir (Aslantaş, 2014).

Yalın üretimin asıl önemi, diğer Japon firmaları tarafından 1971 petrol krizi sonrasında anlaşılmış ve yalın üretim ülke geneline yayılma imkânı bulmuştur. Bu üretim sistemi 1980'lerin başından itibaren Amerika ve Avrupa'da da duyulup uygulanmaya başlanmış ve daha sonrasında bütün dünyaya yayılmıştır (Kaymakçı, 2012).

Yalın üretim sistemi sayesinde Japon malları, 1980'lerden önce Avrupa'da kalitesiz ve ucuz ürünler olarak görülürken, 1980'lerden sonra artık kaliteli ve düşük maliyetli ürünler olarak görülüp, talebi hayli yüksek ürünler haline gelmiştir. Daha sonraki yıllarda yüksek kalite ve düşük fiyatlı ürün çıktıkları üreten Japon üretim sistemi olan yalın üretim sistemi, Avrupalı şirketlerin dikkatini çekmeyi başarmıştır.

“Yalın” tanımı ilk kez John Krafcik tarafından 1988'de yazdığı “Yalın Üretim Sisteminin Büyük Zaferi” başlıklı makalesinde kullanılmıştır. Böylece daha önceleri Toyota Üretim Sistemi adı ile bilinen yöntem dünyaya ‘Yalın Üretim’ terimi adı altında yayılmaya başlamıştır. Womack ve Jones 1990 yılında yayınlanan “Dünyayı Değiştiren Makine” isimli kitapta Toyota Üretim Sistemi bazlı bir sistem anlatmışlardır. Yığın üretim sistemine karşı Toyota Üretim Sistemi'nin başarılı olduğu anlatılmıştır. Yalın üretimi çeşitli başlıklara ayırarak incelemişler ve yalın düşüncenin yayılmasında önemli rol oynamışlardır. (Kubanlı, 2018).

2.2 Yalın Düşüncenin İlkeleri

Womack ve Jones'a göre yalın düşünce 5 ana ilkeye (değer, değer akışı, akış, çekme ve mükemmellik) dayanmaktadır (D. Şahin & Akolaş, 2020). Bu ilkelerin açıklamaları şu şekildedir:

- **Değer:** Yalın düşünce değer tanımı ile başlar. Değer; üretilen ürün ya da hizmetin müşteriye en doğru zamanda, en uygun fiyattan ulaştırılmasını sağlayan ve müşteri tarafından belirlenen kabiliyetlerdir (Ö. U. Türkan, 2010). Değer, müşteri tarafından tanımlanır. Yalın düşüncede ilk soru “Müşterinin beklentisi nedir?” sorusudur ve değeri bu soru tanımlamaktadır (Sarı, 2018a). Yani değer müşterinin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan ve bu yolla ürüne ya da hizmete fayda sağlayan şeylerin bütünüdür diyebiliriz.
- **Değer Akışı:** Ürüne dönüştürülecek olan hammaddenin, ilk üretim istasyonundan başlayarak müşteriye sevkiyatına kadar geçen katma değer oluşturan ya da oluşturmayan tüm süreçleri kapsar (Aydın, 2015). Değer akışının tanımlanması ile birlikte önceden tespiti yapılmamış olan problemlerin tespit edilerek kök nedenlerin bulunması amaçlanmaktadır. Bunun için süreç incelenir ve analiz edilir (Çelebi Gürsoy, 2020). Değer akış yollarının tanımlanması için ilk olarak değer akış yollarının haritalandırılması yapılır. Daha sonra akış yolu üzerindeki israfa sebep olan noktalar tanımlanır ve israfların ortadan kaldırılması için çözüm yolları üretilir (Kaymakçı, 2012).
- **Akış Prensipleri:** Değer tanımı yapıldıktan ve değer akış haritası çıkarılıp israfa sebep olan etkenler ortadan kaldırıldıktan sonraki adım, değer yaratan noktaların akışının sağlanmasıdır (Womack & Jones, 2015). Akış prensibi ile değer yaratan adımların akış halinde olması anlaşılmalıdır. Akış; değer akımı üzerinde yer alan süreçlerin ve ürünlerin, siparişten müşteriye teslimatına kadar duruş, israf ve yeniden üretim olmadan ulaşımının sağlanacağı şekilde ilerlemesidir (D. Şahin & Akolaş, 2020).
- **Çekme:** Tüm istasyonların, kendisinden sonra gelen istasyonun o an ihtiyacı olan kadar parçayı tam zamanlı olarak üretmesi demektir (Doğan & Kama, 2021). Çekme, müşteri talep etmeden, ürünün istasyonlar arasında çekilemeyeceğini yani ürün ya da hizmetin üretilmeyeceğini belirtir (Efe & Engin, 2012).

Çekme uygulandığında aşırı stok oluşumu gerçekleşmez, fazla üretimden kaynaklı hurda ve firelerin önüne geçilir, müşteri talebindeki değişikliklere anlık uyum sağlanabilir (Aydın, 2015).

- **Mükemmellik:** Mükemmelliğin hiçbir zaman son noktası yoktur ve devamlı süregelen bir yoldur. Bu açıdan kavram aslında “sürekli iyileştirmeler” olarak görülmelidir. Yalın düşüncenin bakış açısına göre “iş doğru yapmak” yerine “doğru işi bir defada yapmak” gerekir (Ö. U. Türkan, 2010).

Mükemmelliğe tam manasıyla ulaşamaz, imkânsızdır. Ancak bunun için gösterilecek çabalarla mükemmelliğe her defasında daha fazla yaklaşılabilir. İşletmeler mükemmellik anlayışlarını devam ettirirken gelişim adına gerekli olacak tasarım ve teknolojileri de öngörebileceklerdir (Kaymakçı, 2012).

2.3 Yalın Üretimde Kullanılan Teknikler

Yalın üretim sistemi, kullanılan yöntem ve teknikler açısından oldukça geniş bir alana sahiptir. Adından da anlaşıldığı üzere karmaşıklığın çözülmesi ve yalın, basit bir bakış açısıyla israfların azaltılması yönünde bir çıkış noktası bulunan bu yöntem, zamanla geliştirilen çeşitli tekniklerle oldukça geniş bir yönetim sistemine dönüşmüştür.

2.3.1 5S

5S, verimliliğin artırılması, kayıp zamanların ve israfların ortadan kaldırılması adına uygulanan bir çalışma ortamı düzenleme ve denetleme yöntemidir.

5S, bir yalın üretim sistemi tekniği olarak Japonya’da ortaya çıkmıştır. Japonca baş harfleri S ile başlayan 5 kelimedenden türetilmiştir. Çalışma ortamlarında bir düzen sağlanması, fazla malzeme stokuna engel olunması, çalışanların verimliliğinin artırılması, çeşitli israfların azaltılması amacıyla uygulanan bir sistemdir (Tekin vd., 2018).

5S’in sağladığı başlıca faydalara baktığımızda (Kaymakçı, 2012);

- Hataların daha kolay bir şekilde fark edilmesi ile kalitenin artırılması,
- İsrar noktalarının tespit edilmesi ve yok edilmesi sayesinde maliyetlerin azalması,

- Süre kayıplarının önüne geçilmesinden dolayı ürünlerin tam zamanında teslim edilebilmesi,
- Elde edilen düzen sayesinde iş kazalarının mümkün mertebe azaltılması,
- Takım, alet ve edevatların yerlerinin önceden belli olmasından dolayı hazırlık sürelerinin kısaltılmasını sağlamaktadır.

2.3.1.1 5S Tekniğinin Adımları

5S Tekniği, Japoncada Seiri (sınıflandırma), Seiton (düzenleme), Seiso (temizlik), Seiketsu (standartlaştırma) ve Shitsuke (devamlılık ve disiplin) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Çalışma ortamlarında düzen ve temizliğin elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir. (Kaymakçı, 2012).

Seiri, 5S tekniğinin ilk adımıdır. Çalışma ortamındaki gereksiz ve kullanılamaz olan şeylerin belirlenmesi, çalışma ortamından uzaklaştırılması ve gerekli olan şeylerin kullanılacakları zamana göre sınıflandırılması anlamına gelir (Sremcev vd., 2018).

Seiton, dengelemek, organize etmek ve düzene koymak olarak tercüme edilmiştir. Hataların oluşmasını önlemek ve darboğazları ortadan kaldırmak için uygulanır (Sremcev vd., 2018). Bu aşamada çalışma ortamında ihtiyaç duyulan ekipmanların kolayca bulunabilmesi için bir düzenleme yapılır (Çanakçıoğlu, 2019).

Seiso, temizlik olarak tercüme edilmektedir. Toz, kir ve atıkların ortadan kaldırarak tüm çalışma ortamının düzenini sağlamak için temizlik standartlarının korunmasıdır (Sremcev vd., 2018). Temizlik aşaması, çalışma ortamının her zaman temiz ve bakımlı olması, makine ve ekipmanların temiz tutulması açısından önemlidir. (Tekin vd., 2018).

Seiketsu, standartlaştırma aşamasıdır. Daha önce anlatılan üç adımı sürdürmek amacıyla çalışma standartlarının oluşturulmasını ifade eder (Sremcev vd., 2018). Temizlik aşamasının ardından, önceki adımların iyileştirilmesi adına standart prosedürlerin ve kuralların konulması aşamasıdır (Çanakçıoğlu, 2019).

Shitsuke, sürekliliğin oluşturulması ve disiplin olarak tercüme edilmiştir. Son 4 adımda tanıtılan, çalışma ortamındaki gelişmeleri sürdürmek amacıyla uygulanan bir disiplini ifade eder (Sremcev vd., 2018). Yapılan iyileştirme ve çalışmaların takibi, kontrolü, denetimi ve sürdürülmesi açısından önemlidir. Shitsuke aşaması devam ettirilmezse yapılan tüm iyileştirmeler eski haline dönebilir.

2.3.2 Kaizen

Kaizen, Japonca'daki “kai (değişim)” ve “zen (daha iyi)” manalarına gelen iki kelimenin birleşimidir. Kaizen, devamlı iyileştirme ve sürekli gelişim düşüncesi olarak kullanılmaktadır. Kaizen sadece işte değil aynı zamanda evde ve sosyal hayatta da gerçekleştirilen devamlı iyileştirme faaliyetleridir. Bu tanımlama bir çalışma ortamına uygulandığında amirinden işçisine, yöneticisinden şefine kadar herkesi kapsamaktadır. Kaizeni tanımlamak istersek, kademeli ve devamlı gerçekleştirilen iyileştirme çalışmaları ile işleri daha iyi yapmak, standartları sürekli geliştirmek ve her defasında daha iyisini yapmaya çalışmaktır (Ertaş, 1999).

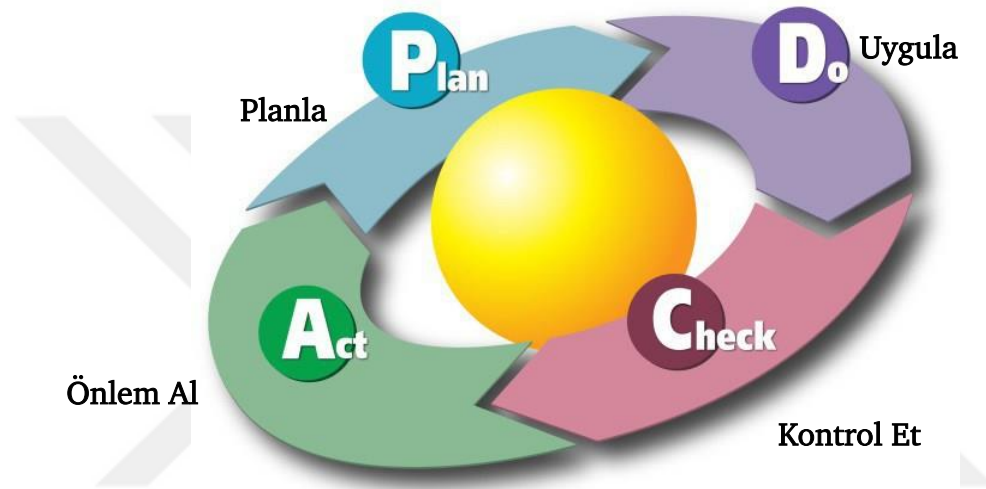
Yalın üretimde Kaizen tekniği, genel olarak firmalar tarafından üretim oranlarını iyileştirmek ve verimi arttırmak için kullanılmaktadır. Kaizenin odak noktası, müşteri memnuniyeti ve rakiplere karşı rekabet gücünü arttırmaktır. İşçilerin, teknolojinin ve çeşitli süreçlerin katılımıyla sürekli iyileştirme yapılarak maliyetlerin azaltılması sistemidir. Kaizen felsefesi, sonuç odaklı bir sistem değil süreç odaklı bir sistemdir. Süreçler devamlı olarak iyileştirildiğinde zaten sonuçlar da iyileşecektir. Kaizen sisteminde işyeri çalışanları sistemin ana kaynağıdır. Onların yetiştirilmesi ve eğitim verilmesi önemlidir (Özdağoğlu & Rebiş, 2016).



Şekil 2.1 Kaizen kelimesini oluşturan karakterler (Ulugüner, 2021)

Kaizenin sahip olduğu yedi prensibi sıralayacak olursak (Cinoğlu, 2013);

1. Problem kabul edilmelidir.
2. Finansal anlamda çok yatırım gerektirmeyen projeler seçilmelidir.
3. Önce "bizim" problemlerimize bakın "onlarınkine" değil.
4. Sadece ekonomik çıkar açısından yaklaşılmamalıdır.
5. Önceliğin ne olduğu belirlenmelidir.
6. Planla, uygula, kontrol et, önlem al (PDCA) evrimi izlenmelidir.
7. Doğru özüm.



Şekil 2.2 PDCA döngüsü (PDCA Döngüsü, 2021)

2.3.3 SMED

İngilizce'deki açılımı "single minute exchange of die" olan SMED'in Türkçe karşılığı, tekli dakikalarda kalıp değiştirmedir. SMED, bir üretim işi için ayar ya da değiştirme süresini azaltmak veya tamamen bu süreyi yok etmek için kullanılan bir tekniktir (Çelebi Gürsoy, 2020).

Amaç; kalıp değişiminden önce, kalıp değişimi sırasında ve kalıp değişimi sonrasında uygulanması gereken aşamaların, 5S gibi çeşitli yalın metotlar kullanılarak en kısa sürede gerçekleştirilmesidir. SMED, işlemde olan ürünü üretmekten, bir sonraki işlenecek ürüne geçişi mümkün olan en kısa süreye düşürerek, israfın ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. (Ayna, 2021).

SMED'in aşamaları aşağıdaki gibidir (Kaymakcı, 2012):

1. Kademe: İç ve dış setup'ın birbirinden ayrılması.
2. Kademe: İç setup'ın dış setupa dönüştürülmesi.
3. Kademe: Setup'ın bütün aşamalarının iyileştirilmesi.

Bu aşamaların ayrıntılı açıklamaları aşağıdaki gibidir (Cinoğlu, 2013):

1. İlk olarak, bir kalıptan diğer kalıba geçiş süresi için makine durduğunda yapılan çalışmalarla (iç setup), makine çalışırken yapılan çalışmaların (dış setup) belirlenmesi ve mümkün mertebe yapılan çalışmaların makine çalışırken yapılmasını sağlamaktır.
2. Kalıp değişim süresini kısaltmak adına mümkün mertebe kalıp değişimi esnasında rulmanlı ya da taşıyıcı sistemlerin kullanılmasıdır.
3. Kalıp bağlama noktalarının ve kalıpların bağlantı elemanlarının standartlaştırılması önemlidir. Kalıpların bağlantı elemanları ve bağlantı noktaları ne kadar ortak olursa bağlama süreleri de o oranda kısalmaktadır.
4. Kalıpların bağlantı noktalarında civata ya da dişli mekanizmaların azaltılması da yine süreden tasarruf sağlayacaktır.
5. Genel olarak, kalıp değiştirme süresinin yaklaşık %50'si, kalıp yerleştirildikten sonra yapılan ayarlama ve deneme çalışmalarına gider. Kalıbın istenen şekilde direkt olarak yerine oturması sağlanırsa, bu süre kayda değer şekilde azaltılabilir. Bunun için kaset sistemi gibi bir dokunuşa oturmayı sağlayan sistemler kullanılabilir ve kalıp takıldıktan sonra yapılan ayarlama süresi ortadan kalkar.
6. Devamlı kullanılan kalıplar makinelere yakın olursa taşıma süreleri de bir hayli kısalmış olur.

SMED'in gerçekten iyi sonuçlar elde etmesine dair örnek verecek olursak; 1990'ların başında Türkiye'de otomotiv sanayinde kullanılan büyük pres makinalarında setup süresi yaklaşık 45 dk. iken, 1971'de Toyota'da bu işlem sadece 3 dk.'dır. (Aslantaş, 2014).

SMED çalışmalarının çarpıcı sonuçlarına bir örnek olarak da formula araçlarının Pit Stop sürelerini verebiliriz. 1950 yılında bir F1 aracının Pit Stop'a girdiğinde

lastiklerin değişim süresi yaklaşık 66 sn. sürerken, 2013 yılında bu süre yalnızca 3 sn. olarak kaydedilmiştir.

2.3.4 Poka-Yoke

Poka-Yoke'yi, hata engelleme olarak ifade edebiliriz. Bu yöntemde amaç, hataların önceden görülüp önlenerek, sonraki safhalara geçmesini engellemektir (Tağman, 2021).

Bu yöntem Shingo tarafından geliştirilmiştir ve hataların en baştan önüne geçerek sürecin mükemmelleştirilmesini amaçlamıştır. Üretimde hatalar azaltıldığında da maliyetler azalacaktır (Çelebi Gürsoy, 2020).

Poka-Yoke, hataları önlemeye yönelik ve hataları bulmaya yönelik olarak ikiye ayrılır. Önlemeye yönelik Poka-Yoke, adından da anlaşılacağı üzere uygun tekniklerle hata olmadan önce hatayı öngörerek engellemeyi hedeflemektedir. Bulmaya yönelik Poka-Yoke ise hata olduktan sonra farkına varıp, hatanın devam etmesini engellemek adına yöntemler geliştirmeyi hedeflemektedir. (Kaymakçı, 2012).

Shingo'ya göre hatalar ile hatalı arasında önemli fark vardır. Hatalı ürün insanlar hata yaptığı için ortaya çıkar. Hatalar kaçınılmaz olsa bile sürece hatayı engelleyecek bir hareket eklenirse ürün hataları önenebilir. Yapılacak bu hareket, hata oluşmadan hatayı yok ederek ürünlerin doğru bir şekilde çıkmasını sağlar (Oskaloğlu, 2019).

Poka-Yoke'nin üretimde uygulanabilmesi için oluşturulan temel prensipleri aşağıdaki gibidir (Kaymakçı, 2012):

1. Kaliteyi süreçlere yerleştirin. Böylece bir hata yapılmış olsa da sistemin içerisinden hatalı ürün çıkmayacaktır.
2. Gerekli özen gösterilmeyip hataların yok edilemeyeceği düşünülebilir ancak süreç iyi incelenirse her hataya bir çözüm yolu bulunabilir.
3. Doğruluğundan emin olunmayan işlemleri gerçekleştirmeyin. Üretim ortamında doğruluğu bilinmeyen işlemler gerçekleştirilmemelidir.

4. Mazeret üretilmemeli, nasıl doğruya ulaşılacağı düşünülmalıdır. Meydana gelen hatalar için mazeret üretmek yerine hataların nasıl yok edilebileceği ve nasıl iyileştirmeler yapılabileceği düşünülmalıdır.
5. %60'lık başarı şansı varsa yeterli bir orandır. Yapılacak iyileştirmeler için kusursuz bir öngörü ya da başarı şansı gerekmez. Eğer yapılacak iyileştirmenin %50'den fazla başarı şansı varsa harekete geçilmelidir.
6. Hatalar ve kusurların giderilmesine yönelik topyekûn bir çaba sarf edilmelidir. Hata ve kusurları giderme noktasında tüm çalışanların sürece katılması gerekmektedir. Tek ya da kısıtlı sayıdaki çalışanın katılımı ile iyileştirmeler istenildiği gibi sağlanamaz.
7. On beyin bir beyinden daha iyidir. Hataların önlenmesi için konuyla alakalı kişilerin katılımıyla gerçekleştirilecek beyin fırtınası son derece etkili olacaktır.
8. 5 defa neden 1 defa nasıl sorularını sorma yolu ile çözüm üretilmelidir. Hataların yok edilmesi için kök nedenlere inilmelidir. Problemin çözümü ve kök nedene inebilmek için 5 defa neden sorusu sorulmalı, daha sonra hatayı nasıl tespit ederiz diye sorulmalı ve bulunan çözüm yolu uygulanmalıdır.

2.3.5 Just-In-Time (Tam Zamanında)

Tam zamanında üretim, müşterinin talep ettiği ürünlerin, talep ettiği anda ve talep ettiği miktarda üretilmesi manasına gelmektedir. Bu sadece nihai ürünün müşteriye sevk edilmesini değil, tüm değer akışı boyunca iç müşterilere istenen parçanın zamanında ve istenen miktarda teslim edilmesini de kapsar. Bu sistem, yarı mamul ve mamul haldeki tüm ürünün stoksuz bir şekilde ya da minimum stokla üretilmesini kapsar (S. Şahin, 2005).

Tam zamanında üretim sisteminin genel hedefleri aşağıdaki gibidir (Tağman, 2021):

- Üretimde hata oranını sıfıra indirmek,
- Ön hazırlık zamanını sıfıra indirmek,
- Stok seviyesini sıfırlamak,
- Taşıma süreleri gibi kayıp süreleri sıfıra indirmek.

Just-in-time artık Toyota'nın dışına çıkmayı başarmış bir tekniktir (Turgut, 2010).

Günümüzde birçok firma bu tekniği kullanarak minimum stok sistemi ile çalışmaktadır. Böylece firmalar, yüksek stok miktarlarının getirdiği mali yükten kurtulmaktadırlar.

2.3.5.1 Kanban

Yalın üretimdeki çekme sisteminde bilgi akışını sağlayan tekniğe kanban denir. Kanban, iş istasyonları arasında kontrolü sağlayan bir çekme yollu malzeme akışı meydana getirir (D. Şahin & Akolaş, 2020).

Japonca bir kelime olan kanbanın kelime anlamı "kart" tır. Kanban sistemi üretim çizelgelemek, envanter kontrolü sağlamak ve üretim operasyonlarını gerçekleştirmek amacıyla bir kart kullanır. Kanban genellikle plastik şeffaf bir zarfın içindeki dikdörtgen şeklindeki bir karttır (Aslantaş, 2014).

Kanban kartı talebin son üretim prosesinden başlanarak, her prosesin bir önceki procesten ihtiyaç kadar malzeme çektiği bir araçtır. Ayrıca kanban envantere bir eksiklik olmadan iş istasyonunun tüketimini karşılamalı ve stok güvenliği seviyesini koruyarak sifıra düşmekten kaçınmalıdır (Çelebi Gürsoy, 2020).

Kanban kartı üzerinde yer alan bilgiler aşağıdaki gibidir (Cinoğlu, 2013):

1. Kullanıldığı yer,
2. Parça numarası,
3. Parça adı,
4. Parça tanımı,
5. Kanban numarası,
6. Parça sayısı,
7. Kanbanın devamlı olarak konulduğu kutuyu tanımlayan kod numarası veya adı,
8. Kanbanın teslim edileceği iş istasyonunun kod numarası veya adı.

Kanban temel olarak çekme kanbanı ve üretim-sipariş kanbanı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Çekme kanbanı, iş istasyonlarının bir önceki iş istasyonundan çekmek istediği parçanın cinsini ve adetini belirterek parça çekmek amacıyla kullandıkları kanbandır (Aslantaş, 2014).

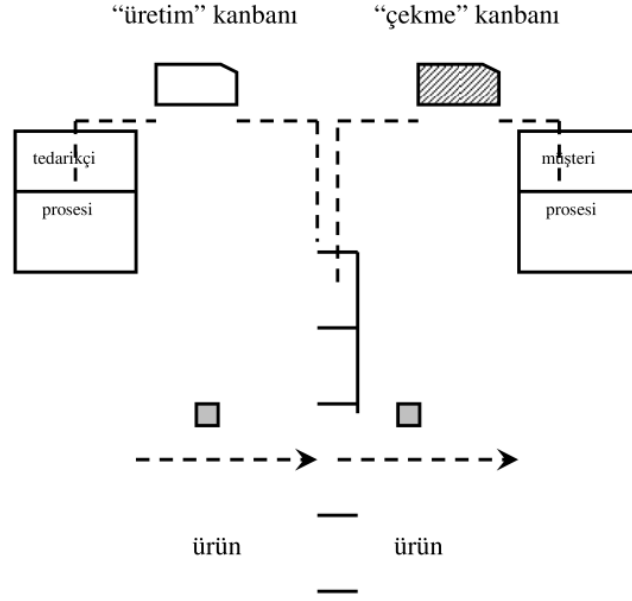
Üretim- sipariş kanbanı, bir önceki iş istasyonu için üretilmesi gereken parça cinsi ve adetini belirleyen kanbandır. (Aslantaş, 2014).

Kanban tekniğinde kullanılan “süpermarket” sistemi, Taiichi Ohno’nun Amerika’daki süpermarket sisteminden etkilenmesiyle ortaya çıkmıştır ve süpermarketlerin işletilmesindeki temel prensipleri Toyota’daki üretim hatlarına uygulamıştır. Bilindiği üzere süpermarketlerde müşteriler doğrudan çok ve belirlenmiş adette farklı ürünle karşılaşır. Genel olarak raflar boşaldığında, o raftaki mal için sipariş verilir. Kanbanın temelini oluşturan bu fikir, bir Amerikan süpermarketinin işleme sisteminden gelmektedir. (Turgut, 2010).

Sistem içerisinde sürekli akış sisteminin mümkün olmadığı ve yığın üretimin gerekli olduğu süreçler olabilir. Bunların nedeni (Rother & Shook, 1999):

- Bazı prosesler diğer proseslere göre çok hızlı ya da çok yavaş çevrim sürelerinde çalışıyor olabilir. Bu tip prosesler genelde çok sayıda ürün ailesine hizmet ettiğinde model değiştirme sıklığı yüksektir.
- Bazı durumlarda tedarikçi proses ile müşteri prosesin mesafe olarak yakınlştırılabilmesi mümkün olmayabilir.
- Bazı proseslerin güvenilirlik oranı çok düşük olabilir ve diğer proseslere sürekli akış yoluyla direkt olarak bağlanmak için uzun akış süresine sahip olabilirler.

Süpermarket tedarikçi prosese ait olduğundan sol tarafı tedarikçi prosese bakacak şekilde sembolize edilmiştir (Rother & Shook, 1999).



Şekil 2.3 Kanban kartları ile süpermarket çekme sistemi (Ahmetoğlu, 2007)

Kanban malzeme akışı aşağıdaki gibidir (Ayna, 2021):

1. Bir sonraki istasyon görevlisi, ihtiyaç duyduğu zaman çekme kanban kutusundaki kanban kartı ve içi boş kasa ile birlikte bir önceki istasyonun süpermarketine gider.
2. Görevli, süpermarketteki dolu kasayı alır, dolu kasanın içindeki üretim kanbanını üretim kanbanı kutusuna koyar ve boş kasayı da önceden belirlenmiş olan alana bırakır.
3. Boş kasanın içindeki çekme kanban kartını dolu kasaya koyar. Böylece üretim ve çekme kanban kartlarını yer değiştirmiş olur.
4. Süpermarketten alınan kasa işleme alındığında çekme kanbanı kartı, çekme kanbanı kutusuna konur.
5. Bir önceki proses çalışanı, üretim kanbanı kutusundaki sıralamaya göre üretimi yapar.

2.3.5.2 FIFO

Bazı durumlar söz konusu olduğunda süpermarketlerde ürüne ait parçalar için stok tutulması uygulanabilir olmaz. Özellikle özel ürün çeşitliliğinin fazla olduğu istasyonlar arasında süpermarketteki çeşitlilik aşırı derecede olacağından çok

mantıklı olmayacaktır. Bu tip durumlarda süpermarket yerine, akışı sağlayacak olan FIFO (first in first out) hattı kurulabilir. Ayrıca özel üretimli ürünlerin, kısa raf ömrüne sahip parçaların ve seyrek kullanılan pahalı parçaların olduğu durumlarda da FIFO hattı kurulması pratik olacaktır. FIFO hattı dolduğunda müşteri proses stokun belirli bir kısmını kullanıncaya kadar tedarikçi proses, üretimi durdurmalıdır (Rother & Shook, 1999).

FIFO hattı, giriş kısmında tedarikçi proses ve çıkış kısmında müşteri proses olan ve belirli miktarlarda stok tutabilen bir boru gibi düşünülebilir. FIFO hattı dolduğunda tedarikçi proses üretimi durdurur (S. Şahin, 2005).

2.3.5.3 Takt Zamanı

Takt Almanca kökenli bir kelime olup, ritim ya da metre anlamını taşımaktadır. Takt müşteri talep hızıdır ve üretim için hedef olarak belirlenen zamandır. Takt zamanının amacı, üretim hızı ile müşteri talebinin örtüşmesidir (Sarı, 2018a).

Satış adetleri genellikle günlük ya da haftalık olarak hesaplanmaktadır. Takt zamanının amacı uygulamadaki üretim hızını belirlemek olduğundan, günlük ya da haftalık satışlar bu sürede çalışılan vardiya sayısına bölünerek vardiya başına düşen miktar hesaplanmaktadır (Ahmetoğlu, 2007).

Takt Zamanı = Vardiya başına kullanılan iş zamanı / Vardiya başına müşteri talep miktarı (Zahraee vd., 2020).

2.3.6 Heijunka (Üretim Hattı Dengeleme)

Heijunkayı Türkçe'ye "düzgün üretim" ya da "dengelenmiş üretim" olarak çevirebiliriz. Heijunka, en üstten en alta kadar "kendi işini kendin planla ve "üretimi dengele"nin ifade şeklidir. Heijunka, imalat kaynaklarının ve müşteri taleplerinin ürün çeşidine ve hacmine göre planlanmasını içerir (Ahmetoğlu, 2007).

Heijunkanın en önemli fonksiyonu, üretimin müşteri taleplerindeki değişikliklere, daha önceden hesaplanmamış bitmiş ya da yarı mamul haldeki ürün stokları ile karşılaşmaksızın, adapte olabilmelerini sağlamaktır. Aynı hat üzerinde çok sayıda

model ya da ürünün üretilmesi, gerekli olan hat sayısını ve fabrika alanını azaltır. (Çanakçıoğlu, 2019).

Heijunka sisteminde; bir dönemdeki müşteri talebi hacmi hesaplanır ve bu taleplerden her gün aynı miktar ve çeşitte üretilir (D. Şahin & Akolaş, 2020).

- Talebin istenen anda üretilebilme esnekliğini sağlar. Her üründen az miktarda üretim yapıldığı için müşteri taleplerine daha rahat cevap verilebilir.
- Acil bir şekilde yani acele edilerek üretim yapılmadığı için hata oranları düşer,
- Müşteri talepleri dengelenir ve daha rahat öngörülebilir.
- Yığın halinde üretim yapılmayıp müşterinin talebi doğrultusunda üretim yapıldığından dolayı stok maliyeti azalır.
- Aynı hat üzerinde çok sayıda ürün montajı yapılabildiği için hat sayısı ve alanı azalır.
- Dengeli bir işgücü sağlar.
- Üretim sisteminin verimi artar ve çalışanlara aşırı yük binmez.

Heijunka yöntemini örnekleyecek olursak; A, B, C ve D olmak üzere dört tane model üreten bir firma olduğunu varsayalım. Bir haftada A'dan beş tane, B'den üç tane ve C ile D'den ise ikişer tane sipariş olduğunu varsayalım. Bu durumda model değişikliğini minimuma düşürmeyi düşünen bir firmanın üretim sırasını AAAAABBBCDD şeklinde yapması gerekir. Fakat başka proseslere büyük ve seyrek sipariş göndermenin olumsuz yönlerini bilen yalın zihniyetteki firma, model değişikliğini en aza indirmenin yanında büyük ve seyrek sipariş göndermenin olumsuzluklarını da göz önünde bulundurarak AABCDAABCDAB gibi bir üretim sırasını izler (Çelebi Gürsoy, 2020).

2.3.7 Tek Parça Akışı

Tek parça akışı Taiichi Onho tarafından ortaya atılmış bir kavramdır. Üretimdeki akışın birbiri ardına akacağı şekilde kurulmasını sağlayan bir tekniktir (Çelebi Gürsoy, 2020).

Tek parça akışında ürünün üretim sürecinde yer alan tüm makine ve parçaların işlenme sırasına göre sıralı bir şekilde yerleştirilmesi ve parçaların bekleme olmaksızın bir sonraki istasyona geçmesi gerekmektedir (Doğan & Kama, 2021).

Tek parça akışının uygulanması sırasında dikkat edilmesi gerekenler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Şeker, 2016):

- Personellerin yapacakları işe uygun yetkinlik ve yetenekte olması,
- İşlem ve sürecin karmaşıklık derecesi,
- Ürün montajının karmaşıklık derecesi,
- Personel, teknoloji ve iş yapısı arasındaki denge.

Tek parça akışının uygulanması noktasında yardımcı olacak önemli bazı noktalar şunlardır (Kaymakçı, 2012):

- Verilen görevin ve hedeflerin yerine getirmesi için personel ve çalışanlar iyi seçilmeli,
- Çalışanlara gerekli çalışmaların yapılabilmesi için gerekli fırsat ve zaman verilmelidir,
- Hâlihazırdaki yöntemler iyi incelenmelidir,
- Tüm yöntemler test edilmelidir,
- İsrâf noktaları iyi tanımlanmalı ve tespit edilmelidir,
- Belirlenen hedefler açık ve ölçülebilir olmalıdır,
- Görev dağılımı tam anlamıyla yapılmalıdır,
- Simülasyon ve test yöntemiyle en iyi uygulama gözlemlenmelidir,
- Farklı yöntem ve seçeneklerin performans değerleri kıyaslanmalıdır,
- Tüm çalışanların rahatça uygulayabileceği standartlar oluşturulmalıdır,
- Oluşturulan standartlar sürekli olarak iyileştirilmelidir,
- Tüm personele eğitim verilerek standartlar öğretilmelidir,
- Malzeme akışı ve süreç analiz edilip devamlı geliştirilmelidir,
- Operatörler işe dâhil edilerek yapılan işi onların da sahiplenmesi sağlanmalıdır.

Tek parça akışında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri çalışanların alışkanlıklarıdır. Çalışanlar stoklu ve biriken iş stilinde çalışmayı severler ve böyle çalıştıklarında daha verimli olduklarını ifade ederler. Böyle çalıştıklarında daha hızlı çalıştıklarını da iddia ederler. Ancak tek parça akışı bir çalışanın çalışma hızına bağlı olarak işlememektedir; hattın tamamını düşünen, kurgulayan ve toplam zamanı göz önünde bulunduran bir sistemdir. İlk etapta uygulaması zor olsa da sistem kurulduğunda son derece verimli ve uygulanabilir bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır (Kubanlı, 2018).



İşletmeler hayatta kalmak ve büyümek için değişen rekabet koşullarına ayak uydurmak zorundalar. Bunu başarmanın en önemli noktalarından biri de üretim ortamında yapılan süreç iyileştirme çalışmalarıdır. Yapılan çalışmalarla israf noktaları ve değer yaratmayan faaliyetleri tespit eden firmalar, bu faaliyetleri en aza indirmek için çeşitli yöntemlere başvurmuşlardır. Bu yöntemleri analiz eden birçok firma, iyileştirme çalışmalarını devamlı surette yaparak sürekli gelişimi hedef tutmaktadır. Bu sayede üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltan ve kaliteyi arttıran firmalar, müşterilerine daha uygun fiyatla daha kaliteli ürün sunabilmektedir.

3.1 Süreç İyileştirme Çalışmalarında Son Yıllarda Sıklıkla Kullanılan Üç Yöntem

Üretim ortamında kullanılan çok sayıda süreç iyileştirme yöntemleri mevcuttur. Bu çalışmada, literatür taraması neticesinde özellikle sıklıkla kullanılan üç yönteme değinilmiştir.

3.1.1 Altı Sigma Yöntemi

Altı sigma metodolojisi, 1985 yılında Motorola tarafından kalite felsefesine entegre edilerek öne sürülmesine rağmen yaklaşık bir asırlık geçmişi vardır. Altı sigma kavramı “kalite”yi, ürün, hizmet veya diğer özelliklerin %99,73'ünün istenilen özelliklere uygun olması olarak tanımlamaktadır. Altı sigma uygulayan firmalar, genel kalite düzeyinde daha iyi sonuçlar elde edebilmek için bir ürün, hizmet veya herhangi bir özelliğin kusur oranını milyonda 3,4'ten az olarak belirlemişlerdir (Gerger, 2017).

Altı sigma, ürün kalitesini ve şirket verimliliğini arttırmaya odaklanan, müşterilere daha fazla değer veren bir süreçtir. Beş aşamada uygulanır (Indrawati & Ridwansyah, 2015);

- Tanımla,
- Ölç,
- Analiz et,
- İyileştir,
- Kontrol et.

Altı sigma, hataların ve israfların kaynağını tespit etmek ve ortadan kaldırmak için veri toplama ve istatistiksel analizleri kullanan veriye ve bilgiye dayalı bir yöntemdir (Can, 2006).

Altı sigma, operasyonların hepsini sürekli iyileştirme süreçlerine dönüştürür. Altı sigmanın amacı, milyonda 3,4 hata ile varyasyonları azaltarak hataları en aza indirmektir. Amaç ilk seferde doğru yapmaktır. Altı sigmanın en kritik noktası müşteridir. Altı sigmada çıktı, müşteri gereksinimleriyle tanımlanır. Bir Yunan Alfabeti harfi olan sigma “σ” ile gösterilir. Bu harf standart sapmayı gösterir. Altı sigma, ana yapı olarak standart sapmayı kullanır. Standart sapma, istatistik kurallarında verilerin ortalama değerden ne kadar uzak olduğunu gösteren bir göstergedir. Düşük standart sapma durumlarında veriler ortalama değere yakın, yüksek standart sapma durumlarında veriler ortalama değerden uzaktır. Daha yüksek sigma seviyesi, daha az kusur anlamına gelir (Beşir Kasnak, 2020).

Altı sigmada önemli olan süreçte meydana gelen değişkenliği azaltmaktır. Sigma değeri bize hataların hangi aralıklarla meydana geldiğini söylemektedir. Sigma seviyesi arttıkça doğal olarak müşteri memnuniyeti de artmaktadır. Hata değerlerini bir standarta kavuşturmak için DPMO (Defects per Million Opportunities) oranı gerekmektedir. DPMO, bir milyon üründeki hata sayısı demektir. Bu oran için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Çelebi Gürsoy, 2020):

$$DPMO = (1.000.000 * \text{Hatalı Ürün Sayısı}) / \text{Üretim Miktarı}$$

Tablo 3.1 Süreç sigma değerleri (Can, 2006)

| Başarı Yüzdesi | DPMO | σ |
|----------------|--------|---|
| %93 | 66.807 | 3 |

Tablo 3.1 Süreç sigma değerleri (devamı) (Can, 2006)

| | | |
|----------|--------|-----|
| %98 | 22.750 | 3,5 |
| %99 | 6.210 | 4 |
| %99,87 | 1.350 | 4,5 |
| %99,977 | 233 | 5 |
| %99,9997 | 3,4 | 6 |

Bir işletmede altı sigmayı uygulayabilmek için, o işletmede önceden olması gereken bazı özellikler vardır. Bunlar; iletişim becerileri, uzun dönemli stratejik planlamalar ve takım çalışmasıdır. Ayrıca altı sigmaya başlamak için işletmenin yeterli derecede kaynak ve yatırımı olması gerekir. Altı sigma yoğun veri analizini şart koşar ve iyi istatistik bilgisi gerekir. Altı sigma projeleri yüksek standartlara ve maliyetlere ihtiyaç duymaktadır (Can, 2006).

Altı sigmanın uygulama aşaması 5 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar (Can, 2006):

1. Tanımlama aşaması:

- Projenin hedefleri ve amaçları ortaya koyulur.
- Firmanın hedefleri ve müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda uygun olan proje tanımlanır.
- Süreç ve müşteri ihtiyaçları ile ilgili geçmiş bilgiler toplanır.
- Proje takımı SIPOC (Supplier Input Process Output Customer) analizi yapar, proje beyanını oluşturur ve kritik kalite karakteristikleri belirlenir.

2. Ölçme aşaması:

- Mevcut durum ile ilgili gerekli bilgiler toplanır.
- Kritik kalite karakteristiklerini etkileyen süreçler saptanır ve bu süreçlerde meydana gelen hatalar ölçülür.

3. Analiz aşaması:

- Kusurların oluşmasına sebep olan kök nedenler tespit ve analiz edilir.
- Bu kök nedenler verilerle desteklenir.
- Her bir kritik kalite karakteristiğinin süreç yeteneği hesaplanır.

4. İyileştirme aşaması:

- Kök nedenlere yönelik çeşitli çözümler üretilir.
- Anahtar değişkenlerin kritik kalite karakteristikleri üzerindeki etkisi ölçülür.
-  z m sonuçlarını hesaplamak adına veriler kullanılır ve planlar hazırlanır.

5. Kontrol aşaması:

- Süreçlerde gerçekleştirilen başarı standartlaştırılarak kazanç devamlı hale getirilir ve kontrol edilir.
- Geleceğe dönük planlar oluşturulur.

3.1.2 Simülasyon Yöntemi

Simülasyon günümüzde en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Tarihi 5000 yıl önceki in ve Japon savaş oyunlarına dayandırılan simülasyon, 1950'lerden itibaren bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle çeşitli alanlarda sıklıkla kullanılmaya başlanmışır (Şimşek, 2016).

Simülasyon, çalışmakta olan sistemde herhangi bir değişiklik yapılmadan veya sistem durdurulmadan sistemde ne gibi değişiklikler yapabileceğimize dair çeşitli fikirler sunar. Sistem üzerinde oluşturulan iyileştirmelerin sonuçlarını önceden saptamamıza imk n verir (Takcı & Doğan, 2015).

Bir simülasyon modeli meydana getirilirken birtakım aşamaların takip edilmesi gerekir. Bu aşamalar; sistemin incelenmesi, modelin formüle çevrilmesi, model mantalitesinin doğrulanması ve geçerliliğinin belirlenmesi, deneylerin planlanması, sonuçların analizi ve yorumlanmasıdır (Takcı & Doğan, 2015).

Bu teknik, hem statik hem de dinamik sistemlerin simülasyonunda ve değerlendirilmesinde iyi bir esneklik ve kapasiteye sahiptir (Zahraee vd., 2020).

Simülasyon tekniğinin avantajları (Tağman, 2021):

- Simülasyon yöntemindeki esneklik sayesinde ihtiyaç durumunda çeşitli değişiklikler yapılabilir.
- Simülasyon süreci tekrarlanan bir süreçtir ve bu sayede önemli ve farklı bakış açıları sunar.
- Simülasyon yöntemi, sistemde yapılacak değişiklikleri gerçek sistemde yapılmasına göre uygulama ve kontrol yönünden kolaylaştıran bir tekniktir.

- Simülasyon yöntemi mevcuttaki değişkenlerin sistemdeki etkilerini saptamak için bir analiz tekniği, yeni oluşturulan modelin performansını belirlemek için bir dizayn tekniği olarak kullanılabilir.
- Yeni sistemde oluşturulan model, bir ilave kaynak veya taşıma durumu gerektirmeden simülasyon üzerinden tespit edilebilir.

Simülasyon tekniğinin dezavantajları:

- Ciddi derecede iyi bir simülasyon sistemi geliştirmek, sistem karmaşıklıkça daha zaman alıcı ve daha maliyetli bir noktaya gelir.
- Simülasyon modelleri belirlenmiş olan alternatiflerin kıyaslamasında iyilerdir. Ancak optimizasyonda iyi değillerdir.
- Alternatif olarak sunulan her simülasyonun yapılması imkânsız olabilir. Bu sebeple seçilen alternatifler arasından en iyi sonuç bulunabilir (Tağman, 2021).
- Çok sayıda simülasyon çıktısı rastgele değişkenlerden oluştuğundan dolayı çıktıların yorumlanması belirli durumlarda zor olabilir. Yani sistem ilişkilerinden kaynaklı bir sonuç mu ya da rastlantısal bir sonuç mu olduğunu belirlemek zor olabilir.
- Simülasyon programları maliyetlidir.
- Simülasyon modelinin oluşturulabilmesi için çok sayıda veri gerekmektedir. Verilerin toplanma ve data haline getirilme süresi uzun olabilmektedir (Şimşek, 2016).

Simülasyon çalışmasında izlenmesi gereken aşamalar (Şimşek, 2016):

- **Problemin Tanımlanması:** Problem doğru bir şekilde ifade edilir. Daha önceden ifade edilmiş ise kontrolü sağlanır.
- **Amaçların Belirlenmesi ve Ayrıntılı Proje Planı:** Tanımı yapılmış olan problemin amaçlarla uyumlu olup olmamasının araştırması yapılır. Aynı zamanda personel sayısı, ihtiyaç duyulacak zaman ve çalışmanın maliyeti de bu aşamada belirlenir.
- **Kavramsal Model Tasarımı:** Amaçların, varsayımların, girdilerin ve çıktıların tanımlanmasıdır. Bu tanımlamalar bilgisayar programı kullanılmadan yapılır.

- **Verilerin Toplanması ve Analizi:** Gözlemlenen veriler, geçmiş veriler ve varsayılan veriler toplanır ve model verileri oluşturulur.
- **Simülasyon Kodlama Dili ile Programlama:** Modeller kodlanarak bilgisayar programındaki formata dönüştürülür.
- **Model Doğrulama:** Bilgisayar ortamına aktarılmış olan programın ve uygulamasının kontrol edilerek doğruluğundan emin olunmasıdır.
- **Model Geçerleme:** Bilgisayar ortamına aktarılmış olan program uygulamasının, modelin amaçlanan uygulaması ile uyumluluğu ve tutarlılığı kontrol edilir.
- **Deneyin Tasarımı ve Yapılması:** Modelin performansının değerlendirilmesi ve sistem davranışlarının detaylı bir şekilde incelenmesi için simülasyon deneyleri yapılır.
- **Çıktı Analizi:** Simülasyon modeli çalıştırılarak elde edilen performans ölçümlerinin kritiği yapılır. Çok sayıdaki çıktının analizi yapılır.
- **Dökümantasyon ve Raporlama:** Elde edilen sonuçların doküman ve raporları oluşturulur.
- **Uygulama:** Projenin uygulaması yapılır. Ancak, uygulamanın başarılı olması girilen verilerin doğruluğu ve güvenilirliğine bağlıdır.

3.1.3 Değer Akış Haritalandırma Yöntemi

Değer akış haritalandırma (DAH), bir üretim sürecinin mantığını göstermek ve analiz etmek için en çok kullanılan yalın üretim tekniklerinden biridir ve firmaların tüm üretim hattını sistematik olarak izlemesini sağlar (Güzel vd., 2018).

DAH malzeme ve bilgi akışı haritalamasıdır. Üretim sürecindeki tüm eylemleri gösterir. Değer akışı, bir ürünün üretim sürecinde hammaddeden başlayarak müşteriye ulaşana kadar tüm süreç boyunca devam eden katma değerli veya katma değersiz tüm eylemler olarak tanımlanabilir. DAH'nin nihai hedefi, her türlü israfı ortadan kaldırmak, tedarik süresini ve maliyeti azaltmaktır. DAH, birbiriyle bağlantılı bir bilgi ve malzeme akışı görseli sağlar. Tek bir süreç odaklı

değildir ve bu nedenle üretim sürecinin genel bir resmini sunarak onu güçlü bir araç haline getirir (Mudgal vd., 2020).

Çeşitli çalışmalar, yalın kavramların uygulanmasında önemli bir yöntem olarak DAH'nin başarılı kullanımını belgelemiştir. Kökleri otomotiv üretiminden başlayan DAH, zamanla daha değişken ve müşteriye özel diğer üretim ortamlarına da adım adım uyarlanmıştır ve sonunda hizmet ve sağlık sektöründe de kendine yer bulmuştur. DAH, malzeme akışının yanı sıra bilgi akışını da içeren üretim ve tedarik zinciri süreçlerinin görselleştirilmesi, analizi ve yeniden tasarımı için çok etkili bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Öncelikli olarak israfları belirlemek, göstermek ve ortadan kaldırmak (ya da azaltmak) ve üretim süreçlerinde sürekli akış oluşturmak için kullanılır (Matt, 2013).

Bu çalışmada kullanılan yöntemlerden biri olduğu için bir sonraki bölümde DAH yönteminden ve aşamalarından detaylı olarak bahsedilmiştir.

Genel olarak ürünlerin üretimi, bir dizi işlem adımından oluşan bir süreç zinciri içinde gerçekleştirilir. Bu süreç adımları birbiriyle bağlantılıdır ve bu nedenle tüm süreç zincirinin performansını etkiler. Sadece tek bir proses adımına odaklanan bir bakış açısına sahip iyileştirmeler, üretim sisteminin bütününe değerlendirmekte başarısız olur ve proses zincirinde optimal olmayan hatta düşük bir performansın oluşmasına yol açabilir. DAH, üretim sistemlerindeki iyileştirme potansiyelinin tanımlanması için geçerli bir yöntemdir (Martin vd., 2020).

DAH, sisteme bütünsel olarak bakıp bir ürünün ilerlediği tüm süreç boyunca oluşan katma değer içeren veya içermeyen tüm faaliyetleri içerir. Bu sayede israflar tespit edilir ve ortadan kaldırılmaya çalışılır. İlk adım, iyileştirme hedefi olarak belirli bir ürün veya ürün ailesini seçmektir. İkinci adım, esas olarak işlemlerin şu anda nasıl yapıldığını yakalayan anlık görüntü olan bir mevcut durum haritası geliştirmektir. Üçüncü adım, israflar ve verimsizlikler giderildikten sonra üretim sürecinin nasıl yapılması gerektiğinin bir resmi olan gelecek durum haritasının çizilmesidir. Gelecek durum haritası, yalın tekniklerin uygulanmasıyla ilgili teknik konuların uygulanmasının yanı sıra, verimlilikle ilgili konulardaki bir dizi soruyu yanıtlamaya dayalı olarak oluşturulur. Son olarak, önerilen harita, sistemde önemli değişiklikler yapmak için bir temel olarak uygulanır (Rohani & Zahraee, 2015).

4.1 Değer Akış Haritalandırma Öncesi Gereksinimler

Bir değer akış haritalandırması yapılmadan önce yapılması gereken bazı hazırlıklar ve edinilmesi gereken bilgiler vardır. Bunlar DAH'nin ön hazırlık aşamasını oluşturuyor diyebiliriz.

4.1.1 Ürün Ailesi Seçimi

Ürün ailesi, bir üretim istasyonunda değişimli olarak imal edilebilecek, birbiriyle ilgili olan ve benzer üretim operasyonlarından geçen ürünler topluluğudur (Womack & Jones, 2015). DAH tekniğinin uygulanması için tek bir ürün ailesi seçilerek onun üzerine odaklanılır. Bir üretim sistemi içerisinde çok sayıda ürün grubunun üretimi yapılıyor olabilir ancak haritalandırma sürecine hepsinin dâhil edilmesi çok fazla karmaşıklığa sebep olacaktır. Bu sebeple ürün ailesi seçilirken genel tabloyu en iyi temsil edebilmesi adına, müşteri talebi en fazla olan ve üretim operasyonları açısından diğer ürün aileleriyle en çok ortak noktaya sahip ürün ailesini seçmek mantıklı olacaktır.






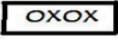



4.1.2 Haritalandırma İçin Gerekli Bilgiler

- Değer akış haritalamaya başlanmadan önce öğrenilmesi gereken çeşitli bilgileri şu şekilde sıralayabiliriz (Turgut, 2010):
- 1 vardiyadaki toplam çalışma süresi,
- Planlı olarak çalışılmayan süreler (yemek, çay saati vb.),
- 1 vardiyadaki net üretim süresi,
- Tedarik edilen ürünlerin günlük, haftalık ya da aylık sipariş edilen miktarı,
- Operasyonların çevrim zamanları,
- Hazırlık süreleri,
- Prosesler arasında tutulan stok miktarları,
- Parti başına üretim adeti,
- Operatör sayısı,
- Güvenilirlik oranı,
- Vardiya sayısı,
- Üretim sürecindeki kesinti noktaları,
- Müşteri şikâyet ve talepleri,
- Müşterinin seçilen ürün ailesinden ne sıklıkla sipariş verdiği.

4.1.3 Değer Akış Haritalandırmada Kullanılan Semboller

Değer akış haritalandırmada kullanılan sembolleri malzeme akış sembolleri, bilgi akış sembolleri ve genel semboller olarak üç ana gruba ayırabiliriz. Genel olarak standart bir sembol dili kullanılsa da firmalar ihtiyaçlarına göre kendilerine özgü semboller ekleyebilirler.











Tablo 4.1 Bilgi akış sembolleri (Kubanlı, 2018)

| Bilgi Akış Sembolü | Tanım | Açıklama |
|---|------------------------------|---|
|  | Elektronik bilgi akışı | İnternet yoluyla elektronik ortamda yapılan bilgi akışıdır. |
|  | Manuel bilgi akışı | Çizelgeleme ya da evrak yoluyla yapılan bilgi akışıdır. |
|  | Bilgi | Bilgi akışını gösterir. |
|  | Çekme kanbanı | Taşıyıcıya önceki prosesin süpermarketinden parça çekme emrini veren karttır. |
|  | Üretim kanbanı | Prosesle hangi parçadan ne kadar üretileceğini bildiren karttır. |
|  | Yük seviyelendirme | Birim zaman dilimindeki üretim hacmini ve ürün karmasını gösterir. |
|  | Sinyal kanban | Süpermarketteki stok düzeyinin, yeniden sipariş noktasına düşmesi halinde sinyal verir. Model değişikliği gerektirdiğinden dolayı seri üretim yapan tedarikçi proseslerde kullanılır. |
|  | Kanban kutusu | Kanban kartlarının tutulduğu kutudur. |
|  | Sıralı çekme topu | Süpermarket sisteminin kullanılmadığı alt montaj proseslerini gösterir. Daha önceden belirlenmiş adette hemen üretim yapılması emrini verir. |
|  | “Git Gör” üretim çizelgeleme | Stok seviyelerini kontrol edip çizelgenin düzeltilmesi. |




Tablo 4.2 Malzeme akış sembolleri (Kubanlı, 2018)

| Malzeme Akış Sembolü | Tanım | Açıklama |
|----------------------|-------|----------|
|----------------------|-------|----------|

Tablo 4.2 Malzeme akış sembolleri (devamı) (Kubanlı, 2018)

| | | |
|---|-----------------------------------|---|
|  | Üretim süreci | Her kutu bir prosese aittir ve proses ile operatör sayısını gösterir. |
|  | Dış kaynak | Müşteriyi, tedarikçiyi ya da dışarıda gerçekleştirilen üretim prosesini gösterir. |
|  | Bilgi kutusu | Çevrim zamanı, hazırlık süresi, güvenilirlik oranı, parti büyüklüğü gibi bilgiler yer alır. |
|  | Stok | Miktar ve zaman bilgisi yazılır. |
|  | Sevkiyat | Sevkiyat sıklığı yazılır. (Gün, hafta, ay vb.) |
|  | İtme hareketi | Bir sonraki prosesin ihtiyacından önce üretilen ve sonraki prosese itilen malzemeyi gösterir. |
|  | Bitmiş ürünün müşteriye hareketi | Bitmiş ürünün akışını sembolize eder. |
|  | İlk giren ilk çıkar (Sıralı akış) | Önceki prosesin fazla üretim yapmasını engelleyen ve akışı sıralayan bir araçtır. |
|  | Süpermarket | Bir önceki prosesin üretimini kontrol altına almak için kullanılan parça stokudur. |
|  | Çekiş | Süpermarketten malzeme çekilmesini gösterir. |

Tablo 4.3 Genel akış sembolleri (Turgut, 2010)

| Genel Semboller | Tanım | Açıklama |
|---|---------------|--|
|  | Kaizen | Yapılması planlanan iyileştirmeler, gelecek durum haritasında bu sembol ile gösterilir. |
|  | Emniyet stoku | Müşteri siparişlerindeki ani değişime ya da sistemde yaşanacak aksaklığa karşı emniyet amacıyla tutulan stoktur. |
|  | Operatör | Mevcut prosesteki çalışan sayısı ile birlikte gösterilir. |

4.2 Mevcut Durum Değer Akış Haritası

Mevcut durum haritası prosesin mevcut haldeki durumunu bize gösteren verilerin gerçekçi olarak analiz edildiği haritadır (Çelebi Gürsoy, 2020). Mevcut durum haritası var olan problemlerin belirlenerek bunlara çözüm geliştirilmesinde kullanılır. Yani, mevcut durum haritasında israflar belirlenir ve gelecek durum haritasında bu israflar ortadan kaldırılmaya çalışılır.

4.2.1 Mevcut Durum Değer Akış Haritasının izimi

Mevcut durum haritası çizilirken çeşitli adımları takip etmek bize kolaylık sağlar. Bu bölümde mevcut durum haritası çiziminde takip edilecek adımlara yer verilmiştir.

4.2.1.1 Üretim Proseslerinin Belirlenmesi

Veri toplama aşamasına geçmeden önce yapılması gereken ilk şey daha önce seçilmiş olan ürün ailesine ait olan modelin, üretimde hangi proseslerden geçtiğinin belirlenmesidir. Verilerin toplanması belirlenen proseslere göre yapılacaktır.

4.2.1.2 Gerekl Bilgi ve Verilerin Toplanması

Değer akışı haritalandırmanın ilk aşaması mevcut tüm faaliyetleri kayıt altına almaktır. Mevcut durum haritasının oluşturulması için sahada birebir gözlem ile verilerin ve bilgilerin toplanması gerekir. Bilgi edinme işlemi son operasyondan başlayıp, ilk prosese doğru gelinerek gerçekleştirilir. Genelde toplanacak bilgiler; çevrim süresi, hazırlık süresi, güvenilirlik oranı, üretim parti büyüklüğü, stok seviyeleri, bekleme süreleri, hammadde tedarik sıklığı gibi veriler olmaktadır. (Uygun vd., 2019).

Sahadan toplanacak bilgilerin açıklamaları ve sembolleri şu şekildedir (Rother & Shook, 1999):

- **evrim süresi (Z):** İlgili proseste üretilen peş peşe iki parça arasında geçen süresidir.

- **Hazırlık süresi (HZ):** Bir ürün modelinden diğer ürün modeline geçebilmek için geçen süredir.
- **Güvenilirlik oranı (GO):** Makine Kullanım Oranıdır. Makinenin ne kadar verimlilikte kullanıldığını bize verir.
- **Çalışma süresi (ÇS):** Bir vardiyadaki molalar düşüldüğünde oluşan net çalışma süresidir.
- **Üretim parti büyüklüğü (HPH):** Üretimde model değişikliği olmadan bir modelden tek seferde girilen ürün adetidir.
- **Operatör Sayısı:** Bir proste çalışan operatör sayısıdır.

4.2.1.3 Mevcut Durum Değer Akış Haritasının Çizimi

- **Müşteri ve tedarikçi sembollerinin gösterimi**

Haritada ilk olarak sağ üst köşeye “müşteri”, sol üst köşeye ise “tedarikçi” çizilir. Müşteri ve tedarikçi prosese ait sembol Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Bu aşamada ayrıca tedarikçiden hammaddenin ne kadar sıklıkta çekildiğinin bilgisi ve müşterinin seçilen ürün ailesine ait talep sıklığı gösterilir (Rother & Shook, 1999).

- **Üretim süreci ve operasyon bilgi kutularının gösterimi**

İkinci aşamada üretim süreci ve operasyon bilgi kutuları çizilir. Üretim süreci ve operasyon bilgi kutusuna ait semboller Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Üretim süreci çizilirken ilk operasyondan son operasyona, soldan sağa doğru çizilir. Yani ilk operasyon en solda, son operasyon en sağda olmalıdır. Üretim süreci kutularının altına bilgi kutuları çizilir ve sahadan daha önce edinilmiş veya hesaplanmış olan çevrim süresi, hazırlık süresi, güvenilirlik oranı, çalışma süresi, üretim parti büyüklüğü, operatör sayısı bilgileri bu kutulara yazılır (Rother & Shook, 1999).

Prosesleri ayırırken malzemenin hareketi önemlidir. Eğer malzeme bir sonraki prosese taşıyorsa veya orada stok oluşumuna sebep oluyorsa ayrı proses olarak gösterilmelidir (Rother & Shook, 1999).

- **Bilgi akışlarının gösterimi**

Bir sonraki adımda bilgi akışları gösterilir. Manuel ve elektronik bilgi akışı sembolleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Manuel bilgi akışları, bir evrak ya da çizelge yolu ile iletilen bilgi akışları iken elektronik bilgi akışları, mail gibi elektronik ortamda iletilen bilgi akışlarıdır.

- **Stokların, İtme ya da çekme gibi sembollerin gösterimi**

Prosesler arasındaki itme ya da çekme sistemine bağlı olarak semboller eklenir. İtme, bir sonraki prosesin ürün ihtiyacını tahmin ederek yapılan üretimdir. Çekme ise bir sonraki prostesten gelen talep kadar yapılan üretimdir.

İtme sisteminde tedarikçi prosesler, sonraki istasyonun şu anda ihtiyaç duymadıkları parçaları imal ederler ve üretilen parçalar stok alanına itilirler (Turgut, 2010). İtme hareketinin sembolü Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Aralarında stok biriken operasyonlar üzerinde stok sembolü gösterilir ve stok adetleri yazılır. Stok miktarı, iki operasyon arasındaki bekleyen ürün adeti günlük müşteri talebine bölünerek hesaplanır.

- **Akış ve işlem süresinin hesaplanması**

Son aşamada zaman ekseni çizilip akış süresi ve işlem süresi hesaplanır.

Akış süresi, parçanın hammadde olarak girişinden, müşteriye sevkiyatına kadar olan firma içindeki toplam hareket süresidir. Her stok üçgeninin alt hizasındaki zaman ekseni kutusuna stokların iki proses arasında kaç gün tutulduğu yazılır. Bu hesap, iki proses arasındaki stok miktarı, günlük müşteri talebine bölünerek hesaplanır. Her proses arasına denk gelen stok elde tutulma süreleri toplanarak akış süresi hesaplanır. Üretim akış süresinin kısa olması, hammadde ödemesi ile müşterinin size yaptığı ödeme arasındaki sürenin de o kadar kısa olmasını sağlayacaktır (Turgut, 2010).

4.3 Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Gelecek durum haritası çizilirken, mevcut durum haritasındaki güncel duruma göre değer akışı ve israf noktaları analiz edilerek, üretim sisteminin yeniden tasarımı yapılır (Akın, 2020). Gelecek durum haritasının oluşturulmasındaki

amaç, mevcut durum haritasının görmemizi sağladığı israf noktalarının ve verimsizliğe sebep olan etmenlerin ortadan kaldırılarak ya da azaltılarak, ürünün müşteriye istediği zamanda minimum stok maliyeti ile teslim edilmesidir.

Gelecek durum haritasının çizilmesinde işimizi kolaylaştıracak bazı anahtar sorular mevcuttur (Rother & Shook, 1999):

1. Seçilen ürünün kullanılabilir çalışma sürelerine göre takt zamanı nedir?
2. Müşteriye giden son noktada nihai ürün süpermarketi mi kurulacak ya da direkt olarak sevkiyata mı üretim yapılacaktır?
3. Hangi noktalarda sürekli akış sistemi kurulabilir?
4. Sürekli akış öncesindeki operasyonların üretiminin kontrolü için süpermarket çekme sistemini hangi noktalara yerleştireceksiniz?
5. Üretim çizelgeleme noktası (pacemaker proses) hangi istasyon olacak?
6. Pacemaker prosese devamlı olarak ne kadar sıklıkta iş emri verilecek?
7. Değer akışının gelecek durum haritasındaki gibi oluşması için hangi iyileştirmeler yapılmalıdır?

4.3.1 Gelecek Durum Değer Akış Haritasının Çizimi

Gelecek durum değer akış haritası, mevcut durum haritasının değerlendirilmesinden sonra belirlediğimiz düzeni ve hedefleri içeren ileriye dönük bir öngörü haritasıdır.

4.3.1.1 TAKT Zamanı Hesabı

Takt zamanı, pazarın ürünü talep etme hızını, yani çıktının piyasa ile uyumlu olması için bir birimin üretilmesinde ne kadar süremizin olduğunu bize verir (Oliveira vd., 2019). Fabrika genelinde seviyeli üretim elde etmek için takt zamanı kavramı kullanılır (Mudgal vd., 2020).

Takt zamanı oldukça faydalı bir kavramdır, çünkü her istasyona bir sonraki müşterinin ihtiyacını karşılamak için dakikada ne kadar ürün üretilmesi gerektiğini bildirir (Womack & Jones, 2015).

Takt zamanı, özellikle "pacemaker proses" için, satış ile üretim hızını dengelemek için kullanılır. Bir iş istasyonunun hangi hızda üretim yapması gerektiği ile ilgili referans verir (Rother & Shook, 1999).

Takt zamanı = Vardiya başına kullanılabilen iş zamanı / Vardiya başına müşteri talep miktarı

4.3.1.2 Sürekli Akış Sistemi Kurma

Sürekli akış, tek seferde bir parçanın üretimi yapıp bekleme yapılmadan bir sonraki iş istasyonuna hemen gönderilmesi şeklinde tanımlanabilir. Sürekli akışın yapılabilmesi için oldukça fazla yaratıcılık kullanılmalıdır ve bu sistem üretimin en verimli yollarından biridir (Rother & Shook, 1999).

İlk etapta sürekli akış yöntemi ile başlamak yerine, çekme ve FIFO sistemlerinin kombinasyonu ile başlamak daha iyi olabilir. Sonrasında proseslerin güvenilirlik oranı arttırıldıkça ve model değişim süreleri sıfıra yaklaşacak şekilde azaltılırsa sürekli akış sistemi kurulabilir ve genişletilebilir (Rother & Shook, 1999)

Yalın üretimde, mümkün mertebe üretimin küçük parti adetleri ile yapılması esastır. Bu sayede ara stok seviyeleri azalacaktır. (Akın, 2020)



Şekil 4.1 Sürekli akış hattı örneği (Rother & Shook, 1999)

4.3.1.3 Süpermarket Sisteminin Kurulması

Süpermarketler, süreç boyunca stok israfını azaltmak ve üretim sürecini stok yığınının siparişe çevirmek için süreçler arasına yerleştirilir (Rohani & Zahraee, 2015).

Sürekli akışın uygulanmadığı noktalara çekme sistemi kurulmalıdır. Prosesler arasına çekme sistemi kurulmasındaki amaç, talep tahmin edilmeye çalışılmadan

ya da bir çizelgelemeye ihtiyaç duyulmadan, bir önceki prosese doğrudan üretim emrinin verilmesidir.

Bazen süpermarkette tüm olası parça türleri için stok tutmanız uygulanabilir olmayabilir. Özellikle özel ürünlerin üretimi veya nadir kullanılan parçaların üretiminde bu durum söz konusu olabilir. Bu tip durumlarda FIFO hattı kurulabilir (Rother & Shook, 1999).

4.3.1.4 Pacemaker Prosesin Seçimi

Süpermarket çekme sisteminde, çekme sistemi içerisinde yalnızca bir prosesi programlamanız gerekecektir. Bu proses “pacemaker proses” olarak adlandırılır. Bu prostedeki yapacağınız çizelgeleme daha önceki proseslerin temposunu belirleyecektir.

Pacemaker prosteden sonra, nihai ürüne kadar malzeme bir akış halinde akar. Pacemaker prosteden sonra bir süpermarket sistemi yoktur. Bu sebeple pacemaker proses, genellikle, değer akış sisteminde en sondaki sürekli akış prosesidir. Gelecek durum haritası içinde pacemaker proses, müşteri siparişlerinin kontrol ettiği üretim prosesidir (Rother & Shook, 1999).

Bu çalışmada uygulanacak yöntem olarak “Oranlarla İşgücü Verimlilik Yönetimi” (Workshop Productivity Management By Ratios-WPMR) yöntemine karar verilmiştir. Bu yöntem, işletme maliyetleri ve kârlılığın ölçüt olarak kullanılmaması, işçilik maliyetlerinin yer almaması, yönetsel ya da operatöre bağlı duruşların yer alması ve pratik bir yöntem olması nedeniyle seçilmiştir. Ayrıca yapılan literatür taraması sonucu varılan kanı doğrultusunda WPMR yönteminin, daha çok emek yoğun işletmelerde kullanılan bir model olması ve uygulama yapılan firmada CNC makinelerin haricinde emek yoğun işlerin de olması bu yöntemin seçilme sebeplerinden biridir. Bu çalışma diğer taraftan, WPMR yönteminin CNC torna ya da dik işleme merkezi tezgâhlarında da uygulanabileceğini göstermektedir.

5.1 Verimlilik

Verimliliği bir üretim sistemi açısından tanımlayacak olursak; bir üretim süreci sonucundaki ürün ve hizmetlerle (çıktıların), bu hizmeti elde etmek için harcanan üretim kaynakları (girdilere) arasındaki bir orandır (Özsever vd., 2009).

Verimlilik tüm işletme performansının odağıdır. Verimliliği amaç edinmemiş firmaların yönlendirilmesi ve yönetimi mümkün değildir. (Uçmuş & Kaçar, 2015).

Verimliliğin çalışanlar, yöneticiler ve ulusal çıkarlar yönünden ifade ettiği önem oldukça yüksektir. Verimlilik arttığında işletmedeki kalite, kâr, gelir ve üretim artarken, maliyet ise düşmektedir. Verimli bir çalışma sonucu ortaya çıkacak bu faydaların yönetim ve çalışanlar tarafından paylaşılması doğal bir süreçtir. Çalışanlar ve yöneticiler verimliliğin artmasından dolayı elde edilen kârlılığın karşılığını, maaş artışı olarak paylaştıklarında ve bu paydan düşük fiyat olarak müşteriler de faydalandığında verimliliğin neticesi ülke geneline yansımaktadır.

Bunun neticesinde halkın refah seviyesinde artış, düşük enflasyon ve düşük işsizlik oranları görülmektedir (Kahya & Karaböcek, 2004).

5.2 Verimlilik Düzeyini Ölçme Teknikleri

Bu çalışmada, yapılan literatür taramasına göre en fazla kullanılan verimlilik ölçüm tekniklerinden 3 tanesine yer verilmiştir.

5.2.1 David J. Sumanth Modeli

Sumanth, yaptığı çalışmada bir verimlilik ölçümü kapsamında yer alan ölçme, değerlendirme, planlama ve geliştirme adımlarından yalnızca ölçme kısmına yönelmiş, her ürün için toplam verimlilik indeksi sağlayan ürün odaklı bir teknik oluşturmuştur. Toplam verimlilik ise tüm maddi değerlerin, toplam maddi maliyetlere oranıdır. Çıktılar mamul ve yarı mamullerden oluşurken, girdiler ise işgücü, malzeme, sermaye, enerji ve diğer gider kalemlerinden oluşmaktadır (Kahya & Karaböcek, 2004).

5.2.2 Ramsay Modeli

M. R. Ramsay, “Tam Kapsamlı Verimlilik Ölçümü” adı altında bir verimlilik ölçüm tekniği ortaya koymuştur. Ramsay’ın modelinde çıktı, toplam maliyet, kâr, hammadde ve malzeme maliyetinin toplamından oluşurken, girdi ise, toplam maliyetten hammadde ve malzeme maliyetinin düşülmesidir. Toplam verimlilik ölçümü ise tanımı yapılmış çıktının girdiye oranıdır. Buradaki amaç; hammadde ve malzemenin, mal ve hizmete dönüştürülmesindeki etkinliktir (Özsever vd., 2009).

Ramsay tekniğine göre tam kapsamlı verimlilik ölçümü (Kahya & Karaböcek, 2004);

$$TKVÖ = \frac{\text{Toplam Maliyet} + \text{Kâr} + \text{Hammadde ve Malzeme Maliyeti}}{\text{Toplam maliyet} - \text{Hammadde ve Malzeme Maliyeti}}$$

5.2.3 Kurosawa Modeli

Oranlara işgücü verimliliği (WPMR) modeli, Japon verimlilik uzmanı Dr. Kurosawa tarafından ortaya atılmıştır.

Sistem anlayışında zaman ve insan kaynağı oldukça önemlidir ve bunun üzerine inşa edilmiştir. Zaman bilinci sadece işgücü performansını ya da verimliliğini değil, aynı zamanda hammadde ve sermaye verimliliğini de arttırmayı sağlar. Bu nedenle WPMR Sistemi, özellikle işgücü yoğun endüstriler için tercih edilen bir teknik olmalıdır (Özsever vd., 2009).

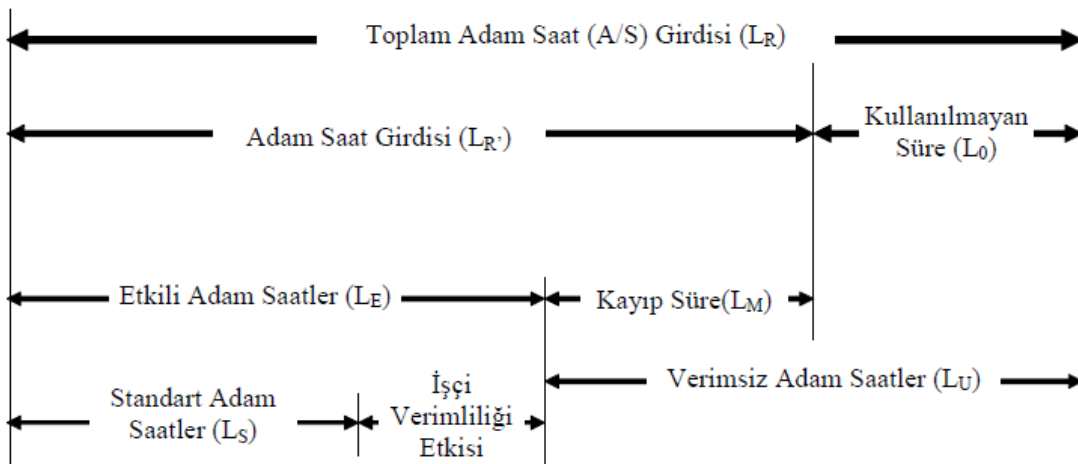
5.3 Oranlarla İş Gücü Verimlilik Modeli (WPMR)

WPMR sisteminin amacı, çalışanların ve yönetimin işgücü kaynağını kullanmadaki sorumluluklarını ortaya koymaktır. Sistem zaman ve insan kaynağı merkezlidir. (Uçmuş & Kaçar, 2015).

WPMR sisteminde verimliliğin kontrolleri günlük olarak yapılmaktadır. Değerlendirmeler ise haftalık olarak yapılabilmektedir. WPMR sistemi, işgücünün doğru bir şekilde kullanılması bilincini artırır. İşçiler ile sorumlularda olayı farklı yönlerden ortaya koyan görüşler, tüm çalışanlarda ise işe karşı olumlu bir tavır meydana getirir (Kahya & Polat, 2007).

Bu modelden hareketle çalışanlara belli başlı sorumluluklar verilmiş ve bu sorumluluklara göre verimliliği gösteren göstergeler oluşturulmuştur. Ayrıca bu sistemde genel süreç verimliliği, standart verimlilik, çalışan verimliliği ve parça verimliliği de formülize edilmiştir (Özsever vd., 2009).

Kurusawa, modeline ait adam-saat yapısı Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 İşgücü adam-saat yapısı (Prokopenko, 1992)

Şekil 5.1'deki kullanılmış olan tanımlara ilişkin açıklamalar şu şekildedir (Kahya & Polat, 2007):

- L_R : Q çıktısını üretmek için kullanılan toplam işçilik saati.
- L_0 : Kullanılmayan ve yönetime yüklenen işgücü saati. İşçilik saati hesabında hariç tutulan durma, temizlik, bakım, taşıma vb. sürelerdir.
- $L_{R'}$: İşçilik saatleri. Çoğunlukla nezaretçiler ve işçiler tarafından kullanılacak izin verilen işgücü saatidir.
- L_M : Nezaretçilerden kaynaklanan kayıp zamanlar. Arıza ve onarım, malzeme veya parçaların eksik veya kusurlu olması gibi nedenlerden kaynaklıdır.
- L_U : Direkt olarak işçiden kaynaklı saatler.
- L_E : Etkili işçilik saatleri. İşçilere yüklenen işgücü süresidir, işçiler tarafından verimli olarak kullanılması beklenir.
- L_S : Standart adam-saat. İşçilerin bir ürünü üretmek için harcamaları gereken standart zamandır
- E_w : İşgücü etkenliği. İşgücünün verimliliğe katkısını gösterir ve her bir çalışanın verimliliğini göstermektedir.

WPMR sisteminde kullanılan formüller (Uçmuş & Kaçar, 2015):

$$L_R = \text{Bordrodaki İşçi Sayısı} * \text{Görevli Saatler} \quad (5.1)$$

$$L_R = L_{R'} + L_0 \quad (5.2)$$

$$L_{R'} = L_E + L_M \quad (5.3)$$

$$L_U = L_0 + L_M \quad (5.4)$$

$$L_E = L_{R'} - L_M \quad (5.5)$$

$$L_S = \text{Üretilen Miktar} * \text{Standart Süre} \quad (5.6)$$

$$L_S = L_E - \text{işçi verimliliği etkisi} \quad (5.7)$$

$$\text{Genel süreç verimliliği} = L_S / L_R \quad (5.8)$$

$$E_w = L_S / L_E \quad (5.9)$$

Tablo 5.1 Duruşa neden olan etkenler (Kahya & Karaböcek, 2004)

| Kategori | Duruş Nedeni |
|--|-----------------------|
| L ₀ (Yönetime Yüklenen Duruşlar) | Nadir Duruş |
| | Üretim İçinde Taşıma |
| | Bölümler Arası Taşıma |
| | Elektrik Kesintisi |
| | Toplantı |
| | İş Kazası |
| L _M (Ön Hat Denetçisine Yüklenen Duruşlar) | Üretim Hazırlığı |
| | Ayar |
| | Arıza |
| | Başka Bölümde alışma |
| | Yanlış Üretim |

Tablo 5.1’de duruşa neden olan örnekle bazı etkenler listelenmiştir.

Bu sistemin uygulanması için şu adımlar izlenir:

- İşletmenin, üretilen ürünlerin ve üretim sahasının iyi bir şekilde tanınması (Kubanlı, 2018),
- Excel’de günlük üretim kayıt ve takip formlarının oluşturulması (Kubanlı, 2018),
- Takip formlarının çalışanlara dağıtılması ve toplanan verilerin bilgisayar ortamına aktarılması,
- Takip formlarından elde edilen duruşların sınıflandırılması,
- Elde edilen verilerin dönemsel olarak analiz edilerek duruşların kök nedenlerinin tespit edilmesi ve verimlilik hesaplarının yapılması,
- Tespit edilen kök nedenlerin neden olduğu duruşların iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması,
- Duruş nedenlerinin analizinin belirli periyotlarla sürekli olarak yapılması.

6.1 Uygulamanın Amacı ve Önemi

Tez çalışmasının yapıldığı firma mekanik salmastra ve döner bağlantı elemanları üretmektedir. Sızdırmazlık sektöründe faaliyet gösteren firmanın ana binası İstanbul'dadır.

Firma orta ölçekli bir yapıda olup, üretim ve montaj hattında bir yalın üretim sistemi mevcut değildir. Firma kurulduğu günden bu zamana kadar müşteri siparişlerini zamanında ve hızlı bir şekilde çıkarmaya odaklandığından, üretim sistemlerinin iyileştirilmesi süreçlerine daha önce odaklanılmamıştır. Bu durum da firmanın üretim hatlarında verimin düşük kalmasına, istenilen düzeydeki kaliteyi standartlaştıramamasına ve talebi fazla olan ürünlerden fason üretim yaptırmasına yol açmıştır. Yapılan bu uygulama ile birlikte üretim hatlarındaki en verimsiz süreçlerin iyileştirilmesi ve bu sayede verimin artırılması, önemli israf kalemlerinin ortadan kaldırılması veya düşürülmesi hedeflenmiştir.

Firma yönetimi hem müşterilerin acil taleplerine hızlı reaksiyon ile cevap verebilmeyi hem de ürünün kaliteli bir şekilde müşteriye teslimatını istemektedir. Mekanik salmastralar kullanım amacı gereği aciliyet kavramı yüksek olan ve teslimat süreleri kısa olan ürünlerdir. Bu durum bir sistem kurulmasını zorlaştırdığı gibi plansız giden bir üretim ortamını da daha çok kaosa sürüklemektedir. Bu sebeple firmada daha önce buna benzer bir çalışma yapılmadığından, üretim plansız ve anlık müşteri talebine göre şekillenerek yönlendirilmiştir. Ayrıca literatür taraması yapıldığında, ülkemizde mekanik salmastra ve döner bağlantı elemanı üretimi yapan bir firmada üretim süreçlerini iyileştirmeye yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma yapılan firmada da bu projeden önce buna benzer bir çalışma yapılmamıştır. Projenin çıkış noktası bizim yönetime yaptığımız sunum, yalın üretimi ve iyileştirmelerin sağlayacağı faydaları anlattığımız girişimler neticesinde gerçekleşmiştir.

Uygulamada değer akış haritalandırma, WPMR yöntemi, 5S ve kaizen çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Firmanın üretim departmanında daha önce olmayan form doldurma ve verilerin elektronik ortama işlenmesi kültürü oturtulmaya çalışılmıştır. Üretim departmanında en çok israfın gerçekleştiği istasyon ve alanlar belirlenip bunlar üzerine yoğunlaşarak çalışma yapılmıştır. Uygulama öncesinde firma yönetiminin uygulamadan beklentileri ve müşterinin üründen istek ya da şikayetleri belirlenmiştir.

6.2 Uygulama Yapılan Firmanın Tanıtımı

Çalışmanın yapıldığı firma, mekanik salmastra ve döner bağlantı elemanları üreten bir sızdırmazlık firmasıdır. 2005 yılında %100 yerli sermaye ile kurulmuş olan firma, 2 ortaklı bir aile şirkettir. Fabrika merkezi İstanbul'da olup 4 şubesi, 25 bayisi vardır. Yaklaşık 110 çalışanı bulunan firma, 20'den fazla ülkeye sızdırmazlık sistemleri hizmeti vermektedir. Firma ürün portföyü gereği talaşlı imalat yapmaktadır. Firmanın vizyonu, misyonu ve değerleri şu şekilde açıklanmıştır:

“Vizyonumuz;

Ülkemizde lider olduğumuz sızdırmazlık sistemleri sektöründe 17 yılın ardından 4 kıta 20 ülke, 4 şube ve 25 bayi rakamlarına ulaşmış olduğumuz doğru rotayı izlediğimizi göstermektedir. Ayrıca bu rakamları 2 katına çıkartmak hedeflerimizin önceliği arasında yer almaktadır.

Misyonumuz;

- Güvenilirlik,
- Gelişim,
- Zamanında ürün Teslimi,
- Kalite.

Değerlerimiz;

- Pozitif bir yaklaşım,
- Dinamik çalışma,
- Dürüstlük,

- Müşterilerimize doğru çözümü sunmak.”

6.3 Ürün Ailesi Seçimi

Ürün ailesi seçilirken, satış hareketleri en fazla olan, üretimde parti büyüklüğü olarak en fazla üretilen ve diğer ürün aileleriyle üretim süreçleri açısından en çok ortak noktaya sahip olan ürün grubu seçildi. Bu nedenle seçim esnasında tüm üretim süreçleri ve ürün grupları incelenerek ürün ailesi seçimi gerçekleştirilmiştir. Ürün ailesi olarak 40-T-77 modeli ürün grubu seçilmiştir. Bu ürün grubunun üretiminde, firma bünyesindeki üretimin talebe yetişememesinden dolayı fason tedarikçilerden destek alınmaktadır. Yani ürünün üretimi hem firma bünyesinde hem de fason tedarikçilerde yapılmaktadır.

Seçilen ürün ailesinin oluştuğu parçalar Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Tablo 6.1 40-T-77 modeli ürün ağacı

| Parça Adı | Malzeme Cinsi | Miktar (Adet) |
|----------------------|-----------------------------|---------------|
| Kovan | AISI 316 Paslanmaz | 1 |
| Döner baskı | Silisyum Karbür | 1 |
| Sabit Eleman | Reçineli Karbon Grafit | 1 |
| Pul | AISI 316 Paslanmaz | 1 |
| Döner Baskı O-ringi | FKM (Florokarbon Elastomer) | 1 |
| Sabit eleman O-ringi | FKM (Florokarbon Elastomer) | 1 |
| Yay | AISI 316 Paslanmaz | 1 |
| Setskur | AISI 316 Paslanmaz | 2 |

6.4 WPMR (Oranlarla İş Gücü Verimlilik Yönetimi) Uygulaması

Özellikle emek yoğun işlerde verimsizliğe sebep olan noktaların tespitinde kullanılan bu yöntem ile israfa neden olan kök nedenlerin ortaya çıkarılması ve bu yolla gelecek durum değer akış haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Mekanik salmastra üretimi yapan firmada en çok üretimi yapılan modelde bile günlük talep miktarı 50 adeti geçmediği için tezgahlar çok fazla model değiştirmektedir. Ayrıca montaj, çapak alma ve ezme gibi operasyonlar tamamen işçi verimliliğine bağlı operasyonlar olduğundan WPMR yöntemi uygulanılmasına karar verilmiştir.

Mevcut durumda ürünlerin çevrim sürelerinin tespiti ve bu çevrim sürelerine uygulamada ne kadar uyulabildiğinin görülebilmesi gerekmektedir. İşçilerin ne kadar verimli çalıştığının ve operasyon esnasında meydana gelen israfların, değer katmayan faaliyetlerin tespit edilmesi gerekmektedir.

Değer katmayan faaliyetlerin, israfların, verimin, çevrim sürelerinin ve bu sürelere ne kadar uyulabildiğinin tespiti için işçilere üretim takip kartlarının tutturulması ve buradaki verimin WPMR uygulaması ile hesaplanmasına karar verildi.

İşletmede hâlihazırda tutturulan bir üretim takip kartı şablonu ya da örneği yoktur. Üretim departmanında tam olarak oturmuş evraklama ve dokümantasyon kültürü mevcut değildir. Bunun için ilk olarak bir üretim takip kartı şablonu oluşturuldu.

Yapılan bu çalışma ile birlikte uygulamadaki verilere ulaşılması hedeflendiği gibi üretimdeki çalışanlara veri girişi, evraklama, form doldurma, denetim, takip gibi mekanizmaların kültürünü kazandırmak da hedeflenmiştir.

Hazırlanan üretim takip kartı örneği Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

| ÜRETİM TAKİP KARTI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|-------------------------|--|---------------------|------------------|---------------|-------------|---------------------|------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------|
| BAŞLANGIÇ | | | BİTİŞ | | | TARİH | | | | | | | | | | | | | |
| MESAJ | 07.30.00 | 17.30 | 1 ÇİFT | YERİ | 2 ÇİFT | MESAJ YERİNİ | TOP. ADET | | | | | | | | | | | | |
| HAZIRLAMA | 17.30.00 | 21.00 | 08.00-09.15 | 11.30-13.00 | 15.00-16.15 | 18.30-19.00 | 00.15.00 | | | | | | | | | | | | |
| CNCT1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NO | BAŞLANGIÇ SAATI | BİTİŞ SAATI | OPERATÖR ADI | FİŞ NO/STOK | TEZGAH AYAR SÜRESİ [DK] | PARÇA BAŞI İŞLEME SÜRESİ-ADET TAK [DK] | İŞ PARÇASI İLK ONAY | PARÇA ADI/OP.NO. | YAPILAN İŞLEM | HURDA ADEDİ | İŞLENEN PARÇA ADEDİ | İDEAL ADET | İDEAL SÜRE [DK] | MOLA SÜRESİ [DK] | OPERASYON VERİMİ | BEKLEME SÜRESİ [DK] | DURUŞ SÜRESİ [DK] | DURUŞ AÇIKLAMASI | DURUŞ KODU |
| 1 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | 0,0 | 00:00 | 00:00 | 0,00% | 00:00 | | | |
| TEZGAH VERİM ALANI → | | | | | | | | | | | TOPLAM: | 00:00 | TEZGAH VERİMİ | 0,0% | | | | | |

Şekil 6.1 Üretim takip kartı

Üretim takip kartı Excel formatında hazırlanmıştır. Kartta beyaz alanların üretimde çalışan işçiler tarafından doldurulması, sarı alanların karttaki bilgileri Excel'e aktaracak olan şef tarafından doldurulması planlanmıştır. Turuncu alanlar ise veriler girildiğinde program tarafından otomatik hesaplanarak dolacak şekilde planlanmıştır.

Programdaki hesaplamalar WPMR yöntemiyle uyumlu olacak şekilde formüle edilmiştir. Programın verimli bir şekilde takibi ve form doldurma alışkanlığının oturtulması adına, ilk bir ay her bölümden 2 pilot tezgâh ya da çalışan seçilerek buradan gelen veriler özellikle takip edilip, formların eksiksiz doldurulmasına özen gösterilmiştir.

Formların doldurulduğu ilk bir ayın sonunda yapılan duruş açıklamalarına göre sınıflandırmalar yapıp duruş kodlarının oluşturulması için kullanılmıştır. Duruş kodları oluşturulurken ayrıca çalışan işçilerden en tecrübeli olanlar ve üretim sorumlusu ile toplantı yapılarak, kartta yer almayan oluşabilecek başka duruşlar ile alakalı da tecrübeye dayalı bilgi alınmıştır. Ayrıca oluşturulan duruş kodlarının sınıflandırılması WPMR yöntemine uygun olacak şekilde yapılmıştır. Oluşturulan duruş kodları Tablo 6.2'deki gibidir.

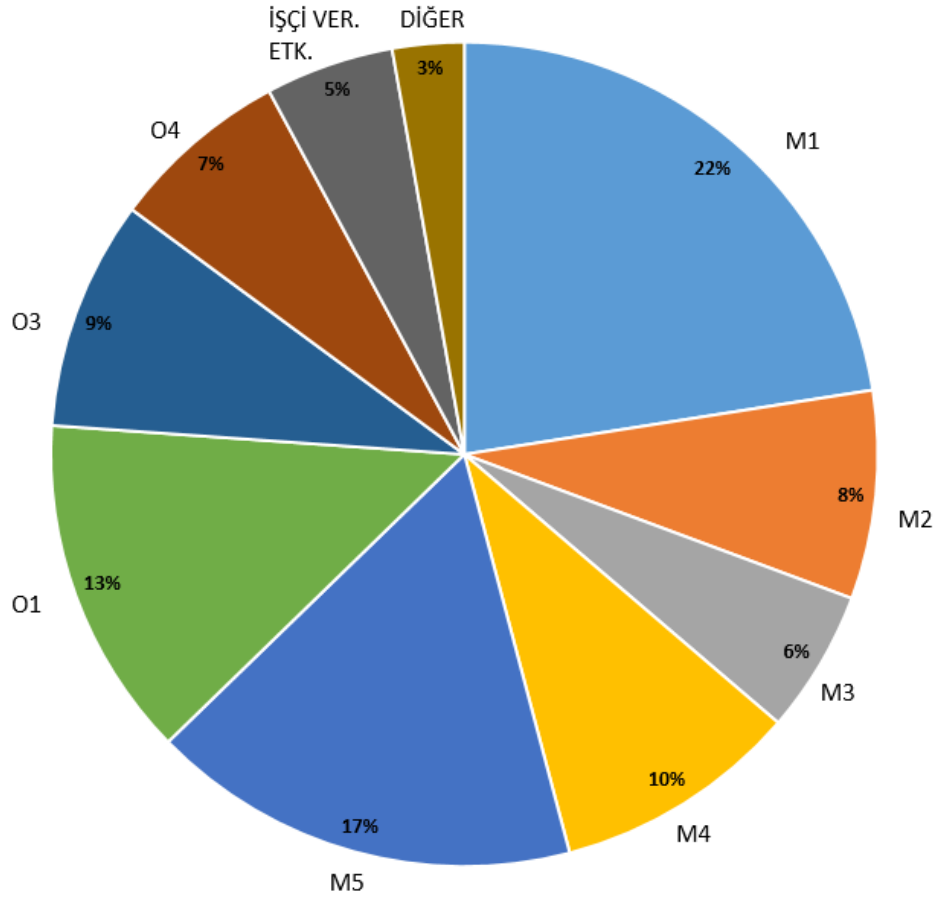
Tablo 6.2 Duruş açıklaması kodları

| Ana Kategori | Duruş Açıklaması | Duruş Kodu |
|----------------|--------------------------|------------|
| L _O | Depodan malzeme alınması | O1 |
| | Bakım | O2 |
| | Hammadde alınması | O3 |
| | Malzeme Beklenmesi | O4 |
| L _M | Ayar | M1 |
| | Program Hatası | M2 |
| | İşleme Hatası | M3 |
| | Makine Arızası | M4 |
| | Program Yazılması | M5 |

Duruş kodları üretim takip kartlarının bir ay süre ile doldurulması sonucunda çıkarılmış ve sınıflandırma yapılmıştır. Bir aylık çalışma sonrası tüm tezgâhlardaki üretim takip kartları üç ay süre ile izlenmiştir. Örnek olarak tornalama ve frezeleme operasyonlarına ait üç aylık izlemenin neticesinde meydana gelen ortalama duruşların yüzdelik dağılımı Şekil 6.2'deki gibidir. Liste halinde Tablo 6.3'de gösterilmiştir.

BEKLEME SÜRELERİ DAĞILIMI

■ M1 ■ M2 ■ M3 ■ M4 ■ M5 ■ O1 ■ O3 ■ O4 ■ İŞÇİ VER. ETK. ■ DİĞER



Şekil 6.2 Ortalama duruş oranları grafiği

Tablo 6.3 Ortalama duruş oranları tablosu

| Sıra | Ana Kategori | Duruş Kodu | Duruş Açıklaması | Oran |
|------|--------------|------------|--------------------------|------|
| 1 | LM | M1 | Ayar | %22 |
| 2 | LM | M5 | Program Yazılması | %17 |
| 3 | Lo | O1 | Depodan Malzeme Alınması | %13 |
| 4 | LM | M4 | Makine Arızası | %10 |
| 5 | Lo | O3 | Hammadde Alınması | %9 |

Tablo 6.3 Ortalama duruş oranları tablosu (devamı)

| | | | | |
|----|-------------------------|----|--------------------|----|
| 6 | LM | M2 | Program Hatası | %8 |
| 7 | Lo | O4 | Malzeme Beklenmesi | %7 |
| 8 | LM | M3 | İşleme Hatası | %6 |
| 9 | DİĞER | | | %3 |
| 10 | İŞÇİ VERİMLİLİĞİ ETKİSİ | | | %5 |

CNC torna ve freze bölümü için yapılan örnek WPMR hesabı Aralık ayı örneği;

$$L_R = 9 \times 9 = 81 \text{ saat / gün} = 4860 \text{ dk. / gün (5.1)}$$

L_0 : Yönetime yüklenip kullanılmayan işgücü saati

$$L_0 = 717 \text{ dk. / gün}$$

$$L_{R'} = 4860 - 717 = 4143 \text{ dk. / gün (Fiili işçilik saatleri (5.2))}$$

$$L_M = 1225 \text{ dk. / gün}$$

$$L_E = 4143 - 1225 = 2918 \text{ dk./gün (Etkili adam saat (5.5))}$$

$$\text{İşçi verimliliği etkisi} = 96 \text{ dk./gün}$$

$$L_S = L_E - \text{işçi verimliliği etkisi (5.7)}$$

$$L_S = 2918 - 96 = 2822 \text{ dk./gün}$$

$$L_S/L_R = 2822 / 4860 = 0,581 \sim \mathbf{0,58} \text{ (Genel süreç verimliliği (5.8))}$$

Toplam duruş oranı = %42

$$E_w = L_S/L_E = 2822/2918 = 0,967 \sim 0,97 \text{ (5.9)}$$

İşgücü etkenliği yani işçinin verimliliği %97'dir.

Üç aylık bekleme süreleri tablosunun ayrıntılı dağılımı Tablo 6.4'teki gibidir;

Tablo 6.4 Üç aylık duruş oranları tablosu

| Ana Kat. | Duruş Kodu | Duruş Açıklaması | Aralık 2020 | | Ocak 2021 | | Şubat 2021 | | Toplam Duruş Süresi (dk.) | Toplam Duruş Yüzdesi |
|-----------------------------------|------------|--------------------------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|---------------------------|----------------------|
| | | | Duruş Süresi (dk.) | Oran | Duruş Süresi (dk.) | Oran | Duruş Süresi (dk.) | Oran | | |
| LM | M1 | Ayar | 9397 | %21 | 9014 | %24 | 8232 | %23 | 26644 | %22 |
| LM | M5 | Program Yazılması | 7920 | %17 | 6444 | %17 | 5544 | %15 | 19908 | %17 |
| Lo | O1 | Depodan Malzeme Alınması | 7547 | %16 | 5030 | %13 | 3295 | %9 | 15872 | %13 |
| LM | M4 | Makine Arızası | 3163 | %7 | 1389 | %4 | 6830 | %19 | 11381 | %10 |
| Lo | O3 | Hammadd e Alınması | 4645 | %10 | 3268 | %9 | 2753 | %8 | 10666 | %9 |
| LM | M2 | Program Hatası | 3862 | %8 | 4517 | %12 | 1302 | %4 | 9681 | %8 |
| Lo | O4 | Malzeme Beklenmesi | 3577 | %8 | 2151 | %6 | 2611 | %7 | 8339 | %7 |
| LM | M3 | İşleme Hatası | 2601 | %6 | 2720 | %7 | 1309 | %4 | 6630 | %6 |
| DİĞER | | | 827 | %2 | 223 | %1 | 2265 | %6 | 3314 | %3 |
| İŞÇİ VERİMLİLİĞİ ETKİSİ | | | 2121 | %5 | 2732 | %7 | 1800 | %5 | 6653 | %5 |
| Toplam Duruş Süresi (dk.): | | | 45660 | | 37487 | | 35941 | | 119088 | |
| LS: | 182232 | | | | | | | | | |
| LR: | 301320 | | | | | | | | | |
| LS/LR: | %60,48 | | | | | | | | | |

6.5 Mevcut Durum Haritası

Mevcut durum haritası çizilmeden önce satış departmanından seçilen ürüne ait yıllık satış adetleri alındı. Yine satış departmanı ile yapılan görüşmeler sonucunda müşterinin istek ve şikâyetleri belirlendi. Ardından firmanın günlük çalışma süreleri hesaplandı.

Müşteri şikâyetleri ve ürüne ait bilgiler;

- Günlük ortalama 50 adet ürün talep edilmektedir.
- Sevkiyat her gün yapılmaktadır.
- Siparişin termini müşterinin aciliyet durumuna göre değişmektedir.
- Giden ürünlerin hepsinde aynı standartta ürün kalitesi mevcut değil.
- Terminlerde gecikmeler yaşanmaktadır.

Firma çalışma süreleri;

- Firma ayda ortalama 20 iş günü çalışmaktadır.
- Mesai başlangıç saati: 07:30
- Mesai bitiş saati: 17:30.
- Üretim departmanı bir günde tek vardiya şeklinde çalışmaktadır.
- Çalışma günleri hafta içi olacak şekilde 1 haftada toplam 5 gündür.
- Mola saat ve süreleri;
 - 09:00-09:15 15 dk. dinlenme arası,
 - 12:30-13:00 30 dk. öğle arası,
 - 15:00-15:15 15 dk. dinlenme arası şeklinde Toplam mola günde 1 saattir.
- Günlük net çalışma saati molalar düşüldüğünde 9 saat yani 540 dk.'dır.

Mevcut durum haritası üzerindeki proseslere ait güvenilirlik oranı (GO.); temizlik, bakım, çay molası, izinler, numune çalışmaları, ayar süresi, program yazılması, makine arızaları, malzeme eksikliği, operatörün yokluğu ya da verimsizliği, elektrik kesintileri, önceki operasyonların beklenmesi, taşıma ve tekrar işlenmesi gereken parçalar dikkate alınarak WPMR yöntemi ile hesaplanmıştır.

Çevrim ve Hazırlık süreleri her bir tezgâhın başında zaman tutulup ideal süre belirlenerek oluşturulmuştur.

Her bir proses için çevrim zamanları (ÇZ), Hazırlık zamanları (HZ), makine kullanım ya da güvenilirlik oranı (GO), günlük stok miktarı ve değer katan zamanlar gösterilmektedir. Tablo 6.5'de mevcut durum haritası verileri gösterilmiştir.

Tablo 6.5 Mevcut durum haritası verileri

| Operasyonlar | Çevrim Süresi | Hazırlık Süresi | Güvenilirlik Oranı | Çalışma Süresi | Parti Büyüklüğü |
|--------------|---------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|
| Kesme-Delme | 5 dk. | 30 dk. | %85 | 540 dk. | 250 ad. |
| Tornalama | 8 dk. | 60 dk. | %60 | 540 dk. | 250 ad. |
| Frezeleme | 9 dk. | 75 dk. | %60 | 540 dk. | 250 ad. |
| Çapak alma | 5 dk. | - | %90 | 540 dk. | 250 ad. |
| Ezme | 3 dk. | 15 dk. | %40 | 540 dk. | 50 ad. |
| Montaj | 3 dk. | - | %70 | 540 dk. | 250 ad. |
| Toplam: | 33 dk. | 180 dk. | | | |

Mevcut duruma göre çevrim sürelerine hazırlık sürelerini ve güvenilirlik oranlarını yansıttığımızda aslında uygulamada çevrim süresinin parça başına düşen süresinin verimsizliklerden kaynaklı olarak çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Uygulamada gerçekleşen çevrim süreleri Tablo 6.6'da gösterilmektedir.

Tablo 6.6 Uygulamada gerçekleşen çevrim süreleri

| Operasyon | Çevrim Süresi |
|-------------|---------------|
| Kesme-Delme | 5,9 dk. |
| Tornalama | 11,5 dk. |
| Frezeleme | 13 dk. |
| Çapak alma | 5,5 dk. |

Tablo 6.6 Uygulamada gerçekleşen çevrim süreleri (devamı)

| | |
|---------|----------|
| Ezme | 5,3 dk. |
| Montaj | 3,9 dk. |
| Toplam: | 45,1 dk. |

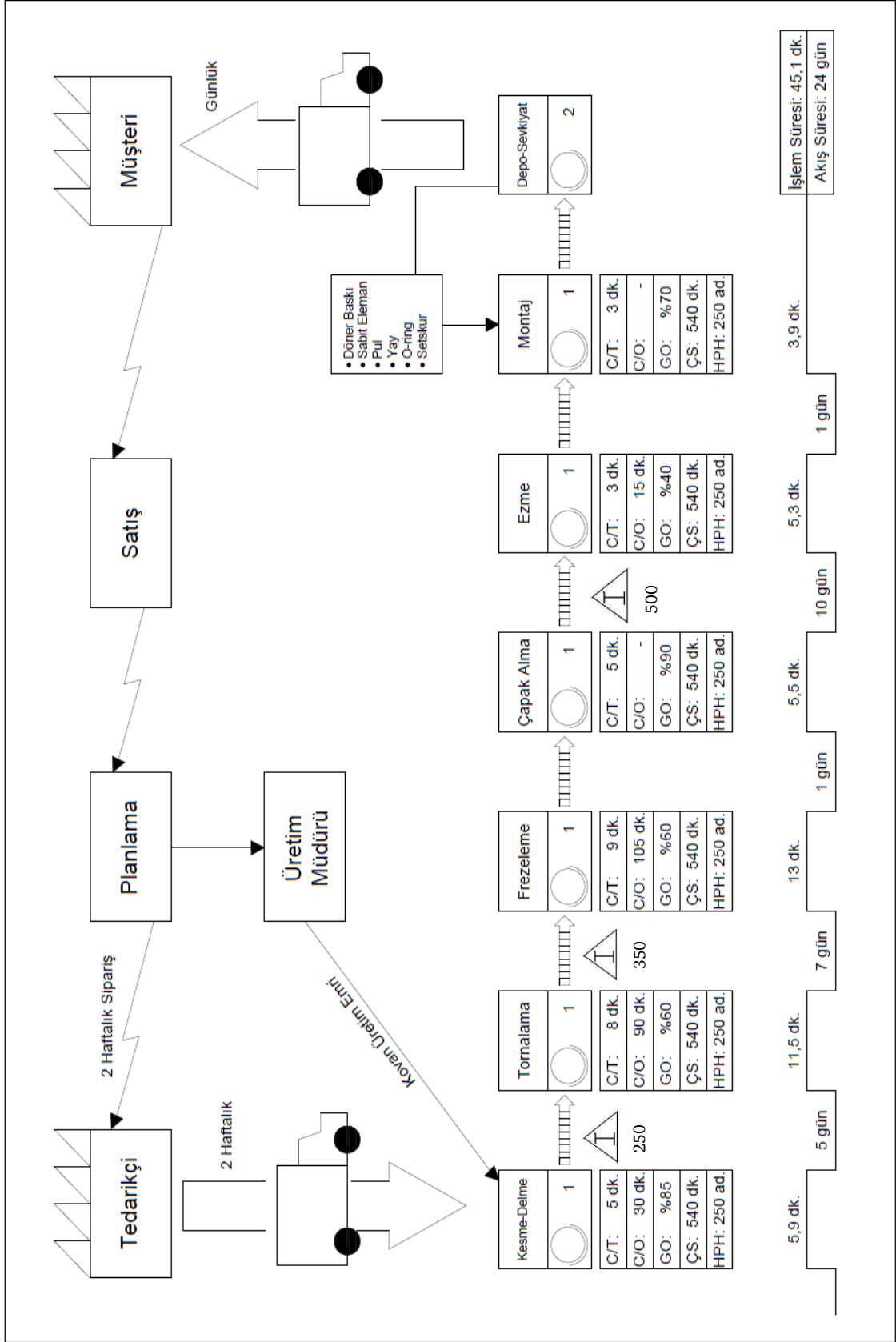
Ürünün akış süresinin tespiti için istasyonlar arasındaki yarı mamul stok miktarlarına bakıldı. Elde edilen yarı mamul adetleri günlük müşteri talebine bölünerek akış süresi hesaplandı.

Örneğin, Kesme/Delme istasyonu ile Torna istasyonu arasında 250 adet bekleyen yarı mamul tespit edilmiştir. Günlük müşteri talebi 50 adet olduğu için bu iki istasyon arası akış süresi $250/50=5$ gündür.

Ürünün mevcut duruma göre üretimdeki akış süresi ise Tablo 6.7'de gösterilmiştir. Mevcut durum haritası ise Şekil 6.3'te gösterilmiştir.

Tablo 6.7 Mevcut duruma göre üretim akış süresi

| İstasyonlar | Üretim Akış Süresi |
|-----------------------|--------------------|
| Kesme/Delme-Tornalama | 5 gün |
| Tornalama-Frezeleme | 7 gün |
| Frezeleme-Çapak alma | 1 gün |
| Çapak Alma-Ezme | 10 gün |
| Ezme-Montaj | 1 gün |
| Toplam: | 24 gün |



Şekil 6.3 Mevcut durum haritası

6.6 Mevcut Durum Haritası ve Güncel Verilerin Değerlendirilmesi

Mevcut durum haritasına baktığımızda fabrikada uygulanan itme sisteminden kaynaklı olarak prosesler arasında ürünün bekleme süreleri oldukça uzundur. Üretim içerisinde ürünün akış süresinin 24 gün olduğu gözükmemektedir.

Yine mevcut durum haritasında tornalama, frezeleme ve ezme operasyonlarında güvenilirlik oranlarının oldukça düşük olduğunu görmekteyiz. Bu da bize buradaki süreçlerin kayda değer bir şekilde verimsiz olduğunu göstermektedir.

Tornalama ve Frezeleme operasyonlarında hazırlık sürelerinin yüksek oluşu da dikkat çekmektedir. Bu operasyonlarda operasyon öncesinde ön hazırlığın iyi bir şekilde yapılmadığını söyleyebiliriz.

Proseslerdeki hazırlık zamanlarını ve güvenilirlik oranlarını dikkate aldığımızda teorik çevrim süresi ile gerçekte meydana gelen çevrim süreleri arasında önemli farklılıkların olduğu görülmektedir.

Üretim sürecinde meydana gelen verimsizlikleri tespit etmek için daha öncesinde belirlenen güvenilirlik oranlarının ve bu verimsizliğe sebep olan kök nedenlerin incelenmesi gereklidir.

6.6.1 Verimsizliğe Neden Olan Kök Nedenlerin İncelenmesi ve Planlanan Aksiyonlar

Cnc torna ve frezelerde daha önce paylaşılan Tablo 6.3'ü incelediğimizde ilk üç duruşun toplam duruşların yarısından daha fazla bir oranını oluşturduğunu görmekteyiz. Bu duruşlar;

- Ayar,
- Program yazılması,
- Depodan malzeme alınması duruşlarıdır.

Bu üç önemli duruşun oranlarının azaltılmasıyla önemli bir verim artışı sağlanacağı öngörülmektedir.

Ayardan kaynaklı duruş oranı %22'dir. Üretim şefi ve operatörlerle yapılan toplantıda ayardan kaynaklı duruşların nedenleri incelendi. Tezgâh ayarı,

malzemelerin tezgâhta işlenmeden önce ayna ayaklarının sıfırlanması, kater ve u-drill gibi kesici takımların tarete bağlanması, kesici uçların katerlere takılması vb. aşamaları bu duruşa sebep olan başlıca etmenler arasında sayabiliriz. Toplantı neticesinde buradaki kayıpların önemli bir kısmının;

- Ayna ayaklarının düzenli bir yeri olmamasından kaynaklı olarak ayar esnasında uygun ayna ayağının aranması,
- Kater ve u-drill gibi kesici takımların hem düzenli bir yerinin olmayışı hem de yeterli adette olmayışından dolayı başka tezgâhlardan kesici takımın aranması,
- Kesici uçların depodan alınırken aradaki kat farkından ve ön hazırlık yapılmayışından dolayı yaşanan süre kayıplarından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Bu kayıpların önüne geçmek için yapılması planlanan çalışmalar aşağıdaki gibidir;

- Ayna ayaklarına uygun bir yer belirlenecek ve ayaklar işlenecek malzeme çaplarına göre sınıflandırılacak,
- Operasyonlarda en çok kullanılan ve her tezgâhta bulunması gereken kesici takımlar belirlenecek ve bu takımlar temin edilerek tezgâhlara zimmet listesi ile verilecek. Devamlı olarak kullanılmayan belirli bir rutinde kullanılan takımlara bir alan belirlenecek ve takımlar burada 5S düzeninde dizilerek operatörün takım aramasının önüne geçilecek.
- Kesici uçlar depoda 2. Katta bulunmakta ve tezgâhlar ise -1. Katta olup arada iki kat bulunmaktadır. Bu da operatörün kesici uç almak için kat ettiği mesafeyi uzatmakta ve operatörün kontrolünü azaltmaktadır. Depo birimiyle de yapılan toplantı neticesinde üretime haftalık ihtiyaç miktarı kadar kesici uç verilmesine ve bunun üretim sorumlusunun takibinde olmasına karar verildi. Kesici uçlara üretim ofisinde alan belirlenecek olup haftalık olarak stok tutulacaktır. Böylece uç alma süreleri azaltılacak ve uç alma esnasında operatörün bilinçli olarak işi aksatma durumu ortadan kaldırılacak ve kontrol altına alınacaktır.

Program yazılmasından kaynaklı duruş oranı %17'dir. Firmada standart ürünlerde dahi programlar eğer tezgâhın kendi hafızası dolu ise kayıtlı durumda değildir. Mevcut durumda gelen bir standart ürünün programı genelde en baştan

yazılmaktadır. Bu da her operasyon başlangıcında program yazılmasına ve %17 gibi önemli bir kaybın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu verimsizliğin ortadan kaldırılması için ilk etapta standart ürünlerin programları, ürün tezgâha ayarlanmadan önce bilgisayarda yazılacak ve tezgâhlara kart okuyucu vasıtasıyla hazır bir şekilde aktarılacaktır. Programların bilgisayarda yazılması ve kaydedilmesi işi en tecrübeli iki programcı tarafından yapılacaktır.

Depodaki kesici uçların haftalık tüketim miktarı kadar üretim ofisinde stoklu tutulması ile birlikte “depodan malzeme alınması” duruşları da önemli miktarda azalacaktır.

Makine arızasından kaynaklı duruş oranı %10'dur. Firmada düzenli olarak bakım yapılmamaktadır. Genelde temizlik ve bakımlar bayram zamanları tatile çıkmadan önce yapılmaktadır. Makineler çok sık arıza vermektedir. Makine arızalarının en önemli sebebinin düzenli bir bakım faaliyeti olmayışından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bunun için günlük, haftalık ve aylık olmak üzere bakım çizelgeleri oluşturulacaktır. Günde 15 dk. olacak şekilde bakım yapılacak ve kontrol edilecektir.

Programların önceden yazılıp kaydedilmesi ve standartlaştırılması ile birlikte “program hatası” duruşlarının da önemli miktarda azalacağı öngörülmektedir.

Hammaddeler firmada üretim tezgâhlarının olduğu katın bir kat aşağısında kesme-delme alanının olduğu bölgede bulunmaktadır. Bu durum da hammadde alınma noktasında zaman kayıplarına yol açmaktadır. Üretilen parça ufak çaplı olup kesilmeden direkt çubuk şeklinde işlenecekse, hammadde taşınması önceden planlanmadığı için operatör hammadde bittikçe kesme delme alanından hammadde almakta ve bu esnada tezgâh çalışmamaktadır. Bunun için önceden hammadde ihtiyacının da planlanması gerekmektedir. Bu duruşun önüne geçmek için tezgâhlarda işlenecek parçaların iş planı çizelgesinin oluşturulmasına ve bir sonraki aşamada işlenecek parçanın hammaddesinin, üretim katında belirlenen alana önceden çekilmesine karar verilmiştir. Böylece operatörün kat edeceği mesafe önemli miktarda azalacaktır ve operatörden de kaynaklanan bazı verimsizliklerin de önüne geçilecek olup operatör kontrol altına alınacaktır.

Malzeme beklenmesi duruşları tamamen üretim planlamasındaki aksaklıktan kaynaklıdır. İş planı çizelgesinin oluşturulması ve hammaddelerin önceden üretim alanına çekilmesi bu aksaklığı da engelleyecektir.

Bir diğer verimin düşük olduğu operasyon olan ezme operasyonuna baktığımızda, ezme işleminin kovana bir zimba ve çekiç yardımıyla yani el kuvvetiyle yapıldığı görülmektedir.

Verimsizliğe sebep olan ana etmenler:

- Operatörün ezme işlemini yapmak için kovana her seferinde bir mengenenin çeneleri arasına sıkıştırması ve doğru pozisyonu ayarlaması gerekiyor.
- Bir kovanın üzerinde birden fazla ezme olduğu için her ezme esnasında doğru pozisyonlamayı sağlaması gerekiyor.
- Ezme işlemi kol kuvvetiyle yapıldığı için operatörün ezme hızı zaman geçtikçe yavaşlamakta, performansı düşmekte ve sık sık mola vermektedir.
- Ezme işlemi operatör yorulduğu için genelde 3 saatten fazla devam ettirilememektedir.

Yukarıdaki etmenler ezme operasyonunda ciddi bir verimsizliğe yol açmaktadır. Basit pnömatik bir pres ve aparat yapısıyla bunun önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

6.7 Gelecek Durum Değer Akış Haritalandırması

Gelecek durum haritasında değer yaratmayan faaliyetler mümkün mertebe ortadan kaldırılıp israfa yol açan unsurların önüne geçilmelidir. Yalın yönetim sistemine göre değer tanımını yapan ve değer yaratan faaliyetleri belirleyen müşteridir. Bu sebeple firmanın hizmet verdiği yüksek adette alım yapan müşteriler ile görüşülerek bilgi alınmıştı. Müşterilerle yapılan görüşme neticesinde genel olarak taleplerinin en uygun fiyatla, en kısa sürede ve standart kalitede malzeme temin etmek olduğu görülmüştür.

Gelecek durum haritası hazırlanırken hedefler;

- İsrâfların ortadan kaldırılması,
- Verimin artırılması,

- Mümkmn olan yerlere sreklk akışın kurulması,
- Çekme sistemi kurulmasıdır.

6.7.1 Takt Zamanı

Gelecek durum haritasını oluşturmada ilk adım takt zamanının belirlenmesidir. Takt zamanının tespiti ile müşterinin ürünü ne kadar sıklıkta talep ettiği bulunur. Çünkü müşteriye istediği ürünün istediği zamanda teslim edilmesi önemlidir.

Firma dış tedarikli olarak da temin ettiği üründen acil müşteri isteklerine cevap vermek adına emniyet stok miktarlarını 1 hafta, ara stokları ise günlük tutmak istiyor. İstenilen hedeflere ulaşırsa, fason üretim miktarının önemli ölçüde azaltılabileceği öngörülmektedir.

Firma seçilen ürün grubundan toplamda yılda ortalama 13.000 adet satıyor.

Vardiya başına satış miktarı 50 adettir.

Günlük net çalışma saati 9 saat (540 dk.)'tir.

Takt zamanı, Vardiya başına kullanılabilen iş zamanının vardiya başına müşteri talep miktarına bölünmesi ile bulunur.

Takt zamanı = $540/50 = 10,8$ dk.

6.7.2 Gelecek Durum Değer Akış Haritasının Oluşturulması

6.7.2.1 Montaj Bölümü

Gelecek durum haritası oluşturulmasında müşteri, tedarikçi ikonları, bilgi kutuları ve bilgi akışları çizildikten sonra pacemaker proses belirlendi. Pacemaker proses olarak montaj operasyonu seçilmiştir. Montaj operasyonu üretim alanına ait müşteriye en yakın olan procestir. Sipariş planlama noktası buradan başlayacaktır.

Firma taleplere anlık cevap verebilmek adına bir haftalık emniyet ürün stoku istemektedir. Bu nedenle depo-sevkiyat noktasına bir haftalık ürün stoku içerecek bir emniyet stoku kurulacaktır. Montaj ve öncesindeki prosesler arasına ise süpermarketler kurulması planlanmaktadır. Süpermarketlerde günlük talep miktarında yarı mamul tutulacaktır. Planlama departmanı günlük olarak montaj departmanına iş emri verecektir. Günlük talep kadar süpermarketlerden yarı

mamul çekme işlemi kanban kartları ile gerçekleştirilecektir. Salmastra siparişleri günlük ve çok acil olabildiğinden süpermarket sistemi bu dezavantajın etkisini ortadan kaldıracaktır. CNC tezgâhlarının ayar süresinden kaynaklı verimsizlik göz önünde bulundurulduğundan, süpermarketlerde günlük ürün talebi 20 ad. ve üzerinde olan ürünlerin bulundurulması düşünülmektedir.

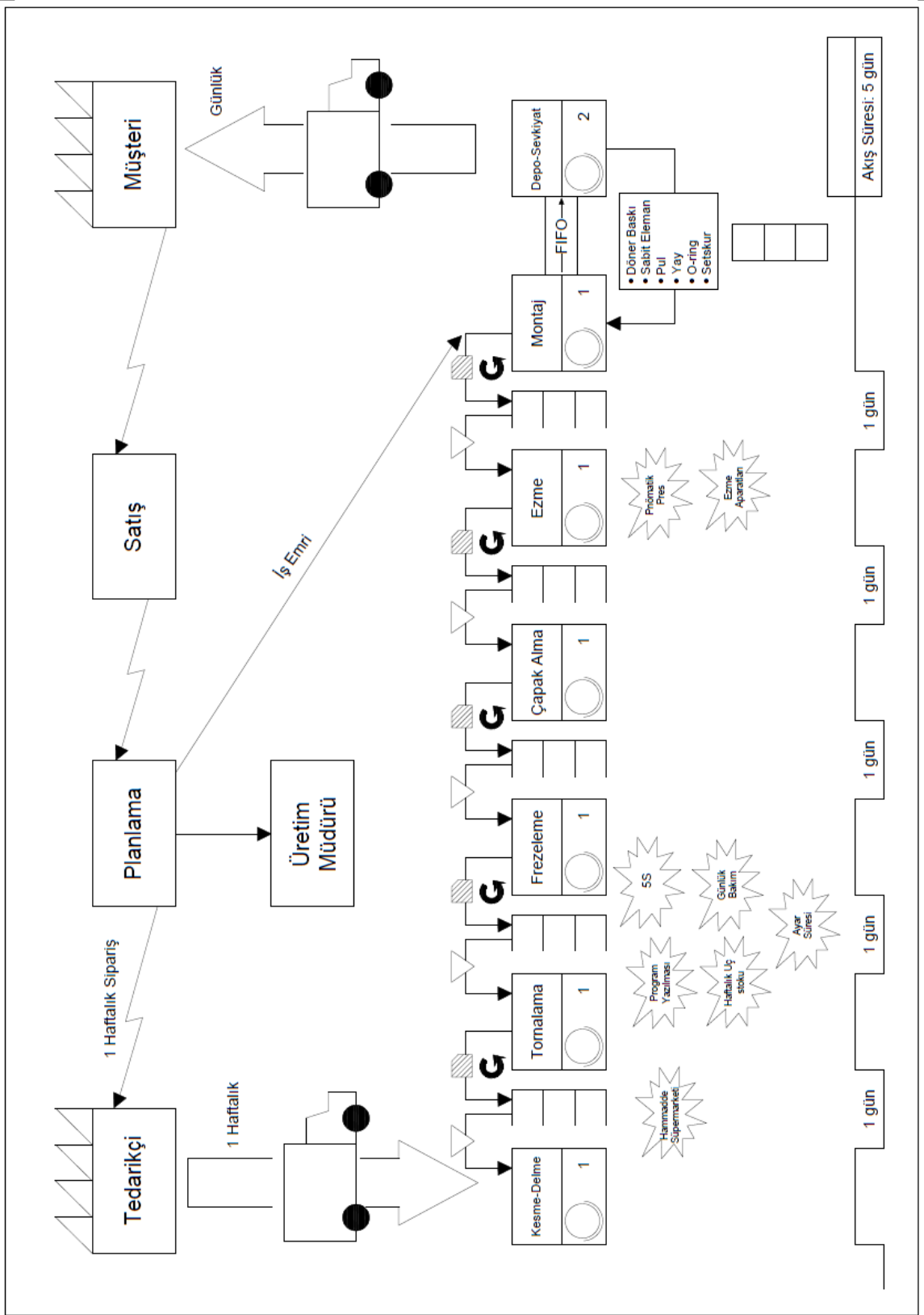
Montaj ile depo-sevkiyat arasına, sevkiyata üretimsel ürünlerin haricinde de özel işler gelebildiğinden, FIFO hattı kurulması öngörülmektedir. Bu sayede montajdan gelen günlük siparişler stoklanmadan direkt olarak sevkiyat departmanına verilecek ve müşteriye gönderilecektir.

6.7.2.2 Talaşlı İmalat Bölümü

Gelecek durum haritasının prensibinde mümkün olan her prosese sürekli akış sisteminin kurulması gerekmektedir. Ancak firmada, operasyonların yoğunluk durumları ve işlem süreleri birbirine göre çok farklılık gösterdiğinden kesme-delme operasyonundan ezme operasyonuna kadar prosesler arasına süpermarket sistemi kurulacaktır.

Yapılacak iyileştirmeler için takt zamanının altında kalan veya güvenilirlik oranı %70'in altında olan operasyonlara ağırlık verilmiştir. Bu operasyonların tornalama, frezeleme ve ezme operasyonları olduğu gözükmemektedir. Ayrıca daha önce hesaplandığı üzere tornalama ve frezeleme operasyonunun mevcut durumda uygulamadaki çevrim süresi takt zamanının da üzerindedir. Müşteri istek ve taleplerine zamanında cevap verebilmek adına bu durum önem arz etmektedir. Bu sebeple tornalama ve frezeleme operasyonlarının güvenilirlik oranının iyileştirilmesi ile birlikte pratikteki çevrim sürelerinin de takt zamanının altına düşürülmesi gerekmektedir.

Taşalı imalat bölümünde daha önce de kararlaştırıldığı gibi doküman, çizelge çalışmalarının yapılması, 5s ve kaizen gibi çalışmaların yapılması ayrıca bu kültürün zaman içerisinde çalışanlara kazandırılması gerekmektedir.



Şekil 6.4 Gelecek durum haritası

6.8 Gelecek Durum Değer Akış Haritasına göre Alınan Aksiyonlar

Montajdan önceki operasyon olan ezme operasyonu %40 güvenilirlik oranı ile verimi en düşük prosestir. Bu prosesteki verimsizliğin başlıca nedeni ezme işleminin çekiç kullanılarak insan kuvvetiyle yapılmasıdır. Bunun önüne geçebilmek adına yaklaşık 1 aylık çalışma ile montajda âtil durumda olan bir pnömatik presin onarımı yapılarak aktif hale getirildi ve 40-T-77 ürünün kovani için gereken ezme aparatları imal edildi. Değerlendirmenin daha sağlıklı olabilmesi için 40-T-77'nin farklı ebat ve modellerinin de ezme aparatları yapılarak sisteme entegre edildi.

Yapılan değişiklikle beraber 2 aylık bir izleme neticesinde kovanın çevrim zamanı 1 dk.'ya, hazırlık süresi 10 dk.'ya düşürülmüş, güvenilirlik oranı ise %80'e çıkarılmıştır. Önceki durumla kıyaslandığında süreler Tablo 6.8'deki gibidir.

İyileştirme öncesinde ezme işlemi yetişmediğinden ezme operasyonu için günlük ekstra 3 saat mesai yapılmaktaydı. İyileştirme sonrasında gün içinde yalnızca 2 saat ayrılmış, ekstra mesaiye gerek kalmamıştır. Önceki durumda operasyonda yaklaşık 10 günlük malzeme stoku mevcutken bu durumun 1 güne indirilmesi hedeflenmektedir.

Tablo 6.8 Ezme operasyonu önceki ve güncel verilerin karşılaştırması

| Ezme Operasyonu Bilgileri | Önceki Durum | Güncel Durum |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| Hazırlık Süresi | 15 dk. | 10 dk. |
| Çevrim Zamanı | 3 dk. | 1 dk. |
| Güvenilirlik Oranı | %40 | %80 |
| Parti Adeti | 50 ad. | 50 ad. |
| Uygulamada Gerçekleşen Süre | 5,3 dk. | 1,4 dk. |

İyileştirme öncesi Aralık ayında tutulan ezme operasyonuna ait çizelge Tablo 6.9'daki gibidir.

Tablo 6.9 Aralık ayı ezme operasyonu verimlilik tablosu

| ARALIK AYI EZME OPERASYONU VERİMLİLİK TABLOSU | | | | | |
|---|----------------|-------------|--------------------|------------|------------|
| Tarih | Yapılan iş | Süre (saat) | İşlem Yapılan Adet | İdeal Adet | Verimlilik |
| 7.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 53 | 120 | %44 |
| 8.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 35 | 120 | %29 |
| 9.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 5 | 42 | 100 | %42 |
| 10.12.2020 | 4 ezmeli kovan | 6 | 21 | 60 | %35 |
| 11.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 3 | 38 | 60 | %63 |
| 14.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 5 | 61 | 100 | %61 |
| 15.12.2020 | 4 ezmeli kovan | 6 | 33 | 60 | %55 |
| 16.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 50 | 120 | %42 |
| 17.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 45 | 120 | %38 |
| 18.12.2020 | 4 ezmeli kovan | 6 | 21 | 60 | %35 |
| 21.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 60 | 120 | %50 |
| 22.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 40 | 120 | %33 |
| 23.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 42 | 120 | %35 |
| 24.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 35 | 120 | %29 |
| 25.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 3 | 27 | 60 | %45 |
| 28.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 39 | 120 | %33 |
| 29.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 42 | 120 | %35 |
| 30.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 45 | 120 | %38 |
| 31.12.2020 | 2 ezmeli kovan | 6 | 38 | 120 | %32 |
| TOPLAM: | | 106 | 767 | 1940 | %40 |

İyileştirme sonrası Nisan ve Mayıs aylarında tutulan ezme operasyonuna ait çizelge Tablo 6.10'da gösterilmiştir.

Tablo 6.10 Nisan ve Mayıs ayları ezme operasyonu verimlilik tablosu

| NİSAN VE MAYIS AYLARI EZME OPERASYONU VERİMLİLİK TABLOSU | | | | | |
|--|----------------|-------------|--------------------|------------|------------|
| Tarih | Yapılan iş | Süre (saat) | İşlem Yapılan Adet | İdeal Adet | Verimlilik |
| 1.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 89 | 120 | %74 |
| 5.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 93 | 120 | %78 |
| 7.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 98 | 120 | %82 |
| 9.04.2021 | 4 ezmeli kovan | 2 | 52 | 60 | %87 |
| 12.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 95 | 120 | %79 |
| 13.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 98 | 120 | %82 |
| 15.04.2021 | 4 ezmeli kovan | 2 | 45 | 60 | %75 |
| 16.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 96 | 120 | %80 |
| 19.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 103 | 120 | %86 |
| 21.04.2021 | 4 ezmeli kovan | 2 | 47 | 60 | %78 |
| 27.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 89 | 120 | %74 |
| 29.04.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 101 | 120 | %84 |
| 3.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 98 | 120 | %82 |
| 5.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 92 | 120 | %77 |
| 6.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 105 | 120 | %88 |
| 10.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 109 | 120 | %91 |
| 11.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 95 | 120 | %79 |
| 18.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 97 | 120 | %81 |
| 20.05.2021 | 4 ezmeli kovan | 2 | 52 | 60 | %87 |

Tablo 6.10 Nisan ve Mayıs ayları ezme operasyonu verimlilik tablosu (devamı)

| | | | | | |
|------------|----------------|----|------|------|-----|
| 21.05.2021 | 4 ezmeli kovan | 2 | 45 | 60 | %75 |
| 24.05.2021 | 4 ezmeli kovan | 2 | 41 | 60 | %68 |
| 25.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 102 | 120 | %85 |
| 27.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 96 | 120 | %80 |
| 28.05.2021 | 2 ezmeli kovan | 2 | 90 | 120 | %75 |
| TOPLAM: | | 48 | 2028 | 2520 | %80 |

Ezme operasyonu iyileştirme öncesi ve sonrasına ait fotoğraf Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5 Ezme operasyonu iyileştirme öncesi ve sonrasına ait görsel

Tornalama ve frezeleme operasyonlarının güvenilirlik oranı %60 ve uygulamadaki çevrim süreleri takt zamanının üzerinde idi. Güvenilirlik oranının arttırılıp, çevrim süresinin takt zamanına çekilmesi için çalışmalar yapıldı. Bunun için daha önce de paylaşılan duruş oranları tablosu incelenerek çeşitli aksiyonlar alındı.

6.8.1 Ayar Süresine Dair İyileştirmeler

İlk olarak üretim iş planı formu oluşturuldu. Böylece tezgâhların iş planlaması düzenli ve takip edilebilir hale getirildi. Örnek iş planı formu Şekil 6.6'da paylaşılmıştır.

| TEZGAH NO | SİPARİŞ NO | ÜRÜN ADI/KODU | TOPLAM ADET | KALDIRAÇET | OP. | BAŞLANGIÇ ZAMANI | BİTİŞ ZAMANI | MALZEME | TARİH | | PARÇA İSİME SÜRESİ (BİLGİSİZ) |
|-----------|------------|---------------|-------------|------------|-----|------------------|--------------|---------|----------|----------|-------------------------------|
| | | | | | | | | | TERİMİNİ | TERİMİNİ | |
| ONCT1 | | | | | | | | | | | |
| ONCT2 | | | | | | | | | | | |
| ONCT3 | | | | | | | | | | | |
| ONCT4 | | | | | | | | | | | |
| ONCT5 | | | | | | | | | | | |
| ONCT6 | | | | | | | | | | | |
| ONCD-1 | | | | | | | | | | | |
| ONCD-2 | | | | | | | | | | | |
| ONCD-3 | | | | | | | | | | | |

Sayfa 1

Şekil 6.6 Günlük iş planı formu

Formda tezgâhta üretimi yapılan üründen sonra hangi ürünün üretiminin planlandığı tüm bilgileriyle birlikte işlenerek, bir sonraki aşama için gereken hazırlıkların da tezgâh boşa çıkmadan yapılması sağlandı. Cnc torna ve freze bölümündeki en tecrübeli programcıya, bu iş planına göre bir sonraki aşamada işlenecek ürünün takımlarının ve kesici uçlarının önceden ayarlanması görevi verildi.

Ayna ayaklarına üretimde uygun bir alan belirlendi ve ayaklar sınıflandırılarak bu alana çekildi. Böylece operatörün hazırlık aşamasında ayna ayağı aramasından kaynaklı kaybın önüne geçildi. Ayna ayaklarının düzenlenmesinden sonraki alana ait fotoğraf Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.7 Ayna ayakları rafının düzenleme sonrası görüntüsü

Depo departmanı ile görüşülerek depoda bulunan kesici uçların bir hafta stoklu olacak şekilde üretime verilmesi kararlaştırıldı. Üretim ofisine kesici uçlar için dolap alındı ve uçlar bu dolaba aktarıldı. Uçların takibi görevi üretim şefine verildi. Uçların üretimden iki kat yukarıda olan depodan aynı kattaki üretim ofisine parti halinde çekilmesiyle hem taşımadan kaynaklı kayıplar hem de operatörün takipsizliğinden kaynaklı kayıplar belirli derecede azaltıldı. Uç dolabına ait görüntü Şekil 6.8’de gösterilmiştir.



Şekil 6.8 Uç dolabının düzenlenme sonrası fotoğrafı

Cnc tezgâhlarda kullanılan takımlar sık kullanılıp her tezgâhta bulunması gerekenler ve sık kullanılmayıp ortak alanda bulunması gerekenler olarak iki ana gruba ayrıldı. Bu iki gruptaki takımların listesi ve adetleri çıkarılarak envanter kaydı oluşturuldu. Ortak alanda bulunması gereken takımlar üretim ofisine

çekilerek 5S düzeninde dizildi. Kater ve U-drill dolabına ait fotoğraf Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9 Kater ve U-drill dolabı fotoğrafı

Talaşlı imalat bölümünde cnc torna-freze bölümündeki tezgâhlara takım arabaları alındı. Her tezgâhta bulunması gereken takımlar ve alet edevatlar bu takım arabalarına 5S düzeninde yerleştirildi. Operatörlere zimmet listesi ile birlikte teslim edildi. Takım arabalarına ait iç düzen görseli Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.10 Takım arabası iç düzeni

6.8.2 Makine Arızasına Dair İyileştirmeler

Üretimde hâlihazırda düzenli makine bakımı yapılmamaktaydı. Bunun da makine arızalarına sebep olduğu öngörülmektedir. Makine arızalarının önüne geçmek için günlük ve haftalık olmak üzere bakım çizelgeleri oluşturuldu. Günde 15 dk. olacak şekilde bakım planlandı. Çizelgeler panolara asılarak her gün takibi yapıldı. Bakım çizelgelerine ait takip kartı Tablo 6.11’de gösterilmiştir.

Tablo 6.11 Bakım çizelgeleri takip kartı

| OPERATÖR ARA BAKIM VE KONTROL TALİMATLARI | | | | | | | | | | | | | MAKİNA KODU:..... | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|-----------|--|-------------------|--|--|---------------|--|--|--|--|-------------|--|--|--|--|
| GÜNLÜK BAKIM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TARİH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ MAKİNA İLK AÇILDIĞINDA, 5 DK SPİNDLE VE EKSEN ISITMA PROGRAMI ÇALIŞTIRILMALIDIR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ İŞ BİTİMİNDE CNC TEZGAHLARININ ETRAFI TEMİZLENMELİDİR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ KIZAK SAC'LARI, FIRÇA VE TEMİZ BEZ İLE TEMİZLENMELİDİR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ BOR YAĞ SEVİYESİ KONTROL EDİLMELİDİR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ KIZAK YAĞLAMA TANKI GÖSTERGE SEVİYESİ KONTROL EDİLMELİ, EKSKİ İSE TAMAMLANMALIDIR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HAFTALIK BAKIM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TARİH | 1.HAFTA | | | | | 2.HAFTA | | | | | 3.HAFTA | | | | | 4.HAFTA | | | | | 5.HAFTA | | | | |
| ◆ TEZGAHIN İÇİ VE DIŞI DETAYLI OLARAK TEMİZLENMELİDİR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ ANA HİDROLİK TANKI YAĞ SEVİYESİ KONTROL EDİLMELİDİR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ TARET VE AYNA ÜZERİNDE OLUŞABİLECE PASI ÖNLEM EK İÇİN İLGİLİ ALANLAR YAĞLANMALIDIR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ◆ EKSEN VE SPİNDLE RULMANLARININ SES KONTROLÜ YAPILMALIDIR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AÇIKLAMA: | | | | | | | | | | | ŞEF ONAYI | | | | | SORUMLU ONAYI | | | | | MÜDÜR ONAYI | | | | |

6.8.3 Program Yazılması

Firmada standart ürünlerde dahi programlar tezgâhın kendi hafızası dolu ise kayıtlı durumda değildi. Üretim ofisindeki bir bilgisayar bu iş için ayrıldı. Kalifiye programcılar tarafından iş planına göre bir sonraki aşamada işlenecek ürünün programı önceden bilgisayarda yazıldı. Yazılan programlar tezgâhlara kart okuyucu ile aktarıldı. Böylece hem program yazılması hem de program hatası kayıpları önemli miktarda azaltıldı.

Daha önce aynı üründen her defasında yeniden program yazıldığından ürünlerin çevrim süreleri devamlı değişkenlik göstermekteydi. Bu noktada programın daha önceden yazılıp kaydının tutulup standartlaştırılması ve en tecrübeli programcılar ile çalışma yürütülmesi neticesinde ürünün çevrim sürelerinde de kayda değer azalmalar görülmüştür.

6.8.4 Hammadde Alınması

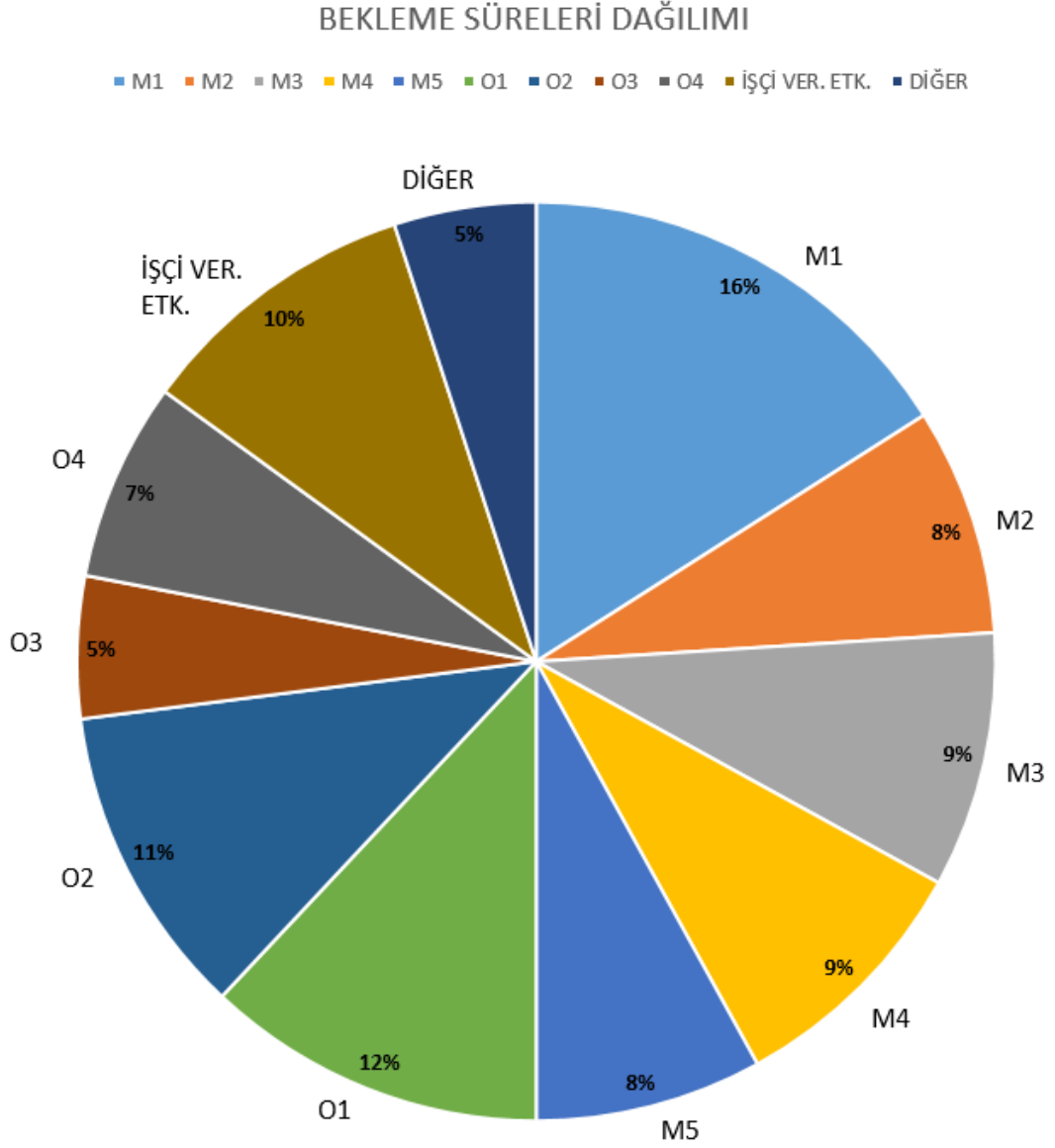
Hammaddeler, firmada üretim tezgâhlarının olduğu katın bir kat aşağısında kesme-delme alanının olduğu bölgede bulunmaktadır. Üretim katında bir alan belirlenerek buraya kesilen veya blok halinde bulunan hammaddeleri taşıyabilecek kapasitede raf yapıldı. İş planına göre bir sonraki iş için kullanılacak hammaddeler bu alana çekilerek hammadde taşıma kaybının önüne geçildi. Üretim katında oluşturulan hammadde rafına ait görsel Şekil 6.11’de gösterilmiştir.



Şekil 6.11 Hammadde rafı

6.9 Talaşlı İmalat Bölümünde Yapılan İyileştirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan iyileştirme sonuçlarının değerlendirilmesi için sahadan veriler toplandı. Bu veriler neticesinde güncel duruş oranları oluşturuldu. Şekil 6.12’de 3 aylık güncel duruş kodları ve oranları görülmektedir. Tablo 6.12’de ise liste halinde gösterilmiştir.



Şekil 6.12 Güncel duruş oranları

Tablo 6.12 Güncel duruş oranları listesi

| Sıra | Ana Kategori | Duruş Kodu | Duruş Açıklaması | Oran |
|------|-------------------------|------------|--------------------------|------|
| 1 | LM | M1 | Ayar | %16 |
| 2 | Lo | O1 | Ofisten Malzeme Alınması | %12 |
| 3 | Lo | O2 | Bakım | %11 |
| 4 | LM | M3 | İşleme Hatası | %9 |
| 5 | LM | M4 | Makine Arızası | %9 |
| 6 | LM | M2 | Program Hatası | %8 |
| 7 | LM | M5 | Program Yazılması | %8 |
| 8 | Lo | O4 | Malzeme Beklenmesi | %7 |
| 9 | Lo | O3 | Hammadde Alınması | %5 |
| 10 | DİĞER | | | %5 |
| 11 | İŞÇİ VERİMLİLİĞİ ETKİSİ | | | %10 |

Üç aylık duruş oranlarının ayrıntılı dağılımı Tablo 6.13'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 6.13 Üç aylık duruş oranları tablosu

| Ana Kat. | Duruş Kodu | Duruş Açıklaması | Temmuz 2021 | | Ağustos 2021 | | Eylül 2021 | | Toplam Duruş Süresi (dk.) | Toplam Duruş Yüzdesi |
|----------|------------|--------------------------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|---------------------------|----------------------|
| | | | Duruş Süresi (dk.) | Oran | Duruş Süresi (dk.) | Oran | Duruş Süresi (dk.) | Oran | | |
| LM | M1 | Ayar | 4596 | %19 | 4022 | %15 | 4213 | %16 | 12832 | %16 |
| LM | M5 | Program Yazılması | 3064 | %13 | 2011 | %7 | 1053 | %4 | 6129 | %8 |
| Lo | O1 | Ofisten Malzeme Alınması | 2358 | %10 | 2817 | %10 | 4426 | %17 | 9602 | %12 |
| LM | M4 | Makine Arızası | 2365 | %10 | 2904 | %11 | 1815 | %7 | 7084 | %9 |
| Lo | O3 | Hammadd e Alınması | 919 | %4 | 1508 | %5 | 1580 | %6 | 4007 | %5 |

Tablo 6.13 Üç aylık duruş oranları tablosu (devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| LM | M2 | Program Hatası | 1992 | %8 | 2473 | %9 | 1828 | %7 | 6292 | %8 |
| Lo | O4 | Malzeme Beklenmesi | 2448 | %10 | 1945 | %7 | 1212 | %4 | 5605 | %7 |
| LM | M3 | İşleme Hatası | 1839 | %7 | 2815 | %10 | 2107 | %8 | 6761 | %9 |
| Lo | O2 | Bakım | 2298 | %9 | 3016 | %11 | 3160 | %12 | 8475 | %11 |
| DİĞER | | | 835 | %3 | 1154 | %4 | 2311 | %9 | 4301 | %5 |
| İŞÇİ VER. ETK. | | | 1788 | %7 | 3016 | %11 | 2809 | %10 | 7613 | %10 |
| Toplam Duruş Süresi (dk.): | | | 24502 | | 27682 | | 26515 | | 78700 | |
| LS: | 208040 | | | | | | | | | |
| LR: | 286740 | | | | | | | | | |
| LS/LR: | %72,55 | | | | | | | | | |

İyileştirme öncesi ve sonrası verilerin kıyaslaması Tablo 6.14'te gösterilmiştir.

Tablo 6.14 İyileştirme öncesi ve sonrası verilerin kıyaslaması

| Ana Kategori | Duruş Kodu | Duruş Açıklaması | Günlük Ortalama Duruş Süresi | | |
|--------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| | | | Aralık-Ocak-Şubat Dönemi (dk.) | Temmuz-Ağustos-Eylül Dönemi (dk.) | Yüzde Değişimi |
| LM | M1 | Ayar | 430 | 217 | -%49,5 |
| LM | M5 | Program Yazılması | 321 | 104 | -%67,6 |
| Lo | O1 | Depodan/Ofisten Malzeme Alınması | 256 | 163 | -%36,3 |
| LM | M4 | Makine Arızası | 184 | 120 | -%34,7 |
| Lo | O3 | Hammadde Alınması | 172 | 68 | -%60,5 |
| LM | M2 | Program Hatası | 156 | 107 | -%31,4 |
| Lo | O4 | Malzeme Beklenmesi | 135 | 95 | -%29,6 |
| LM | M3 | İşleme Hatası | 107 | 115 | %7,5 |
| Lo | O2 | Bakım | 0 | 144 | - |
| DİĞER | | | 53 | 73 | %37,7 |
| İŞÇİ VER. ETK. | | | 107 | 129 | %20,6 |
| Genel Süreç Verimliliği | | | %60,48 | %72,55 | |

Programların yeniden yazılması ve standartlaştırılması ile birlikte 40-T-77 modelin tornalama çevrim süresi 6 dk.'ya, frezeleme çevrim süresi ise 7,5 dk.'ya düşürüldü.

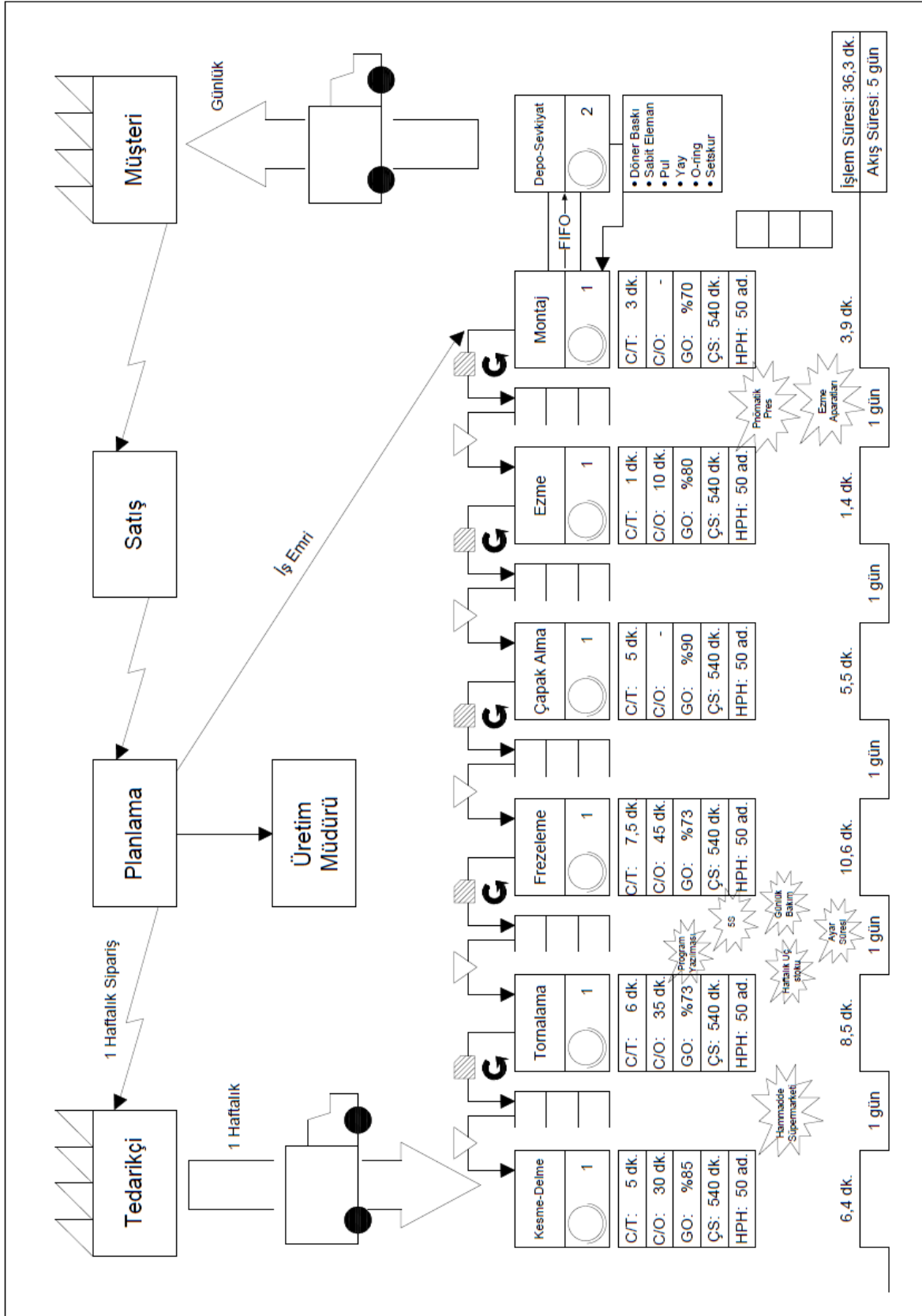
Aşağıda iyileştirme öncesi ve sonrası dönemlerin uygulamada gerçekleşen parça çevrim süreleri Tablo 6.15’de gösterilmiştir.

Tablo 6.15 İyileştirme öncesi ve sonrası uygulamada gerçekleşen çevrim süreleri

| Operasyonlar | Uygulamada Gerçekleşen Çevrim Süreleri | |
|----------------|--|--------------------|
| | Şubat (2020) (dk.) | Eylül (2021) (dk.) |
| Kesme-Delme | 5,9 | 6,4 |
| Tornalama | 11,5 | 8,5 |
| Frezeleme | 13 | 10,6 |
| Çapak alma | 5,5 | 5,5 |
| Ezme | 5,3 | 1,4 |
| Montaj | 3,9 | 3,9 |
| Toplam: | 45,1 | 36,3 |

Kesme-Delme operasyonunda uygulamadaki çevrim süresinin artma sebebi, parti büyüklüğünün 250 adetten 50 adete düşmesinden kaynaklı olarak birim ürün başına düşen ayar süresinin artmasından dolayıdır.

Şekil 6.13’te güncel verilere göre yeniden düzenlenmiş olan gelecek durum haritası gösterilmiştir. Güncel haritada üretimde yapılan iyileştirmeler sonucunda elde edilen yeni çevrim süreleri, akış süreleri, güvenilirlik oranları ve işlem süreleri güncellenmiştir. İleriki süreçte yapılacak iyileştirmeler de aynı şekilde güncel gelecek durum haritasında gösterilmiştir.



Şekil 6.13 Güncel gelecek durum haritası

7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz imalat teknolojilerinde yükselen hammadde, işçilik fiyatlarından ve artan rekabet koşullarından dolayı maliyet giderek önem kazanmaktadır. Firmalar çeşitli giderleri ve ürün maliyetlerini azaltmak adına birçok çalışma yürütmektedirler. Bu sebeple yalın üretim sistemleri giderek önem arz etmektedir. Maliyetlerin genel olarak en önemli sebeplerinin hesaplanmamış veya gözden kaçırılmış israf kaynaklarından olduğu görülmektedir. Yalın üretim sistemleri bu israf kaynaklarının tespiti ve çözümünde önemli rol oynamaktadır. Firmalar kendi kurum kültürü ve çalışma şartlarına bakarak yalın üretim sistemlerinden kendi sistemleri için uygun olanları uygulayabilmekte veya kendi sistemlerine uyacak şekilde birkaç sistemi aynı anda uygulayabilmektedirler.

Tez çalışmasının yapıldığı firmada ürünün müşteriye teslimatında gecikme yaşanması, standart kalitede olmaması ve terminlere yetişilememesi adına fason üretimden destek alınması gibi problemler yaşanmaktaydı. Ayrıca yönetim yüksek miktarlarda stok tutmak yerine günlük stoklar tutmayı ve yalnızca 1 haftalık bir emniyet stoku olmasını özellikle talep etmekteydi.

Üretim ortamında yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda işletmenin üretim hattında itme sisteminden çekme sistemine geçiş planlanmıştır. Bu plan dahilinde öncelikli olarak ürün ailesi seçimi yapıldı. Ürün ailesi seçimi yapılırken satış adetleri yüksek bir ürün olmasına, diğer ürünlerle üretimsel açıdan en çok ortak operasyonel süreci olan ürün olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Ürünün mevcut sistemdeki çevrim, hazırlık ve akış süreleri tespit edildi. Bilgiler sahada gözlem ve ölçüm yoluyla elde edilmiştir. Müşterinin ürünle alakalı beklenti ve istekleri belirlendi. Bu beklenti ve isteklerle birlikte yaşanan problemler de göz önünde bulundurularak yapılacak çalışmalara yön verildi. Müşterilerin geçmiş dönemde aldıkları ürün adetlerine bakılarak günlük ortalama ürün talepleri hesaplandı. Firmanın çalışma saatleri ve mola süreleri hesaplandı.

WPMR yöntemiyle duruşlar ve israfa yol açan noktalar belirlenerek güvenilirlik oranları hesaplandı. Tüm bu bilgiler ışığında mevcut durum haritası oluşturuldu. Mevcut durum haritasında güvenilirlik oranı düşük, ayar süreleri uzun ve ara stok bekleme süreleri uzun olan prosesler tespit edildi ve alınacak aksiyonlar planlandı. Müşterilerin günlük ürün talebine göre TAKT zamanı hesaplandı. Böylece TAKT zamanının üzerinde kalan istasyonlar için alınacak aksiyonlar belirlendi. Planlanan aksiyonlara göre gelecek durum haritası oluşturuldu. Verim oranı en düşük olan ve TAKT zamanının üzerindeki istasyonlar üzerinde planlanan aksiyonlar gerçekleştirildi.

Yapılan iyileştirmeler sonucunda ezme bölümünde güvenilirlik oranı %40'tan %80'e, Tornalama ve frezeleme operasyonlarının güvenilirlik oranı ise %60'tan %73'e yükseldi. Ayrıca tornalama ve frezeleme operasyonlarının uygulamada gerçekleşen çevrim süreleri TAKT zamanının altına çekildi. Böylece pratikteki çevrim süresi TAKT zamanının üzerinde kalan ve Güvenilirlik oranı %70'in altında kalan tüm operasyonlara yapılan iyileştirmeler neticesinde ürünün üretimi müşteri talebine yetişebilir noktaya çekildi.

İleriki süreçte kesme-delmeden montaj istasyonuna kadar olan istasyonlara süpermarketler kurulması planlanmaktadır. Bu sayede operasyonlar arası ara stoklarda yalnızca 1 günlük yarı mamul stoku tutulacaktır. Montaj ile sevkiyat istasyonları arasına ise FIFO sistemi kurulması planlanmaktadır. Montaj ile depo-sevkiyat istasyonları arasında ara stok bulunmayacak olup doğrudan sevkiyat gerçekleştirilecektir.

Planlanan süpermarket ve sürekli akışın olduğu çekme sisteminin uygulanması için kanban kartlarının tasarlanıp sistemin kurulması düşünülmektedir. Süpermarket ve kanban sisteminin kurulması ile birlikte pratikte gerçekleşen toplam çevrim süresinin 45,1 dk.'dan 36,3 dk.'ya, toplam akış süresinin ise 24 günden 5 güne düşmesi öngörülmektedir.

İleriki süreç için CNC tezgâhlardaki ayar süresi göz önünde bulundurulduğunda, günlük müşteri talebi 20 ad. ve üzeri olan ürünlerin süpermarket sistemine dahil edilmesi düşünülmektedir. Günlük müşteri talebi 20 ad. ve altındaki ürünlerde

planlamanın universal tezgâhlarda yapılması düşünülmektedir. Acil durumlar için de 1 tane CNC tezgâhın bu işlere ayrılabilme durumu söz konusudur.

Mevcut ürün ailesinde bir ürün için toplam işleme süresinde yaşanan 8,8 dk.'lık iyileştirme ile birlikte; eski sistemde 4 adet ürün üretimi gerçekleştirilen sürede yeni sistemde yaklaşık olarak 5 adet ürün üretimi gerçekleştirilebilecektir. Bu da yeni sistemde çalışma yapılan ürünlerdeki üretim adetinin yaklaşık olarak %25 arttığını bize göstermektedir.

Üretim ortamında yapılan iyileştirmelerde katerler, kesici uç dolabı, takım arabaları alımı ve ezme aparatı yapımı gibi maliyet kalemleri ortaya çıkmıştır. Bu maliyet kalemlerinin toplam tutarı 19.825 ₺'dir. İşçilik maliyetleri azaltılmadan önceki durumda ürün maliyeti yaklaşık olarak 403,2 ₺/adet iken, yapılan iyileştirmelerle azalan işçilik maliyetleri ve gelecek durumdaki senaryonun tam olarak uygulanması ile birlikte öngörülen ürün maliyeti (işlem süresindeki yaklaşık %19,5 azalıştan kaynaklı olarak) 378,3 ₺/adet'tir. Yani birim ürün maliyeti 24,9 ₺/adet azalmıştır. İleriki süreçte firmanın mevcut ürünün toplam satış adetinin yarısını (6500 adet/yıl) kendi bünyesinde üretebileceğini öngördüğümüzde 1 yılda 161.850 ₺ kar elde edebilecektir. Yapılan 19.825 ₺'lik masrafın amorti edilmesi 796. ürün satıldığında gerçekleşecektir. Süre bazında düşündüğümüzde yaklaşık olarak 32 iş günü çalışma süresine tekabül etmektedir.

- Adalı, M. R., Kiraz, A., Akyüz, U., & Halk, B. (2017). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: Büyük Ölçekli Bir Traktör İşletmesinde Uygulama. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 242–251.
- Ahmetoğlu, F. (2007). *Değer Akış Haritalandırma ve Geleneksel Kanban Sisteminin Kurulması*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akın, N. G. (2020). Değer Akış Haritalama Yöntemi ile Yalın Uygulamalar: Tekstil Sektörü Örneği. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 4(2), 477–492. <http://dergipark.org.tr/ueip>
- Aksoylu, S. (2014). Hastane İşletmelerinde Değer Akış Maliyetlemesi. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(1), 260–272.
- Aslantaş, T. (2014). *Yalın Üretim Felsefesi, Yöntemleri ve Kanban Tekniğinin Otomotiv Sektörüne Uygulanması*.
- Aydın, N. (2015). Yalın Düşünce Sisteminin Üretime Sağladığı Katkılar. *ABMYO Dergisi*, 40, 23–37.
- Ayna, H. (2021). *Yalın Üretim Sisteminin Süreç İyileştirmesine Etkisi: Bir Tekstil Firmasında Uygulama*. Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Beşir Kasnak, A. (2020). *A Process Improvement of Facility Test Efficiency With Six Sigma Methodology in Automotive Industry*. İstanbul Technical University Graduate School of Science Engineering and Technology.
- Bilici, S., & Kosanoğlu, F. (2020). Değer Akış Haritalama Yöntemi Kullanılarak Tekstil Sektöründe Yalın Üretim Uygulaması. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(1), 131–142. <https://doi.org/10.7240/jeps.784530>
- Birgün, S., Güven Gülen, K., & Özkan, K. (2006). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 47–59.
- Bittencourt, V. L., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2019). Lean Thinking Contributions for Industry 4.0: A Systematic Literature Review. *IFAC Papers On Line*, 52(13), 904–909. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.310>
- Can, N. (2006). *Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılarak Diferansiyel Kovan Üretimi Sürecinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çanakçıoğlu, M. (2019). Yalın Düşünce Felsefesinde İsrarla Mücadele Araçları. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 8(3), 270–282. <http://dergipark.gov.tr/ssrj>
- Carvalho, R., Alves, A., & Lopes, I. (2011). Principles and Practices of Lean Production Applied in A Metal Structures Production System. *Proceedings of*

the World Congress on Engineering , 1, 744–749.

- Çelebi Gürsoy, G. (2020). *Yalın Altı Sigma Metodolojisi ile Süreç İyileştirmeye Yönelik Tekstil Sektöründe Bir Uygulama*. Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Cheung, W. M., Leong, J. T., & Vichare, P. (2017). Incorporating Lean Thinking and Life Cycle Assessment to Reduce Environmental Impacts of Plastic Injection Moulded Products. *Journal of Cleaner Production*, 167(2017), 759–775. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.208>
- Cinoğlu, F. (2013). *Yalın Felsefe ve Bir Otomotiv Yan Sanayi Firmasındaki Uygulamaları*. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çoruh, E. (2017). Hazır Giyim Endüstrisi İçin Üretim Sistem Yaklaşımları. *The Journal of Textiles and Engineer*, 80, 11–19.
- Dekier, L. (2012). The Origins and Evolution of Lean Management System. *Journal of International Studies*, 5(1), 46–51.
- Deste, M., & Berber, G. (2018). Süreç İyileştirme Uygulamaları Üzerine Bir Literatür Araştırması. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 2(2), 213–230. <https://doi.org/10.29216/ueip.462265>
- Doğan, N. Ö., & Kama, A. (2021). Tedarik Zincirinde Değer Katmayan Faaliyetlerin Ortadan Kaldırılması: İmalat Sektöründe Bir Değer Akış Haritalama Uygulaması. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 91–099. <https://doi.org/10.28948/ngmuh.590637>
- Efe, Ö. F., & Engin, O. (2012). Yalın Hizmet - Değer Akış Haritalama ve Bir Acil Serviste Uygulama. *Verimlilik Dergisi*, 4, 79–107.
- Ersöz, T., Sarız, K., & Ersöz, F. (2020). Demir-Çelik Üretim Hattında Yalın Üretim. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 801–826. <https://doi.org/10.29130/dubited.571724>
- Ertaş, F. C. (1999). İşletmelerde Maliyet Düşürme Yaklaşımı: Kaizen (Sürekli İyileştirmeye Yönelik) Maliyetleme Yöntemi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(1), 87–99.
- Gerger, A. (2017). *Use of Six Sigma Method as A Process Improvement Technique*. Dokuz Eylül University Graduate School of Natural And Applied Sciences.
- Güner Gören, H. (2017). Yalın Üretim için Değer Akış Haritalandırma ve Simülasyon: Mobilya Sektöründe Bir Uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 462–469. <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.59251>
- Güzel, D., Kabakuş, A. K., & Şirin, M. S. (2018). A Value Stream Mapping Implementation: A Case of Textile Industry. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(3), 763–772.
- Hemalatha, C., Sankaranarayananasamy, K., & Durairaj, N. (2021). Lean and Agile Manufacturing for Work-In-Process (WIP) Control. *Materials Today: Proceedings*, 46(2021), 10334–10338.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.473>

- Indrawati, S., & Ridwansyah, M. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 4(2015), 528–534. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.072>
- Kahya, E., & Karaböcek, K. (2004). *Bir Atölyede Oranlarla İşgücü Verimlilik (WPMR) Modelinin Tasarımı ve Uygulaması*. Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Bademlik Kampusü Endüstri Müh. Bölümü. 1-22.
- Kahya, E., & Polat, O. (2007). Bir İşletmede Oranlarla İşgücü Verimlilik Yönetim Sistemi Tasarımı. *Verimlilik Dergisi*, 2(9), 245–254.
- Kaymakçı, Ö. (2012). *Bir PTT Şubesinde Yalın Üretim-5S Uygulaması*. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kubanlı, S. (2018). *Yalın Dönüşümde Değer Akış Haritalandırma ve İşgücü Verimlilik Modeliyle İşletme Üretim Yapısının Analizi: İmalat Sektöründe Bir Uygulama*. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kuşu, S., & Köse, R. (2021). Isı Değiştirici Üretim Hattında Değer Akış Haritalama Uygulamasının Etkileri. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 135–146. <https://doi.org/10.34186/klujes.947052>
- Maraşlı, H., Akça, C., & Kama, A. (2016). Yalın Düşünce ve Değer Akış Haritalamasının Dondurma Üretim İşletmesinde Uygulanması. *International Journal of Academic Value Studies*, 2(4), 106–120. www.javstudies.com
- Marquina, M. V. H., Zwolinski, P., & Mangione, F. (2021). Application of Value Stream Mapping Tool to Improve Circular Systems. *Cleaner Engineering and Technology*, 5(2021), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100270>
- Martin, N. L., Dér, A., Herrmann, C., & Thiede, S. (2020). Assessment of Smart Manufacturing Solutions Based on Extended Value Stream Mapping. *Procedia CIRP*, 93(2020), 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.019>
- Matt, D. T. (2013). Extension of The Value Stream Mapping Approach to The Comprehensive Design of A Lean Sheet Metal Manufacturing System: An Industrial Case Study. *Key Engineering Materials*, 549, 537–544. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.549.537>
- Mudgal, D., Pagone, E., & Salonitis, K. (2020). Approach to Value Stream Mapping for Make-To-Order Manufacturing. *Procedia CIRP*, 93(2020), 826–831. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.084>
- Oliveira, M. S., Moreiraa, H. D. A., Alvesb, A. C., & Ferreirac, L. P. (2019). Using Lean Thinking Principles to Reduce Wastes in Reconfiguration of Car Radio Final Assembly Lines. *Procedia Manufacturing*, 41(2019), 803–810. www.sciencedirect.com
- Oskaloğlu, E. (2019). *Üretim İşletmelerinde Süreç İyileştirme Tekniklerinin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma*. İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Özdağoğlu, A., & Rebiş, S. (2016). Bir Yarı Esnek Pvc Film Üreticisinde Yalın Üretim Teknikleri Olarak Kaizen ve Çevrim Süresi Azaltma Uygulamaları. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(28), 25–37. <https://doi.org/10.17130/ijmeb.20162819844>
- Özsever, Ç., Gençoğlu, T., & Erginel, N. (2009). İşgücü Verimlilik Takibi için Sistem Tasarımı ve Karar Destek Modelinin Geliştirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18, 45–58.
- Öztürk, İ. (2017). Altı Sigma, Yalın Üretim ve Yalın Altı Sigma Metodolojisinin Tarımsal İşletmelerde Verimlilik ve Kalite Üzerine Etkisi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 20(3), 201–208.
- PDCA Döngüsü. (2021). <https://tr.stuklopechat.com/biznes/7039-pdca-cikl-filosofiya-nepreryvnogo-sovershenstvovaniya-biznesa.html>
- Prokopenko, J. (1992). *Productivity Management: A Practical Handbook* (C. 1987). International Labour Organisation.
- Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production Line Analysis Via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, 2(2015), 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Görmeyi Öğrenmek* (A. Soydan (Ed.); 1.2, C. 1998). The Lean Enterprise Institute, Inc.
- Şahin, D., & Akolaş, D. A. (2020). Yalın Üretim Yöntemlerinin İncelenmesi ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(1), 37–48. <https://www.academia.edu>
- Şahin, S. (2005). *Değer Akış Yönetimi ve İşletmelerde Uygulanması*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarı, E. B. (2018a). Üretim Hattı Tasarımında Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 56, 67–81.
- Sarı, E. B. (2018b). Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 2018(17), 586–600. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.439034>
- Şeker, A. (2016). Yalın Üretim Sisteminde Kanban, Tek Parça Akışı ve U Tipi Yerleştirme Sistemleri. *The Journal of Academic Social Science Studies International*, 50, 449–470.
- Sevgili, A., & Antmen, Z. F. (2019). Yalın Üretim Tekniklerinden Değer Akış Haritalandırmanın Bir Metal İşleme Fabrikasında Süreç İyileştirme Amacıyla Uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 219–228. <https://doi.org/10.31590/ejosat.555940>
- Şimşek, G. (2016). *Üretim Süreçlerinin Simülasyon Yöntemi ile Yeniden Düzenlenmesi*. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sremcev, N., Lazarevic, M., Krainovic, B., Mandic, J., & Medojevic, M. (2018). Improving Teaching and Learning Process by Applying Lean Thinking. *Procedia*

Manufacturing, 17(2018), 595–602.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.101>

- Tağman, A. B. (2021). *Sistem Simülasyonu İle Süreç İyileştirme: Bir Tekstil İşletme Uygulaması*. Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Takcı, E., & Doğan, N. Ö. (2015). Bir Tekstil İşletmesinde Simülasyon Yardımıyla Süreç İyileştirme. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 15(2), 185–196. <https://doi.org/10.21121/eab.2015217984>
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., & Tekin, E. (2018). Büyük Ölçekli Bir İşletmede 5S Uygulaması. *IJSHS Dergisi*, 2(1), 106–122.
- Turgut, S. (2010). *Bir Hazır Giyim İşletmesinde Değer Akış Haritasının Çıkarılması ve Müşteri İsteklerine Göre Üretim ve Pazarlama Süreçlerinin Optimizasyonunun Sağlanması*. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türkan, Ö. U. (2010). Üretimde Yalın Dönüşümün Temel Performans Kriterleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 28–41.
- Türkan, T., & Görener, A. (2017). Süreç İyileştirme: Vasıflı Çelik Üretim Sektöründe Bir Uygulama. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 23–40.
- Uçmuş, E., & Kaçar, S. (2015). Bildiriler Kitabı. *Bir Akü Firmasında İşgücü Verimlilik Analizi*, Ekim, 97–123.
- Ulugüner, A. (2021). *Kaizen Yaklaşımı İle İşletmelerde Süreç iyileştirme ve Bir Uygulama Örneği*. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Uslu Divanoğlu, S., Taş, Ü., & Pak, E. (2020). Otomotiv Sektöründeki Bir Üretim Tesisindeki Montaj Hattına Kaizen Metodolojisinin Uygulanması. *Politeknik Dergisi*, 24(3), 1–10. <https://doi.org/10.2339/politeknik.785696>
- Uygun, M., Taş, Ü., & Pak, E. (2019). *Değer Akış Haritalandırma ile Verimliliğin Artırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Vaka Çalışması*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2015). *Yalın Düşünce* (O. Yamak (Ed.); C. 1996). Optimist Yayın Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Zahraee, S. M., Toloioe, A., Abrishami, S. J., Shiwakoti, N., & Stasinopoulos, P. (2020). Lean Manufacturing Analysis of A Heater Industry Based on Value Stream Mapping and Computer Simulation. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1379–1386. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.192>

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

Akın, M., & Önüt, S. (2022). Bir İmalat Firmasının Üretim Departmanındaki Süreç İyileştirme Çalışması. A. Güllü & S. Yalçınkaya (Ed.), *3. Uluslararası Mühendislik Bilimleri ve Multidisipliner Yaklaşımlar Kongresi* (s. 659-667). İstanbul: Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları.

