

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TERMOFORM MAKİNALARI ÜRETEN BİR FİRMADA

YALIN ALTI SİGMA UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE SEÇGİN ÜNAL

1800005142

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Programı: Mühendislik Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Zeynep GERGİN

NİSAN 2021

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TERMOFORM MAKİNALARI ÜRETEN BİR FİRMADA
YALIN ALTI SİGMA UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE SEÇGİN ÜNAL

1800005142

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Programı: Mühendislik Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Zeynep GERGİN

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Fadime YÜKSEKTEPE

Prof. Dr. Semra BİRGÜN

NİSAN 2021

ÖNSÖZ

İlgili tez çalışmamda hiç bir zaman desteğini esirgemeyen sevgili tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Gergin'e, çalışmam boyunca bana fikir verip işletme içerisinde her zaman yanımda olan İsa Ünal'a, tez sürecim boyunca her zaman bana destek olup, beni yüreklendiren sevgili eşim Mustafa Ünal ve kardeşim Şeyma Seçgin'e, gücüne hayran olduğum, hayatım boyunca örnek almaya çalıştığım sevgili annem Gülay Seçgin'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

04/2021

Ayşe Seçgin Ünal

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLO LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. YALIN ÜRETİM	3
2.1. Yalın Üretim	3
2.2. Yalın Üretim Teknikleri	5
2.2.1. Tek Dakikalık Kalıp Değişirme (Single Minute Exchange of Dies_ SMED)	6
2.2.2. Kanban	8
2.2.3. Heijunka	11
2.2.4. Tek Parça Akışı (Sürekli Akış)	12
2.2.5. U-Hatlar	13
2.2.6. Değer Akış Haritası.....	14
2.2.7. Standart Çalışma	15
2.2.8. Jidoka	16
2.2.9. Poka-Yoke.....	16
2.2.10. Kaizen	17
2.2.11. 5S	19
2.2.12. Tam Zamanında Üretim (TZÜ)	21
3. ALTI SİGMA	24
3.1. Altı Sigma’da Roller ve Sorumluluklar	26
3.1.1. Liderlik Grubu veya Konseyi.....	26

3.1.2. Şampiyon	26
3.1.3. Sponsor.....	27
3.1.4. Uzman Kara Kuşak	27
3.1.5. Kara Kuşak.....	28
3.1.6. Yeşil Kuşak	28
3.2. Altı Sigma Projelerinde Başarı Faktörleri.....	29
3.3. Altı Sigma Aşamaları.....	32
3.3.1. Tanımlama Aşaması.....	32
3.3.2. Ölçme Aşaması	34
3.3.3. Analiz Aşaması	35
3.3.4. İyileştirme Aşaması.....	37
3.3.5. Kontrol Aşaması	39
4. YALIN ALTI SİGMA	40
4.1. Tanımlama Aşaması	44
4.1.1. Müşterinin Sesi (VOC)	44
4.1.2. SIPOC Diyagramı	45
4.1.3. Sebep-Sonuç Diyagramları (Balık Kılçığı Yöntemi).....	46
4.2. Ölçme Aşaması	47
4.2.1. Pareto Analizi.....	48
4.2.2. Histogram.....	50
4.2.3. Kontrol Grafikleri.....	50
4.3. Analiz Aşaması	50
4.3.1. Hipotez Testleri.....	51
4.3.2. Regresyon.....	51
4.3.3. Korelasyon	52
4.3.4. Hata Türleri Etki Analizi (HTEA)	53
4.4. İyileştirme Aşaması.....	53
4.5. Kontrol Aşaması.....	54
5. LİTERATÜR TARAMASI	56
5.1. Altı Sigma Literatür Taraması	56
5.2. Yalın Altı Sigma Literatür Taraması.....	57
6. UYGULAMA.....	64

6.1. Genel Bilgiler	64
6.1.1. İşletme Hakkında Genel Bilgi.....	64
6.1.2. Termoform Makineleri ve Montaj Süreçleri	64
6.2. Yalın Altı Sigma Projesi Uygulaması	66
6.2.1. Ekip Toplantısı	66
6.2.2. Tanımlama Aşaması.....	69
6.2.3. Ölçme Aşaması	75
6.2.4. Analiz Aşaması	85
6.2.5. İyileştirme Aşaması.....	98
6.2.6. Kontrol Aşaması	111
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	119
REFERANSLAR.....	121

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: İsrafin Çeşitlerine Göre Kullanılacak Yalın Yöntemler	6
Tablo 2.2: Kaizen Uygulamaları ve Elde Edilen Sonuçlar Tablosu	18
Tablo 3.1: Farklı Sigma Seviyeleri İçin Hata Sayıları	25
Tablo 3.2: Sigma Düzeyine Göre Kalitesizlik Maliyetleri ve Toplam Süreç Verimliliği	25
Tablo 4.1: Yalın Üretim ve Altı Sigma Karşılaştırılması	40
Tablo 5.1: Altı Sigma Literatür Taraması	56
Tablo 5.2: Yalın Altı Sigma Literatür Taraması	58
Tablo 6.1: Yalın Altı Sigma Projesinde Görev Alan Kişiler, Görev ve Sorumlulukları	68
Tablo 6.2: Yalın Altı Sigma Eğitim Müfredatı	69
Tablo 6.3: Müşterinin Sesi Anket Soruları	70
Tablo 6.4: Kano Modeli Matris Tablosu.....	71
Tablo 6.5: Kano Modeli Değerlendirme Matrisi	71
Tablo 6.6: Proje Beyanı.....	74
Tablo 6.7: Montaj Hataları Tablosu	78
Tablo 6.8: Çalışma Haftalarına Göre Sigma Seviyesi Değerleri	80
Tablo 6.9: Montaj Hata Nedenleri ve Adetleri Tablosu.....	80
Tablo 6.10: Makine Üretim Süreleri Tablosu	82
Tablo 6.11: Montaj Hattı Elemanları Çalışma Analizi Tablosu	82
Tablo 6.12: Bekleme ve Depo Alanında Geçen Zamanların İşletmeye Maliyeti	85
Tablo 6.13: Regresyon Analizi Girdileri.....	87
Tablo 6.14: Montaj Hataları Regresyon Analizi Regresyon İstatistikleri (Minitab çıktıları).....	87
Tablo 6.15 Regresyon Modeli Özeti Tablosu	88

Tablo 6.16: Katsayılar Tablosu (Minitab çıktıları)	88
Tablo 6.17: Anlamlılık (Anova) Analizi.....	89
Tablo 6.18: Hatanın Oluşma Sıklığı Ölçeği.....	89
Tablo 6.19: Hatanın Şiddeti Ölçeği.....	90
Tablo 6.20: Hatanın Fark Edilebilirliği Ölçeği	90
Tablo 6.21: RÖS Değerlendirme Kuralları	91
Tablo 6.22: Hata Türleri ve Etkileri Analizi	93
Tablo 6.23: Servislerde En Çok Değiştirilen Parçalar	96
Tablo 6.24: İyileştirmeler ve Yöntemler.....	99
Tablo 6.25: 5S Uygulama İş Planı	101
Tablo 6.26: Servis Ekibi Örnek İş Planı	109
Tablo 6.27: Kritik Stok Değerleri Tablosu	109
Tablo 6.28: İyileştirmelerden Sonra Montaj Sayısı, Hataları ve Sigma Seviyeleri Tablosu.....	112
Tablo 6.29: İyileştirmelerden Sonra Montaj Hattı Ölçümü	113
Tablo 6.30: İyileştirmelerden Önce ve Sonra Süreç Yüzdeleri Tablosu.....	113
Tablo 6.31: Üretim Sürecinde İyileştirmelerden Önce ve Sonra Montaj Sayısı Tablosu	114
Tablo 6.32: Anova Analizi Sonuçları.....	115
Tablo 6.33: İyileştirmelerden Önce ve Sonra Servis Saatleri	116
Tablo 6.34: İyileştirmeler Öncesi ve Sonrası Kontrol Tablosu.....	116

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Çekme Kanbanı Örneği	9
Şekil.2.2: Üretim/Sipariş Kanbanı Örneği	10
Şekil 2.3: U-Tipi Yerleşim.....	14
Şekil 4.1: Yalın ve Altı Sigma Yöntemlerinin Güçlü Özellikleri	41
Şekil 4.2: Proje Yönetiminin Temel Unsurları	43
Şekil 4.3: Yalın Altı Sigma Temel ve Yardımcı Aşamaları	44
Şekil .4.4: Kano Modeli	45
Şekil 4.5: Kompozit Parça İmalat Şemasında SIPOC Uygulaması Örneği	46
Şekil 4.6: Balık Kılçığı Diyagramı Oluşturma Şeması	46
Şekil 4.7: Pareto Şeması Örneği	49
Şekil 6.1: Termoform Makinesi	65
Şekil 6.2: Süreç Akış Diyagramı.....	66
Şekil 6.3: Yalın Altı Sigma Projesi Uygulama Adımları.....	66
Şekil 6.4: Kano Şeması	72
Şekil.6.5: Makine Sevk Tarihi Gecikmesi İçin Balık Kılçığı Diyagramı	73
Şekil 6.6: Ön Montaj Hattı SIPOC Diyagramı	76
Şekil 6.7: Ana Montaj Hattı SIPOC Diyagramı.....	77
Şekil 6.8: Montaj Hataları için Pareto Analizi Grafiği	81
Şekil 6.9: Montaj Hattı Elemanları Çalışma Analizi Grafiği.....	83
Şekil 6.10: Montaj Elemanının Hatta Bulanamaması Balık Kılçığı Diyagramı	94
Şekil 6.11: Montaj Elemanı Çalışma Saatleri Analizi Grafiği.....	95
Şekil 6.12: Depo Alanı Düzenlenmesinden Önceki ve Sonraki Resimleri-1.....	101
Şekil 6.13: Depo Alanı Düzenlenmesinden Önceki ve Sonraki Resimleri-2.....	102
Şekil 6.14: Depo Alanı Düzenlenmesinden Önceki ve Sonraki Resimleri-3.....	102

Şekil 6.15: İşletme Çalışma Alanı Krokisi.....	103
Şekil 6.16: Malzeme Akış Diyagramı	104
Şekil 6.17: Montaj Malzeme Arabası.....	105
Şekil 6.18: Montaj Alanına Malzeme Akış Şeması	105
Şekil 6.19: Termoform Makinesi Üretim Süreci Akışı.....	106
Şekil 6.20: Parça Değişim Prosedürü Örneği.....	108
Şekil 6.21: Stracker Montaj Resmi	111
Şekil 6.22: Yalın Altı Sigma Uygulama Süreleri Şeması	117



KISALTMALAR

DFSS	: Design for Six Sigma (Altı Sigma Tasarımı)
DMADV	: Define Measure Analyze Design Verify
DMAIC	: Define Measure Analyze Improve Control
DMPO	: Bir Milyon Fırsattaki Hata Sayısı
HTEA	: Hata Türleri ve Etkileri Analizi
RÖS	: Risk Önceliği Sayısı
SIPOC	: Supplier Input Process Output Customer
SMED	: Single Minute Exchange of Dies (Tek Dakikalık Kalıp Değiştirme)
TZÜ	: Tam Zamanında Üretim
VOC	: Voice of Customer (Müşterinin Sesi)
5S	: Seiri (Ayıklama), Seiton (Düzenleme), Seiso (Temizleme), Seiukso (Standartlaştırma), Shitsuke (Öz-disiplini sağlama)

Üniversite : İstanbul Kültür Üniversitesi
Enstitü : Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği
Programı : Mühendislik Yönetimi
Tez Danışmanı : Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GERGİN
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Nisan 2021

ÖZET

TERMOFORM MAKİNESİ ÜRETEEN BİR İŞLETMEDE YALIN ALTI SİGMA UYGULAMASI

Ayşe SEÇGİN ÜNAL

Günümüzde işletmelerin en önemli sorunlarından biri başarının sürdürülebilirliğidir. Birçok işletme kendisini kanıtlamasına rağmen kısa süre içerisinde pazardaki yerini kaybedebilmekte veya başarı oranı azalabilmektedir. İşletmelerin başarı oranlarını düşürmeden sürekli olarak yenilikler yaparak pazardaki yerini koruması ve müşteri memnuniyetini sürekli olarak yüksek oranda tutması gerekmektedir. Bu amaç ile işletmeler sürekli olarak süreçlerini iyileştirmeye ve işletme içerisindeki israfları azaltmaya uğraşmaktadırlar. Bu amaç bağlamında israfları azaltmaya yönelik “Yalın Yönetim” felsefesi ve kalitenin de yükseltilmesi için süreçleri analiz etmeye yardımcı olan “Altı Sigma” yöntemleri literatürde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Son dönemlerde ise, bu iki yönetim felsefesinin bir arada kullanılması ile “Yalın Altı Sigma” yöntemi geliştirilmiştir. Bu birleşik yöntemin uygulanmasının temel amacı, işletme içerisindeki israfları azaltmak için Altı Sigma uygulama adımları ile Yalın Üretim yöntemlerini uygulamaktır. Bu çalışma sipariş üzerine Termoform makineleri üreten bir işletmede bu bütünsel yöntemin uygulanması yoluyla süreçlerin iyileştirilmesi amacıyla başlatılmıştır. Son yıllarda termoform makineleri ile üretilen tek kullanımlık plastik kaplara olan talep artmıştır ve makine müşterileri sipariş ettikleri makinalarının ivedilikle sevk edilmesini

istemektedirler. Makinelerin arızasız çalışması da yine yatırımcılar için oldukça önemli bir kriterdir. Bu çalışma ile işletmede makinelerin hatasız ve daha kısa terminlerde üretilmesini sağlamak için Yalın Altı Sigma projesi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında işletmedeki depolama alanları ve montaj hattı incelenerek, tespit edilen israfların ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Böylece makinenin müşteriye teslim süresinin azalması, üretim kapasitesinin artması ve montaj hatalarının ortadan kalkması bağlamında müşterilerin işletmeye olan güveninin artması sağlanacaktır. Yapılan iyileştirmeler ile üretim hızı %20 arttırılmıştır. Çalışmanın başında 3,4 olarak ölçülen hatasız üretim sigma seviyesi ise %17,5 arttırılarak, 4,0 değerine ulaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Altı Sigma, Yalın Altı Sigma, Sürekli İyileştirme

University : İstanbul Kültür University
Institute : Institute of Graduate Studies
Department : Industrial Engineering
Program : Engineering Management
Supervisor : Assist. Prof. Zeynep GERGİN
Degree Awarded and Date : MS – April 2021

ABSTRACT

LEAN SIX SIGMA APPLICATION IN A COMPANY THAT MANUFACTURES THERMOFORMING MACHINES

Ayşe SEÇGİN ÜNAL

One of the most important problem of enterprises is the sustainability of success. Although many enterprises prove themselves, they can lose their place in the market in a short time or their success rate may decrease. Enterprises need to maintain their place in the market by constantly innovating without decreasing their success rates and to keep customer satisfaction at a high level. Following this purpose, enterprises constantly make an effort to improve their processes and reduce waste within the enterprise. In the context of this purpose, the philosophy of "Lean Management" aimed at reducing waste and "Six Sigma" methods that help to analyze processes to increase quality are common in the literature. Recently, the "Lean Six Sigma" method has been developed by using these two management philosophies together. The main purpose of this combined method is to apply lean production methods with Six Sigma application steps in order to reduce waste within the enterprise. This study was initiated with the aim of applying this integrated method for process improvement in an enterprise which produce thermoforming machines on order. In recent years, the demand of disposable plastic containers which are produced with thermoforming machines has increased. Customers which order thermoforming machines want their machines to be shipped immediately because of the this increase of demand. In

addition to fast shipping, smooth functioning machine is a very important criterion for investors. With this study, the Lean Six Sigma project was used in order to ensure the production of the machines in the enterprise without error and in shorter deadlines. Within the scope of the study, aimed to eliminate the detected waste by examining the storage areas and assembly line in the enterprise. Thus, customers confidence will be increased to the enterprise in the context of reducing the delivery time of the machine to the customer, increasing production capacity and eliminating assembly errors. Production speed has been increased by 20% with the improvements made. The error-free production sigma level which was measured as 3.4 at the beginning of the study, was increased by 17.5% and reached reached to 4.0.

Keywords: Lean Manufacturing, Six Sigma, Lean Six Sigma, Continuous Improvement

1. GİRİŞ

İşletmeler, globalleşen dünyada teknolojinin de sürekli gelişmesiyle yoğun bir rekabet içerisine girmişlerdir. Bu yoğun rekabet, işletmelerin sürekli kendini yenilemesini gerektirmiştir. Rekabet ortamında işletmenin varlıklarını sürdürebilmeleri için kalite seviyelerini artırmaları gerekmektedir (Ertuğrul, 2014). İşletmelerin müşterilerini memnun etmesi, pazar paylarını arttırmaları için gereken en önemli unsurlardan biridir. Bu amaç ile işletmeler sürekli olarak süreçlerini iyileştirmeye ve işletme içerisindeki israfları azaltmaya uğraşmaktadırlar. Bu amaç bağlamında israfları azaltmaya yönelik “Yalın Yönetim” felsefesi ve kalitenin de yükseltilmesi için süreçleri analiz etmeye yardımcı olan “Altı Sigma” yöntemleri literatürde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Son dönemlerde ise, bu iki yönetim felsefesinin bir arada kullanılması ile “Yalın Altı Sigma” yöntemi geliştirilmiştir. Bu birleşik yöntemin uygulanmasının temel amacı, işletme içerisindeki israfları azaltmak için Altı Sigma uygulama adımları ile yalın üretim yöntemlerini uygulamaktır.

Yalın Altı Sigma, müşteriye birinci sıraya koyan, en iyi çözüm için olayları ve verileri kullanan istatistik temelli bir metodolojidir (George, 2002). 1960’ların başındaki Henry Ford’un Yalın Akış imalat süreci ile 1980’lerde Motorola tarafından yaratılan Altı Sigma’nın birleştirilmesiyle ortaya çıkan Yalın Altı Sigma, imalat tarihindeki son evrim basamağıdır. Her iki uygulama da operasyonel etkinliğe ulaşmayı sağlamaktadır. İlk seferde doğru yapmak, hızlı ve etkili hareket ederken değer yaratan değişiklikleri uygulamak demektir (Smith, 2004).

Yalın Yönetim ve Altı Sigma teknikleri birlikte ve birbirlerini destekleyecek şekilde kullanıldıklarında en iyi sonuca ulaşılmaktadır. Yalın araçları akıştaki problemleri ve değer yaratmayan faaliyetleri tespit ederken, Altı Sigma değer yaratan her bir adımın yeterliliğini artırır ve yalın üretim/yönetim tekniklerine ikinci bir girdi daha oluşturur. (George, Rowlands, & Kastle, 2005) .

Bu tez çalışması sipariş üzerine Termoform makineleri üreten bir işletmede bu bütünsel yöntemin uygulanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda

termoform makineleri ile üretilen tek kullanımlık plastik kaplara olan talep artmıştır ve makine müşterileri sipariş ettikleri makinalarının ivedilikle sevk edilmesini istemektedirler. Makinelerin arızasız çalışması da yine yatırımcılar için oldukça önemli bir kriterdir. Bu çalışma ile işletmede makinelerin hatasız ve daha kısa terminlerde üretilmesini sağlamak için Yalın Altı Sigma projesi uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında işletmedeki depolama alanları ve montaj hattı incelenerek, tespit edilen israfların ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Böylece makinenin müşteriye teslim süresinin azalması, üretim kapasitesinin artması ve montaj hatalarının ortadan kalkması bağlamında müşterilerin işletmeye olan güveninin artması sağlanacaktır.

Çalışmanın ilk bölümleri sırası ile tez çalışmasının teorik altyapısının aktarıldığı giriş, genel kısımlar ve literatür tarama bölümleridir. Bu bölümlerde Yalın Üretim, Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma konuları aktarılmaktadır. Beşinci bölümde Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma literatür taraması sonuçları sunulmuştur. Altıncı bölümde uygulama yapılan firma tanıtılarak metodolojinin uygulaması sunulmaktadır. Uygulama sonucunda karşılaşılan sorunlar ve kazanılan iyileştirmeler ve çıkarımlar sonuçlar bölümünde aktarılmaktadır. Bu tez çalışması ile Yalın Altı Sigma metodolojisinin sıklıkla görüldüğü üzere yalnızca seri üretim yapılan firmalarda değil proje bazlı üretim yapan bir firmada uygulanması örneği sunulurken literatüre katkı sağlanacaktır.

2. YALIN ÜRETİM

2.1. Yalın Üretim

Yalın üretim, Japonya’da Toyota Motor İşletmesi tarafından tasarlanan iş organizasyon metodudur. 1980’li yıllara kadar “Toyota Üretim Sistemi” olarak adlandırılmıştır. Zamanla dünyanın bütün ülkelerine yayılan bu sistem farklı isimler almıştır. Günümüzde ise “Yalın Üretim” olarak anılmaktadır (Türkan, 2010).

Toyota Motor Şirketi araç üretimine 1930’lu yıllarda basit kamyonlar üreterek başlamıştır. 1930’larda Toyota’nın liderleri Ford ile General Motor firmasını ziyaret etmişler ve bu firmaların montaj hatlarını inceleme fırsatı bulmuşlardır. Henry Ford’un “Bugün ve Yarın” adlı eserini dikkatle okumuşlar ve kendi dokuma tezgahlarında taşıyıcı bant sistemi, hassas takım tezgahlarını ve ölçek ekonomisi fikirlerini test etmişler, ancak Fordist üretimin Japonya için uyumlu olmadığını gözlemlemişlerdir. İkinci Dünya savaşının etkilerinin hala hissedildiği Japonya’da o günlerde pazar ABD’deki kadar yüksek bir üretim hacmini kaldıramayacak kadar ufak ve talep dengesizdir (Liker, 2015).

1950’lerde Eiji Toyoda müdürleri ile birlikte tekrar Amerika Birleşik Devletleri’ne bir gezi düzenlemiştir. Toyoda ve beraberindekiler 12 hafta süren bu gezide burada bulunan üretim firmalarını incelemişlerdir. Yapılan incelemeler sonucunda Toyota Üretim Sistemi (TÜS) oluşmaya başlamıştır. Bu aşamada, Henry Ford’dan öğrendiklerinin yanı sıra, müşterinin tüketim düzeyine bağlı olarak raflarda ürünler azaldıkça yerine yeni ürünlerin doldurulmasını tanımlayan süpermarket uygulamalarından edindikleri “çekme sistemi” kavramı TÜS için oldukça önem kazanmıştır (Liker, 2015).

1960’lı yıllarda Toyota firması TÜS ilkelerini öncelikle bazı tedarikçilerinden başlayarak bu yönetim şeklini yaymaya başlamıştır. Bu şekilde Toyota firması birbirinden bağımsız yalın imalat işletmelerini, tedarik zincirinde yer alan herkesin aynı TÜS ilkelerini uyguladığı, bütünsel bir genişletilmiş yalın işletmeye dönüştürmüştür. (Liker, 2015).

Toyota Üretim Sistemi, Fordist Üretim’den esinlenerek oluşturulsa da iki sistem birbirinden oldukça farklıdır. Fordist üretim sisteminde standart ürünler üretilirken; yalın üretimde esneklikten söz edilebilir. Fordist üretimde kalıp değişim süreleri

uzundur mevcutta bulunan makinaları ürüne özeldir; yalın üretimde ise kalıp değişimi süreleri kısadır ve makineler esnektir. Fordist üretimde deneyimli eğitimli personeller işe alınıp; personellere rutin görevler, bireysel işler ve her personele tek iş verilir; yalın üretimde ise şirket içi eğitimler önemlidir ve personellerin çoklu beceri kazanması teşvik edilir değişken görevler verilir ve takım çalışması hakimdir. Fordist üretimde tedarikçiler arasındaki rekabeti arttırarak maliyet azaltılmaya çalışılır; yalın üretimde ise tedarikçiler ile uzun vadeli güven ilişkileri oluşturularak maliyet azaltılmaya çalışılır. Fordist üretimde tedarikçi tasarıma dahil olmaz, özel bilgiler saklanır; yalın üretimde ise tedarikçiler tasarıma dahil olur. Fordist üretimde stok yükü bayilere devredilirken; yalın üretimde gerektiği yerde gerektiği kadar stok tutulur. Fordist üretimde hat çok önemli değilse durdurulmaz; yalın üretimde ise hat durdurulabilir (Sezen, 2011).

“Yalın Üretim” kavramı ilk olarak, Womack, Jones ve Ross tarafından yazılan (1990) “Dünyayı Değiştiren Makine” kitabında kullanılmıştır. Yalın üretim kavramını bir yöntemden ziyade bir düşünce tarzı olarak ifade etmişlerdir. Organizasyon içerisinde yer alan bireylerin faaliyetlerini geliştirmelerini, şirket kültürünün oluşturulmasında bütünsel bir yaklaşım olduğunu vurgulamışlardır (Arslandere, 2018). Yalın üretim akışta yer alan ancak ürüne herhangi bir değer katmayan tüm durumların ortadan kaldırılmasıdır. Yalın üretim akış içerisinde bulunan bütün israflarla adeta savaşmaktır. Bir işlem yapılırken kaynakların azaltılarak müşteri ihtiyaçlarına daha uygun ürünler üretmeyi hedefler (Ersöz, Sarız, & Ersöz, 2020).

Yalın üretim sisteminin temel önceliği, hammaddeden nihai ürün üretilene kadar gerçekleşen akışın kesintisiz bir şekilde devam etmesidir. Buna ulaşmak için değer zincirine bütün olarak bakabilmek, süreçte gerçekleşen israfları tespit edebilmek ve bu israfları ortadan kaldırabilmek ve müşteri için kusursuz bir süreç yaratabilmektir. Farklı bir deyiş ile kaynakları azaltarak, daha kısa süre içerisinde, daha az maliyet ile müşterinin istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için en az israfla, bütün üretim kaynaklarından esnek bir şekilde faydalanmaktır. Yalın üretim mutlak doğruyu kabul etmeyen sistemi sürekli sorgulayan ve mükemmelliği arayan bir üretim şeklidir (Aksu, 2013).

Müşterinin ürününe herhangi bir yetkinlik kazandırmayacak bütün ürün ve hizmetlere israf denilmektedir. Müşteri bu ürün ve hizmetler karşılığında üreticiye bir

bedel ödemek istememektedir. Nihai ürüne katkı sağlamayan ürün ve hizmetler karşısında üreticinin müşteriden ücret talep etmesi, üreticinin müşteri kaybetmesine yol açabilmektedir. Taiichi Ohno'nun günümüzde israfı ortaya çıkarmak için temel alınan gruplandırmadaki yedi israftan bahsetmiştir. Yedi temel israf üretimde katma değer yaratmayan faaliyetlerin azaltılması için işletmelerin en aza indirmesi gereken durumlardan oluşmaktadır. Bunlar (Ohno, 1988):

1. Fazla Üretim: Seri üretim yapan firmalarda, talep gelmeden üretilen her ürün israftır. Talep olmaksızın üretilen ürünler hem stok oluşturmakta hem de makinelerin toplam verimliliğini azalttığı için firmaya israf oluşturmaktadır.
2. Bekleme: İşçilerin, hammadde veya bir önceki sürecin tamamlanmasını beklemeleri firmaya israf oluşturmaktadır.
3. Taşıma: Bir ürünü veya bir malzemeyi bir yerden bir yere taşıma israfı arttırmaktadır. İşletme taşıma miktarını en düşük seviyeye indirgeyecek şekilde yerleşim planı yapmalıdır.
4. Fazla İşlem: Tamir, ayar, hataları düzeltme gibi üretime ek işler ekleyen tüm faaliyetler israftır.
5. Envanter: Yalın üretimde her türlü stok israf olarak görülmektedir. Envanter üretim içinde hataları gizlediğinden dolayı da israf olarak görülmektedir.
6. Hareket: Çalışanın işine değer katmayan her türlü hareketi israftır.
7. Hatalar: Üretilen ürünün müşterinin istek ve ihtiyaçlarını karşılamaması israftır.

2.2. Yalın Üretim Teknikleri

Yalın üretim felsefesinin temel amacı israfları azaltmak veya ortadan kaldırmaktır. Bu doğrultuda yalın üretimde Tablo 2.1'de verilen birbirinden farklı teknikler kullanılabilir (Rewers, Trojanowska, ve Chabowski, 2016).

Tablo 2.1: İsrafın Çeşitlerine Göre Kullanılacak Yalın Yöntemler

İsraf Çeşitleri	Kullanılacak Yalın Araçlar
Fazla Üretim	SMED, Kanban, Takt Time, Heijunka
Stok	SMED, Kanban, Takt Time, Heijunka, Tek Parça Akış
Taşıma	Tek Parça Akış, Değer Akış Haritası, 5S
Bekleme	Tek Parça Akış, Standart Çalışma, 5S, Jidoka, Heijunka, Kanban, SMED, Takt Time
Gereksiz Hareket	Değer Akış Haritası, 5S, U Tipi Üretim Hatları,
Hata, Arıza	Standart Çalışma, Jidoka, Poka Yoke, 5S, Kanban, SMED, Takt Time
Tekrar İşlem	Kaizen

2.2.1. Tek Dakikalık Kalıp Değiştirme (Single Minute Exchange of Dies_ SMED)

Ayar işlemlerinde belirli sıra ile yapılması gereken çeşitli aktiviteler vardır ve bu işlemlerin yapılması için geçen zamana “ayar süresi” denir. Ayar süresi üretimi yapılacak olan ürünün tipi ve üretim sisteminde kısıtlara bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ayar süresinin uzaması firmaya katma değer yaratmayan bir faaliyettir. Yalın üretimde işletmeye katma değer sağlamayan bütün faaliyetler üretim sürecinden çıkarılmalıdır ve ayar sürelerinin uzun olması firma için israftır. Ayar sürelerinin azaltılması için yapılacak işlemlerin iyi organize edilmesi ve görev alacak herkesin bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Ayar süresi işlemleri üretim sürecinden tamamen kaldırılamasa bile sürenin azaltılması için SMED yöntemi kullanılabilir (Tanık, 2010).

SMED tekniği Sheigo Shingo tarafından geliştirilmiştir. SMED tekniği hızlı kalıp değişimini ifade etmektedir ve her fabrikada her makineye uygulanabilecek bir yöntemdir. Bu teknikte küçük partili ve esnek üretim yapılabilir. Bu teknikte iç ayar işlemleri ve dış ayar işlemleri birbirinden ayrılır. Makine açıkken yapılabilecek

işlemler ve kapalı iken yapılabilen bu işlemlerden birbirinden ayrılarak ayar süresinin 10 dakikanın altına indirilmesi amaçlanmıştır (Tanık, 2010).

SMED çalışması yapılırken değer akış haritalama, sebep sonuç analizi, pareto analizi gibi yöntemler kullanılabilir. Bu işlemler sonucunda ayar süresinin azaltılmasında %90 başarı sağlanabilir (Singh & Khanduja, 2010).

SMED uygulamaları üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar: iç ve dış ayarların birbirinden ayrılması, iç hazırlık sürecinin dış hazırlık sürecine çevrilmesi ve hızlı kalıp değişimini ve dış hazırlığa ayrı ayrı uygulanması işlemleridir (Çelik & Taşkın, 2019).

İç ve Dış Ayarların Birbirinden Ayrılması: Makinanın üretim yapabilmesi için hattın veya makinenin durdurulmasının gerekli olduğu ayarlar vardır. Bu ayarlar iç ayarlar olarak adlandırılır. Makinenin veya hattın durdurulmasının gerekli olmadığı ayar çeşitleri ise dış ayarlar olarak adlandırılır (Hülagü, 2011).

Geleneksel çalışma ortamlarında ayar işlemleri yapılırken bazı kayıplar meydana gelebilir. Örneğin (Çelik & Taşkın, 2019):

- İç ayar işlemleri başladıktan sonra aşınan veya kirlenen parçaların fark edilmesi. Bu parçalar temizlenirken veya yerine yenisi getirilirken makine kapalı durumdadır.
- Üretimi tamamlanmış ürünlerin depoya sevk edilmesi sırasında makine kapalı durumdadır.

SMED uygulamalarının ilk aşamasında iç ve dış ayarların birbirinden ayrılması gerekmektedir. Dış ayarlar bir önceki üretim işlemi bitmeden yapılması gerekmektedir. Shingo'ya göre sadece birinci aşamanın uygulanması ayar sürelerinde %30-%50 arasında iyileştirme sağlayabilir (Çelik & Taşkın, 2019).

İç Hazırlık Sürecinin Dış Hazırlık Sürecine Çevrilmesi: SMED'in ikinci aşamasında ise makine veya üretim dururken yapılabilecek ayar faaliyetlerine odaklanılır. Bu aşamada üretim durdurularak yapılan faaliyetler, üretim devam ederken yapılması için gerekli çalışmalar yapılır. İç ayar işlemlerinin dış ayarlara dönüştürmesi işlemi ile ayar süresinde %75'e kadar azalma gerçekleşebilir (Tanık, 2010).

Hızlı Kalıp Değişimini İç ve Dış Hazırlığa Ayrı Ayrı Uygulamak: SMED'in üçüncü aşamasında iç ve dış ayarlar en ince detaylarına kadar incelenir elde edilen veriler doğrultusunda gerekli düzenleme ve iyileştirmeler yapılır (Çelik & Taşkın, 2019).

2.2.2. Kanban

Kanban, Toyota mühendisi Taiichi Ohno tarafından imalat verimliliğini arttırmak amacıyla geliştirilen bir planlama sistemidir. Sistem ismini şirket içerisindeki üretimi izleyen kartlardan almıştır (Crengute, 2019). Kanban kartlarında ürünün ismi, depolanma bölgesi gibi bilgiler vardır. Ürünlere ne zaman ne kadar ihtiyaç olduğu belirlenip hem imalat alanında hem de dış tedarikçilerle hem de müşterilerle olan malzeme ve ürün akışı düzenlenir (Öksüz, Mahir, & Öner, 2017).

2.2.2.1. Kanban Yönteminin Avantajları: Firmalar sadece ihtiyaçları doğrultusunda üretim yapmak istiyorlarsa; ihtiyaçlarından fazla malzeme israftır. Fazla malzemeler için daha fazla ambar, daha fazla maliyet gerekmektedir. Bu maliyetin önüne geçmeyi hedefleyen kanban sisteminin farklı avantajları da vardır (Polat, 2020):

- Sürecin daha basit ve anlaşılır olmasını sağlar,
- Müşteri memnuniyetinin artmasını sağlar,
- Kısa süre içerisinde doğru bilgiye ulaşma imkânı sunar,
- Değişiklikler yaşanması durumunda hızlı aksiyon alınmasını sağlar,
- Kâr marjını ve ciroyu artırır,
- Üretim süreci içerisinde kapasitenin üzerinde olan süreçleri belirler,
- Gereksiz üretimi önler,
- Müşteriye katma değer sağlamayan işlemleri azaltır,
- Stok yönetiminin organizasyonunu kolaylaştırır,

Kanban yönteminin uygulanamayacağı bazı üretim şekilleri de bulunmaktadır (Erozan, 2019):

- Üretim hacminde büyük dalgalanmalar olması: Kanban sistemi hacim dalgalanmalarına karşı çevik bir sistem olmadığı için üretimin stabil olduğu işletmelerde kullanılabilir. Üretim hacmi stabil değilse istasyonlar arası

darboğazlar oluşabilir ve bu dar boğazları engellemek amacıyla sisteme eklenen ara stoklar kanban sisteminin karmaşıklaşmasına sebep olabilir.

- Üretim çeşidinde dalgalanmalar olması: Kanban yöntemi ürün çeşidinin stabil olduğu ve ürünlerin tekrarlı olarak üretildiğini varsayar. Ürün çeşidinin sıklıkla değiştiği işletmelerde kanban yöntemi ve işletme tedarikçileri bu değişime uyum sağlayamayabilir. Bu nedenle kanban sistemi tekrarlı üretim yapılan işletmelere daha uygun bir sistemdir (Spearman, Woodruff, & Hopp, 1990)
- Sık sık arıza, duruş ve beklenmeyen durumlarla karşılaşan sistemler: Sistem içerisinde sürekli olarak üretimi durdurabilecek durumlar sistem üzerinde ciddi bir etkiye sahiptir. Bu duruşlar sistemin güvenilirliğini ve azaltır ve düşük güvenilirliğe sahip sistemlerde kanban yönteminin uygulanması riskli bir durumdur.

2.2.2.2. Kanban Çeşitleri: İki çeşit temel kanban bulunmaktadır. Bunlar çekme ve üretim sipariş kanbanlarıdır.

1. Çekme Kanbanı: Çekme kanbanı, TZÜ’de bir sonraki üretim istasyonunun, bir önceki üretim istasyonundan talep ettiği ürünün cinsi ve miktarını belirten ve bunları prosese çekmek için kullanılan karttır. Dikdörtgen şeklindedir (Sevindirici, 2009).

Stok Raf No: 5E215 Parça Arka No:A2.15			Önceki Operasyon
Parça No : 356 70 S 07 Parça Adı : Tahrik Pimi Araba Tipi : Sx50 BC			Dövme B-2
			Sonraki Operasyon
			Talaşlı İmalat M-6
Kutu Kapasitesi	Kutu Tipi	Sayı	
20	B	4/8	

Kaynak: Şeker (2016)

Şekil 2.1: Çekme Kanbanı Örneği

2. Üretim/Sipariş Kanbanı: Üretim ya da sipariş kanbanı bir önceki üretim istasyonunun üretmesi gereken ürünün cinsi ve miktarını gösteren karttır (Şeker, 2016).

Stok Raf: F26-18	Parça Arka No: A5-34	Operasyon
Parça No	356 70 s 07	Talaşlı İmalat
Parça Adı	Tahrik Pimi	
Araba Tipi	SX50BC-150	

Kaynak: Şeker (2016)

Şekil.2.2: Üretim/Sipariş Kanbanı Örneği

Kanban uygulamasında, problemleri alanlar, tüm süreçler ve süreç adımları, termin süreleri ve döngü süreleri ölçülür. Kanban sisteminin en önemli katkılarından biri de fazla birikmeyi önlemek için envantere üst sınır belirlemesidir. Birikmenin önlenmesi ile birlikte depolama alanları azalır. Tedarik noktalarında bekleyen ürünlerin sayısı belirlenir ve verimsizlik oluşturabilecek limit sayısı tanımlanıp stoklar azaltılır. Belirlenen limitin üzerindeki stok ise verimsizlik olarak adlandırılır (Crengute, 2019).

Kanban kartlarının içerisinde bulunması gereken bilgiler aşağıdaki gibidir (Polat, 2020):

- Ürün adı
- Malzeme numarası
- Malzeme kısa metni
- Malzemenin üreticisi veya tedarikçisi
- Malzemenin depolanacağı alan
- Kanban içi miktar
- Kanban Numarası

2.2.3. Heijunka

Heijunka yöntemi üretilen tüm malların dengeli adetlerde ve müşteri talebi doğrultusunda belirlendiği üretim planlama metodudur. Bu yöntemin en önemli işlevi üretimde meydana gelen talep değişikliklerine karşı kolay adapte olabilmesidir (Kılıç & Ayvaz, 2016). Heijunka sisteminin tek amacı israfları ortadan kaldırmak değildir. Heijunka yöntemi ile birlikte işletme esneklik kazanır ve müşterinin talepleri tam zamanında üretilir. Müşteri tatmini sağlanarak işletme için finansal istikrar sağlanır. Heijunka yönteminin doğru bir şekilde uygulanması için; taleplerin dengelenmesi, kalıp değişim sürelerinin azaltılması, üretim hacim ve çeşidinin dengelenmesi gerekmektedir (Ramekar, Muneshwar, Kute, & Choube, 2017).

Müşterilerden gelen taleplerin stabil olması durumunda üretimi dengelemek kolaydır, fakat taleplerde dalgalanma varsa üretimi dengelemek amacıyla talep dengeleme veya esnek üretim yolları kullanılır. Bu dalgalanmalar yüksek miktarda stok, gizlenmiş problemler ve düşük kalite gibi birçok israfı beraberinde getirebilir. Bu israfları önlemek amacıyla Heijunka yöntemi ile hem hacim dengelenmesi hem de ürün karışımı ile üretim dengelenmesini sağlar. Heijunka yöntemi ile siparişlerin gerçek akışına göre ürünler üretilmez; bunun yerine toplam sipariş hacmi belirli zaman periyodu içerisinde alınır, her gün aynı miktar ve karışımda dengeleyerek üretim gerçekleştirilir (Ramekar, Muneshwar, Kute, & Choube, 2017).

Heijunka yönteminin kullanılması birlikte fazla mesai ile çalışma gereksinimi ortadan kaldırabilir. Ayrıca bu yöntemin kullanırken stokların arttırılmasına gerek duyulmaz ve fabrika kullanım alanında da azalma sağlanır (İşler & Güner, 2014). Atakan Gerger (2019) yazmış olduğu “Endüstri 4.0 Üretim Sürecinde Süreç Değişkenliğinin Optimizasyonunda Heijunka Yöntemi” adlı makalesinde Heijunka yönteminin diğer Yalın tekniklerine oranla 2008 yılına kadar daha az literatürde yer aldığını belirtmiştir. Bunun nedeninin ise Toyota Üretim Sisteminin tam olarak anlaşılabilmesi olduğunu savunmaktadır. 2008 yılından sonra ise Heijunka yönteminin öneminin daha iyi anlaşıldığının ve literatürde her geçen gün daha fazla bahsedildiğini vurgulamıştır.

Japonca’da “seviyelendirme” anlamına gelen Heijunka yöntemi 3M olarak adlandırılan 3 israf yöntemi ile savaşılmaktadır. Bunlar (Gerger, 2019):

Muda: Katma değersiz aktivitelere verilen isimdir. Bu israf çeşidinde hat yeterince beslenmediğinden üretimde duruşlar meydana gelir. Hem personel hem de makinalar boşa çıkar. Dur-kalk şeklinde yapılan üretim işletmeler için istenmeyen bir üretim şeklidir ve firma için ciddi finansal kayıplara yol açabilir.

Muri: Makinaların veya çalışanların aşırı yüklenmesi şeklinde yaşanan israf çeşididir. Müşteriden gelen taleplerin kapasiteden fazla olması veya önceki üretimde hattın yeterince beslenememesi durumlarında ortaya çıkan bir israf çeşididir.

Mura: Her hattın üretim kapasitesi vardır ve üretimin bu kapasite çerisinde gerçekleşmesi gerekir. Fakat müşterinin üretim talebindeki değişiklikler, lot miktarının büyüklüğü, darboğazlar, hammadde eksiklikleri vb. nedenlerden dolayı kapasitenin altına veya üstüne çıkılması üretimdeki verimliliğin düşmesine ve israfa neden olur.

Heijunka uygulaması ile üretim planı düzgünleştirilir ve çalışanların iş yükleri dengelenir.

2.2.4. Tek Parça Akışı (Sürekli Akış)

Tek-parça akışı Taiichi Ohno tarafından tasarlanmıştır. Ohno, Ford üretim sistemlerini incelerken, sistemin en etkin bölümünün son montaj hattı olduğunu fark etmiştir. Son montaj hattında arabaların montaj işlemleri tamamlanıp beklemeden yedek araba stoku olmaksızın ve her zaman birer adet olarak bir sonraki aşamaya geçmektedir. Ohno, yalnızca son montaj hattında kullanılan bu sistemin, tüm fabrika içerisinde uygulanabileceğini ve böylece fazla stokların önüne geçebileceğini fark etmiştir (Şeker, 2016).

Üretim verimliliğinin artması için sürecin hızlı olması gerekmektedir. Bu yüzden işçilerin ve işlenecek olan parçaların “bekleme” gibi bir israftan uzak olması gerekmektedir. Bekleme israfını ortadan kaldırmak için makinaların üretimi yapılacak olan parçanın işlenme sırasına göre art arda yerleştirilmesine “süreç bazlı hat” veya “süreç akışlı hat” ve bu hatların oluşturulması ile parçaların beklemeden bir sonraki işleme aktarılmasına “tek parça akışı” denir (Aslantaş, 2014). Tek parça akışının yönteminin en büyük dezavantajı ise üretim hattındaki bir makinanın arızalanmasının bütün sistemi durdurmasıdır (Öksüz, Mahir, & Öner, 2017).

Üretim sisteminde tek parça akışın sağlanması ile envanter miktarı ve nakliye işlemleri azalır, hatlar arasındaki bekleme süresi azalır. Ürün geliştirme, sipariş alma ve üretim süreci kısalmır (Öksüz, Mahir, & Öner, 2017).

Tek parça akışının uygulanabilmesi için en önemli değişkenler şunlardır (Şeker, 2016: 464):

- Personel/operatör seçimi, eğitimi, kapasite ve yetenek derecesi
- Ürün montaj hattının kompleksliği ve değişkenleri
- Teknoloji/proses karışıklığı
- Personel, teknoloji ve iş içeriği arasındaki denge.

2.2.5. U-Hatlar

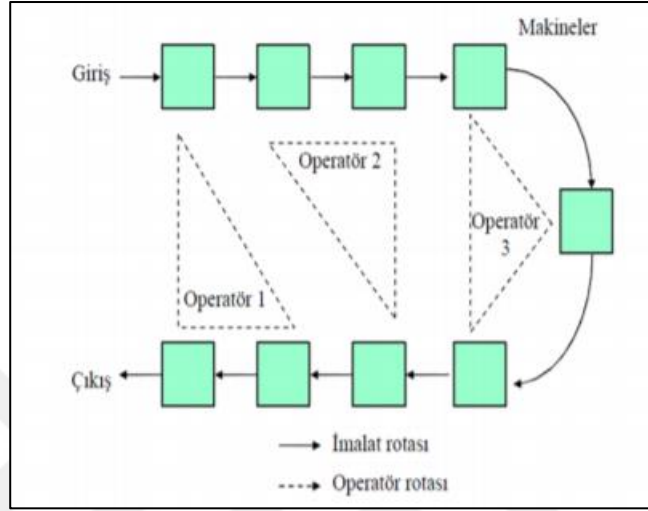
Yalın yaklaşımındaki israflardan biri olan zaman yapılarını ortadan kaldırmak amacı ile çalışanların hareketini azaltmak amacıyla oluşturulan yerleşim düzenine “U-Hatları” denir. Bu düzen ile birlikte çalışanlar makinenin çalışmasını kontrol etmeleri veya sürekli hareket etmeleri gerekmez (Erol, 2012). U tipi hatlar ile birlikte çalışanların birbirine olan mesafesi azalır bu nedenle parça ve malzeme hareketi hızlıdır. Çalışanın yürüyüş zamanını ve mesafesini azaltan bu yaklaşım ile ekipler bir alanda birlikte çalışır. Bu yaklaşım ile birlikte takım çalışması isteğinde de artış görülür (Şeker, 2016).

U-Tipi Yerleşimin Avantajları

- İşçiler birbirlerine ve amirlerine yakın mesafededirler, bu durum amirlerin çalışma düzenini daha kolay takip etmesini sağlar,
- Parçalar, hat üzerinde elden ele aktarıldığı için parça ihtiyacı ve kalitesi hakkında hattaki tüm personelin bilgisi vardır,
- Malzeme hareketi hızlıdır,
- Hatta çalışan kişi sayısı ve çalışma bölgeleri değiştirilebilir,
- Çalışanların hem yürüyüş zamanı hem de yürüme mesafesi azalır,
- Takım çalışma isteğini arttırır,
- İşçilerin çeşitli pozisyonlarda çalışmasına olanak sağlar (Şeker, 2016).

U-Hatlar, ortak hedefleri gerçekleştirmek için daha iyi bir çalışma imkânı sunar, ekip halinde çalışan işçilerin daha iyi iletişim kurabilmesine ve sorunlarını daha hızlı

özebilmesine olanak sağlar. Çalışma alanlarının birbirine yakınlaştırılması ve malzeme dağıtım noktalarının azaltılması ile birlikte malzeme, montaj takım ve aparatlarının dağıtımı kolaylaşır. U tipi yerleşimlerde hattın girişi ve çıkışı aynı yöndedir ve bir parça hatta girerken, başka bir parça hattan çıkar. Bu durum ise daha kolay malzeme kontrolüne imkân verir (Firuzan, 2004).



Kaynak: şeker (2016)

şekil 2.3: U-Tipi Yerleşim

2.2.6. Değer Akış Haritası

Değer akış haritalama tekniği, işletme içerisinde ürünün nihai halini alması için uygulanması gereken işlemlerin ve kullanılması gereken malzemelerin haritalanması yöntemidir. Değer akışı, her ürün için esas olan ve ana hat boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin tamamını ifade etmektedir (Bulut & Altunay, 2016).

Değer akış haritalama yöntemi ile ürün değer akışı ortaya konulur, süreç içerisinde israf kaynakları ortaya çıkarılır ve süreç içerisinde iyileştirme yapılması gereken noktalar tespit edilebilir. Bu yöntem değer ve israfın birbirinden ayrıştırılmasını sağlamaya yardımcı olur ve işletmelerin rakiplerine karşı hız, performans ve doğru ürün üretimi açısından avantajlar sağlamasına yardımcı olur (Sarı, 2018).

Değer akış haritalama süreci 4 adımdan oluşur:

1. Ürün Ailesinin Seçimi: Birinci aşamada mevcut durumuna dair analiz yapılacak olan hizmet ya da ürün ailesi seçilmelidir. Ürün ailesi benzer süreçler ve ekipmanlar ile üretimi yapılabilen ürün grubu olarak tanımlanabilir (Özveri & Güçlü, 2015).

2. Mevcut Durum Haritası Çizilmesi: Mevcut durum haritasının çizilmesi ve zaman hesaplamalarının yapılması ile birlikte üretim sürecindeki problemlerin tespit edilmesi kolaylaşır (Eser & Yıldız, 2017).

3. Gelecek Durum Haritasının Çizilmesi: Gelecek durum haritasının çizilmesi Değer akış haritanda ulaşılmak istenen durumu ifade eder. Mevcut durum haritasında tespit edilen iyileştirilmesi gereken durum sembolleri ile işaretlendirilmelidir. Bu işaretlemler sonucunda elde edilen harita sürekli iyileştirilmesi gereken mevcut durum haritası şeklindedir (Wolniak & Zasadzien, 2014).

4. Çalışma ve Uygulama Planının Oluşturulması: İyileştirilmesi gereken noktalarda uygulanacak olan planların oluşturulduğu adımdır. Gerçekçi bir şekilde oluşturulması gereklidir. Nelerin yapılması gerektiği ve ne kadar zamana ihtiyaç olduğu bu planlarda şekillenir (Doğan & Takcı, 2015).

2.2.7. Standart Çalışma

Mevcut süreçler içerisindeki tüm işlemlerin ayrıntılı, adım adım yönergeleri ve prosedürlerinin hazırlanması ile birlikte imalat içerisindeki hataların ortadan kaldırılmasını amaçlayan yalın üretim tekniğine “Standart Çalışma” denir (Emiliani, 2008).

Standart Çalışma tekniği ile üretilecek olan ürüne dair tüm doküman çalışanlara verilir ve üretim sürecinde personel tarafından yapılabilecek hatalar engellenmesi amaçlanır. Standart çalışma tekniği ile hatalı üretim israfı ortadan kaldırılmaya çalışılır. Hazırlanan dokümantasyonların ürünlerdeki revizyon ile beraber revize edilmesi ve sürekli iyileştirilmesi gereklidir. Bu dokümantasyonlar ile birlikte yalnızca israftan kaçınılmaz hem de yeni personel daha kolay eğitilir. Standart çalışma prosedürleri ile birlikte üretkenlik artar ve hatalı üretimin önüne geçilmiş olur (Emiliani, 2008).

2.2.8. Jidoka

Jidoka tekniğinde üretim sırasında ortaya çıkabilecek kusurlu ürünü önlemek amacıyla işi yapan operatöre üretimi durdurma yetkisi verilir. Bu yetki yalnızca operatöre değil makineye de verilir. Bu sayede kusurlu üretimin önüne geçilmiş olur ve sıfır hata ile üretim devam eder (Elteç, 2017). Jidoka yönteminde “Andon” adındaki görsel yönetim araçları kullanılır, bu araçlar ile birlikte hangi makinaların çalıştığı veya durduğu, kalite hataları, operatör kaynaklı gecikmeleri ve malzeme eksikliği gibi üretim alanında karşılaşılabilecek sorunlar gözlemlenir (Marchwinski, Shook, & Schroeder, 2011).

Kelime çevirisi “insan dokunuşuyla otomasyon” anlamına gelen Jidoka bir hata durumunda operatöre makineyi kapatma yetkisi verilmesi anlamına gelir. Bu yetki makinelerde de vardır, bu sayede her makine için operatör çalışması gerekmemektedir ve bir hata olması durumunda makinenin durdurulması hammaddelerin israf olmasını engellemektedir. Bu sistem ilk olarak Sakichi Toyoda tarafından geliştirilmiş ve dokuma tezgahlarında uygulanmıştır (Öksüz, Öner & Öner, 2017).

2.2.9. Poka-Yoke

Toyota mühendisi Shiego Shingo tarafından geliştirilen bir yöntem olan Poka-Yoke'deki Poka kelimesi, “düzensizlik, dalgınlık”; Yoke kelimesi ise “ortadan kaldırma” anlamında kullanılmaktadır. İlk olarak Boka-Yoke olarak tanımlanan bu yöntemdeki “Baka” kelimesi budala anlamına geldiği için terim değiştirilip “Poka-Yoke” olarak literatüre eklenmiştir (Shingo, 1986).

İşletmeler imalat sürecinde kusurlu bir ürün üretirlerse, hem müşteri tarafından reddedilir hem de kaynaklar israf edilmiş olur. Bu nedenle üreticilerin ürünü tek bir döngüde ve doğru şekilde üretmeleri gerekmektedir ve süreç içerisinde bekleme, fazla üretim, yeniden işleme, gereksiz taşıma gibi israflardan da kaçınmaları gerekmektedir. Poka-Yoke tekniği ile üretim akışı esnasında kusurlu ürünün bir sonraki prosese devam etmesini engelleyen bir yapı oluşturulur ve bu yapı ile beraber kalite güvence altına alınmış olur (Hakan, 2020).

Poka-Yoke tekniğinin oluşturulması yedi adımdan oluşur. Bunlar sırası ile, düzeneğin kurulması, çalışma alanının gözlemlenmesi, ideal fikir için beyin fırtınası,

uygun fikrin seçilmesi, uygulama planının oluşturulması, planın uygulanması, izlenmesi ve çalışmanın tamamlanmasıdır (Patil, Parit, & Burali, 2013). Problem seçimi yapılırken, üretim hattında veya sürecinde meydana gelen hata türleri ortaya çıkarılıp içlerinden en önemli hata türü seçilmelidir. Seçilen hata türünün detaylı incelemesi için sahada gerekli gözlemler yapıp gerekli veriler toplanmalıdır. Elde edilen veriler doğrultusunda ekip üyelerinin görüşleri alınarak çözüm yöntemleri belirlenir ve bu yöntemler içerisindeki fikirlerden en ideal çözüm yöntemi seçilir. Seçilen çözüm yönteminin uygulanması için gerekli iş planı yapılır. Bu plan içerisinde zaman etüdü yapılır, roller ve sorumluluklar belirlenir ve uygulama safhasına geçilir. Uygulama sonrası, mevcut durum gözlemlenir. Gözlemler sonucunda çalışmanın başarılı olması durumunda çalışma tamamlanarak standartlaştırılır ve yaygınlaştırılır (Hakan, 2020).

2.2.10. Kaizen

Kaizen, üst yönetimden en alt seviyeye kadar tüm çalışanları kapsayan, sürekli gelişme ve yenilik yapmayı teşvik eden örgütsel sistem anlayışıdır. Bu anlayış ile herkesin küçük iyileştirme önerileri yapmaları teşvik edilir ve bu öneriler sistemdeki bütün alanları kapsamaktadır. Herkesin bu sisteme katılması ile birlikte de ekip çalışmasını teşvik eder. Kaizen yalnızca şirket içerisindeki iyileştirmelerle sınırlı bir yaklaşım değildir. Japon kültürü izlerini taşıyan Kaizen, bir felsefe ve yaşam biçimidir (Ağın, 2020). Komponentler, öneri sistemi, kalite, kalite çemberleri, toplam kalite kontrolü yönetimi, Toyota yönetim sistemi, tam zamanında üretim ve kanban sistemi, kaizen'i oluşturan alt faktörlerdir.

Kaizen uygulamasının temel faaliyetleri aşağıdaki gibidir (Ağın, 2020):

1. Geleneksel sabit fikirlerden uzaklaşılması gerekmektedir,
2. Neden yapıldığını değil, nasıl yapıldığını düşünün,
3. Mazeretlere bağlı kalmaksızın mevcut uygulamaları sorgulayın,
4. Kısa vadede mükemmellik aramayın,
5. Sistemdeki hata veya hataların hemen düzeltilmesini sağlayın,
6. Bilgeliği paraya değil bir problemin çözümüne yatırın,
7. 5N1K uygulayın,
8. Bir kişinin bilgisinden ziyade daha fazla kişilerin bilgisine başvurun,

9. Çalışanların öneride bulunmasını teşvik edin.

Kaizen metodolojisi yapısal ağ ve emek olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir (Çelik, 2020):

1. Yapısal Ağ Modeli: Bu modelde çalışmaların uygulandığı süreç ve süreçlerle olan bağlantısı ile ilgilenir. Kendi içerisinde nokta, hat, düzlem ve küp kaizen olmak üzere dörde ayrılır. Nokta kaizen, kültürün en başlangıç halini ifade eder ve diğer kaizen uygulamaları ile herhangi bir bağlantısı yoktur ve bağımsızdır. Hat kaizen, birbirine bağlı süreç adımlarının iyileştirmesini ifade eder. Düzlem kaizen, değer akış haritası üzerinde birbirine bağlı veya birbirini etkileyen süreçlerin iyileştirilmesinde kullanılır. Küp kaizen, yapısal kaizen modeli olarak adlandırılır ve kaizen kültürünün tüm işletmede yaygınlaştığını ifade etmektedir.

2. Emek Türü Kaizen: Bu kaizen modelinde emek, analiz, personel, ekip çalışması ön plandadır. Emek türü kaizenler, Kaizen Teiaa ve Kobetsu Kaizen olmak üzere ikiye ayrılır. Kaizen Teiaa, saha içerisinde detaylı inceleme veya istatistiksel çalışma gerektirmeyen, çoğu zaman operatörler tarafından uygulanabilecek iyileştirme çalışmalarıdır. Daha çok fiziki ve iş güvenliği konularında yapılan yenilikler bu gruba dahil edilebilir (Uluskan, 2019). Teiaa Kaizen çeşidi, Kaizen uygulamalarının şirket içerisinde yaygınlaşmasına en önemli katkıyı sağlar. Kobetsu Kaizen, değer akış haritaları ve kayıp analizleri doğrultusunda fark edilen sorunları iyileştirmek amacıyla ekipman, plan ve takım çalışması gerektiren kaizen türüdür (Çelik, 2020).

Literatürdeki bazı Kaizen uygulamaları ve sonuçları Tablo 2.2’de bulunmaktadır:

Tablo 2.2: Kaizen Uygulamaları ve Elde Edilen Sonuçlar Tablosu

Yazar, Yıl	Amaç ve Elde Edilen Sonuçlar
Çelik, 2020	2020 yılında yapılan Kaizen uygulaması ile birlikte üretim süresinde %10,84 azalma sağlanmıştır.
Sarı, 2019	Endüstri işletmelerinde 31 kaizen uygulaması yapılmış, kaizen türleri karşılaştırılmıştır ve daha sonra farklı kaizen türleri kendi içerisinde karşılaştırılmıştır.

Kumar, 2019	Otomotiv sektöründe "Global müşteri denetimi" kullanılarak farklı problemler üzerinde kaizen tekniği ile yoğunlaşıldı, etkili ve kalıcı çözümler üretildi.
Uluskan, 2019	Otomotiv sektöründe yapılan kaizen uygulaması ile süreç yeterlilik endeksi 0,7 değerinden 1,33 değerine yükseltildi.
Karcioğlu ve Öztürk, 2015	87 sanayi işletmesinde Kaizen ile ilgili anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, işletmelerin %28,7'sinin hedef maliyetlemeyi, %36,8'inin kaizen maliyetlemeyi, %18,4'ünün hem kaizen hem de hedef maliyetleri kullandıkları tespit edilmiştir.
Bozdemir ve Orhan, 2011	Türk otomotiv sektöründe Kaizen Maliyetleme yönteminin uygulanma düzeyi incelenmiş ve çok yaygın bir yöntem olarak kullanılmadığı tespit edilmiştir.

2.2.11. 5S

Yalın üretimde üretim sahasının temiz, etkili ve ergonomik kullanımı için kullanılan yöntem 5S denir. 5S’de bulunan S harfleri Japonca’daki seiri (ayıklama), seiton (düzenleme), seiso (temizleme), seiukso (standartlaştırma) ve shitsuke (öz-disiplini sağlama)’yı ifade eder (Falkowski & Kitowski, 2013).

İşletme içerisindeki israfı azaltmak ve verimliliği arttırmak amacıyla yalın üretim kültürünün oluşturulup, yaygınlaştırılmasındaki en önemli araçlardan biri 5S’dir. 5S uygulamaları ile birlikte çalışma alanının düzenlenmesi ve etkin bir şekilde kullanılması sağlanır (Çelik, 2019).

5S Sisteminin tertip ve düzen sağlama dışında sisteme sağladığı faydalar aşağıdaki gibidir (Tekin, Arslantere, Etlioğlu, & Tekin, 2018):

- Çalışanların moral ve motivasyonunu olumlu yönde etkiler,
- Çalışanların kendilerine ve işyerlerine olan güvenini artırır,
- Çalışma alanından kazanılan tasarruf ile fatura, kira vb. ödemelerin azalmasını sağlayabilir,

- Katma değer yaratmayan faaliyetlerin sistemden uzaklaştırılmasına yardımcı olur,
- Hataların ya da olumsuzlukların fark edilmesi kolaylaşır.
- Araç, malzeme ve dokümanların aranması gibi gereksiz hareket gerektiren eylemleri ortadan kaldırır.

5S Uygulaması 5 adımdan oluşmaktadır:

1. Seiri (Ayıklama): Süreç içerisinde acil olarak ihtiyaç duyulmayan ya da yakın zamanda kullanılmayacak olan ürünlerin üretim sahasından uzaklaştırılması aşamasıdır. Kullanılmayacak olan ürünler hurdaya atılabilir, iade edilebilir veya ihtiyaç duyulan farklı ekibe teslim edilebilir. Hangi ürünlerin bu işleme tabii tutulacağına karar vermek için kullanılmayacak ürünlerin üzerine kırmızı etiket, ihtiyaç duyulan ürünlerin üzerine ise beyaz etiket yapıştırılabilir.

2. Seiton (Düzenleme): Çalışma alanında kullanılacak olan malzemelerin depolanma konumlarının belirlendiği aşamadır. Kullanılacak olan ürünler kullanım sıklığına göre istiflenmelidir. Sürekli kullanılan ürünler en yakın konumda, günde veya haftada birkaç kez kullanılacak olan ürünler ikinci derece kullanım olarak adlandırılan kolay ulaşılabilir alanlarda istiflenmelidir. Sık kullanılmayan ürünler ise el ile ulaşılabilir pozisyonlarda istiflenmelidir (Çelik, 2019).

3. Seiso (Temizlik): İşletme içerisindeki çalışma alanlarının, makine, malzeme ve ekipmanların, temiz tutulması ve korunması amacıyla yapılan çalışmalardır (Tekin, Arslandere, Etlioğlu, & Tekin, 2018).

4. Seiketsu (Standartlaştırma): Ayıklama, düzenleme ve temizlik aşamaları gerçekleştirildikten sonra, bu işlemlerin izlenmesi ve bu çalışmaların devamlılığının sağlanması için prosedürler geliştirerek şirket içerisinde standartlaştırılmasını sağlayan aşamadır (Chourasia & Nema, 2016).

5. Seiketsu (Disiplin): Süreçlerin tamamını kapsayan çalışmalar bütünüdür, devamlılığın sağlanması ve çalışanların eğitilmesi, iyileştirmelerin duyurulması, öneri ve ödüllendirmeler yapılmasını da kapsamaktadır (Gapp, Fisher, & Kobayashi, 2008).

2.2.12. Tam Zamanında Üretim (TZÜ)

Tam zamanında üretim sistemi, 1940'lı yıllarda Toyota Mühendisi Taiichi Ohno tarafından geliştirilmiştir. 1973 yılında yaşanan petrol krizine bir tepki olarak Japon işletmeleri tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Japon işletmelerin bu uygulamalar sonucu başarılı olması, batılı ülkelerin dikkatini çekmiştir ve tam zamanında üretim sistemine olan ilgiyi arttırmıştır. Tam zamanında üretim sistemi, talepteki gecikmeleri ortadan kaldırmak, maliyetleri düşürmek, kaynakların etkin bir şekilde kullanılması için; insan ve tesis üzerine odaklanmaktadır (Kootanee, Babu, & Talari, 2013).

Tam zamanında üretim kavramında temel amaç üretimin her safhasında israfı ortadan kaldırmak, maliyetleri düşürmek ve bu hedefler doğrultusunda işletme performansının ve verimliliğinin artırılmasıdır. Fakat tam zamanında üretimin gerçekleştirilebilmesi, israfın ne ölçüde minimize edilebileceğine bağlıdır ve yalnızca israfın engellenebileceği noktalarda uygulanabilir (Şengün, 2017). Tam zamanında üretim sistemi ile, hammadde veya yarı mamul süreç içerisinde doğru zaman ve doğru miktarda üretim hattına dahil olur, bu akış ile gereksiz stok maliyeti ve depolama ihtiyacı azaltılır. Stok maliyetlerinin azalması, öz sermayenin artmasını ve işletme rekabet gücünün artmasını sağlar. Gerektiği kadar yapılan üretimde aşırı hammadde alımı sonucu oluşan verimsizliği ortadan kaldırır (Cihangir & Şenol, 2018).

TZÜ uygulamaları sistemde değer yaratmayan faaliyetleri kaldırmak ve değer yaratanların etkinliğini arttırmak amaçındadır. Sistematik bir şekilde uygulanan 4 adım ile müşterinin istediği zamanda, istediği kadar ürün üreten bir sistem oluşturulur. Bu adımlar şöyledir:

1. Değer yaratan faaliyetlerin etkinliğini arttırmak: Değer yaratan faaliyetler, ürün veya hizmetin tasarım aşamasından, satış sonrası hizmetlerine kadar süreçteki üretilen ürün veya hizmetin değerini arttıran faaliyetler olarak tanımlanabilir. Değer yaratan faaliyetlerin etkinlik derecesi, müşterinin işletmeye olan bakış açısını olumlu etkiler (Ülgen & Mirze, 2010).

İşletmede değer yaratan faaliyetler temel faaliyetler ve destek faaliyetleri olmak üzere iki grupta incelenir (Savcı, 2019).

Temel faaliyetler: Ürün veya hizmetin üretilmesi ve müşteriye teslim edilmesi ile gelir sağlanan faaliyetler olarak tanımlanabilir. Bir ürün veya hizmetin üretilmesi ve müşteriye teslim edilmesinin maliyetleri vardır ve elde edilen gelirin bu

maliyetlerden daha yüksek olması gerekmektedir. Temel faaliyetler, işletmenin temel görevleri ile ilgilidir. Bu temel görevler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İçe Yönelik Lojistik
- Üretim Faaliyetleri
- Dışa Yönelik Lojistik
- Pazarlama ve Satış
- Servis / Müşteri Hizmetleri

Destek faaliyetleri: Temel faaliyetlere destek veren ve etkisini arttıran faaliyet olarak tanımlanabilir. Destek faaliyetleri müşteri memnuniyetinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Destek faaliyetleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Altyapı Tedarik Faaliyetleri
- İnsan Kaynakları Yönetimi
- Teknoloji Geliştirme Faaliyetleri
- İşletmenin Yönetsel Altyapı faaliyetleri

2. Değer yaratmayan faaliyetleri süreçten kaldırmak: Süreç içerisinde değer yaratmayan faaliyetler, Yalın Üretim’de israf olarak görülmektedir. Bu israfların tespit edilmesi ve ortadan kaldırılması için öncelikle süreçler izlenip, değer yaratmayan faaliyetler saptanmalıdır. Yapılan analizler sonucunda ise değer yaratmayan bu faaliyetler süreç içerisinde çıkarılmalıdır.

3. Sürekli iyileştirmeler yapmak: İşletme faaliyetlerinde sürekli iyileştirmeler yapılması ve işletmeye olan faydaları 1.4.10. Kaizen bölümünde incelenmiştir. Tam zamanlı üretim sisteminde de süreç içerisinde gerekli iyileştirmelerin yapılması ve sürekliliğinin sağlanması için kaizen uygulanır.

4. Arzulanan kaliteye ulaşmak: İşletmenin hedefindeki kaliteye ulaşması için Toplam Kalite Kontrolü (TKK) sistemini uygulanması gerekmektedir. TKK hammadde tedarikinden başlamalı ve süreç boyunca devam etmelidir. Süreç içerisindeki firelerden veya süreç tamamlandıktan sonra üretilen ıskarta maldan çalışan her birey sorumludur, çünkü bütün çalışanlar kaliteli üretim yapmalıdır (Us, 2017).

Tam zamanında üretim sisteminin işletmeye sağladığı faydalar aşağıdaki gibidir (Sezal, 2017):

- Fire ve ıskartaların azalması bakım, onarım harcamalarının azalmasını, karlılığın artmasını sağlar,
- Bekleme sürelerini azaltarak, verimliliği artırır,
- Ürün ve hizmetlerdeki kalitenin yükselmesi ile rakiplerine karşı üstünlük sağlar,
- Ürün kalitesindeki artış, servis maliyetlerini azaltır,
- Stok ve üretim için kullanılan alanlar azalır,
- Müşterinin istediği zamanda, istediği kadar ürün üreten bu sistem ile müşteri memnuniyeti artar,
- Stoklar azaldığı için, stok maliyetlerinin azalmasını sağlar.

İyileştirme yöntemi seçilirken nominal grup tekniği kullanılır fakat son karar için üst yönetime bilgi verilerek, iyileştirme yöntemi için onay alınır. Üst yönetim ve yalın altı sigma ekibi toplantı yaparak projenin mevcut durumu hakkında, ölçme ve analiz aşamasında tespit edilen darboğazlar hakkında görüşür. Üst yönetimin iyileştirme yöntemine onay vermesi durumunda seçilen iyileştirme yöntemi uygulanır. Seçilen iyileştirme yönteminin uygulanması için hedef süre ve uygulama şekli belirlenir, işletme içerisinde direnç yaşanması durumunda üst yönetimin desteği alınır. Gerekli değişiklikler yapılmadan önce öncelikle iş planı yapılır ve bu planlar dahilinde iyileştirmeler yapılır.

3. ALTI SİGMA

Yunan alfabesinin 18. harfi olan sigma (σ), standart sapmayı ifade eden istatistiksel bir terimdir. Altı sigma ise, organizasyonun süreç ya da süreçlerinin ne kadar değişken olduğunu, ne kadar hata yapıldığını ifade eden bir terimdir (Dağlıoğlu, Görüroğlu Öztürk, & İnal, 2019).

Altı sigma, organizasyonlarda üretim, tedarik süreçlerinin kalitesinin artırılması ve mükemmelliğe ulaşmasını hedefleyen, ilgili süreçlerin analiz edilip elde edilen veriler doğrultusunda gerekli iyileştirmelerin uygulanması ve sürecin kontrol altına alınması prensiplerine dayanan kalite ve süreç geliştirme metodudur. Altı sigma, yöneticilerin deneyimlerine dayanan karar verme sürecini, üretimden toplanan verilere dayandıran istatistiksel bir yaklaşımdır. Yapılacak iyileştirmeler diğer süreç iyileştirmelerinden farklı olarak adım adım değişiklikler yerine sıçramalı iyileştirmeler şeklinde yapılmaktadır (Uluskan, 2017).

Altı sigma diğer iyileştirme tekniklerinden farklı olarak tek bir yöntem veya stratejiye bağlı değildir. Altı sigma yöneticilik becerisini ve performansını iyileştirmeyi hedefleyen esnek bir yaklaşımdır (Trnka, 2012).

Altı Sigma yöntemi Motorola tarafından geliştirilmiştir. Motorola'da hazırlanan araştırma raporu, üretimin bütün aşamalarında hata sayısı ne kadar az olursa ürün performansının orantılı olarak yükseldiğini göstermekteydi. Motorola'nın o dönemdeki CEO'su Bob Galvin bu sistemin lideri olmuştur, kendisinin yardımıyla geliştirilen dört aşamalı mantıksal filtre, altı sigmanın temellerini oluşturmuştur. Daha sonra 1990'lı yıllarda, General Electric CEO'su Jack Welch kullanarak yaygınlaştırmıştır. GE'nin bu sistem ile sağladığı başarılar dikkat çekmiş ve zamanla dünyaya yayılmıştır (Topçu, Doğan, & Doğan, 2018).

Altı sigma yöntemi uygulanırken önce mevcut durum analiz edilmelidir. Mevcut durum analiz edilirken önce sigma seviyesi bulunmalıdır. Sigma seviyesi bulunurken bir milyondaki hata sayısı (DPMO) hesaplanmalıdır. DPMO ile bir milyon çıktıdaki hatalı ürün hesaplanır, Altı Sigma'nın temel hedefi DPMO değerinin en fazla 3,4 olmasıdır (Balcıoğlu & Gözel, 2019). Bir milyon fırsatta hata sayısı aşağıdaki gibi bulunur (Çakır, 2019):

$$DPMO = \frac{100000000 \times \text{Hatalı Ürün Sayısı}}{\text{Üretim miktarı}} \quad (1)$$

Tablo 3.1: Farklı Sigma Seviyeleri İçin Hata Sayıları

Sigma	DPMO	Yüzde	Sigma	DPMO	Yüzde
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Kaynak: Çakır, 2019

Sigma seviyesi ile işletmedeki kalitesizlik maliyeti ve verimlilik birbiri ile orantılıdır. Tablo 3.2 incelendiğinde sigma seviyesi yükseldikçe işletme içerisindeki verimliliğin artacağı ve kalitesizlik maliyetinin ne oranda düşeceği görülebilir.

Tablo 3.2: Sigma Düzeyine Göre Kalitesizlik Maliyetleri ve Toplam Süreç Verimliliği

Sigma düzeyi	Kalitesizlik maliyeti	Toplam süreç verimliliği	Değerlendirme
3.15	%25-30	0.95	Kabul edilebilir
3.85	%15-20	0.99	Oldukça iyi
4.60	%10	%99.9	İyi
5.20	< %5	%99.99	Mükemmel
5.80	< %1	%99.999	Dünya sınıfında kalite

Kaynak: Zorbozan, Zorbozan, & Turgay (2019)

3.1. Altı Sigma'da Roller ve Sorumluluklar

Altı sigmadaki roller ve sorumlulukların belirlenmesinde ilk adımı 1990'ların başında Motorola atmıştır. Uzakdoğu sporlarından etkilenecek oluşturulan bu roller: üst yönetim, sponsor, şampiyon, uzman kara kuşak, kara kuşak ve yeşil kuşaktır. Bazı firmalar bu rollere ek olarak sarı kuşağı da eklemiştir. Burada belirtilen kuşak seviyeleri de ulaşılan beceri ve disiplini ifade etmektedir. Genel roller ve genel rollerde hangi kuşakların çalışabileceği aşağıda incelenecektir. Altı sigma uygulamasındaki genel roller: liderlik grubu ya da konseyi, sponsor ya da şampiyon, uygulama lideri, rehber, ekip lideri, ekip üyesi, süreç sahibi olmak üzere sekiz grupta incelenebilir. Bu rollerin görevleri aşağıdaki gibidir (Pande, Neuman, & Cavanaugh, 2018: 170):

3.1.1. Liderlik Grubu veya Konseyi

Altı sigmadaki liderler genellikle üst düzey yöneticilerden oluşmaktadır. Üst düzey yöneticilerinde projede bulunması ve destek vermesi gerekmektedir. Projeye liderlik etmesi gereken kişi veya konseyin görevleri ise aşağıdaki gibidir:

- Altı sigma uygulamalarındaki rolleri ve sorumlulukları saptamak ve uygulama için gerekli altyapıyı oluşturmak,
- Projeleri seçmek ve kaynak oluşturmak,
- Projelerin ilerlemesini kontrol etmek, fikir ve destek vermek,
- İlerlemeyi objektif bir şekilde değerlendirerek zayıf olan noktaları değerlendirmek bu sayede çalışma grubunun rehavete kapılmasını önlemek,
- Ekiplerin çalışmaya engel olan faktörleri bildirdiğinde bu konularda hızlıca gerekli aksiyonları almak,
- Proje uygulama aşamasında gerekli olan toplantılarda bulunmak,

3.1.2. Şampiyon

Şampiyon altı sigma projelerini izleyen üst düzey yöneticidir. Bu pozisyon, hassas ve denge gerektiren bir pozisyonudur. Şampiyonun görevleri aşağıdaki gibidir:

- Projelerin genel hedeflerini saptamak ve korumak, bu hedeflerin iş öncelikleriyle uyumlu olduğundan emin olmak,

- Gerekli durumlarda, projenin yönü veya kapsamı hakkında yol göstermek ve yapılması gereken değişiklikleri onaylamak,
- Ekibi, liderlik konseyi önünde temsil etmek,
- Proje ekibinde oluşabilecek problemleri çözmek, sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturmak,
- Proje bittiğinde, projenin sorunsuz bir şekilde devredilmesini sağlamak,

İyileştirme projelerinin başarı sağlaması için, projelerin kapsamlarının ayrıntılı bir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu önemli görev yine proje şampiyonunun sorumluluğundadır.

3.1.3. Sponsor

Üst düzey yöneticilerin, sorumlulukları içerisine proje sorumluklarını almak istemediği durumlarda, günlük veya haftalık ilerlemeyi kontrol etmesi için görevlendirdiği kişi veya kişilerdir. İşletme içerisinden veya danışman firmalar içerisinden görevlendirilebilirler. Bu kişi veya kişilerin sorumlulukları ise aşağıdaki gibidir:

- Harici danışmanlık ve eğitim desteğini kapsayacak şekilde kilit roller verilecek olan kişi veya kişileri belirlemek ya da liderlik konseyine tavsiye etmek,
- Şirket içerisindeki görevlerin aksamayacağı bir şekilde eğitim planlarını hazırlamak ve uygulamak,
- Sponsorlara, ekiplere gerekli olan desteği vermek ve görevlerini yerine getirmelerine yardımcı olmak,
- Projenin ilerleme durumunu, karşılaşılan engelleri belirlemek ve kaydetmek.

3.1.4. Uzman Kara Kuşak

Uzman kara kuşak, süreç sahiplerine ve ekiplere, istatistik, süreç tasarlama ve yönetme, stratejilerdeki değişiklikler gibi birçok alanda tavsiyelerde bulunur ve yardımcı olur. Uzman kara kuşak, teknik alanda uzman olmalıdır ve görevleri aşağıdaki gibidir:

- Proje sponsoru ve liderlik grubu ile iletişim kurmak,
- Proje için program yapmak ve bu programı uygulamak,

- İşletme içerisindeki kişilerin projeye direnç göstermesi veya iş birliği sağlaması konusundaki yetersizlikleri ortadan kaldırmak,
- Ekip üyeleri arasındaki uyuşmazlıkların, zıtlıkların çözülmesine yardımcı olmak,
- Ekip çalışmaları hakkında veri toplamak ve analiz etmek,
- Ekiplere başarılarını duyurması için gerekli desteği vermek.

3.1.5. Kara Kuşak

Kara kuşak, projenin başarısından veya başarısızlığından birinci derecede sorumlu olan kişidir. Kara kuşaklar projenin planlandığı gibi yürütülmesi ve sürekliliğinin sağlanması açısından oldukça önemli bir pozisyonundadır. Kara kuşakların sorumlulukları aşağıdaki gibidir:

- Sponsor ile birlikte projeyi gözden geçirmek,
- Proje ekibi üyelerini seçmek veya seçimine yardımcı olmak,
- Kaynakları tanımlamak ve araştırmak,
- Uygun altı sigma araçlarını saptama ve bu araçların kullanımı konusunda diğer kişilere yardımcı olmak,
- Projenin yürütülmesi için ekibe destek olmak,
- Proje sonuçlarını belgelemek ve sunumunu yapmak.

3.1.6. Yeşil Kuşak

Yeşil kuşak üyesi veya üyeleri iyileştirme çalışmalarında aktif rol oynamaktadırlar. Sürecin ölçümü, analizi ve iyileştirilmesi gibi görevleri vardır. Ekip üyeleri, altı sigma projelerinde deneyim kazanır ve ilerideki yeni projeler için “hazır kuvvet” olarak rol alır (Pande, Neuman, & Cavanaugh, 2018). Yeşil kuşakta çalışan kişiler küçük çaplı projeleri de yönetebilir. Yeşil kuşakta görev alacak kişilerin başlıca görevleri aşağıdaki gibidir (Avunduk, 2019):

- Günlük işleri devam ederken yeşil kuşak görevlerini yerine getirmek,
- Kara kuşakların projelerine katılarak, sorumluluklarını yerine getirmek,
- Altı sigma metotlarını öğrenmek.

3.2. Altı Sigma Projelerinde Başarı Faktörleri

Altı sigma projelerinin başarılı olmasını sağlayan bazı faktörler vardır. Bunlar (Öztürk, 2017):

1. Üst yönetimin desteğini almak: Altı sigma projelerinin uygulanabilmesi için yatırım gerekmektedir bu nedenle yöneticilerin ve işletme sahibinin yatırım konusunda istekli olması gerekmektedir çünkü altı sigma uzmanlarının tek başına bir başarı sağlaması mümkün değildir. Uygulamaların uzun vadede sonuç vereceğini hem yöneticilere hem de çalışanlara bildirmek gerekmektedir fakat süreç içerisinde kazanılan iyileştirmelerin de bildirilmesi gerekmektedir bu durum motivasyon kaybının yaşanmasını engeller. Uygulamaların başarılı olması için ekip çalışması gerekmektedir. Bu nedenle hem yöneticilerin hem de çalışanların projeye destek vermesi gerekir. Altı sigma projelerinde yönetimin yalnızca kaynak desteği vermesi dışında projelerde aktif olarak bulunmaları proje çalışanlarının motivasyonunu da artırır. Üst yönetimde yer alan kişilerin altı sigma proje ekibi ile toplantılara katılıp aktif olarak görev almalıdır. Ancak görev alırken emredici pozisyonda olmamalıdır, destekleyici ve işbirlikçi bir rol üstlenmelidirler (Firuzan, Alpaykurt, & Gerger, 2012).

2. İşletmede iyileştirme yapılacak doğru projenin seçilmesi: Altı sigma uygulaması öncesinde öncelikle mevcut durum ve müşteri istekleri tespit edilmelidir. Bu tespitler doğrultusunda ölçülebilir nitelikte olan ve müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilecek doğru projeler seçilmelidir. Finansal olarak işletmeye kar sağlayabilecek projelerin uygulanması, daha sonraki projeler için motivasyon sağlayacağından, getirisi yüksek projelerin uygulanması işletme için yararlıdır (Firuzan, Alpaykurt, & Gerger, 2012).

3. Altı Sigma uzmanlarının yeterliliği: Altı sigma projelerinde yer alacak kişiler yetkin bireyler arasından seçilmelidir. Projede çalışacak yeşil kuşak ve kara kuşakların istatistiksel yöntemlere hakim olması gerekmektedir. Bununla birlikte çalışacak kişilerin sezgisel yönleri güçlü, olayları algılama ve analiz edebilme yeteneklerinin de göz önünde olması gerekmektedir (Öztürk, 2017). Altı sigma takımı oluşturulurken yetkinlik düzeyi zayıf bir takım oluşturulması projenin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir. Bununla birlikte seçilecek olan yeşil/kara kuşakların projeye katılmayı istemesi de çok önemlidir. Yeterli donanımlara sahip ancak katılmak istemeyen üyeler de projelerin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir (Gerger &

Firuzan, 2010). İşletme uzman kara kuşaklarını dışarıdan seçebilir veya şirket içerisinde birini seçebilir. Danışman olarak organizasyon dışından seçilen uzman kara kuşaklar bu görevi profesyonel olarak yapan, teknik kimselerdir. Bu nedenle deneyim ve birikimleri yüksektir ancak proje uygulanması noktasında, süreç hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıklarından projede başarı sağlanması uzun sürebilir. Bu durumun önüne geçmek için süreçle ilgili ve altı sigma konusunda bilgi sahibi kişilerle çalışılabilir. İşletme dışarıdan uzman kara kuşak seçmek yerine şirket içerisinde yetiştirdiği bir kişiyi de bu göreve tayin edebilir. Ancak bu noktada ise deneyim eksikliği görülebilir. Bu durumun önüne geçmek için, daha önce diğer kuşaklarda görev almış ve projesini tamamlamış olan üyelerden faydalanılabilir. Uzman kara kuşak personel içerisinde seçilecek ise kalite, istatistik veya mühendislik alanlarında yüksek lisansını tamamlamış, analitik düşünme kabiliyetine sahip ve iletişim yeteneği güçlü kişiler arasından seçilmesi projenin başarılı olması açısından önemlidir (Firuzan, Alpaykurt, & Gerger, 2012).

4. Projede görev alacak ekibe gerekli eğitimin verilmesi: Eğitim hem proje başlangıcında hem de kalıcı bir uygulama olarak altı sigma projelerinde başarıyı yakalamak için çok önemlidir. Altı sigma kuruluşu “öğrenen kuruluştur” ve müşteriler, tedarikçiler ya da süreçlerden sürekli olarak yeni bilgiler edinmesi ve analiz etmesi gerekir. Görev alacak kişilerin görev ve kapsamlarının bilincinde olması, görevler hakkında gereken tüm eğitimleri alması projenin başarıya ulaşmasını sağlamak için çok önemlidir. Altı sigma eğitimleri oluşturulurken dikkat edilmesi gereken unsurlar aşağıdaki gibidir (Pande, Neuman, & Cavanaugh, 2018):

Uygun Müfredatın Oluşturulması: Projede görev alacak kişilerin mevcut bilgi ve birikimine dayanarak özellikle eksik olan noktaların tamamlanmasına yönelik programlar oluşturulmalıdır. Projede yer alacak kişilerin eğitimleri projede üstlendikleri göreve göre farklılık göstermektedir.

Eğitim İçeriğinde Uygulamalara Yer Verilmesi: Eğitim programında öğrenilen teknik ve yöntemlerin bizzat uygulama ile öğretilmesi, eğitimin daha iyi anlaşılmasına hem de eğitim programının tekdüze olmamasına, verimliliğinin artmasına yardımcı olur.

Konu ile İlgili Örneklerle Yer Verilmesi: Eğitimi verecek olan kişinin süreçler ile ilgili yapılabilecek uygulamalara dair bilgiler vermesi, eğitimin daha iyi

anlaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca geçmiş başarı hikayeleri de çalışanların motivasyonunun yükselmesine yardımcı olur.

Farklı Öğretim Yöntemlerinin Kullanılması: Eğitim içeriğine görseller, oyunlar veya pratik yapılabilecek uygulamalar eklenmesi eğitimin verimliliğini arttırmaya yardımcı olur.

5. Doğru Stratejinin Seçilmesi: Projelerin başarılı olması için Altı Sigma tekniklerinin doğru bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Firma ve işletmelerin projelerinde başarıya ulaşmak için organizasyonel stratejilerine uygun projelere başlamaları gerekir ve bunun için DMAIC metodolojisi kullanılır. Ayrıca şirketlerin stratejik hedeflerinin seçilen proje ile uyumlu olması projenin başarısı için önemli bir kriterdir. İşletme stratejileri kültürün beklentilerini tanımlar bu nedenle herhangi bir firmanın uyguladığı altı sigma yöntemi farklı bir firmada başarıya ulaşamaz. Her firmanın kendi problemlerini iyileştirmeye yönelik stratejiler belirlemelidir (Öztürk, 2017).

6. Şirket kültürünün sağlanması: Kültür, toplumun bir üyesi olarak, insanın öğrenerek kazandığı bilgi, inanç, gelenek, sanat, hukuk, ahlak ve diğer yetenek ve alışkanlıklarını içeren karmaşık bir bütün olarak tanımlanabilir. Kurum kültürü ise, bir kuruluşun, bölümün, takımın ortak değerleri, sembolleri ve davranışlarıdır (Öztürk, 2017). Altı sigma projelerinde başarıya ulaşmak için yapılacak iyileştirmelerin kurum kültürü haline gelmesidir. Ancak kurum kültürünün oluşması oldukça zordur. İnsanların, yıllardır benimsediği alışkanlıklarını terk etmek istemezler bunun nedeni ise bilinçaltında insanın yeniliklerden çekinmesidir. Ayrıca bazı organizasyonlarda kurum kültürü korku üzerine kurulmuştur, bu tarz işletmelerde insanların hata yapmaktan korkması ve değişimle hata yapabileceklerini düşünmesi yatabilir. Bu nedenle, bazı organizasyonlarda değişime direnç gösterilebilir. Bu dirençler, teknik, politik, kişisel ve organizasyonel olarak dört grupta sınıflandırılabilir (Coronado & Antony, 2002). Bu dirençlerin önüne geçilebilmesi için Altı Sigma projelerinden önce üst yönetime daha sonrada bütün çalışanlara anlatılması, amaçlar ve şirkete sağlayacağı yararlarından söz edilmesi gerekmektedir (Öztürk , 2017).

7. Müşteri memnuniyetinin sağlanması: Müşteriler talep ettikleri ürün veya hizmeti, zamanında, kusursuz ve mümkün olan en düşük fiyatla temin etmek isterler. Üreticiler ise bu beklentiye karşılık, üretilecek olan ürün veya hizmeti en düşük

maliyetle, hatasız ve en düşük çevrim süreleri ile üretmeye çalışır. Bu durum ne kadar güçlendirilebilirse, o kadar sağlıklı ve katma değeri yüksek iş üretilir. Bu nedenle müşterinin taleplerini doğru algılamak ve üretimi bu noktada şekillendirmek oldukça önemlidir (Polat, Cömert, & Arıtürk, 2005).

8. Pazardaki hedeflere ulaşmak: Hızla değişen pazarda, işletmelerin istediği konumlara yükselebilmesi veya pazardaki yerini koruyabilmesi için müşterinin beklenti ve isteklerine hızlı bir şekilde cevap vermeleri, rakiplerinin önüne geçmeleri gerekmektedir (Firuzan, Alpaykurt, & Gerger, 2012).

3.3. Altı Sigma Aşamaları

Altı Sigma uygulamalarında İngilizce’de DMAIC (Define – Measure – Analysis – Improve – Control), Türkçe’ye TÖAİK (Tanımlama – Ölçüm – Analiz – İyileştirme-Kontrol) olarak çevrilen beş aşama izlenir. İlk aşamada proje kapsamı ve proje takımı oluşturulur, ekibe gerekli bilgiler verilir. İkinci aşama olan Ölçüm aşamasında proje hakkında gerekli veriler toplanır. Analiz aşamasında elde edilen verilerle birlikte sorunların nedenleri belirlenir. İyileştirme aşamasında, analiz aşamasında tespit edilen sorunlar için gerekli iyileştirmeler yapılır ve Kontrol aşamasında ise yapılan iyileştirmeler izlenir alınan sonuçlar doğrultusunda proje standartlaştırılır (Çağır, Boran, & Sucu, 2016).

3.3.1. Tanımlama Aşaması

Tanımlama aşaması projenin başlangıç aşamasıdır, projede görev alacak ekip, proje lideri bir araya gelerek, projenin kapsamını amacını, finansal ve operasyonel performans kriterlerini ve amaçlarını belirler. Bu aşamada problemin tanımı açıkça anlatılmalıdır. Problem tanımında ise, sorunun ne olduğu, hangi süreçte yer aldığı ve hangi durumlardan etkilendiği belirtilmelidir (Yalçınar & Günday, 2020).

Tanımlama aşamasında yapılması gerekenler aşağıdaki gibidir (Avunduk, 2019):

- Proje bildirisi oluşturulmalıdır,
- Problemler belirlenmelidir,
- Proje alanı tanımlanmalıdır,
- Projenin müşteriye yararları belirlenmelidir,
- Ekip oluşturulmalıdır.

Problem tanımı dışında bu aşamada mevcut durumun analizi de yapılmalıdır. Bu analizin yapılması için SIPOC diyagramı, Sebep Sonuç diyagramları ve Müşterinin Sesi yöntemleri uygulanabilir (Avunduk, 2019).

Problem tanımı yapıldıktan sonra kalite üzerinde en çok etkiye sahip CTQ'lar (Critical to Quality) belirlenir. QTQ'lar belirlendikten sonra etki derecelerine göre sınıflandırılır. Belirlenen CTQ'lar, proje süresince ve devamında istenilen hedef ile uyumlu ilerlenip ilerlenmediğini belirleyecektir (Akyüz Çağlar & Kurt, 2016).

3.3.1.1. SIPOC Diyagramı: SIPOC diyagramı süreç yönteminde ve iyileştirmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biridir. İş akışının nasıl görüldüğünü sunmak için kullanılır. SIPOC ismi ise modeldeki beş unsurdan gelmektedir.

S (Suppliers) Tedarikçiler: Süreç için bilgi, malzeme, hizmet veya diğer kaynakları sağlayan kişi veya gruba denir.

I (Input) Girdi: Sağlanan kaynakların sürece eklenmesidir.

P (Process) Süreç: Veriyi dönüştüren ve ona değer kazandıran adım veya adımlardır.

O (Output) Çıktı: Sürecin son ürününe denir.

C (Customer) Müşteri: Çıktıyı alan kişi, grup veya sürece denir.

3.3.1.2. Sebep-Sonuç Diyagramları (Balık Kılçığı Yöntemi): Sebep-sonuç diyagramları belirli bir problemin veya durumun olası nedenlerini saptamak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. İstatistiksel yöntemler kullanılarak sonuçlar incelenerek olayın sebeplerine ulaşılabilen ve çıkan sonuçlar ile bunları doğuran sebepler arasındaki çapraz ilişkiyi görsel olarak ifade edebilen bir yöntemdir. Çizilen diyagramın balık kılçığına benzemesinden dolayı balık kılçığı diyagramı olarak da adlandırılmaktadır. Japon kalite uzmanı Kauro Ishikawa tarafından geliştirilen bu yöntem ile bir soruna neden olan tüm faktörler tespit edilebilir ve sonuca en çok etki eden faktör belirlenip iyileştirilmesi sağlanabilir (Atalay & Kılıç, 2015).

3.3.1.3. Müşterinin Sesi (VOC): İşletmelerin öncelikli hedefi müşterilerin istekleri doğrultusunda ürün veya hizmet üretip para kazanmaktır. Bu nedenle işletmenin başarılı olabilmesi için müşterilerin beklentilerini karşılaması gerekmektedir. Müşteriler işletmelerden talep ettikleri ürün veya hizmeti en düşük

fiyatla ve zamanına almak isterler, üreticiler ise talep edilen ürünleri en düşük maliyetle, hatasız ve en kısa çevrim sürelerinde üretmek isterler. Bu uyumun kuvveti ne kadar artarsa, üretilen ürün veya hizmetin katma değeri aynı oranda artar. Bu nedenle müşterilerin beklentilerini doğru ve dinamik bir şekilde algılamak başarı için önemli bir kriterdir (Köse, 2009).

Müşterinin gereksinimlerini, rakiplerin faaliyetlerini, pazardaki değişiklikleri sürekli olarak takip etmek ve güncellemek için kullanılan yöntem Müşterinin Sesi (Voice of Customer) denir (Pande, Neuman, & Cavanaugh, Six Sigma Yolu, 2018).

Tüm müşterilerin gereksinimleri aynı değildir ve tüm müşterilerin hatalı ürüne verdiği tepki de aynı değildir. Müşterilerin gereksinimlerini tanımlamanın farklı bir yolu da performans standartlarını ve standartları müşterinin memnuniyeti üzerindeki etkisini sınıflandırıp öncelik sırasına koymaktır. Bu işlem ile birlikte müşteri beklentilerinin hangi yönde gelişeceğini tahmin edebilir ve rakiplerinizin önüne geçebilirsiniz. Müşterilerin gereksinimlerini analiz etmek amacıyla kullanılan yöntem de Japon mühendis ve danışman Noriaki Kano'nun geliştirdiği Kano yöntemi kullanılır (Pande, Neuman, & Cavanaugh, 2018).

Kano yönteminde ürünler veya hizmetler üç kalite boyutunda incelenir bu boyutlar, “beklenen ihtiyaçlar, temel ihtiyaçlar ve heyecan verici ihtiyaçlar” şeklindedir.

3.3.2. Ölçme Aşaması

Ölçme aşamasında temel amaç gelişme için fırsatı tanımlamak ve performansı nitelendirmektir. Girdiler ve çıktılar iyileştirme projesinde oldukça önemlidir bu nedenle bu girdi ve çıktıların tanımlanması gerekmektedir. Kalite, hız, performans ve maliyet gibi süreç hakkında bilgi veren verilerin toplanması gerekir bu veriler doğrultusunda mevcut durum ve prosesler analiz edilir (Avunduk, 2019).

Altı sigma projelerinde işletmeler tarafından somut bir çıktı alınmaması nedeniyle göz ardı edilebilen bir aşamadır. Genellikle işletmeler bu aşamaya çok para ve zaman harcamak istemediklerinden, hızlıca geçme eğilimindedirler. Bu yaklaşım ileride uygulanacak aşamalar için doğru bir yaklaşım değildir (Çırkan, 2009). Ölçüm aşamasında Pareto Analizi, Histogram, Kontrol Grafikleri kullanılabilir.

3.3.2.1. Pareto Analizi: İtalyan ekonomist Vilfredo Pareto (1848-1923) İtalya'daki gelirin %80'inin nüfusun %20'sine ait olduğunu, kalan %20 gelirin ise nüfusun %20'sine ait olduğunu iddia etmiştir. Diğer bir ifade ile Pareto, az sayıda öğenin toplam sonuçlar üzerinde daha fazla etkisi olduğunu ve bu öğelerin kontrolünün bütünü kontrolünü sağlamaya yardımcı olacağını ifade etmiştir. Pareto Analizi ile faaliyetler önem derecelerine göre sınıflandırılır ve karar almada kullanılır, bu yöntem 80/20 kuralı olarak da adlandırılır (Çakırkaya & Acar, 2016).

3.3.2.2. Histogram: Bir grup veride bulunan değişimlerin dağılım aralıklarını ve yoğunluklarını incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Süreç iyileştirmede veri gruplarının çubuk grafiği şeklinde gösterilmesi histogramın daha klasik bir türüdür ve çan eğrisi olarak da bilinmektedir (Yıldırım & Karaca, 2013).

3.3.2.3. Kontrol Grafikleri: İlk olarak 1920'lerde Bell laboratuvarlarında Walter Shewart tarafından önerilmiş olan kontrol grafikleri, süreç değişkenliğindeki genel ve özel nedenleri birbirinden ayrı tutmak amacıyla geliştirilmiştir. Kontrol grafikleri süreç kontrol durumunu açıklayan grafiksel bir araçtır. Veri türüne bağlı olarak kontrol grafikleri iki sınıfta incelenebilir, bunlar; niceliksel değerlerin incelendiği kontrol grafikleri ve niteliksel verilerin incelendiği kontrol grafikleridir. Niceliksel (değişken) verilere örnek olarak bir prosesi tamamlama süresi veya üretimdeki partinin uzunluğu verilebilir. Niteliksel verilere ise bir üretim partisindeki kusurlu ürün sayısı örnek verilebilir (Yıldırım & Karaca, 2013).

3.3.3. Analiz Aşaması

Analiz aşamasında, tanımlanan ve ölçümü yapılan süreçten elde edilen verilerin çeşitli istatistiksel yöntemler ile analizi yapılmaktadır. Analiz aşamasında süreç içerisindeki sonucu etkileyen faktörler (girdiler) saptanır (Işıklıoğlu, 2011). Proses içerisindeki en uygun değişkeni bulmak için kullanılabilecek bazı yöntemler aşağıdaki gibidir:

- Hipotez Testleri
- Regresyon
- Korelasyon
- Hata Türleri ve Etkileri Analizi

Analiz aşamasında çıktıları en çok etkileyen proses girdilerini belirlemek için Ayrıntılı Proses Haritası, Beyin Fırtınası veya Sebep-Sonuç Diyagramı gibi yöntemler de kullanılabilir (Işığışık, 2008). Bu yöntemler hangi girdinin süreç içerisindeki uyumu daha fazla etkilediğini, hangi ölçüde etkilediğini, faktörler bir arada iken farklı bir etki yaratıp yaratmadığını, faktörler değiştiğinde çıktıda değişkenlik oluşup oluşmadığını belirler. Bununla birlikte değişkenlik kaynakları ortaya konulur.

Analiz aşamasında saptanan potansiyel nedenlerin elemenden geçirilmesi gerekmektedir. Bu elemeler sonucunda iyileştirme aşaması için en uygun süreçler saptanmış olur. Bu amaçla kullanılabilecek istatistikler yöntemler izleyen paragraflarda tanıtılmıştır:

3.3.3.1. Hipotez Testleri: Doğruluğu araştırma ya da deney ile test edilmeye çalışılan öngörüler hipotez olarak adlandırılmaktadır. Hipotez testleri bir örneklem ortalaması ile bu örneklem çekilmiş olduğunu düşündüğümüz ortalaması etrafındaki farkın bir anlam ifade edip etmediğini araştırılmasını sağlayan testlerdir. Hipotez testlerinde, bir hipotez ile onun karşısı farklı bir hipotezden hangisinin örneklemde elde edilen sonuç ile daha uyumlu olduğu araştırılmaktadır. Karşılaştırılan iki hipotezden birine sıfır hipotezi (H_0), diğerine ise karşıt hipotez (H_1) ismi verilmektedir. Hipotezler örneklem alınmadan önce oluşturulmalıdır (Cengiz & Terzi, 2018: 2-3).

3.3.3.2. Regresyon: Aralarında neden-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişkenin ilişkisini incelemek ve bu ilişkiyi modellemek için kullanılan istatistik yöntemlerden biri regresyondur. Uygun olmayan verilere uygulanması hatalı sonuçlar elde edilmesine neden olabilir. Değişkenler sürekli ya da kesikli yapıda olabileceği için yapıları incelenmeli ve bu yapıya uygun olarak regresyon çeşitlerinden biri uygulanmalıdır (Arı & Önder, 2013).

3.3.3.3. Korelasyon: Korelasyon Analizi sebep sonuç ilişkisi olmadan iki nicel veri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. İki nicel veri arasındaki mevcut lineer ilişki korelasyon katsayısı ile değerlendirilmektedir. Korelasyon katsayısı değerinin düşük olması iki nicel veri arasında lineer bir ilişki olma olasılığının düşük olduğunu göstermektedir (Polat, Cömert, & Arıtürk, 2005).

3.3.3.4. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA): HTEA analizi, süreçle ilgili olası hataların oluşmadan önce, planlama ve geliştirme aşamasında tespit edilmesi ve

önlenmesi için uygun önlemler alınmasını sağlayan, hata maliyetinin azalmasını sağlayan ve güvenilirliği attırmaya yardımcı olan bir analiz tekniğidir. Başarılı bir HTEA uygulamasından sonra işletmenin kazanımları aşağıdaki gibidir:

- Her hatanın nedenini ve sonuçlarını belirler,
- Potansiyel hataları azaltır,
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik değerleri ile hataların önceliklerini belirler,
- Problemlerin takip edilmesini ve iyileştirici faaliyetlerin uygulanmasını sağlar.

3.3.4. İyileştirme Aşaması

Analiz aşamasında tanımlanan değişkenlere yönelik iyileştirme aktivitelerinin yapıldığı aşamadır. Çıktıların optimize edilmesi için hangi girdiler üzerinde çalışmalar yapılması gerektiği analiz aşamasında saptanmıştır. Bu nedenle üst düzey yöneticilerin veya müdürlerin belirleyeceği iyileştirmeler yerine analiz aşamasında saptanan değişkenler göz önünde bulundurularak gerekli iyileştirmeler yapılmalıdır. Daha önce yapılan tanımlama, ölçme ve analiz aşamalarında karşılaşılan değişkenler ayrıntılı olarak tanımlanmalı, mevcut imkan ve kaynaklar kullanılarak, işletme için en çok yarar sağlayacak sorunlar üzerine odaklanılmalıdır (Akyüz Çağlar & Kurt, 2016). Daha sonra uygulama planları hazırlanır ve iyileştirme faaliyetleri uygulanır. Uygulama sonucunda yine istatistiksel yöntemler uygulanarak elde edilen fayda gözden geçirilir (Işığışık, 2011).

İyileştirme aşamasında kullanılan bazı yöntem ve teknikler aşağıdaki gibidir (Çakır, 2019):

- Anova Testi
- Deney Tasarımı
- İstatistiksel Süreç Kontrolü

3.3.4.1. Anova Testi: Anova testi (Varyans Analizi) ikiden fazla grup arasında ortalama farkı olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılır. Varyans analizinin uygulanabilmesi için iki grubun normal dağılım sergileyen bir ana kitleden rastgele seçilmiş olması gerekir. Ayrıca uygulama yapılacak iki grubun varyansının aynı olması da gerekmektedir. Varyans analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler

bulunur, bunlar incelenecek olursa bağımsız değişkenler sınıflandırılabilir değişkenlerdir, bağımlı değişkenler ise ölçülebilir değişkenlerdir. Özetlenecek olursa varyans analizinde bağımsız değişkenlerin alt grupları arasında ölçülebilir özellikteki bağımlı değişkenlerin ortalamaları karşılaştırılır. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin sayısına bağlı olarak tek ya da çift yönlü ANOVA testi uygulanır. Bağımsız değişken sayısı tek ise tek yönlü ANOVA, iki ise çift yönlü ANOVA testi uygulanır.

3.3.4.2. Deney Tasarımı: Çıktı üzerinde etkisi olan faktörlere farklı değerler verilmesi yöntemi kullanılarak çıktı üzerinde nasıl etkilere sahip olduğunu gösteren bilimsel yonteme Deney Tasarımı denir. Bu yöntem uygulanırken faktör sayısı ile bu faktörlerin sahip olduğu düzey sayısına göre hazırlanan hazır tablolardan yararlanılır. Bu tablolar yardımı ile deneyler belirli bir sıra ve mantıkla gerçekleştirilmektedir. Sonuçlar istatistiksel açıdan yorumlanabilir olmaktadır (Kocabaş & Savaş, 2018).

Süreç optimizasyonu ve süreç değişkenlerinin tanımlanması ve süreçteki değişkenliğin azaltılmasında deney tasarımı yöntemi oldukça önemlidir. Deney tasarımı teknikleri, yeni bir süreç geliştirmek ve performansı arttırmak amacıyla mevcut sürecin düzenlenmesinde de kullanılır.

3.3.4.3. İstatistiksel Süreç Kontrolü: İstatistiksel süreç kontrolü, herhangi bir sürecin müşterilerin beklentilerini karşılayıp karşılamadığını analiz etmek için kullanılır. Süreçleri kontrol edebilmek için yine istatistiksel bazı yöntemler kullanılır. Bunlardan bazıları kalite kontrol grafikleri ve süreç yeterlilik indeksidir (İlgın, Söyler, & Sözen, 2016).

Sürecin müşteri isteklerini karşılayıp karşılamadığını analiz etmek amacıyla istatistiksel bazı yöntemler kullanılır. Bunlar kalite kontrol grafikleri ve süreç yeterlilik indeksi yöntemleridir.

1. Kalite Kontrol Grafikleri: Süreç içerisinde meydana gelen değişimlerin nedenlerini analiz etmek için kullanılan istatistiksel araçlardır. Değişimler doğal sebeplerden kaynaklanıyorsa sürecin kontrol altında olduğuna karar verilir ancak doğal olmayan sebepler süreçler değişime neden oluyorsa sürecin kontrol altına alınması gerekir. Sürecin kontrol altına alınması için gerekli önlemler alınır, bu önlemlerin süreç üzerindeki etkisi ise kalite kontrol grafikleri kullanılarak kontrol edilir (İlgın, Söyler, & Sözen, 2016)

2. Süreç Yeterlilik İndeksi: Süreç yeterlilik indeksleri, sürecin spesifikasyonları karşılama oranı olarak tanımlanan, süreç spesifikasyon limitlerini karşılayacak şekilde çıktı orta koyabilmesinin bir ölçütüdür. Bu değer spesifikasyonların ne ölçüde karşılandığını ve yapılması gerekenler hakkında bilgi verir.

3.3.5. Kontrol Aşaması

Altı Sigma uygulama sürecinin son aşaması olan kontrol aşamasında yapılan iyileştirmelerin veya değişikliklerin etkisi kontrol edilir. Bu aşamada gözlem ve kontrol sistemleri tanımlanır ve devreye alınır. Proje sonucunda maliyet tasarrufları ve işletmeye sağlanan kar hesaplanır. Proje standartlaştırılıp, ilgili dokümantasyonlar oluşturulup proje kapatılır (Avunduk, 2019).

Bu aşamanın temel amacı, süreç çıktılarının oluşmasını sağlayan değişkenlerin sürekliliğini sağlamak ve kontrol etmektir. Bu amaç doğrultusunda süreç girdi ve çıktı değişkenlerinin süreç yeterliliklerini belirlemek için kontrol planlarından, süreç girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin kontrol grafiklerinden ve süreç yeterlilik analizlerinden yararlanılır (Akyüz Çağlar & Kurt, 2016).

4. YALIN ALTI SİGMA

Yalın ve Altı Sigma yöntemlerinin birlikte kullanmayı öneren yaklaşıma “Yalın Altı Sigma” denir. Yalın Altı Sigma yaklaşımının temeli 2000’li yıllara dayanmaktadır. Altı sigma hızdan çok kaliteye odaklanır, yalın ise süreç akışına ve hızına odaklanmaktadır. Bu nedenle bu süreçlerin birlikte kullanılması güçlü bir iyileştirme yöntemidir (Doğan & Demiral, 2008).

Yalın Altı Sigma hem kalite iyileştirme ve geliştirme hem de ekonomik kazanç elde etmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda israf ve maliyetlerin minimize edilmesine yardımcı olmaktadır (Avunduk, 2019).

Yalın Altı Sigma yönteminin uygulanması işletmelere hatasız üretim ve kesintisiz üretim yapma gibi faydalar sağlar bu faydalar ile birlikte rekabet edebilirliğinden de yükseltilmesini sağlar. Yalın ve Altı Sigma yöntemleri birbirlerini tamamlayıcısı niteliğindedir ancak Yalın Altı Sigma yönteminin işletmeye en iyi katkıyı sağlaması için dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Bu noktalar işletmenin sahip olduğu mevcut araçlar ve ihtiyaç duyulacak araçların, yapılması gereken değişikliklerin desteklenmesidir. İşletmenin müşteri odaklı çalışma felsefesini benimsememesi Yalın Altı Sigma yönteminin uygulanmalarında başarısızlığa neden olabilir (Gülseren Çelebi, 2020).

Yalın ve Altı Sigma yöntemlerinin birbirine benzediği ve farklı olduğu noktalar bulunmaktadır. Bu noktalar Tablo 4.1’de bulunmaktadır (Kaygusuz, 2017):

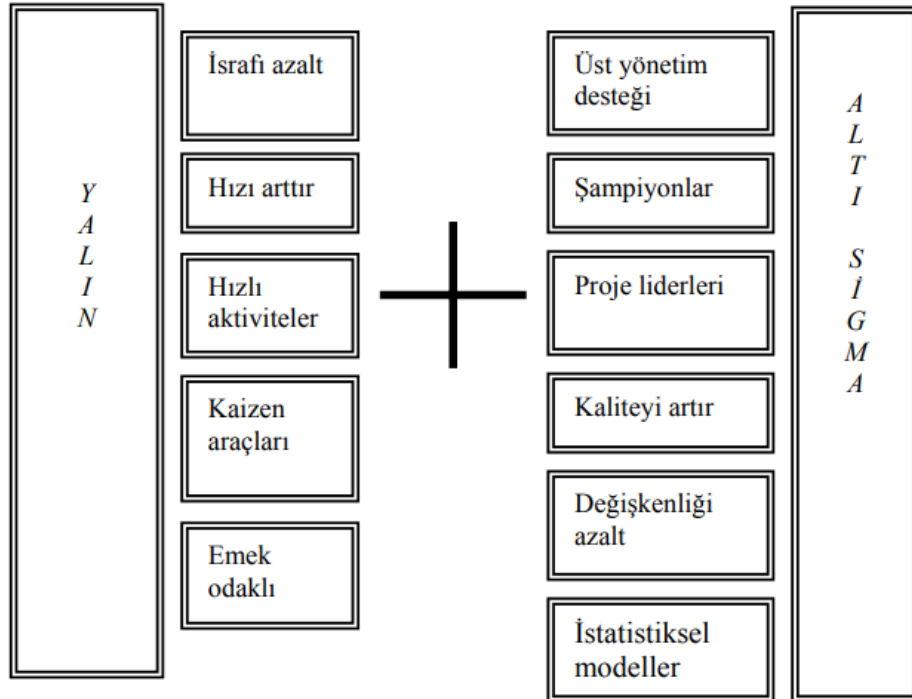
Tablo 4.1: Yalın Üretim ve Altı Sigma Karşılaştırılması

	Yalın Üretim	Altı Sigma
Amaç	İsrafları ortadan kaldırarak akışı sağlamak	Değişkenliği azaltarak süreç yeterliliğini geliştirmek, kaliteyi arttırmak
Uygulama	Üretim süreci	Tüm iş süreçleri
Yaklaşım	En iyi uygulamalara dayanan temel ilkelerin benimsenmesi	İstatistik verilere dayanan problem çözme amacının benimsenmesi
Proje Seçimi	Değer akış haritası	İstatistiksel yöntemler
Proje Uzunluğu	1 Hafta-3 Ay	2-6 Ay
Alt Yapı	Genellikle belli bir eylem için eğitim	Geniş kaynaklar ve kapsamlı eğitim süreci
Eğitim	Uygulama yaparak	Uygulama yaparak

Ekip Roller	Kaizen liderleri, değer akış sahipleri ve ustalar	Kara kuşaklar, uzman kara kuşaklar ve şampiyonlar
Stok	Azaltılması gereken bir israf	Odak konu değildir
Üretim	Üretimin etkinliğine odaklanılır	Varyasyonu azaltmaya odaklanılır
Tasarım	Yeni üründen ziyade üretim süreçlerine odaklanılır, yeni bir sistem tasarımı için değer akış haritaları kullanılır	Yeni ürünlerin veya süreçlerin tasarımında DMADV ya da DFSS yöntemleri kullanılır
Araç Örnekleri	Kaizen Etkinliği, Kanban, 5S	Deneysel Tasarım, Hipotez Testi, Ölçüm Sistem Analizi
Sertifika	Yalın uygulamacıları	Yeşil kuşak, kara kuşak sertifikaları
Kültür	Tüm çalışanların müşteri gözü ile bakarak değer artırmak amacıyla kayıpları azaltmaya odaklı bir kültür oluşturulmaya çalışılır	Daha az kayıp ve finansal olarak daha çok katkı sağlayan bir kültür oluşturulmaya çalışılır

Kaynak: Kaygusuz, 2017

Yalın Altı Sigma'da Yalın ve Altı Sigma yöntemlerinin güçlü yönleri bir araya getirilerek sinerji yaratılmaya çalışılır.



Kaynak: S.P.A.C. Danışmanlık, 2007: 2

Şekil 4.1: Yalın ve Altı Sigma Yöntemlerinin Güçlü Özellikleri

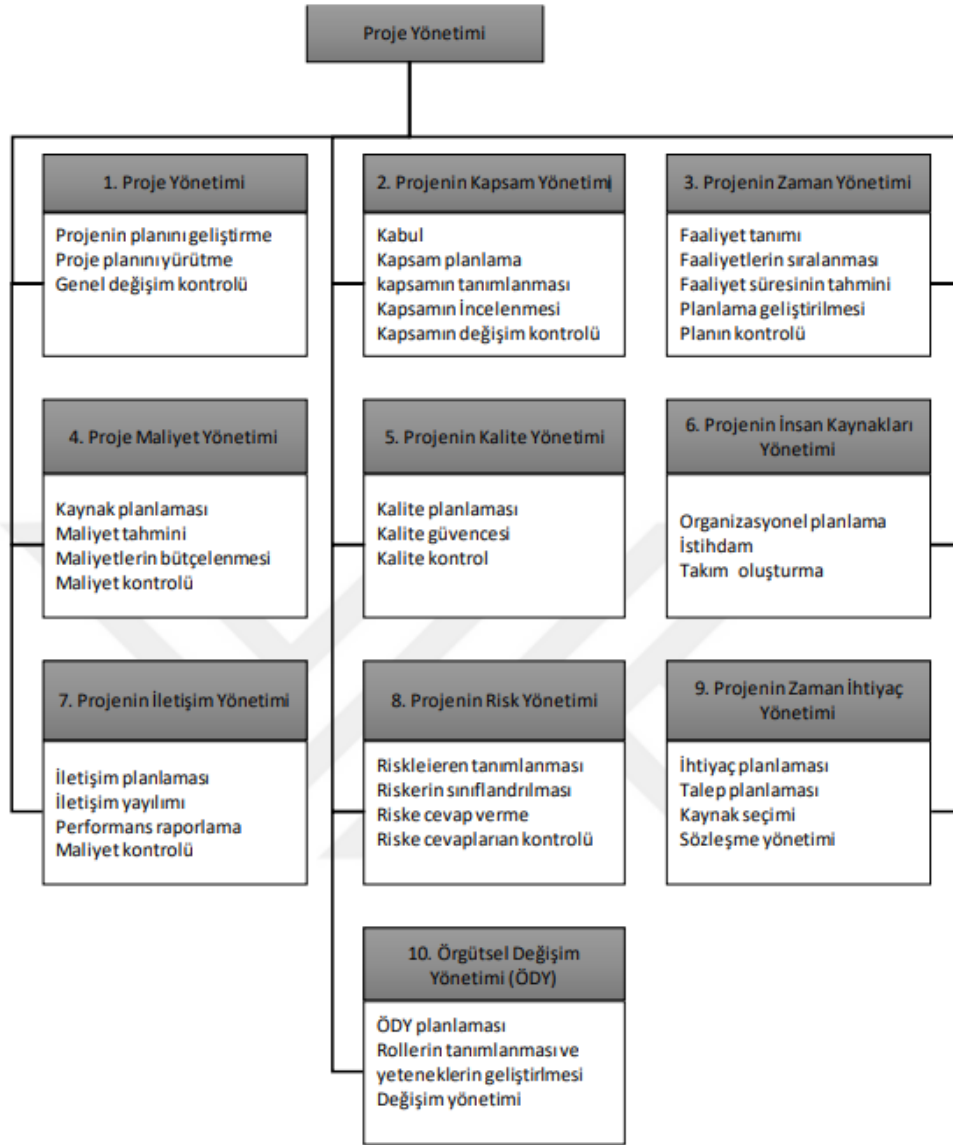
Yalın ve Altı Sigma yöntemleri birlikte ve birbirlerini destekleyecek şekilde kullanılmalıdır. Ancak bu şekilde en iyi sonuca ulaşılabilir. Yalın Altı sigma sistematik bir yaklaşım imkanı sunar ancak sabit bir planla çalışamaz, işletmeye sürece ya da probleme göre uyarlanması gerekmektedir. Yalın Altı Sigma yöntemi veriye dayalıdır bu nedenle istatistiksel yöntemlerden destek alınmalıdır. İyileşme istatistiksel olarak ispatlanabilir. Yalın Altı Sigma müşteri odaklı bir sistemdir. Yalın Altı Sigma’da süreçlerde değer yaratmayan, müşteri için kritik olmayan işlemleri ortadan kaldırmaya bu sayede süreç hızını arttırmaya ve bu olgular sayesinde kaynak ve kişi israfını ortadan kaldırarak karlılığı arttırmaya çalışan bir yöntemdir. Yalın Altı Sigma yöntemi sadece üretim yapan işletmelerin yanı sıra hizmet alanında faaliyet gösteren işletmelerde de kullanılabilir (Doğan & Demiral, 2008).

Yalın Altı Sigma projeleri uygulamalarında dikkat edilmesi gereken konular aşağıdaki gibidir (Mark, 2010):

- Projenin sponsoru ile ekip arasında güçlü bir ilişki olmalıdır,
- İşletmenin diğer alanları ile iletişim halinde olunmalıdır,
- Projenin amaçlarının yazılı olarak yayımlanması gerekmektedir,
- Veriye dayalı çözüm fikrine bağlı kalınmalıdır,
- Uzmanlar eğitim vermeli, rehberlik ve liderlik yapmalıdır,
- Proje ekibinde yeterli sayıda ve yetkin ekip üyeleri bulunmalıdır.

Yalın Altı Sigma’da proje yönetimi de oldukça önemli bir kriterdir. Projelerin amacı, işletme yönetimini beklentilerini karşılamaktır, bu beklentiler ulaşılabilir olmalıdır, işletmenin kendisine uzak hedefler koyması projenin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir. İşletmeler bazı projeler için dışarıdan destek alır bazı projeler içinse bünyesinde bulunan kişilerden destek alabilirler. Proje yöneticinden işletmenin beklentileri ise aşağıdaki gibidir (Voehl, Harrington, Mignosa, & Charron, 2014) :

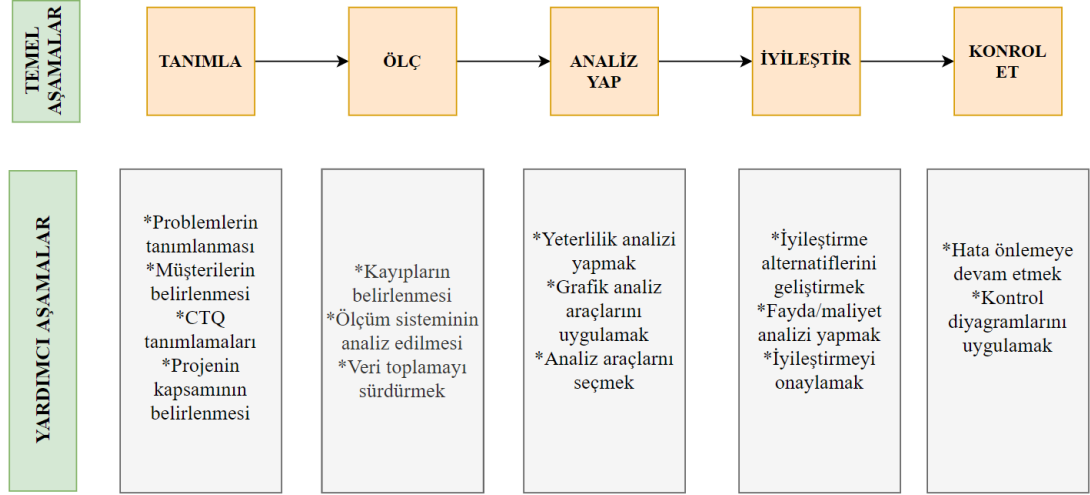
- Projenin zamanında tamamlanması,
- Proje için ayrılan bütçeyi etkin olarak kullanılması,
- Proje çıktıları tatmin edici olmalıdır,
- Proje çıktıları müşteriyi memnun etmelidir,
- Proje ekibinde yer alan kişiler proje sonuçlarından tatmin olmalıdırlar.



Kaynak: Kaygusuz, 2017

Şekil 4.2: Proje Yönetiminin Temel Unsurları

Yalın Altı Sigma yöntemi uygulamalarında Altı Sigma yönteminde bahsedilen DMAIC yöntemi kullanılır. Şekil 4.3'te Yalın Altı Sigma'nın Temel ve Yardımcı aşamalar bulunmaktadır. Bu aşamalar izlenerek Yalın Altı Sigma Projeleri oluşturulur ve süreç izlenir. Problemin tanımının yapıldığı Tanımlama aşamasından, sürecin kontrol edildiği Kontrol aşamasına kadar tüm süreçler gözlemlenmeli ve takip edilmelidir.



Şekil 4.3: Yalın Altı Sigma Temel ve Yardımcı Aşamaları

4.1. Tanımlama Aşaması

Tanımlama aşamasında öncelikle müşterilerin beklentileri algılanmalıdır ve daha sonra süreç gözlemlenmelidir. Süreci gözlemlemek amacıyla ekip üyeleri tarafından SIPOC diyagramı oluşturulur, SIPOC diyagramı ile birlikte süreçlerin birbiri ile olan ilişkisi gözlemlenir ve şematize edilir. Bu şemalar sayesinde müşteriye rahatsız edebilecek ve israfa neden olabilecek süreçler gözlemlenmiş olur. Tanımlama aşamasında kullanılan diğer yöntem ise balık kılıcı yöntemidir bu yöntem ile problemler ve bu problemlerin alt nedenleri şematize edilir.

4.1.1. Müşterinin Sesi (VOC)

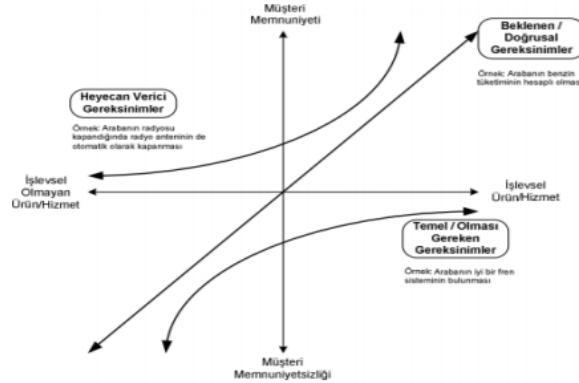
Müşterilerin gereksinimlerini analiz etmek amacıyla kullanılan yöntemde de Japon mühendis ve danışman Noriaki Kano'nun geliştirdiği Kano yöntemi kullanılır (Pande, Neuman, & Cavanaugh, Six Sigma Yolu, 2018). Kano yönteminde ürünler veya hizmetler üç kalite boyutunda incelenir bu boyutlar, “beklenen ihtiyaçlar, temel ihtiyaçlar ve heyecan verici ihtiyaçlar” şeklindedir.

Beklenen İhtiyaçlar: Bir ürün veya hizmet hakkında müşterinin beklentisinin ne olduğu sorusunun cevabıdır. Daha açıkça belirtmek gerekirse ürün veya hizmeti müşterinin alması durumunda hayati önem sağlayacak performans değildir. Bu nedenle müşterinin satın aldığı ürün veya hizmet gereksiniminin karşılanma düzeyi ile müşterinin memnuniyet düzeyi doğru orantılıdır. Bu ihtiyaçlara örnek olarak servis

edilen kahvenin sıcak olması müşteri açısından büyük bir fark oluşturmaz (Gültaş & Yücel, 2019).

Temel İhtiyaçlar: Bir ürün veya hizmette müşterinin açıkça belirtmediği fakat üründe kesinlikle olması gereken temel ihtiyaçlardır. Temel ihtiyaçların ürün veya hizmette mevcut olmaması müşterinin memnuniyetini ciddi derece düşürmektedir. Müşteriler ürün veya hizmette bu ihtiyacın bulunması gerektiğini kabul eder ve bu ihtiyacın üründe bulunması müşteri memnuniyetini arttıran bir özellik değildir (Huang, 2017).

Heyecan Verici İhtiyaçlar: Bu tarz ihtiyaçlar genellikle işletme tarafından sunulur. Ürün veya hizmetin başarısı belirli bir değere kadar yükselirken müşterinin memnuniyeti daha dik bir ivme ile artmaktadır. Müşterilerin beklentisinin üzerinde sunulan ihtiyaçlardır, bu ihtiyaçların karşılanmaması müşteride negatif bir etki yaratmazken, karşılanması müşteri memnuniyetini ileri derecede arttırmaktadır (Gültaş & Yücel, 2019).

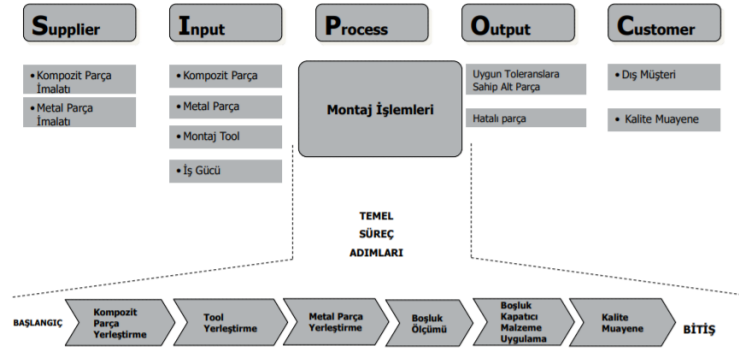


Şekil Hata! Burada görünmesini istediğiniz metne 0 uygulamak için Giriş sekmesini kullanın.**4.4: Kano Modeli**

Kaynak: Gültaş & Yücel (2019)

4.1.2. SIPOC Diyagramı

Tek, basit bir diyagram ile fonksiyonlar arasındaki seri faaliyet izlenebilir ve her boyuttaki süreçlere hatta tüm işletmeye uygulanabilecek bir yapıda olduğu için SIPOC diyagramlarının kullanımı yaygındır (Pande, Neuman, & Cavanaugh, Six Sigma Yolu, 2018). Örnek bir diyagram Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5: Kompozit Parça İmalat Şemasında SIPOC Uygulaması Örneği

Kaynak: Akyüz Çağlar & Kurt (2016)

S (Suppliers) Tedarikçiler: Süreç için bilgi, malzeme, hizmet veya diğer kaynakları sağlayan kişi veya grup

I (Input) Girdi: Sürece giren kaynaklar

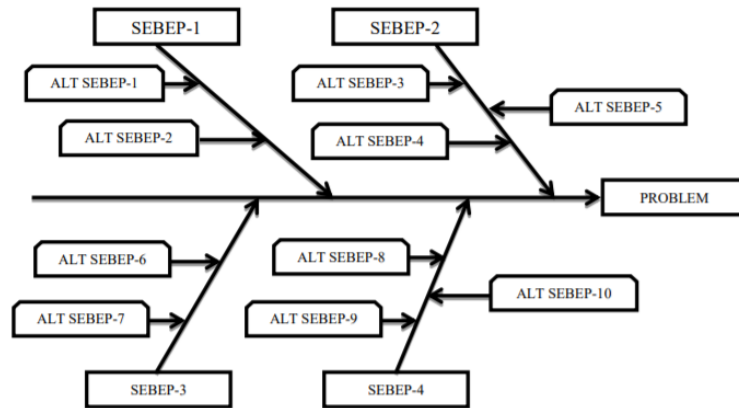
P (Process) Süreç: Veriyi dönüştüren ve ona değer kazandıran adımlar

O (Output) Çıktı: Sürecin son ürünü

C (Customer) Müşteri: Çıktıyı alan kişi, grup veya süreç

4.1.3. Sebep-Sonuç Diyagramları (Balık Kılçığı Yöntemi)

Yapılan faaliyetler ile ilgili ana ve yan nedenlerin saptanmasını sağladığı için neden sonuç diyagramları sıklıkla kullanılmaktadır. İyileştirme faaliyetlerine yardımcı olması dışında, çalışanların arasındaki iletişimi kuvvetlendirmeye ve çalışanların dikkatini sorunlara çekmesine de yardımcı olur (Sarp, 2014).



Kaynak : Atalay & Kılıç (2015)

Şekil 4.6: Balık Kılçığı Diyagramı Oluşturma Şeması

Balık kılçığı yöntemi kullanılırken öncelikle nedenler ve sonuçlar tanımlanır, sonuca etki eden ana faktörler belirlenir. Daha sonra ana faktörlerin alt etkenleri tanımlanır, tekrar eden önemli etkenler belirlenir. Listelenen sebepler kendi içerisinde sınıflandırılarak önceliklendirilir, yapılması gereken iyileştirmelere karar verilir (Akdemir, 2018).

Problem tanımı yapıldıktan sonra kalite üzerinde en çok etkiye sahip CTQ'lar (Critical to Quality) belirlenir. CTQ'lar belirlendikten sonra etki derecelerine göre sınıflandırılır. Belirlenen CTQ'lar, proje süresince ve devamında istenilen hedef ile uyumlu ilerlenip ilerlenmediğini belirleyecektir (Akyüz Çağlar & Kurt, 2016).

Bu adımda son olarak sonra proje beyanı oluşturulur. Proje beyanında ise projenin tanımı, uygulanacağı alan, projede çalışacak ekip bilgilerine ve projenin süresine yer verilir.

4.2. Ölçme Aşaması

Bu aşamada, tanımlama aşamasında gözlemlenen problemler içerisinde ölçüme uygun ve işletme için dar boğaz oluşturan süreçlerin seçilmesi gerekmektedir. Ölçme aşamasında ölçülebilirlik önemli bir kavramdır ve bu nedenle ölçümü yapılacak alan süreçler iyi seçilmelidir. Ayrıca bu aşamada yapılan ölçümler projenin başlangıç performansını belirtir bu nedenle yapılan ölçümlerin doğruyu yansıtmaması projenin geleceği için oldukça önemlidir.

Ölçüm aşamasında dikkat edilmesi gereken unsurlar aşağıdaki gibidir (Pande, Neuman, & Cavanaugh, 2018):

- 1. Doğru süreçlerin ölçülmesi:** Ölçülmesi gereken süreçlerin doğru seçilmesi gerekmektedir çünkü bütün süreçleri ölçemeyebilirsiniz. Ölçüm yapmadan önce iki kriter üzerinde durulabilir. Bunlar uygunluk ve yararlılık kriterleridir. Ölçmeyi planladığınız sürecin ölçüme uygun olması, veriye ulaşabilmenizi kolaylaştırır, ölçüm maliyetlerini azaltır. Diğer kriter ise yararlılıktır. Ölçülecek sürecin işletme için faydalı olması, sürecin iyileştirilmesinin gerekliliğini vurgulamaktır. Projenin başarıya ulaşması için potansiyel bir fırsattır.
- 2. Operasyon tanımlarının doğru yapılması:** Operasyon tanımları hangi sürecin nasıl, ne şekilde ölçüleceğini ifade etmektedir. Operasyon tanımlarında

yapılabilecek bir hata, ölçüm sürecindeki hataları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle operasyon tanımlarının anlaşılır ve detaylı olması, toplanan verilerin doğruluğu için oldukça önemlidir. Bu aşamada süreci detaylı incelenmesine destek olacak Bölüm 3.2’de sunulan (SIPOC gibi) yöntemlerden de faydalanılır.

3. **Veri kaynaklarının tanımlanması:** İşletme içerisinde verinin toplanabileceği pek çok kaynak vardır. Bu kaynak içerisinde en doğru sonuçların alınacağı kaynak seçilmelidir ve bu kaynaklara operasyon tanımlarında yer verilmelidir.
4. **Bilgileri toplayarak ön plan oluşturmak:** Verileri toplayıp taslak haline getirmek ve daha sonra kontrol etmek gerekmektedir. Ön görülen koşullarda verilerin tekrar toplanması gerekebilir. Bu nedenle toplanan veriler düzenlenmeli ve ölçüm yapılmadan önce kontrol edilmelidir.
5. **Ölçümü uygulayıp son haline getirmek:** Ölçüm yapılmak için birkaç yöntem vardır ancak ölçüm yapıldıktan sonra yapılan ölçümün doğruluğunu kontrol etmek gerekmektedir.

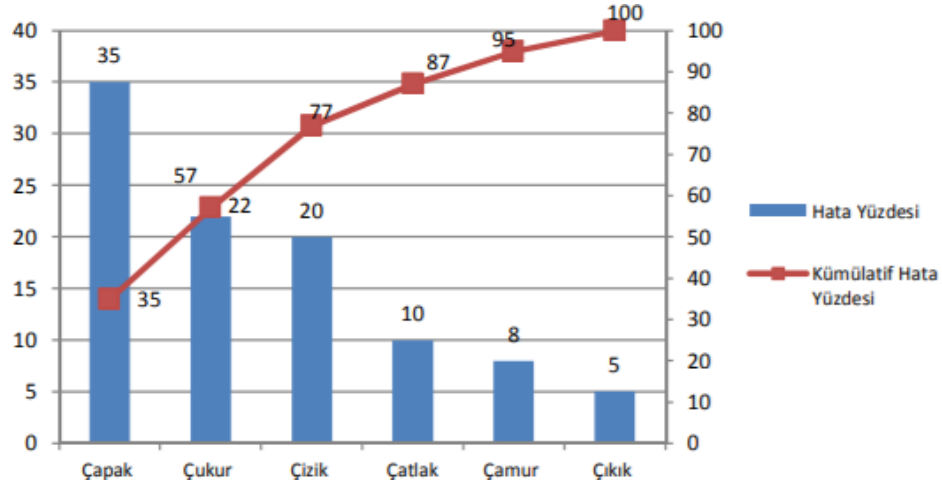
Süreçlerin ölçümü tamamlandıktan sonra sigma seviyesi hesaplanır, Sigma değeri aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

$$DMPO = \frac{1000000 \times \text{Hatalı Üretim Sayısı}}{\text{Üretim Sayısı}} \quad (1)$$

Ölçüm aşamasında ölçümlerin karşılaştırmalı olarak ifadesi için Pareto analizi, Histogram veya Kontrol grafikleri kullanılabilecek bazı araç ve yöntemlerdendir. Bu çalışmada ise Pareto analizi yöntemi kullanılacaktır.

4.2.1. Pareto Analizi

Yalın projelerde hata türlerinin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla Şekil 4.7’de verilen örnek gibi bir pareto analizi uygulanır.



Şekil 4.7: Pareto Şeması Örneği

Kaynak: Özkan & Altınsoy (2015)

Pareto şeması çizilirken sırası ile aşağıdaki işlemler yapılmaktadır (Çakırkaya & Acar, 2016).

1. Pareto şemasının ilk aşamasında hatalar tespit edilerek her bir hataya sebep olan elemanlar toplanır ve bu elemanlar listelenir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken iki husus vardır, bunlar süreçteki problemlerin tespitine öncelik verilmesi ve tespiti yapılan bu problemlerin sebeplerinin araştırılmasıdır. Problemler araştırılırken, problemin hangi aşamada oluştuğu, önemi, ciddiyeti, boyutu ve kimlerle ilişkili olduğunun belirlenmesi önemlidir.
2. Pareto şemasının ikinci aşamasında belirli zaman aralığında düzenli bir şekilde analizi yapılabilecek verilerin toplanması amacıyla bir form oluşturularak tespit edilen sebeplerin kontrol kartına kaydedilmesi ve problemler ile ilgili sayısal verilerin toplanarak bu kontrol kartına işlenmesi işlemleri yapılmaktadır.
3. Pareto şemasının üçüncü aşamasında elde edilen verilerin en büyük değerden en küçük değere doğru kategorize edilmesi işlemi yapılmaktadır.
4. Pareto analizinin dördüncü aşamasında ise kategorize edilen hataların toplamı alınır ve her bir değer toplam içerisindeki yüzdesi hesaplanır. Daha sonra bu yüzdelerin kümülatif toplamı hesaplanarak, kategorize edilen veriler ile pareto şeması çizilir.

Pareto şeması ile birlikte iyileştirilmesi gereken sorunlar şekillenmiş olur ve gerçek problem çözmeye yardımcı olmayacak olgulardan uzak kalınmasını sağlar bu nedenle başarılı bir analiz ile işletmedeki gerçek sorunlar ölçülmüş olur.

4.2.2. Histogram

Verideki en büyük ve en küçük değer yatay eksende işaretlenir ve iki değer arasındaki ölçüler eşit uzaklıklara bölünür. Aralık sayısının 5 ile 10 arasında olması genellikle tercih edilir. Verilerden her bir aralığa düşen değerler sayılır ve bu frekanslar dikey eksende işaretlenir. Daha sonra her aralığa denk gelen frekanslar yüksekliğinde dikdörtgenler oluşturulur (Pyzdek, 2003).

4.2.3. Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri niceliksel ve niteliksel kontrol grafikleri olarak ikiye ayrılır. Niceliksel kontrol grafiklerinde sürecin ilgilenilen karakteristiği ölçümlenebilen bir değerdir, bu grafikler ortalama ve değişim aralığı kontrol grafiği ($\bar{x}$ -R) ile ortalama ve standart sapma kontrol grafiği ($\bar{x}$ - S)'dir. Niteliksel kontrol grafiklerinde sürecin ilgilenilen karakteristiği ölçülemeyen fakat sayılabilen bir değerdir, bu grafikler p, np, c ve u kontrol grafiği olarak adlandırılır (Şentürk, 2015).

4.3. Analiz Aşaması

Analiz aşamasında saptanan potansiyel nedenlerin elemenden geçirilmesi gerekmektedir. Bu elemeler sonucunda iyileştirme aşaması için en uygun süreçler saptanmış olur. Analiz aşamasında Hipotez testleri, Regresyon, Korelasyon ve Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemleri kullanılabilir.

Bu aşamada Hipotez testleri ve HTEA uygulaması yapılır bu analizler sonucunda ise ekip ile toplantı talep edilir, toplantının amacı analizi yapılan hatalara karşı hangi iyileştirme yöntemlerinin uygulanacağını tartışmaktır. Hipotez testleri ve HTEA ile birlikte problemlerin analizi yapılır ve işletme içerisindeki darboğazlar hakkında tartışılır. Projenin başarılı olması için yapılması gereken iyileştirmelerin hem işletmenin karını arttırmalı hem de uygulanabilir olmalıdır bu nedenle nominal grup tekniği ile yapılacak olan iyileştirmelere karar verilir. Yapılacak olan iyileştirmelerin

için hedefler konulur ve karar verilen iyileştirme yöntemleri üst yönetime sunulur ve üst yönetimin onayı alınır.

4.3.1. Hipotez Testleri

Bu yöntemde H_0 hipotezi seçilir ve hipotez testlerinde iki tip hatadan bahsedilir, bunlar:

- H_0 hipotezinin gerçekte doğru iken reddedilmesi
- H_0 hipotezinin gerçekte yanlış iken kabul edilmesidir.

α birinci hatanın gerçekleşme olasılığı β ise ikinci hatanın gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanır. α anlam düzeyinin belirlenmesi karar vericilerin kabul edebileceği en yüksek birinci tip hata ile karşılaşma olasılığının belirlenmesini ifade etmektedir. Farklı bir ifade ile karar vericiler gerçekte doğru iken reddedebileceği durumların karşına çıkma olasılığının en fazla α düzeyinde olması gerekmektedir. α olasılığının belirlenmesi β olasılığının da dolaylı olarak belirlenmesi anlamına gelmektedir. Fakat yalnızca α düzeyinin belirlenmesi ile β düzeyinin kabul edilmesi hatalı sonuçlara neden olabilir. Bu durumda ise ikinci tip hataların yaşanma ihtimali artar. Dolayısı ile karar vericilerin çalışmanın başında hangi tip hatanın işletme için daha riskli olduğuna karar vermesi ve bu hataya ilişkin olasılığı düşük tutmaya çalışması gerekmektedir (Cengiz, 2007).

4.3.2. Regresyon

Hataların sebep ve sonuçlarına dair iki veya daha fazla değişkenin ilişkisini incelemek ve bu ilişkiyi modellemek için kullanılan istatistik yöntemlerden biri regresyondur. Değişkenler sürekli ya da kesikli yapıda olabileceği için yapıları incelenmeli ve bu yapıya uygun olarak regresyon çeşitlerinden biri uygulanmalıdır, regresyon çeşitleri aşağıdaki gibidir (Arı & Önder, 2013).

4.3.2.1. Doğrusal Regresyon: Doğrusal regresyon ise kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır bunlar basit regresyon ve çoklu doğrusal regresyondur. Basit regresyon analizi, yanıt değişkeni ile tek bir açıklayıcı değişken arasındaki ilişkiyi inceler. Eğer tek bir yanıt değişkeni ve birden fazla açıklayıcı neden varsa çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanmalıdır.

4.3.2.2. Poisson Regresyon: Araştırmalar sonucunda elde edilen verilerin sürekli yapıda ise (kategorik veriye sahip olması) doğrusal regresyon modellerinin uygulanması hatalı çıktılarına neden olur. Bu şekilde sayma ölçeğinde bulunan verilerde poisson regresyon yöntemi kullanılır. Bu model doğrusal fonksiyonun logaritmik dönüşümü olarak da ifade edilir.

4.3.2.3. Negatif Binom Regresyonu: Verilerin çoğunun sıfır değerinde olması veri kümesinde dağılımın sağ yöne çarpmasına neden olur. Bu durum ise doğrusal regresyon yöntemi uygulandığında hatalı olan negatif parametre tahminlerine neden olur. Bu tarz verilerde ise negatif binom regresyonu yöntemi uygulanmaktadır.

4.3.2.4. Lojistik Regresyon: İstatistikte kullanılan bir model tekniği olan lojistik regresyon, iki veya daha fazla yanıt değişkeni için model oluşturma tekniğidir. Bu yöntemin amacı ise yanıt değişkeni iki değerli veya sınıflandırılmış olduğunda yanıt değişken ile açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamaktır.

4.3.3. Korelasyon

Korelasyon Analizi sebep sonuç ilişkisi olmadan iki nicel veri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. İki nicel veri arasındaki mevcut lineer ilişki korelasyon katsayısı ile değerlendirilmektedir. Popülasyon korelasyon katsayısı p ile, örnek korelasyon katsayısı ise r ile gösterilmektedir. Örnek korelasyon katsayısı, popülasyon korelasyon katsayısının tahmin edicisidir. Korelasyon katsayısı +1 ile -1 değeri arasındadır. ± 1 sayılabilen iki değişken arasındaki mükemmeli ilişkiyi ifade etmektedir. +1 değeri mükemmeli ilişkiyi, -1 değeri ile mükemmeli negatif ilişkiyi ifade etmektedir. Korelasyon katsayısının değerinin 0 olması ise değişkenler arasında herhangi bir ilişki olmadığını ifade etmektedir (Özsoy, 2005).

Korelasyon katsayısı r_{xy} aşağıdaki formül ile bulunur:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

$|r_{xy}| < 0.20$ ise ilişki önemsiz

$|r_{xy}| > 0.80$ ise ilişki önemli kabul edilmektedir.

4.3.4. Hata Türleri Etki Analizi (HTEA)

HTEA uygulamasından önce analizi yapacak ekibin oluşturulması ve HTEA'nın konu ve kapsamı belirlenmelidir. Sürecin tamamının üzerinde çalışmak zor olacağı için, süreçler alt kategorilere ayrılmalıdır. Bu çalışmada görev alacak kişiler seçilmeli ve iş organizasyonu yapılmalıdır. Süreç üzerinde farklı kişilerin çalışması hataların tespiti ve iyileştirmeler için olumlu bir etki sağlamaktadır. Ekip oluşturulup kapsam belirlendikten sonra HTEA uygulanacak süreç belirlenmelidir. Aday süreci oluşturan alt süreçlerin birbiriyle olan ilişkileri belirlenmeli ve süreç değerlendirilmelidir. Daha sonra takibi yapılacak sürecin Risk Öncelik Sayısı (RÖS) değeri hesaplanır. RÖS formülü ise aşağıdaki gibidir (Yerlikaya, Efe, & Efe, 2016):

$$RÖS = O \times S \times D$$

O: Hatanın meydana gelme olasılığını ifade etmektedir. 1 ile 10 arasında değer verilir. 1 olasılığın neredeyse imkansız, 10 ise olasılığın oldukça yüksek olduğunu ifade etmektedir.

S: Hatanın şiddetini ifade etmektedir. 1 ile 10 arasında değer alır. 1 hatanın sürece herhangi bir etkisi olmadığını, 10 ise hatanın sisteme ciddi etkileri olduğunu ifade etmektedir.

D: Hatanın saptanabilirliğini ifade etmektedir. 1 ile 10 arasında bir değer verilir. 1 hatanın tasarım ekibi tarafından kolayca fark edilebileceğini, 10 ise hatanın tasarım ekibi tarafından saptanamayacağını ifade etmektedir.

Hataların RÖS değerleri hesaplandıktan sonra, RÖS değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanıp, kritik ve önemli özellikteki hatalar önceliklendirilerek, iyileştirici faaliyetlere başlanmalıdır. RÖS numarası yüksek olan süreçler içerisinde ise yine önem değerleri yüksek olan hatalar üzerine yoğunlaşılması gerekmektedir.

4.4. İyileştirme Aşaması

Bu aşamada uygun yalın yöntemler tartışılır işletme içerisinde analiz aşamasında gözlemlenen darboğazlara yalın yöntemler içerisinde en uygun yöntemin seçilerek uygulanması gerekir, analizler sonucu yapılan toplantı içerisinde gözlemlenen darboğazların hangisinde iyileştirme yapılacağına, iyileştirme aşamasında yapılan toplantıda ise uygulanacak iyileştirme yöntemine karar verilir.

Uygulama projesinin doğasına ve bir önceki adımlarda elde edilen çıktılarına göre belirlenecek yöntemler aşağıdakiler arasından belirlenmektedir;

- Tek Dakikalık Kalıp Değişirme
- Kanban
- Heijunka
- Tek Parça Akışı
- U-Hatlar
- Değer Akış Haritası
- Standart Çalışma
- Jidoka
- Poka-Yoke
- 5S Yöntemi
- Tam Zamanında Üretim

İyileştirme aşamasında kullanılabilecek istatistiksel yöntemler ise aşağıdaki gibidir:

- Anova Testi
- Deney Tasarımı
- İstatistiksel Süreç Kontrolü

4.5. Kontrol Aşaması

Yapılan iyileştirmelerin ölçülmesi amacıyla projenin istatistiksel olarak kontrol edilmesi gerekmektedir bu nedenle kontrol aşamasında kontrol grafikleri ve ANOVA yöntemi ile süreçler kontrol edilir. Bu kontroller sonucunda proje başarısını ölçmek amacıyla toplantı yapılır ve elde edilen veriler incelenir, veriler üst yönetime sunulur ve proje başarısı hakkında bilgi verilir. Proje başarılı olursa uygulama tamamlanır ve standartlaştırılır. Standartlaştırma, süreç içerisinde önemli olan işlemlerin doğru şekilde yapılmasını sağlar ve bu sayede prosesin güvenliği sağlanmış olur. Standartlaştırılma işlemleri işletmede yapılan iyileştirmelerin sürekliliği sağlanmış olur. Standartlaştırma için prosedür hazırlanırken izlenmesi gereken aşamalar aşağıdaki gibidir:

1. Prosedürün iş kapsamı belirlenir,
2. Prosedürde yer alacak dokümanlar hazırlanır,

3. Belgelenmiş prosedür, gerçek prosedür ile kıyaslanır,
4. Belgelenmiş prosedürün uygulanması için plan hazırlanır,
5. Standart prosedür kullanılır,
6. Standart prosedürün kullanımı denetlenir.

Projenin başarısız olması durumunda ise yalın altı sigma ekibi toplanır ve projenin başarısızlık nedenleri araştırılır, nedenler hakkında üst yönetime bilgi verilir ve başarısızlık nedenleri ortadan kaldırılmaya çalışılarak proje yeniden uygulanır.



5. LİTERATÜR TARAMASI

5.1. Altı Sigma Literatür Taraması

Daha önce yapılmış altı sigma uygulamaları incelendiğinde farklı sektörlerde ve farklı amaçlarla uygulanabildiği ve bu uygulamalar sonucunda başarıya ulaşılabildiği gözlemlenmektedir. Aşağıda bulunan tablo incelendiğinde hizmet, üretim, sağlık gibi farklı işletmelerin, karlılık, kalite, maliyetleri düşürmek için yaptığı uygulamalar incelenebilir ve uygulama sonucunda elde edilen başarılar gözlemlenebilir.

Tablo 5.1: Altı Sigma Literatür Taraması

Yazar	Amaç ve Elde Edilen Sonuçlar
Demir ve Yıldırım (2019)	Tekstil sanayisinde üretim yapan bir işletmede altı sigma uygulaması ile birlikte, iş emirleri oluşturulmuş, hataların tespiti için süreçler içerisinde kontrol kartları oluşturulmuştur ve uygulama sonucunda sigma seviyesi 3'ten 5'e yükseltilmiştir.
Dağlıoğlu, Öztürk ve İnal (2019)	Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcalı Sağlık Uygulama Merkezi Laboratuvarı'nda meydana gelen hataları indirgemek amacıyla altı sigma uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonucunda 4,250 - 4,357 seviyelerinde bulunan sigma düzeyi 4,500 - 4,625 seviyelerine yükseltilmiştir.
Sharma, Gupta, Mal ve Jha (2019)	Hindistan'da bulunan küçük ölçekli bir işletmenin son montaj üretim hattı olan amplifikatör üretimi safhasında altı sigma DMAIC yöntemi uygulanmış ve süreç öncesi 3,33 olarak hesaplanan sigma düzeyi 4.077'ye yükseltilmiştir.
Abhilash ve Takkar (2018)	Hindistan'da bulunan telekomünikasyon kabinine ait kapıların imalat sürecinde altı sigma yöntemi uygulanmış ve sigma değeri 3,49'dan 3,67'ye yükseltilmiştir. Bu iyileştirme ile birlikte yeniden işleme maliyeti 56,666,662,55'ten 38,650,779'a düşürülmüştür.
Durmuşoğlu ve Keskin (2015)	İmalat sektöründeki bir firmada çalışma alanındaki prosesler incelenmiştir ve Sue Rogers yöntemi ile ergonomik risk taşıyan alanlar tespit edilmiştir. Yüksek risk taşıyan bölgelerde

	altı sigma yöntemi uygulanmıştır ve uygulama sonucunda hedeflenen yüksek riskli bölgelerin %75'i sağlamaştırılmıştır.
Elmacı, Uslu ve Tutkavul (2014)	İnegöl'de bulunan Ford A.Ş.'de servis memnuniyetini arttırmak amacıyla altı sigma yöntemi uygulanmıştır ve uygulama sonucunda 3,49 seviyesindeki sigma düzeyi 4,02'ye yükseltilmiştir.
Bao ve diğ. (2013)	6 büyük hastanede eczacı müdahalelerinden önce ve sonra yanlış ilaç kullanımının alt sebepleri araştırılmış ve doğru ilaç kullanımını teşvik etmek amacıyla altı sigma yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda yanlış ilaç kullanımı %8,56 - % 4,46 seviyelerinden %2,82 - %3,01 seviyelerine düşmüştür.
Firüzan, Kuvvetli ve Gerger (2012)	Otomotiv sektöründe ikinci el otomobil satışları yapan bir işletmede satışların yükselmesi amacıyla altı sigma yöntemi uygulanmıştır. Ülkenin ekonomik büyümesinde baz alınarak satış oranının artışı %28 olarak hesaplanmıştır.

5.2. Yalın Altı Sigma Literatür Taraması

Daha önce yapılmış yalın altı sigma uygulamaları incelendiğinde farklı sektörlerde ve farklı amaçlarla uygulanabildiği ve bu uygulamalar sonucunda başarıya ulaşılabilirdiği gözlemlenmektedir. Tablo 5.2 incelendiğinde hizmet, üretim, sağlık, savunma sanayi gibi farklı işletmelerin ya da kamu kuruluşlarının, karlılık, kalite, maliyetleri düşürmek için yaptığı uygulamalar incelenebilir ve uygulama sonucunda elde edilen başarılar gözlemlenebilir.

Tablo 5.2: Yalın Altı Sigma Literatür Taraması

Yazar	Amaç ve Elde Edilen Sonuçlar
Sharma (2003)	Bir pil fabrikasında yalın altı sigma yöntemi uygulanmış ve analiz safhasında karşılaşılan problemlere yalın üretim teknikleri uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucunda stok maliyetlerini aylık 20 milyon \$'dan 2 milyon \$'a indirmiştir, yıllık geliri %17 oranında arttırmış ve müşteri memnuniyetinde ise kayda değer kazanımlar sağlamıştır.
Furterer ve Elshennawy (2005)	Kamuda bir şehrin finans departmanında yapılan bir yalın altı sigma uygulaması sonucunda süreç akış haritası çıkartılarak iyileştirmeler yapılmış, ücret bordrosu hazırlama süreci %60, satın alma ve ödeme sürecinin %40, hesap alma sürecinin süresi ise %90 oranında azaltılmıştır.
Su, Chiang ve Chang (2006)	IT sektöründe bir çağrı merkezinde yalın altı sigma uygulaması yapılmış ve hizmet sektöründe sık karşılaşılan yavaş süreç akışı ve servis kalitesi problemlerine yalın yönteminin hız avantajı ve alto sigma yönteminin doğrusal süreç çıktısı avantajıyla çözüm getirmişlerdir.
German ve Hegg (2007)	Bir hastanenin radyoloji departmanında zamansız ve eksik raporlama sonucu meydana gelen sevk sorununu ortadan kaldırmak amacıyla yalın altı sigma uygulaması yapılmıştır. Uygulama ile birlikte departmandaki prosedürlerin kullanılabilirliği ve raporlama zamanını iyileştirmek ve bu alandaki geliri arttırmak hedeflenmiş ancak uygulama sırasında insan faktörü nedeniyle dirençlerle karşılaşmışlardır, hizmet sektöründe karşılaşılan bu direnç nedeniyle bu uygulamaların, üretim sektöründeki uygulamalara kıyasla daha zor olduğunu belirtmişlerdir.

Stephens (2007)	Ordu maliyetlerini düşürmek, hataları azaltmak, işlemleri hızlandırmak ve verimliliği arttırmak amacıyla Anniston Ordu Karagahı'nın 1500 M1 tankının motor montaj hattında yalın altı sigma yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda ise bir motor üretimi için montaj süresi 2.2 adam/saat'e düşürülmüş, montaj hattı için gerekli araç sayısı azaltılarak 195.000 \$ kar elde edilmiştir. Aynı uygulama makineli tüfek montaj hattında uygulanmış hattın montaj süresi 2,5 saatten 1 saate, gerekli montaj elemanı sayısı ise 18'den 15'e düşürülmüştür.
Tanık (2010)	Otomotiv sektöründe aks kovanı üretimi yapan büyük ölçekli bir işletmede 2007-2010 yılları arasında yalın altı sigma uygulamaları yapılmıştır. 4 yıllık sürecin sonunda işletme beş adet kara kuşak ve otuz adet yeşil kuşak çalışan barındırmaktadır. İşletme yapılan uygulamalar ile birlikte 1 milyon \$ civarında kazanç elde etmiştir. Yapılan bir uygulamaya ise kalıp değişimi 136 dakikadan 90 dakikaya indirilmiş sürede %36 seviyesinde azalma sağlanmıştır.
Kelly ve diğ. (2010)	STEMI hastalarında hızlı reperfüzyonü sağlamak amacıyla yalın altı sigma yöntemi kullanılmıştır, STEMI hastalarına hızlı reperfüzyon uygulaması hastaların ölüm oranını düşürmektedir. Bu nedenle uygulamada zaman hedefleri oluşturulmuş ve her bir adımın süresinin azaltılması amacıyla süreçler değiştirilmiştir. Daha sonra çıktılar izlenerek geri bildirimler alınmıştır. Reperfüzyon süresi 128 dakikadan 90 dakikaya indirilmiş ve 2010 yılının haziran ayında tüm STEMI hastaları için bu süre korunarak %100 sürdürülebilirlik sağlanmıştır.
Gerger ve Demir (2010)	Bir otomotiv firmasının servis müşteri memnuniyetini arttırmak amacıyla yalın altı sigma yöntemi kullanılmış ve müşterinin servise başvurmasından çıkışına kadar olan bütün süreçler incelenmiştir. Uygulamalar sonucunda ise binek araçlardaki memnuniyet ortalaması %62,54 seviyesinden %66,37 seviyesine

	ticari araçlardaki müşteri memnuniyet ortalaması %33,96 seviyesinden %54,55 seviyesine yükseltilmiştir.
Chand (2011)	Sağlık sektöründe görev yapan stajyer doktorların yüksek kalitede bakım sunmaları için, değer katmayan zamanların azaltılması amacıyla yalın altı sigma uygulaması yapılmış ve gözlem aşamasında hasta yakınları ve hemşirelerin tutumlarını ölçmek amacıyla anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışma ile birlikte hasta başına değer katmayan zamanda %64 oranında azalma sağlanmıştır.
Parast (2011)	2011'de yapılan çalışmada altı sigma uygulamasının inovasyon ve fiyat performansı üzerindeki etkisi araştırılmış ve farklı senaryolar oluşturularak farklı önermeler gündeme getirilmiştir. Çalışmada teknolojik değişim hızının yüksek olduğu sektörlerde altı sigma uygulamalarının performansının düşük olduğu ve altı sigma programlarının yenilikçiliğin geliştirilmesinde etkili olacağı savunulmuştur. Ayrıca projelerin mevcut müşterilere göre şekillendiği savunularak bu durumun yeni müşterilerin istedikleri yeniliklere engel olduğu savunulmuştur.
Özveri ve Çakır (2012)	1977 yılında kurulan, 1500 çeşit jant üretimi yapan bir işletmede yalın altı sigma uygulaması yapılmış ve yapılan analizler ile en çok hata ile karşılaşılan bölgenin kasnak üretimi sürecinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu süreçte gerekli iyileştirmeler yapılmış ve sigma seviyesi 3,4'ten 3,9'a yükseltilmiştir. Ayrıca iyileştirmeler öncesi kasnak üretimi için ihtiyaç duyulan personel sayısı 10'dan 6'ya düşürülmüştür.

Mandahawi (2012)	Kağıt üretimi yapan bir fabrikada kesme ve baskı makinalarının performanslarını değerlendirmek amacıyla yalın altı sigma yöntemi uygulanmıştır, çalışmada tüm israf türlerini tanımlamayı, analiz ederek en aza indirmeyi hedeflemişlerdir ve uygulama sonucunda kesme makinalarında %10, baskı makinalarında %5'lik bir üretim artışı sağlanmıştır. Ayrıca ekipman etkinliklerinde ise %48,45, baskı makinalarında ise %21,6'lık artış sağlanmıştır. Çalışma sonuçlarının devamlılığı içinse standart çalışma prosedürü hazırlanmıştır.
Mandakawi, Fowad ve Obeidat (2012)	Kağıt üretimi yapan bir işletmede kesme ve baskı makinalarının performanslarını değerlendirme yalın altı sigma yöntemine başvurulmuştur, müşteri ve yönetimin ihtiyaçlarına bağlı olarak tüm israf türlerini tanımlamayı, analiz ve minimize etmeyi kapsamaktadır. Uygulama sonucunda ise üretim miktarında kesme makinalarında %10, baskı makinalarında %5 oranında artış sağlanmıştır. Ayrıca ekipman etkinliklerinde kesme makinalarında %48,45, baskı makinalarında %21,6 oranlarında artış sağlanmıştır. Bu iyileştirmelerin korunması içinde prosedür oluşturulmuştur.
Pamfilie, Petcu ve Draghici (2012)	Yapılan bu çalışmada yalın altı sigma uygulamalarında sürekli iyileştirmeye odaklanan iyi eğitilmiş liderlerin, yüksek bireysel ve örgütsel performans elde edilmesinde kritik role sahip olduğunu göstermek amacıyla 28 farklı kuruluştaki anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışması sonucunda, yalın altı sigma uygulamalarındaki başarının önemli ölçüde liderlerin çalışanları desteklemesine bağlı olduğu görülmüştür.

Akdamar (2014)	Pres kesme işletmesinde yalın altı sigma uygulaması uygulanmıştır, Pareto analizi ile işletmedeki fırının boş kalma sebebinin %90 oranında fırın yakma sürelerinden kaynaklandığı saptanmıştır, fırın belirli bir sıcaklıkta tutularak fırın yakma süresinden 15 saat kar edilmiştir. Isıl işlem fırınlarının etkin kullanımı sayesinde yıllık 77750 € tasarruf edilmiştir, işletmedeki kalınlık taşlama sürecinde iyileştirmeler yapılarak iki operatör ile %78 olan verimlilik tek operatör ile %84'e yükseltilmiştir ve 24000 TL tasarruf sağlanmıştır.
Karakoç (2017)	1957 yılından beri İstanbul'da faaliyet gösteren yiyecek işletmesinin üretim alanında en çok fire ile karşılaşılan "Mayalı Hamur Ürünleri" üretimi aşamasında yalın altı sigma metodu uygulanmıştır. Çalışmanın analiz aşamasında SIPOC yöntemi uygulanmış, detaylı süreç analizi incelenmiş ve kalitesizliğe neden olan faktörler incelenmiştir. Analiz aşamasında karşılaşılacak sorunlar ile yalın yöntemleri uygulanmıştır. 5S ve Kanban yöntemi ile süreç iyileştirilmeye çalışılmıştır. İyileştirmeler sonucunda ise mayalı üretim hattında sigma seviyesi 3,2'den 4,1 seviyesine yükseltilmiştir.
Dönmez ve Yakar (2019)	Bir işletmenin tedarik zinciri süreçlerini iyileştirmek amacıyla yalın altı sigma yöntemi kullanılmıştır. Stokta kalma süresi ve stok miktarlarını azaltmak için DMAIC yöntemleri uygulanmıştır. Tanımlama aşamasında SIPOC ile süreç analiz edilmiş, analiz aşamasında kanban yöntemi kullanılarak ortalama stok miktarı hesaplanmıştır daha sonra stok miktarını arttıran faktörler balık kılçığı diyagramı ile analiz edilmiş ve gerekli önlemler alınmıştır. Bu önlemler ile birlikte işletme 22,4 milyon TL kar etmiştir.

Alper (2019)	Havacılık sektöründeki bir işletmede yalın altı sigma yöntemi uygulanmıştır. Yapılan ölçümler ile birlikte iyileştirmelerin abkant pres istasyonunda ve hidrform presinde yapılmasına karar verilmiştir. Parçaların bükümü için ürünler malzeme tipleri ve büküm yarıçaplarının baz alınarak yığıldığı bir sistem kullanıldı. Bu uygulama ile birlikte işletmenin aylık üretim kapasitesi %33,6 arttı.
Avunduk (2019)	1978'de kurulan içecek dolum tesisinde yalın altı sigma uygulaması yapılmış ve yıllık 150 bin TL net gelir elde edilmesi sağlanmıştır.
Yalçın ve Günday (2020)	Bankacılık sektöründe yapılan bir yalın altı sigma uygulaması sonucunda kart üretim ve teslimat süresi altı ay içerisinde 11 günden 9 güne düşürülmüştür.

Bu çalışma ile termofor üretimi yapan firmada yalın altı sigma projesi uygulanarak, proje temelli üretim yapan işletmelerde yalın altı sigma uygulaması örneği verilmesi yoluyla literatüre katkı sağlanacaktır.

6. UYGULAMA

Bu tez çalışmasının uygulaması İnpak Makine A.Ş’de termoform makinesi projesinin üretim süresinin kısaltılması ve mekanik montajın hatasız bir şekilde tamamlanması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde ve dünyada son dönemlerde ortaya çıkan salgın nedeniyle tek kullanımlık plastıklere rağbet artmıştır bu nedenle ülkemizde ve dünyadaki birçok müşteri satın almak istedikleri termoform makinalarının ivedilikle sevk edilmesini istemektedirler. Alınan makinelerin duraksamadan çalışması da yine yatırımcılar için oldukça önemli bir kriterdir. İşletme müşterilerinin bu talepleri doğrultusunda yalın altı sigma projesi yapılması gerektiğine karar vermiştir. Bu çalışmadaki yalın altı sigma proje uygulaması için 22 haftalık montaj süreçleri incelenmiş ve bu süreçler içerisinde toplanan veriler kullanılmıştır.

6.1. Genel Bilgiler

6.1.1. İşletme Hakkında Genel Bilgi

İşletme 2006 yılında İstanbul’da kurulmuştur ve kuruluşundan beri termoform makinesi üretmektedir. 6000 m²’lik üretim alanına sahiptir ve yaklaşık 80 çalışanı bulunmaktadır. Yıllık 50 makine üretme kapasitesinde olup günümüze kadar 350 makine üretilmiştir. İşletmenin makineleri 6 kıtada 42 ülkede bulunmaktadır. %80 gibi ciddi bir ihracat oranına sahip olan işletme Türkiye’de termoform üretiminde birinci sırada yer almaktadır ve dünya düzeyinde de kendini ispatlamış bir firmadır.

6.1.2. Termoform Makineleri ve Montaj Süreçleri

Termoform makinesi plastik levhaya ısı verilerek, formlama yöntemi ile şekil veren makinelere denir. Makinenin bobin açıcı olarak isimlendirilen bölümünde rulolar halinde bulunan plastik levha ısıtıcılara asenkron motor yardımı ile ulaştırılır. Isıtıcılarda plastik levhanın yapısı ve kalınlığına göre operatör tarafından belirlenen ısıyla levha incelik ve formlama olarak adlandırılan istasyonda şeklini alır, delme istasyonunda şekillenen plastiğe delik açılır ve kesim istasyonunda levha kesilir, dizme istasyonunda ise şeklini alan plastik dizilerek konveyöre aktarılır. Deşe olarak

adlandırılan plastik levhanın şekillenmeyen kısmı ise apak sarma istasyonunda toplanır. Farklı kalıp boyutlarına göre makinelerin ölçüleri değişir.

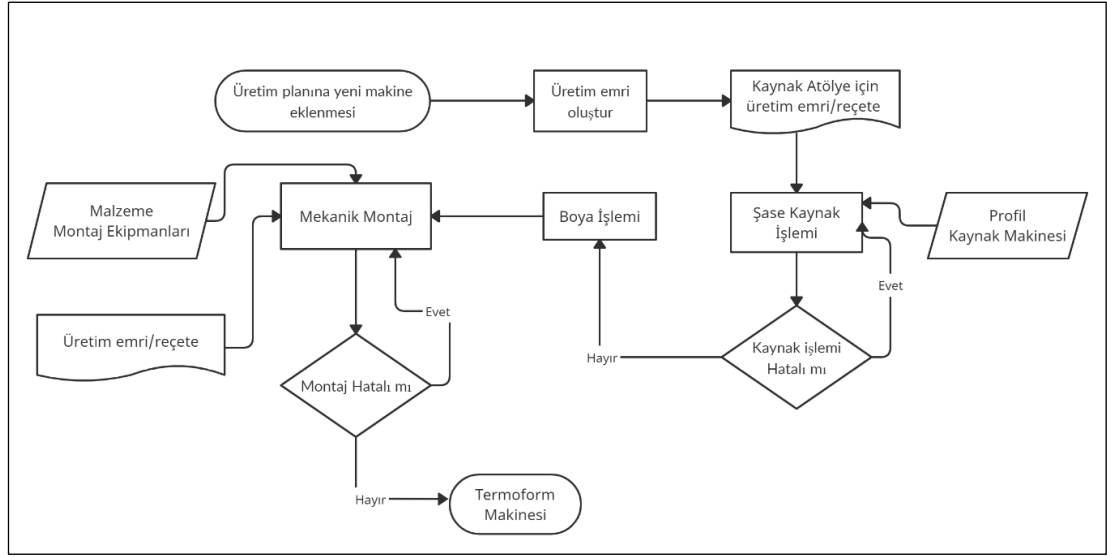


şekil 6.1: Termoform Makinesi

Makine montajının yapılabilmesi için önce makinenin şasisi kaynatılmalıdır bu işlem kaynak atölyede yapılır, makinenin konsolları ve milleri ise yine kaynak atölyede kaynak işlemi bittikten sonra monte edilir. Kaynak atölyedeki prosesler tamamlandıktan sonra makine boyahaneye forklift yardımı ile sevk edilir. Boya işlemi tamamlandıktan sonra makine montaj alanına sevk edilir.

Bir makinenin üretiminin yapılması için öncelikle kaynak atölyeye makinenin konfigürasyonu, kalıp ölçüleri ve formlama şeklinin belirtildiği üretim emri verilir ve kaynak atölyede üretim başlar. Kaynak atölyeden montaj alanına gelen makine içinse montaj ekibine üretim reçetesi verilir, reçete makinenin sevk tarihi, müşteri ismi ve yine özelliklerine yer verilir. Reçetede makinenin istasyon sayısına bağlı olarak yapılacak bütün işlemler bulunmaktadır. İşletmede mekanik montaj için iki ana ekip tarafından yapılır bu ekipler ise beş kişiden oluşmaktadır.

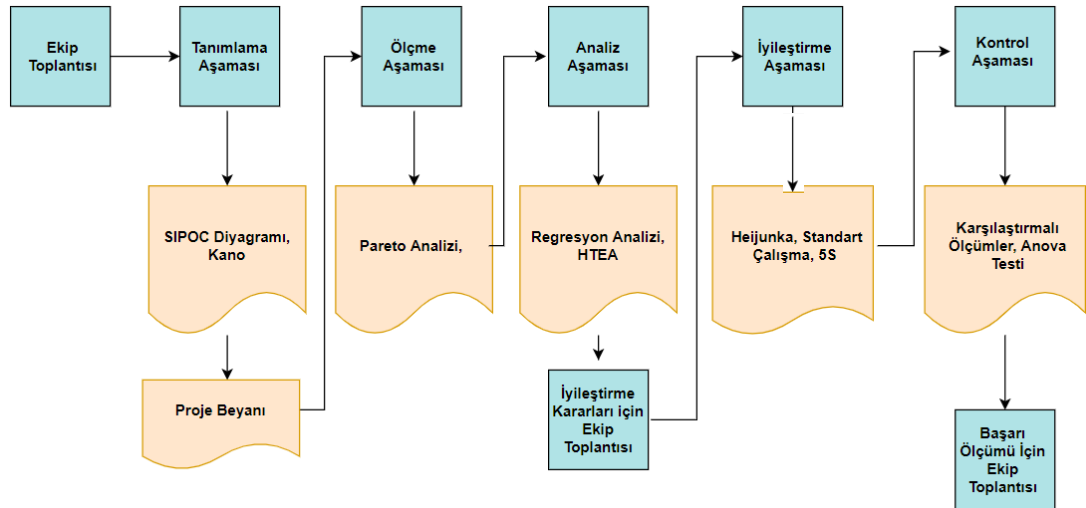
İşletmede montaj iki safhadan oluşmaktadır, bazı parçalar n montaj olarak adlandırılan alanda yarı mamul olarak toplanır ve depolanır, bazı parçalar ise makinenin üzerine direkt olarak bağlanır. Söz konusu süreç şekil 6.2’de gösterilmektedir.



Şekil 6.2: Süreç Akış Diyagramı

6.2. Yalın Altı Sigma Projesi Uygulaması

Yalın Altı Sigma Projesi altı adımdan oluşmaktadır bunlar sırası ile ekip toplantısı, tanımlama aşaması, ölçme aşaması, analiz aşaması, iyileştirme aşaması ve kontrol aşamasıdır. Bu çalışmada uygulanan proje adımları Şekil 6.3'te bulunmaktadır.



Şekil 6.3: Yalın Altı Sigma Projesi Uygulama Adımları

6.2.1. Ekip Toplantısı

Uygulamanın ilk aşamasında işletmede yalın altı sigma uygulamasında görev alacak kişileri seçmek için toplantı yapılmıştır. Projede görev almak isteyen kişiler ile

daha önce bu şekilde bir projede görev almış kişiler içerisinde seçim yapılarak Yalın Altı Sigma Ekibi oluşturulmuştur. Bu toplantıda ekibin ne sıklıkla toplanacağına, üst yönetim ile ne sıklıkta görüşüleceği konularında kararlar alınmış ve üst yönetime sunulmuştur.

İlgili görev içerisinde yer alacak kişilerin görev ve sorumlulukları, hangi kuşakta bulunduğu bu toplantıda belirlenmiş ve ekibe proje hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. Projede görev alacak kişiler ve bu kişilerin sorumlulukları Tablo 6.1’de bulunmaktadır.

Proje bazlı üretimlerde yalın altı sigma uygulamalarının ilk adımında, uygulama hakkında görüşmek ve projeye karar vermek amacıyla toplantı yapılır, uygulama yapılacak proje seçilmesi amaçlanmaktadır. İşletme içerisinde yalın altı sigma ekibinin kurulması ve görev ve sorumlulukların dağıtılması gerekmektedir.

Öncelikle projede görev alacak kişiler ve hangi kuşaklardan ekipte bulunacağına karar verilmelidir, ekip içerisinde bu konuda bilgisi olmayan kişilere eğitim verilebilir. Uygulama için dışarıdan danışman alınabilir veya işletme içerisindeki uzman kara kuşak projenin danışmanlığını yapabilir. Projenin danışmanı belirlendikten sonra ise uygulama yapılacak proje seçilmelidir.

Proje seçimi sırasında dikkat edilmesi gereken durumlar vardır (Pande, Neuman, & Cavanaugh 2018):

Uygun sayıda proje seçilmesi: Yapılacak çalışmanın etkin olması için çalışanların emek ve çabası gerekmektedir. Çok sayıda projenin aynı anda uygulanmaya çalışması ekibin dikkatini dağıtabilir. Bu nedenle uygun sayıda proje seçilmelidir.

Proje Kapsamının Doğru Saptanması: Projeye dahil olacak unsurlar belirlenmeli ve ekip ile paylaşılmalıdır. Birçok proje aşırı detaylı kapsamı olduğu için iptal edilmiştir ve iptal edilebilecek çalışmalar hem yönetim ekibinin hem de çalışanların motivasyonunu düşürür.

Hem Verimliliğe Hem de Müşteriye Faydaya Odaklanma: Yapılacak iyileştirmeler hem işletme içerisindeki verimliliği arttırmalı hem de müşteriye fayda sağlamalıdır. Kısa zaman içerisinde yüksek kar beklemek yerine uzun vadede kalıcı ve rekabet gücünü arttıracak çalışmalar yapılmalıdır.

Proje seçilirken proje sayısı ve projenin uygulanabilirliği, projenin başarıyla sonuçlanabilmesi için önemli kriterlerdir. Bu nedenle doğru projeyi seçmek için ekip üyeleri ile fikir alışverişi yapılır. Fikir alışverişi yapılırken ise müşteri, dış pazar, rakipler ve kaynaklar göz önüne alınarak karar verilir. Uygulama yapılacak projeye karar verildiğinde ise üst yönetimin onayı alınır.

Tablo 6.1: Yalın Altı Sigma Projesinde Görev Alan Kişiler, Görev ve Sorumlulukları

Ekip Üyesi	Görev ve Sorumluluklar
Hakan Özügurlu Uzman Kara Kuşak	Üst yönetime süreçler hakkında bilgi vermek, finansal konularda üst yönetimin onayını almak, süreç hakkında hazırlanan bütün raporları incelemek.
İsa Ünal Kara Kuşak	Gerekli durumlarda danışman firma ile görüşerek destek almak, altı sigma süreçlerinde mekanik montaj ile ilgili teknik destek vermek, mekanik montajı kontrol ederek hataları kaydetmek.
Ayşe Seçgin Ünal Yeşil Kuşak	Yalın altı sigma uygulaması sürecindeki bütün süreçleri kontrol etmek, kayıt etmek ve raporlamak, hazırlanan raporları Ar-Ge direktörü ve üst yönetime sunmak, süreçler içerisindeki analizleri yapmak ve kayıt altına almak.
Ömer Yüksel Yeşil Kuşak	Makinedeki mekanik montajı kontrol etmek ve kayıt altına almak.
Murat Ağır Yeşil Kuşak	İyileştirme aşamalarında lideri olduğu ekibe bilgiler vermek, alınan kararların ekip içerisinde uygulanmasını sağlamak ve kontrol etmek, süreç içerisinde yapılması talep edilen iyileştirmeleri bildirmek
Fatih Utaş Yeşil Kuşak	İyileştirme aşamalarında lideri olduğu ekibe bilgiler vermek, alınan kararların ekip içerisinde uygulanmasını sağlamak ve kontrol etmek, süreç içerisinde yapılması talep edilen iyileştirmeleri bildirmek

İşletme içerisinde projede yer alacak ancak yalın altı sigma konusunda bilgisi olmayan çalışanlara 4 haftalık eğitim verilmiştir ve eğitim süreci tamamlandıktan sonra projenin tanımlama aşamasına geçilmiştir. Projede yer alacak kişilere verilen eğitim müfredatı Tablo 6.2’de belirtilmiştir.

Tablo 6.2: Yalın Altı Sigma Eğitim Müfredatı

1. Hafta Müfredatı	2. Hafta Müfredatı	3. Hafta Müfredatı	4. Hafta Müfredatı	Katılımcılar
Yalın Üretim Nedir? Yalın Üretim Teknikleri Yalın Üretim Başarı Faktörleri Yalın Üretim Uygulama Örnekleri	Altı Sigma Nedir? Altı Sigma Kuşakları Altı Sigma DMAIC Modeli	Altı Sigma DMAIC Modeli Altı Sigma Başarı Faktörleri Altı Sigma Vizyonu	Altı Sigma Uygulama Örnekleri Pilot Proje	Hakan Özügürlü İsa Ünal Ayşe Seçgin Ünal Emrah Altın Halil Altun Murat Ağır Fatih Utaş Semih Cantürk

6.2.2. Tanımlama Aşaması

Tanımlama aşamasında öncelikli amaç problem hakkında bilgi edinebilmektir. Bu nedenle müşterilerin beklentilerini anlamak ve değerlendirmek için öncelikle müşterinin sesi analizinden yararlanılmıştır. Daha sonra müşterinin sesi analizinden elde edilen veriler ile Kano matrisi ile Kano şeması çizilmiştir. Bu işlemlerden sonra makine sevk tarihinin gecikmesine sebep olan sorunları tanımlamak ve incelemek amacıyla Balık kılçığı analizi yöntemi kullanılarak problem ve alt problemler tanımlanmıştır.

Tanımlama aşamasında problem ve alt problemler anlaşılmış ve bu bilgiler doğrultusunda proje için Proje beyanı oluşturulmuştur.

6.2.2.1. Müşterinin Sesi: Müşterinin sesi diyagramı oluşturabilmek için öncelikle seçilen 20 müşteriye yollanan anketler değerlendirilmiştir, en çok makineye sahip olan ve aktif olarak servis hizmeti alan müşteriler arasından seçilen 20 müşteriye gönderilen anket Tablo 6.3'te bulunmaktadır.

Müşterilerin verdikleri cevaplara göre Kano modeli matris tablosunun oluşturulması gerekmektedir. Kano modeli matris tablosu oluşturulurken ise her müşterinin olumlu ve olumsuz soruya verdiği cevabın kesişimine bakılır bu kesişimlere dikkat edilerek altı Kano kategorisinden biri olarak sınıflandırılır (Wang & Ji, 2010). Bu kategoriler aşağıdaki gibidir:

- Temel (M- Must Be)
- Beklenen (O One Dimensional)
- Heyecan Verici (A-Attractive)

- Sıradan (I-Indifferent)
- Zıt (R-Reverse)
- Şüpheli (Q-Questionable)

Tablo 6.3: Müşterinin Sesi Anket Soruları

No	Sorular	Hoşlanırım	Öyle Olmalı	Fark Etmez	Olmasa da Olur	Hoşlanmam
1	Sipariş edilen makinenin belirlenen sevk tarihinde teslim edilmesi sizi nasıl etkiler?					
	Sipariş edilen makinenin belirlenen sevk tarihinde teslim edilmemesi sizi nasıl etkiler?					
2	Makinedeki özel isteklerinizin montajının yapılması sizi nasıl etkiler?					
	Makinedeki özel isteklerinizin montajının yapılmaması sizi nasıl etkiler?					
3	İstenen her saatte servis ve yedek parça hizmetinin verilebilmesi sizi nasıl etkiler?					
	İstenen her saatte servis ve yedek parça hizmetinin verilememesi sizi nasıl etkiler?					
4	Makine geliştirmek için yapılan yeniliklerin makinenize eklenmesi sizi nasıl etkiler?					
	Makine geliştirmek için yapılan yeniliklerin makinenize eklenmemesi sizi nasıl etkiler?					
5	Makinenin hatasız teslim edilmesi sizi nasıl etkiler?					
	Makinenin hatalı teslim edilmesi sizi nasıl etkiler?					
6	Makinenizin uzun ömürlü olması sizi nasıl etkiler?					
	Makinenizin ömrünün kısa olması sizi nasıl etkiler?					
7	Makinenizde duraksamalar olmaması sizi nasıl etkiler					
	Makinenizde duraksamalar olması sizi nasıl etkiler?					

Müşterilerin anketlerde verdiği cevaplar incelenerek Kano Modeli Değerlendirme Matrisi oluşturulur, olumlu sorulara ve olumsuz sorulara verdiği cevaplar dikkate alınarak kategorize edilir, cevapların hangi kategoriye yerleştirileceği ise Tablo 6.4'te bulunmaktadır.

Tablo 6.4: Kano Modeli Matris Tablosu

Müşteri Gereksinimleri		Olumsuz Soruya Verilen Cevap				
		Hoşlanırım	Öyle Olmalı	Fark Etmez	Olmasada Olur	Hoşlanmam
Olumlu Soruya Verilen Cevap	Hoşlanırım	Q	A	A	A	O
	Öyle Olmalı	R	I	I	I	M
	Fark Etmez	R	I	I	I	M
	Olmasa da Olur	R	I	I	I	M
	Hoşlanmam	R	R	R	R	Q

Kaynak: Gültaş & Yücel (2019)

Tablo 6.4'te bulunan bilgilerden yararlanarak hazırlanan Kano Modeli Değerlendirme Matrisi Tablo 6.5'te bulunmaktadır:

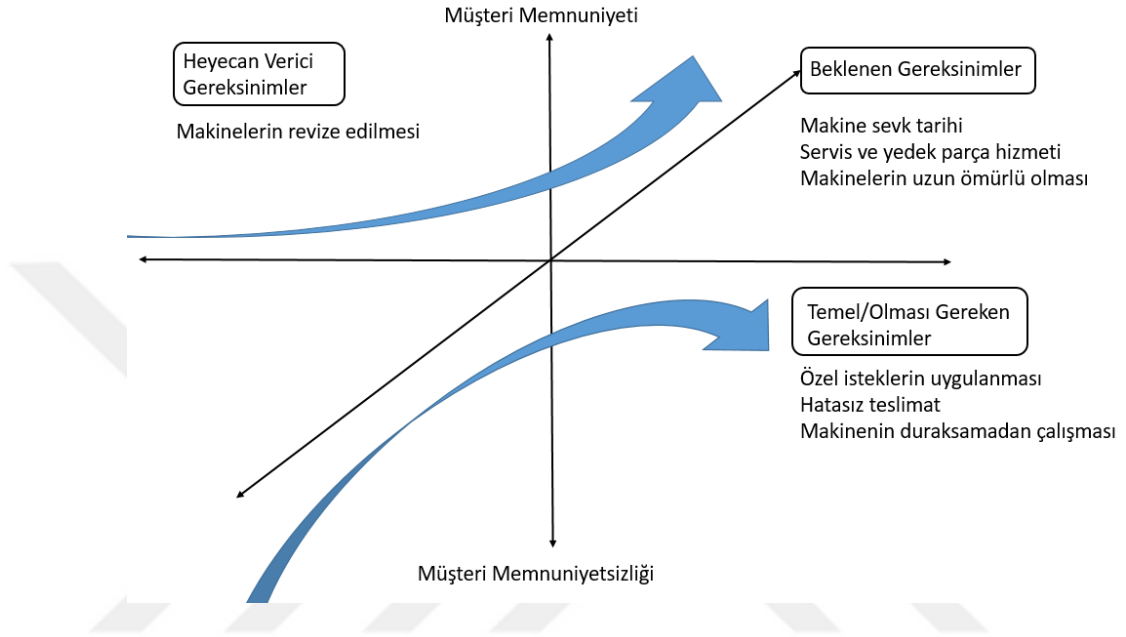
Tablo 6.5: Kano Modeli Değerlendirme Matrisi

<i>Müşterilere sorulan soruların kategorileri</i>	M	O	A	I	R	Q	K
Makinelerin sevk tarihi	0	16	2	0	0	0	O
Özel isteklerin montajı	9	4	3	4	0	0	M
Servis ve yedek parça hizmeti	0	15	5	0	0	0	O
Makinedeki revizyonlar	7	0	11	2	0	0	A
Hatasız teslimat	18	0	0	2	0	0	M
Makine ömrü	5	12	3	0	0	0	O
Makinedeki duraksamalar	19	1	0	0	0	0	M
O:Beklenen, M:Temel, A:Heyecan Verici, I:Sıradan, R: Zıt, Q Şüpheli							

Değerlendirme matrisi kontrol edildiğinde makinelerin sevk tarihi, servis ile yedek parça hizmeti ve makine ömrü beklenen ihtiyaçlar kategorisinde yer almıştır. Bu ihtiyaçlar müşteri memnuniyetinin artmasına yardımcı olan ihtiyaçlardır.

Müşterilerin özel isteklerinin montajının yapılması, hatasız teslimat ve makinenin duraksamadan çalışması temel ihtiyaçlar kategorisinde yer almıştır. Bu kategorideki olgular ise müşteri memnuniyeti üzerinde çok fazla etkisi yoktur. Fakat bu olguları barındırmayan ürünler müşterilerde memnuniyetsizliğe neden olur.

Makinelerin revize edilmesi ise heyecan verici gereksinimler kategorisinde yer almıştır. Bu revizyonların müşterilerde uygulanması müşteri memnuniyetinde ciddi etkiye sahiptir. Bu bilgilerden faydalanarak oluşturulan Kano Şeması ise Şekil 6.4'te verilmiştir.

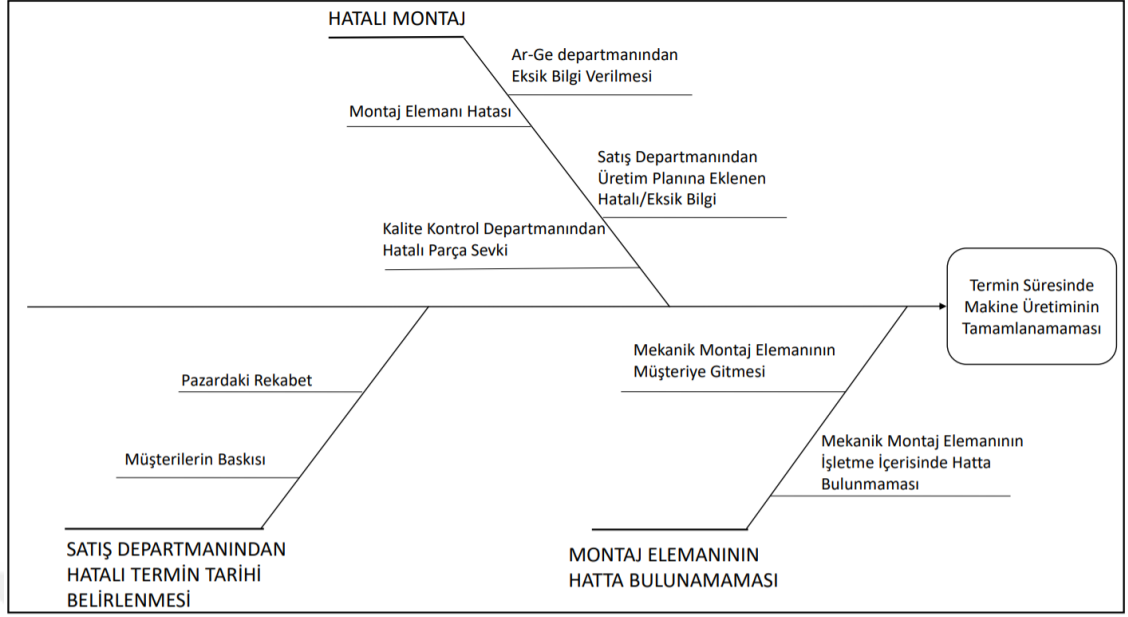


Şekil 6.4: Kano Şeması

Şekil 6.4'te bulunan Kano şeması incelendiğinde makine sevk tarihinin beklenen gereksinimlerde bulunduğu gözlemlenmiştir, makinelerin sevk tarihinde teslim edilememesi sorununu incelemek amacıyla Şekil 6.5'te bulunan balık kılçığı diyagramı çizilmiştir.

6.2.2.2. Hataların Tanımlanması: Montaj hatları incelendikten sonra ise işletmedeki termin süresinde makine üretiminin tamamlanamama nedenlerini incelemek amacıyla balık kılçığı diyagramı oluşturulmuştur. Şekil 6.5'te bulunan balık kılçığı diyagramı kontrol edildiğinde makinenin sevk tarihinde üretiminin tamamlanamamasının üç ana nedeni olduğu görülmektedir.

Şekil 6.5'te verilen termin süresinde makine üretiminin tamamlanamaması sonucu makine sevk tarihinin gecikmesine sebep olan problemler sırası ile incelenmiştir.



Şekil.6.5: Makine Sevk Tarihi Gecikmesi İçin Balık Kılçığı Diyagramı

1. Hatalı Montaj: Hatalı montaj işletmede kalitesizliğe neden olan ve montaj elemanlarının verimsizliğini düşüren bir problemdir. Bununla birlikte üst yönetimin işletme içerisinde karşılaşmak istemediği bir sorundur. Makededeki bütün aksamalar doğru şekilde takılmalı ve bütün cıvatalar doğru tork değeriinde sıkılmalıdır. Hatalı montajın alt nedenleri sırası ile montaj elemanı hatası, Ar-Ge departmanından makine konfigürasyonları ve montaj şekillerine dair eksik bilgi verilmesi veya herhangi bir revizyonda yanlış bir bilgi vermesi, kalite kontrol departmanından hatalı parçaların sevk edilmesi ve satış departmanından üretim planına hatalı veya eksik bilgi girilmesidir. Bu problemler montaj hattında hatalı bir montaj yapılmasına sebep olmaktadır ve bu hata düzeltilse bile üretimde zaman kaybına neden olmaktadır. Makinelerin hatasız sevk edilmesi Şekil 6.4’te bulunan Kano Modelinde temel/olması gereken gereksinimlerde yani müşterilerin Temel beklentileri içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle makinelerin hatasız teslim edilmesi işletme açısından çok önemli bir niteliğe sahiptir. Çalışma kapsamında hatalı montajın azaltılması ve mümkünse ortadan kaldırılması gerekmektedir.

2. Satış Departmanının Hatalı Termin Tarihi Belirlemesi: Bir müşteri yeni bir makine talep ettiğinde işletmenin ortalama termini 10-12 haftadır, fakat müşterinin acele etmesi durumunda satış departmanı müşteriye üretim departmanından onay almadan gerçekçi olmayan tarihlerde sevk için onay vermekte ve bu durumlarda fazla

mesai yapılmasına rağmen termin tarihinde makine üretimi tamamlanamamaktadır. Fakat satış departmanının müşteriye aksi şekilde davranması da makine satışının iptal edilmesine ya da müşterinin mutsuz olmasına neden olabilir bu nedenle üst yönetim bu konunun incelenmesi ya da müşterilerin reddedilmesini kabul etmemektedir.

3. Montaj Elemanlarının Hatta Bulunamaması: Montaj elemanlarının hatta bulunamamasının iki ana nedeni bulunmaktadır, bunlardan birisi müşterilere verilen mekanik servislerdir. İşletmenin 350 makinesi bulunmaktadır, bu makinelerin bakım-onarım için özel bir ekibi olmamasından dolayı müşterilerin servis veya onarım taleplerinde montaj hattında çalışan montaj elemanlarının hattan ayrılarak servise gitmesi gerekmektedir. Bu servislerin yoğunluğu ise montaj hattındaki elemanların mesai sürelerini makine üretimi yerine müşteride geçirmelerine sebep olmaktadır. Şekil 6.4'te bulunan Kano şeması incelendiğinde ise servis ve yedek parça hizmetlerinin Beklenen/ Olması gereken ihtiyaçlar içerisinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu sürecin azaltılması konusunda titizlikle çalışılmalı ve müşterilerin ihtiyaçlarını gözeterek yapılmalıdır. Uzun süreli servisler makinenin üretim süresinin azalmasına sebep olsa da müşteriler için bir ihtiyaçtır. Bu nedenle bu süreç ile ilgili alınacak önlemlerin bu olgu unutulmadan yapılması oldukça önemlidir. İkinci neden ise işletme içerisinde montaj elemanlarının hattan ayrılmasıdır. Bunun başlıca sebepleri ise montaj elemanının depo alanına gidip malzeme almak için hattan ayrılması ve stoktaki eksik malzemeler nedeniyle hattan ayrılmasıdır. Montaj elemanlarının bu nedenler ile hattan ayrılması da makine üretim süresine etki etmekte ve montaj süresinin uzamasına neden olmaktadır. Montaj elemanlarının hattan ayrılması işletme için çözüme kavuşturulması gereken bir problemdir.

6.2.2.3. Proje Beyanı: İncelenen balık kılçığı diyagramı ile işletme içerisinde incelenmesi gereken, iyileştirme yapılması gereken süreçler ana hatları ile belli olmuştur. Bu nedenler, hatalı montaj, satış departmanının hatalı bilgi vermesi ve montaj elemanının hattan ayrılmasıdır. Bu bilgiler ile Tablo 6.6'da bulunan proje beyanı oluşturulmuştur.

Proje beyanında proje ile ilgili genel bilgiler, problem, projedeki amaçlar, süreç sahibi, hedeflenen proje bitiş tarihi ve proje sponsor hakkında bilgiler bulunmaktadır.

Tablo 6.6: Proje Beyanı

PROJE BEYANI			
Proje Adı:	Üretim süresinin kısaltılması ile montaj hatalarını azaltma çalışması		Etkilenen Ürünler:
			Termoform Makinesi
Sponsor:	Rıdvan İnan	Süreç Sahibi:	Ayşe Seçgin Ünal
Proje Başlangıç Tarihi:	27.07.2020	Hedeflenen Proje Bitirme Tarihi:	10.01.2021
Proje Detayları			
Proje Tanımı:	Termoform makinesi üretim süresini kısaltmak ve hataları minimize etmek		
Problem:	Makinelerin ortalama üretim süresinin 8-10 hafta olması ve bu durumun yeni makine alacak işletmeler tarafından hoş karşılanmaması, makinelerin termin tarihine yetiştirilememesi ve makinelerin hatalı montaj ile sevk edilmesi		
Proje Amacı:	Termoform makinelerinin üretim sürelerinin %20 azaltmak ve montaj kalitesinin sigma seviyesini % 25 yükseltmek		
Kaynak	İşletme sponsorunun finansal desteği		
Toplantı Planları	Altı sigma ekibi her Cuma 17.00'de toplantı yapacaktır		
	Üst yönetim ile toplantı 15 gün aralıklar ile yapılmalıdır		

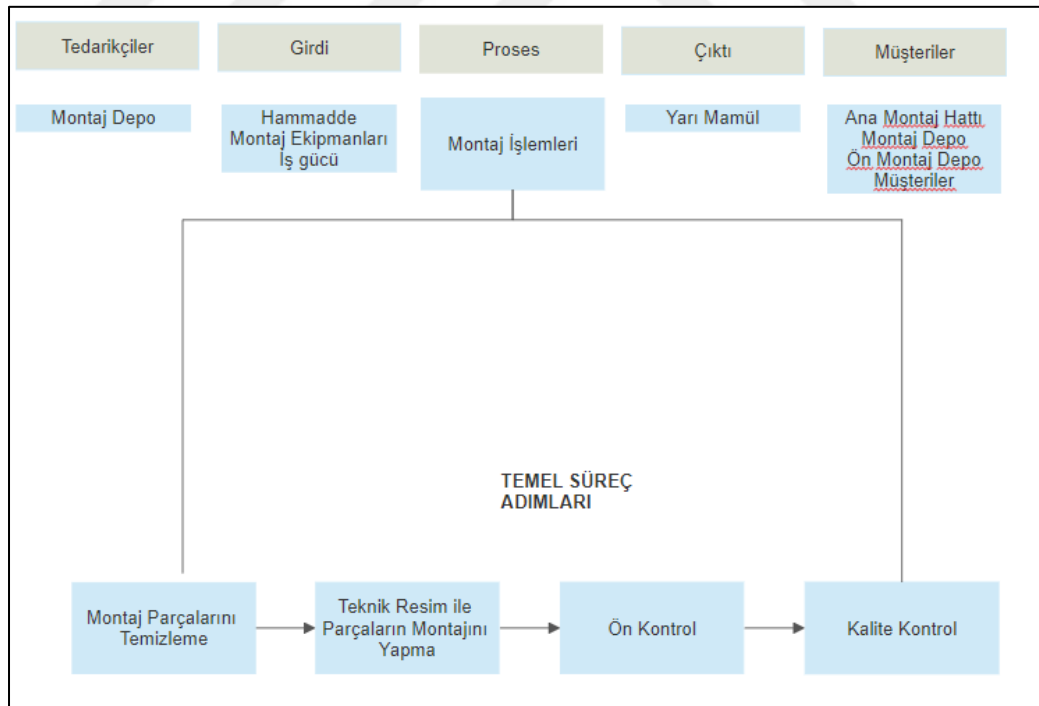
6.2.3. Ölçme Aşaması

Tanımlama aşamasında Şekil 6.5'te bulunan balık kılçığı diyagramında termin süresinde makinelerin sevk edilmesi sebepleri hatalı montaj, satış departmanından hatalı termin tarihi belirlenmesi ve montaj elemanlarının hatta bulunamaması olarak belirlenmiştir. Ölçme aşamasında ise bu süreçler incelenecek ve gerekli ölçümler yapılacaktır. Ölçme aşamasında hatalı montaj ve montaj elemanlarının hatta bulunamaması durumları incelenecektir. Yalın Altı Sigma ekibinde satış departmanından hiç kimsenin bulunmaması ve üst yönetimin öncelikle üretim sürelerinin ölçülmesini istemesi de satış departmanı ile ilgili süreçlerin ölçülmemesine neden olmuştur.

Öncelikle hangi süreçlerin ölçüleceğine karar verilmelidir. Ölçümü yapılacak süreçlerin ölçülebilirliği oldukça önemli bir kriterdir. Bu aşamada öncelikle ekip toplanır ve proje amacı doğrultusunda bir karar verilir. Yapılan toplantı sonucunda alınan kararlar aşağıdaki gibidir:

- Hatalı montajları gözlemek amacıyla üretimi yapılacak olan makineler kontrol edilerek hatalarının ölçülmesine karar verilmiştir.
- Mekanik montajda görev alan kişilerin mesailerinde hangi görevlerde yer aldıkları incelenmesine karar verilmiştir. Mesai sürelerindeki ölçüm ile işletme içerisinde hem de müşteriye gidilmesi gibi nedenlerden montaj elemanlarının hatta bulunamaması süreçlerinin ölçülmesi hedeflenmektedir.

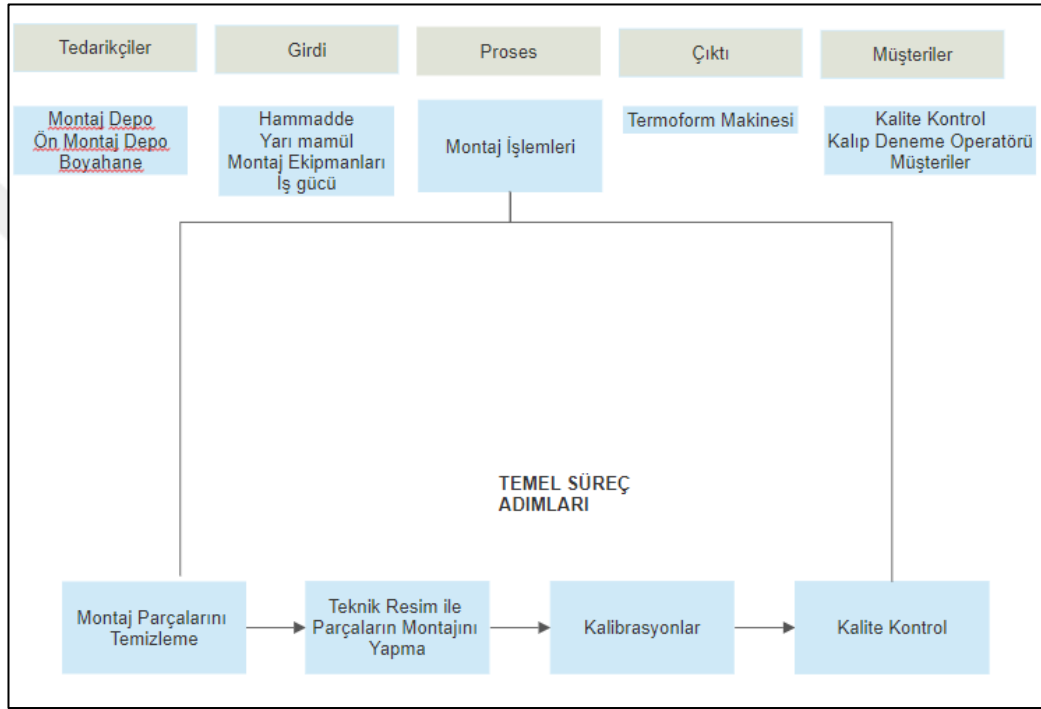
1. Montaj Hatalarının Ölçülmesi: Bu aşamada işletmedeki süreçleri incelemek ve şematize etmek amacıyla SIPOC diyagramı kullanılmıştır. İşletme içerisinde hem ön montaj hem de ana montaj hattı için Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de bulunan SIPOC diyagramları oluşturularak iki montaj hattı da incelenmiştir. SIPOC Diyagramı Smartdraw programı kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 6.6: Ön Montaj Hattı SIPOC Diyagramı

Ön montaj hattına üretim mühendisi tarafından üretilmesi gereken parçaların bilgisi verilir ve depodan gerekli malzemeler ön montaj hattına alınır, gerekli ekipmanlar ile depoda bulunan hammaddeler kullanılarak montaj işlemine başlanır.

Depolanma alanında parçalar yağlı veya tozlu olabileceğinden öncelikle mutlaka parçaların temizlenmesi gerekmektedir, parçalar daha sonra ilgili montaj resmi kullanılarak monte edilir, montajı yapılan parçalar önce ön kontrolden geçer daha sonra kalite kontrol departmanı tarafından kontrol edilerek ön montaj depoya, ana montaj hattına ya da montaj depoya sevk edilir. Bunun dışında bazı yedek parçaları müşteriler montajı yapılmış şekilde satın almak isterler bu durumda ise montajı yapılan parçalar direkt olarak müşteriye sevk edilir.



Şekil 6.7: Ana Montaj Hattı SIPOC Diyagramı

Ana montaj hattı SIPOC diyagramı incelendiğinde öncelikle boyahanede boya işlemleri tamamlanan şasi montaj hattına alınır, montaj depo ve ön montaj depodan gerekli malzemeler alınarak gerekli ekipmanlar yardımı ile montaj işlemlerine başlanır. Depolanma alanında parçalar yağlı veya tozlu olabileceğinden öncelikle mutlaka parçaların temizlenmesi gerekmektedir, parçalar daha sonra ilgili montaj resmi kullanılarak monte edilir, montajı tamamlanan makinenin kalibrasyonları yapılır ve daha sonra kalite kontrol departmanı tarafından kontrol edilir. Kalite kontrol departmanı gerekli kontrolleri yaptıktan sonra kalıp operatörü stokta bulunan kalıplar ya da müşterinin gönderdiği kalıplar ile denemeler yapar. Kalite kontrol ve kalıp operatörünün onayı ile makine müşterilere sevk edilir.

Montaj süreçlerine dair ölçümler yaklaşık 22 hafta sürmüştür. Süreç üretim mühendisinin gün içerisinde yapılan bütün montaj işlemlerini kayıt ederek kalite kontrol departmanına aktarması ve ertesi sabah teknik müdür ile kalite kontrol sorumlusunun yapılan işlerin listesini alarak kontrol etmesi şeklinde devam etmektedir. Montaj hataları ve nedenlerinin incelemesi Tablo 6.7’de bulunmaktadır.

Tablo 6.7: Montaj Hataları Tablosu

Makine Seri No	Model	Toplam Montaj Sayısı	Karşılaşılan Montaj Hataları	Hatalı Montaj Sayısı	Montaj Hata Nedeni
2021	TS-800/3	1490	Bobin açma hatalı montajı	40	Operatör Hatası
			Kalıp üst kovanların hatalı montajı	3	Operatör Hatası
			Isı İzolasyon paneli hatalı montajı	2	Operatör Hatası
			Manifold hatalı montajı	4	Satış departmanının eksik bilgi vermesi
2023	TS-800/4	1596	Kalıp kelepçe civatasının hatalı montajı	4	Operatör Hatası
			Magazin çerçeve ve pot çemberi hatalı montajı	3	Operatör Hatası
			Ocak bayrağının ayar hatası	2	Operatör Hatası
			Ocak lamaları hatalı montajı	2	Operatör Hatası
			Isı izolasyon panelinin hatalı montajı	2	Satış departmanının eksik bilgi vermesi
			Çapak sarma buton direğinin hatalı montajı	4	Kalite kontrol departmanı hatası
2028	TS-800/3	1490	Bobin açma kolları hatalı montajı	6	Operatör Hatası
			Çapak sarma valf hatalı montajı	5	Ar-Ge departmanından eksik bilgi
			Ocak hatalı montajı	18	Operatör Hatası
			Bobin açma çekici grubu hatalı montajı	42	Satış departmanının eksik bilgi vermesi
			Ocak etekleri hatalı montajı	5	Operatör Hatası
			Dizici valfi hatalı montajı	8	Satış departmanının eksik bilgi vermesi
2024	TS-800/4	1596	Kalıp krank hatalı montajı	6	Ar-Ge departmanından eksik bilgi
			Kesim ısıtma soğutma plakası hatalı montajı	14	Kalite kontrol departmanı hatası
			Ocak üfleme hatalı montajı	3	Operatör Hatası
			Hidrolik grubu hatalı montajı	6	Operatör Hatası
2031	TS-1000/3	1513	Manifold ayaklarının yanlış montajı	2	Operatör Hatası
			Ön ısıtma montajı hatası	20	Satış departmanının eksik bilgi vermesi
			Hidrolik rakorların hatalı montajı	8	Kalite kontrol departmanı hatası
			Kalıp boru kelepçesi hatalı montajı	13	Kalite kontrol departmanı hatası
2029	TS-800/3	1490	Krank kollarının hatalı montajı	12	Ar-Ge departmanından eksik bilgi
			Kalıp boru kelepçesi hatalı montajı	13	Kalite kontrol departmanı hatası
			Hidrolik rakorların hatalı montajı	8	Kalite kontrol departmanı hatası
			Kesim destek silindirleri hatalı parça montajı	4	Ar-Ge departmanından eksik bilgi
Toplam Montaj= 9175			Hatalı Montaj= 259		

Kontrol edilen makinelerde toplam 259 kusurlu montaja rastlanmış ve toplam montaj sayısı ise 6089’dur.

$$DMPO = \frac{1000000 \times \text{Hatalı Üretim Sayısı}}{\text{Üretim Sayısı}} \quad (1)$$

Formülde ilgili sayılar hesaplandığında ise bir milyon montajdaki kusur sayısı (DPMO) değeri (1) nolu formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$DPMO = \frac{1000000 \times 259}{9175} = 28288,8$$

Kusur sayısı 28228,8 olarak hesaplanmıştır Tablo 3.1’de bulunan değerler kontrol edildiğinde bu değer 3,4 sigma seviyesine eşit olduğu görülmektedir. Bu değer işletmenin isteklerinin altındadır. Proje hedefi doğrultusunda sigma seviyesinin yükseltilmesi hedeflenmektedir.

Sigma değerlerinin çalışma haftaları için hesaplanmış değerleri ise Tablo 6.8’de yer almaktadır. Bu tabloda görüldüğü üzere gerçekleşen en iyi sigma seviyesi 3,8 olduğu ve en düşük sigma seviyesinin 3,3 olduğu gözlemlenmiştir ve iyileştirme ihtiyacı belirgin olarak görülmektedir. Bu bilgiler toplandıktan sonra üst yönetime bildirilmiş ve bu değerler üst yönetim tarafından olumlu karşılanmamıştır. Sigma seviyesinin düşmesine neden olan alt süreçlerin incelenmesi ve bu konuda önlemler alınması gerektiği Yalın Altı Sigma Ekibine üst yönetim tarafından bildirilmiştir.

Sigma seviyesi hesaplandıktan sonra üretim hattındaki hata nedenlerini gözlemlemek amacıyla Pareto Analizi yöntemine başvurulmuştur. Öncelikle Tablo 6.6’da bulunan hatalar ve nedenleri toplanarak pareto analizi için bütünleşik veriler oluşturulmuştur (Tablo 6.9). Şekil 6.8’de pareto analizi grafik olarak gösterilmektedir.

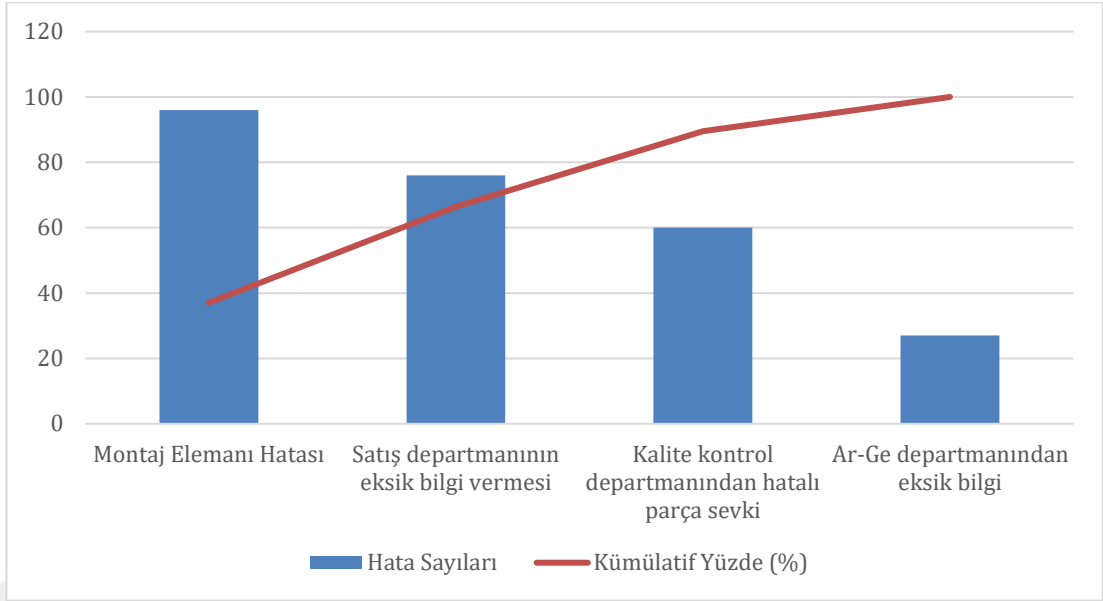
Tablo 6.8: Çalışma Haftalarına Göre Sigma Seviyesi Değerleri

<i>Haftalar</i>	<i>Montaj Sayısı</i>	<i>Hata Sayısı</i>	<i>DPMO</i>	<i>Sigma Seviyesi</i>
1	401	9	22443,89	3,6
2	403	14	34739,45	3,3
3	412	10	24271,84	3,6
4	414	13	31400,97	3,4
5	421	7	16627,08	3,7
6	401	12	29925,19	3,4
7	415	13	31325,30	3,4
8	412	9	21844,66	3,6
9	413	10	24213,08	3,5
10	404	9	22277,23	3,5
11	424	11	25943,40	3,5
12	421	9	21377,67	3,6
13	401	12	29925,19	3,3
14	410	8	19512,20	3,6
15	427	15	35128,81	3,3
16	405	11	27160,49	3,5
17	420	12	28571,43	3,5
18	441	18	40816,33	3,3
19	432	17	39351,85	3,3
20	428	14	32710,28	3,4
21	446	14	31390,13	3,4
22	425	12	28235,29	3,5

Tablo 6.9: Montaj Hata Nedenleri ve Adetleri Tablosu

<i>Hata Nedenleri</i>	<i>Hata Sayıları</i>	<i>Kümülatif Yüzde (%)</i>
Montaj Elemanı Hatası	96	37
Satış departmanının eksik bilgi vermesi	76	66
Kalite kontrol departmanından hatalı parça sevki	60	90
Ar-Ge departmanından eksik bilgi	27	100
Toplam	259	100

Tablo 6.9’da bulunan değerler kullanılarak çizilen Pareto şeması ise aşağıdaki gibidir:



Şekil 6.8: Montaj Hataları için Pareto Analizi Grafiği

Pareto analizi montaj hatalarının alt nedenleri incelenmiştir ve hataların büyük bir bölümünün operatör hatalarından kaynaklandığı görülmektedir. Daha sonra satış departmanının hataları yer almaktadır, Kalite kontrol departmanının hataları ise üçüncü sırada yer almaktadır. Son sırada ise Ar-Ge departmanının eksik bilgi vermesinden kaynaklanan hatalar yer almaktadır.

Montajı yapan montaj elemanı ve satış departmanının hataları pareto analizinde % 66 oranına denk gelmektedir, bu hataların azaltılması, mümkünse süreçten tamamen kaldırılması gerekmektedir.

2. Montaj Elemanlarının Mesai Süreçlerinin Ölçümü: Bu adımda öncelikle bir makine için ortalama üretim süresi hesaplanmıştır, bu hesaplama yapılırken hataların kontrol edildiği 6 makinenin üretim süreçleri ve gerçekleşen süre hesaplanmıştır. Bir makine için ortalama üretim süresi 6-7 hafta olarak hesaplanmıştır. Makine üretim süreleri Tablo 6.10'da bulunmaktadır.

Toplam üretim süresi içinde en fazla zaman montaj adımıyla geçmektedir. Bu bağlamda montaj süreleri daha ayrıntılı olarak ölçülmüştür. Montaj hattındaki günlük çalışma ölçümü üretim mühendisi tarafından kayıt edilmiştir. Gün içerisinde yapılan bütün işler 22 hafta süre ile listelenmiştir, bu işlerin kaydı ve kontrolü ile işletme içerisinde verimsizlik yaratan aktivitelerin saptanması ve ortadan kaldırılması ve bu

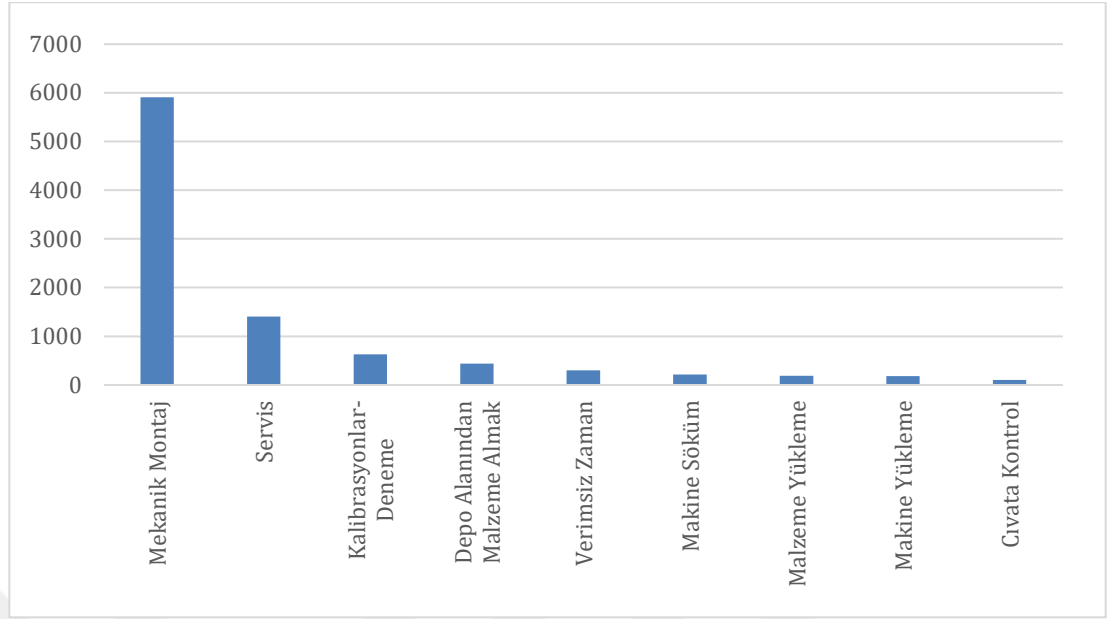
sayede montaj süresinin azaltılması amaçlanmaktadır. Ölçümler tamamlandıktan sonra yapılan işlerin ayrıntılı incelemesi Tablo 6.11’de bulunmaktadır.

Tablo 6.10: Makine Üretim Süreleri Tablosu

<i>Makine Seri No</i>	<i>Makine Tipi</i>	<i>Kaynak Süresi</i>	<i>Boya Süresi</i>	<i>Montaj Süresi</i>	<i>Toplam Süre</i>
2021	TS-800/3	1 Hafta	1 Hafta	4 hafta	6 hafta
2023	TS-800/4	1 Hafta	1 Hafta	5 hafta	7 hafta
2028	TS-800/3	1 Hafta	1 Hafta	4 hafta	6 hafta
2024	TS-800/4	1 Hafta	1 Hafta	5 hafta	7 hafta
2031	TS-800/4	1 Hafta	1 Hafta	5 hafta	7 hafta
2029	TS-800/3	1 Hafta	1 Hafta	4 hafta	6 hafta

Tablo 6.11: Montaj Hattı Elemanları Çalışma Analizi Tablosu

<i>Montaj Elemanı</i>	<i>Toplam Çalışma Saati</i>	<i>Servis</i>	<i>Kalibrasyonlar-Deneme</i>	<i>Mekanik Montaj</i>	<i>Makine Söküm</i>	<i>Makine Yükleme</i>	<i>Depo Alanından Malzeme Almak</i>	<i>Malzeme Yükleme</i>	<i>Cıvata Kontrol</i>	<i>Verimsiz Zaman</i>
1	775,5	209,5		457	20		47		10	32
2	949,0	144,0	574	67	36	40	21	24	19	24
3	901,5	204,5		589	24	20	32		12	20
4	749,0	25,5		672			34			17,5
5	878,0	172,0		548	24	25	38	32	12	27
6	912,5	183,5	57	578		15	41			38
7	898,0	214,0		517	36	25	46	31	12	17
8	818,0	32,0		682			68			36
9	901,0	123,0		591	32	30	36	49	12	28
10	778,0	79,5		536	18	30	29	51	12	22,5
11	811,0	19,0		671	27		45		12	37
Toplam=	9371,5	1406,5	631	5908	217	185	437	187	101	299
Yüzde (%)		15,01	6,73	63,04	2,32	1,97	4,66	2,00	1,08	3,19



Şekil 6.9: Montaj Hattı Elemanları Çalışma Analizi Grafiği

Şekil 6.9’da bulunan grafikte montaj hattı elemanlarının her bir görevi için detaylı analiz sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

- 1. Mekanik Montaj:** Makinelerin montajı için harcanan süreyi ifade etmektedir. 22 haftalık süre içerisinde toplam 5908 adam.saat çalışma ile 6 makine montajı tamamlanmıştır. Ortalama bir makine için gerekli olan mekanik montaj saati 984,6 adam.saat’tir.
- 2. Servis:** Müşterilerin talebi doğrultusunda mevcut makineler için verilen servis süresidir. 22 haftalık süre içerisinde toplam 1406,5 adam.saat servis verilmiştir ve bu değer iki makinelik üretim süresine yakındır.
- 3. Kalibrasyonlar-Deneme:** Mekanik montaj tamamlandıktan sonra, makinenin kalibre edilmesi ve kalıpların monte edilerek denenmesi gerekir. Bu süreç ile kalıp operatörü ilgilenmektedir. Müşterilerimize yalnızca makine alırken değil, yeni kalıp denemek istediklerinde sevk etmeleri durumunda da destek olduğumuz için 631 adam.saat süresi normal bir değerdir.
- 4. Depo Alanından Malzeme Almak:** Bu süreçte mekanik montaj için depolanma alanından malzeme alınması işlemleri yapılmaktadır, Bu süre toplam 437 adam.saat olarak hesaplanmıştır ve montaj elemanları depodan malzeme almak için hattan ayrıldığı verimsiz bir zaman dilimidir, bu sürecin azaltılması, mümkünse kaldırılması gerekmektedir.

5. Verimsiz Zaman: Bu süreç işletmede geçirilen verimsiz zamandır, montaj için gerekli malzemelerin eksik olması, stokta bulunmaması gibi nedenler montajda verimsiz zamanlara neden olmaktadır ve montaj elemanlarının hattan ayrılmasına neden olmaktadır. 22 haftalık süreç içerisinde toplam 299 adam.saat verimsiz zaman olduğu gözlemlenmiştir. Bu süreç işletme için kayıp bir zamandır, bu sürecin azaltılması, mümkünse süreçten kaldırılması gerekmektedir.

6. Makine Yükleme: Makine yaklaşık 13-16 ton arasında değiştiği için yükleme için özel tır, aparatlar, vinç ve bir sürü ekipman gereklidir. Bu nedenle yükleme işlemleri uzun sürmektedir. Ancak yükleme işlemi hayati bir öneme sahiptir. Yükleme sırasında makinenin doğru sabitlenmemesi durumunda makine kayabilir ve zarar görebilir. Bu nedenle 185 adam.saat normal bir değerdir.

7. Makine Sökümü: Makinenin sevk edilmesi için bazı parçaların sökülmesi ve paketlenmesi gerekmektedir. Söküm işlemi de yine makinenin sevk için oldukça önemlidir. Bu nedenle 217 adam.saat normal bir değerdir.

8. Malzeme Yükleme: İşletme içerisinde, tedarikçilerden gelen malzemelerin araca yüklenmesi ve indirilmesi zaman almaktadır, bu nedenle depo elemanlarına yardım etmek amacıyla montaj alanında bulunan kişilerden destek alınmaktadır. Yükleme için 187 adam.saat süre harcanmıştır. Bu değer normal bir değerdir.

9. Cıvata Kontrol: Makineler sevk edilmeden önce bütün cıvatalar kontrol edilmelidir. Hata bulunduğu anda ise kalite kontrole bilgi verilmelidir. Cıvataların gevşek olması ileride makinede bir hasara neden olabileceği için oldukça önemli bir süreçtir. 101 adam.saat normal bir değer olarak kabul edilir.

Yapılan ölçümler kontrol edildiğinde montaj elemanlarının 1406,5 adam.saat süre ile servis verdiğini yani hatta bulunamadıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca depo alanında geçirilen süre ile verimsiz zamanda da montaj elemanları hattan ayrılmaktadır. Bu süreçler montaj elemanlarının mesailerinin yaklaşık %23'ünü montaj hattından uzakta geçirdiklerini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda analiz aşamasında bu kayıplara sebep olan süreçlerde iyileştirme gereklilikleri ve uygun alt süreçlerin analiz edilmesine karar verilmiştir.

Süreçlerin ölçümü yapıldıktan sonra bu süreçlerde işletme içerisinde montaj elemanlarının hattan ayrılmalarının işletmeye olan maliyeti hesaplanmıştır. Bu hesaplama içerisinde müşterilere giden servis elemanlarının saatleri hesaplanmamıştır çünkü servisler için fatura kesilmektedir ve işletme için maliyeti bulunmamaktadır ancak montaj elemanlarının işletme içerisinde hattan ayrılması işletme için maddi bir zarara da neden olmaktadır.

Tablo 6.12 incelendiğinde işletme içerisindeki 22 haftalık bekleme süresinin işletmeye olan maliyetinin 7095,53 TL olduğu görülmektedir. Depo alanında geçen sürenin maliyeti ise 10188,60 TL'dir. Bu iki verimsiz sürecin işletmeye olan toplam maliyeti ise 17.284,13 TL'dir. Bunun içinde kayda değer bir süre stoktaki malzemenin eksik olması sebebiyle çalışanın malzemeyi araması için geçmektedir.

Tablo 6.12: Bekleme ve Depo Alanında Geçen Zamanların İşletmeye Maliyeti

<i>Montaj Elemanı</i>	<i>Ücret (saat)</i>	<i>Verimsiz Zaman (saat)</i>	<i>Verimsiz Zaman Maliyeti</i>	<i>Depo Alanında Geçirilen Zaman (saat)</i>	<i>Depo Alanında Geçen Zamanın Maliyeti</i>
1	₺ 31,25	32	₺ 1.000,00	47	₺ 1.468,75
2	₺ 31,25	24	₺ 750,00	21	₺ 656,25
3	₺ 22,92	20	₺ 458,40	32	₺ 733,44
4	₺ 27,08	17,5	₺ 473,90	34	₺ 920,72
5	₺ 17,92	27	₺ 483,84	38	₺ 680,96
6	₺ 31,25	38	₺ 1.187,50	41	₺ 1.281,25
7	₺ 22,92	17	₺ 389,64	46	₺ 1.054,32
8	₺ 18,75	36	₺ 675,00	68	₺ 1.275,00
9	₺ 20,83	28	₺ 583,24	36	₺ 749,88
10	₺ 22,92	22,5	₺ 515,70	29	₺ 664,68
11	₺ 15,63	37	₺ 578,31	45	₺ 703,35
Toplam=			₺ 7.095,53	Toplam=	₺ 10.188,60

6.2.4. Analiz Aşaması

Yalın altı sigma uygulama projesinin üçüncü aşaması olan analiz aşamasında saptanan potansiyel nedenler elemeden geçirilerek iyileştirme aşaması için en uygun süreç adımları belirlenir.

Ölçüm sonucunda karşılaşılan darboğazlar ile yapılacak analizler aşağıdaki gibidir:

- Hatalı Montajlar: Ölçüm aşamasında sigma seviyesi 3,4 olarak hesaplanmıştır. Analiz aşamasında hatalı montajların etkisini analiz etmek

amacıyla Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemi uygulanacaktır. Ayrıca servis saatleri, montaj sayıları, tecrübe ve teknik eğitim gibi durumların hatalı montaj üzerinde etkisi olup olmadığını gözlemlemek amacıyla Regresyon Analizi yöntemi uygulanacaktır.

- Montaj Elemanının Hatta Bulunmaması: Ölçüm aşamasında montajda çalışan elemanların mesai sürelerinin ölçümü yapılarak bu süre içerisinde işletmeye kar sağlamayan süreçler gözlemlenmiştir. Depo alanında geçirilen yüksek zaman, fazla süreli servis bu süreçlerden bazılarıdır. Her ne kadar servisler için müşterilere fatura kesilse de servislerin yoğunluğu makine üretim süresine ciddi bir zarar sağlamaktadır. Bu nedenle montaj elemanının hatta bulunamaması konusu incelemek amacıyla balık kılçığı analizi yöntemine başvurulmuştur.

6.2.4.1. Hatalı Montaj Probleminin Analizi

Regresyon Analizi

Ölçüm aşamasında karşılaşılan yüksek sayıdaki montaj hataları analiz edilmek istenmiştir. “Montaj hataları, montaj sayısı, servis yoğunluğu ile çalışan kişilerin eğitim ve tecrübelerine bağlıdır” önermesini test etmek amacıyla montaj sayıları, servis süreleri ile hataların arasındaki ilişkiyi incelenmek için Regresyon analizi yapılmıştır. İncelenen 22 haftalık çalışma süresinde yapılan montajlar için servis saati, eğitim, tecrübe, montaj ve hata sayıları verisi toplanmıştır. Tablo 6.13’te sunulan bu veriler kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. (3) numaralı formülde y_i bağımlı değişkeni, x_i bağımsız değişkenleri, $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_p$ bilinmeyenleri ise regresyon katsayılarını ifade etmektedir. ε_i ’ler bir raslantı değişkeni olup sıfır ortalama ve y alt kümelerinin ortak varyansı olan σ^2 ile normal ve birbirinden bağımsızdırlar.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_{i1} + \beta_2 * x_{i2} + \dots \beta_p * x_{ip} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2 \dots p \quad (3)$$

y : Hata Sayısı (Bağımlı değişken)

x_1 : Montaj Sayısı (Bağımsız değişken)

x_2 : Servis Saati (Bağımsız değişken)

x_3 : Eğitim (Bağımsız değişken)

x_4 : Tecrübe (Bağımsız değişken)

Tablo 6.13: Regresyon Analizi Girdileri

	Montaj Sayısı	Servis Saati	Eğitim	Tecrübe	Hata Sayısı
Operatör 1	903	209,5	4	10	3
Operatör 2	905	204,5	6	6	5
Operatör 3	921	25,5	0	4	14
Operatör 4	912	172,0	5	6	6
Operatör 5	893	183,5	3	7	5
Operatör 6	898	214,0	3	6	5
Operatör 7	925	123,0	0	4	14
Operatör 8	942	79,5	3	4	13
Operatör 9	925	19,0	3	5	9
Operatör 10	951	25,5	0	2	22

Minitab yazılımı kullanılarak oluşturulan Regresyon modeli aşağıdaki gibidir.

Hata Sayısı (y) = Hata Sayısı = - 141 + 0,171 Montaj Sayısı + 0,0083 Servis Saati - 1,11 Teknik Eğitim - 0,822 Tecrübe

Tablo 6.14: Montaj Hataları Regresyon Analizi Regresyon İstatistikleri (Minitab çıktıları)

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Montaj Sayısı	917,5	18,9	10
Servis Saati	125,6	81,7	10
Eğitim	2,7	2,1	10
Tecrübe	5,4	2,2	10
Hata Sayısı	9,6	6,0	10

Regresyon analizi istatistik çıktıları Tablo 6.14'te bulunmaktadır. Bu tabloda bulunan "Mean" ilgili veri setinde bulunan verilerin ortalamasını, "Std. Deviation" verilerin standart sapmasını "N" ise gözlem sayısını ifade etmektedir. Bu sonuçlar ışığında servis saatlerinin standart sapmasının 81,73 değeriyle oldukça yüksek bir değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bunun başlıca sebebi bazı montaj elemanlarının ulaşım engelleri sebebiyle servise gönderilmesinin tercih edilmediği olarak belirlenmiştir. Firmanın bilgisi dahilinde ve uygun görülen bir sapmadır.

Tablo 6.15 Regresyon Modeli Özeti Tablosu

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,99
R Kare	0,97
Ayarlı R Kare	0,94
Standart Hata	1,4
Gözlem	9

Tablo 6.15 model anlamlılığını gösteren tablodur. Tabloda bulunan Çoklu R ve R Kare değeri tek bağımsız değişkenli modellerde modelin anlamlılığını belirtir. İki den fazla bağımsız değişkenin olduğu çalışmalarda modelin anlamlılığı Ayarlı R Kare değerinden belli olmaktadır. Bu modelde anlamlılık %94 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.16: Katsayılar Tablosu (Minitab çıktıları)

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
Kesişim	-140,64	46,32	-3,04	0,029
Montaj Sayısı	0,170	0,048	3,51	0,017
Servis Saati	0,008	0,010	0,76	0,481
Teknik Eğitim	-1,112	0,309	-3,59	0,016
Tecrübe	-0,822	0,398	-2,09	0,091

Tablo 6.16’da bulunan katsayılar tablosundaki “P değeri” hangi bağımsız değişkenlerin model üzerinde ne kadar anlamlı olduğunu gözlemlememize yardımcı olur. Tablo detaylı olarak incelendiğinde *Montaj Sayısı* ve *Teknik Eğitim* değişkenleri için p değerinin 0,05’ten düşük olduğu görülmektedir. Bu değişkenlerin hata sayısı üzerinde ciddi oranda etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Bu değerlerden sonra ise en çok etkiye sahip olan etkenin *Tecrübe* olduğu görülmektedir.

Tablo 6.16 daha detaylı incelenecek olursa Tecrübe ve Teknik eğitimin katsayılarının negatif (–) değere sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum değişkenler arasında ters orantı olduğu anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, tecrübesi yüksek kişilerin hata oranı daha düşüktür, Teknik Eğitim seviyesi yüksek kişilerin hata sayısı daha düşüktür. Servis saatlerinin ve montaj sayısı değerlerinin katsayısı ise (+) pozitiftir. Bu durum değişkenler arasında doğru orantı olduğu anlamına gelmektedir; montaj sayısı ve servis saati ne kadar fazla ise hata oranı o kadar yüksektir.

Tablo 6.17: Anlamlılık (Anova) Analizi

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Regresyon	4	314,54	78,63	39,88	0,001
Fark	5	9,85	1,97		
Toplam	9	324			

Tablo 6.17’de bulunan Anova Tablosu ise modelin anlamlılığını kontrol etmek için kullanılır. Anova tablosunda bulunan P değerinin 0,05 değerinden düşük olması ortaya konan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi

Çalışmanın bu aşamasında, üretim süresinin artmasına ve terminelerin gecikmesine neden olan hataları “risk önem dereceleri”ne göre önceliklendirmek için HTEA uygulanmıştır.

Hata türleri ve etkileri analizi uygulanırken öncelikle Risk Öncelik Sayısı (RÖS) hesaplanmalıdır. Risk öncelik sayısı aşağıda verilen formül ile hesaplanır:

$$RÖS = O \times S \times D \quad (4)$$

(4) numaralı formüldeki O değeri hatanın olasılığını, S değeri sıklığını, D değeri ise hatanın şiddetini ifade etmektedir. Bu değerler hesaplanırken sıklık, olasılık ve şiddetinin bulunduğu ölçek tablolarından yararlanılabilir. Bu çalışma içerisinde kullanılan ölçekler Yalın Altı Sigma ekibi tarafından hazırlanmış ve Tablo 6.18, Tablo 6.19 ve Tablo 6.20’de paylaşılmıştır.

Tablo 6.18: Hatanın Oluşma Sıklığı Ölçeği

<i>Hatanın Oluşma Sıklığı</i>	<i>Hatanın Olasılığı (O)</i>	<i>Derece</i>
Çok yüksek: Kaçınılmaz Hata	1/2'den fazla	10
	[1/10,1/2)	9
Yüksek: Tekrar tekrar hata	[1/50,1/10)	8
	[1/200,1/50)	7
Orta: Ara sıra olan hata	[1/1000,1/200)	6
	[1/5000,1/1000)	5
Düşük: Nispeten az olan hata	[1/10000,1/5000)	4
	[1/50000,1/10000)	3
Pek az: Olası olmayan hata	[1/150000,1/50000)	2
	1/150000'den düşük	1

Tablo 6.19: Hatanın Şiddeti Ölçeği

<i>Etki</i>	<i>Şiddetin Etkisi</i>	<i>Derece</i>
Tehlikeli Etki	Tehlikeli etki-yasalarla uyumsuz	10
Ciddi Etki	Olasılıkla tehlike söz konusu-yasalarla uyumlu	9
Çok Büyük Etki	Ürün kullanılamaz fakat emniyetli	8
Büyük Etki	Müşteri tatminsizliği çok fazla	7
Önemli Etki	Müşteri tatmin değil	6
Orta Şiddette Etki	Müşteri kullanımda rahatsız	5
Küçük Etki	Müşteri tatmin olmayabilir	4
Önemsiz Etki	Müşteri farkına varabilir	3
Çok Önemsiz Etki	Müşteri rahatsız olmaz	2
Etki Yok	Etkisiz	1

Tablo 6.20: Hatanın Fark Edilebilirliği Ölçeği

<i>Fark edilebilirlik</i>	<i>Fark edilebilirlik Olasılığı</i>	<i>Derece</i>
Fark edilemez	Hatanın makine müşteriye teslim edilmeden fark edilebilirliği mümkün değil	10
Çok az	Hatanın montaj aşamasında çok uzak	9
Az	Hatanın montaj aşamasında fark edilebilirliği uzak	8
Çok düşük	Hatanın montaj aşamasında fark edilebilirliği çok düşük	7
Düşük	Hatanın montaj aşamasında fark edilebilirliği düşük	6
Orta	Hatanın montaj aşamasında fark edilebilirliği orta	5
Yüksek ortalama	Hatanın montaj aşamasında fark edilebilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Hatanın montaj aşamasında fark edilebilirliği yüksek	3
Çok yüksek	Hatanın montaj aşamasında fark edilebilirliği çok yüksek	2
Hemen hemen kesin	Hata montaj aşamasında kesin fark edilir	1

Yukarıda bulunan tablolardaki dereceler seçilerek RÖS değeri hesaplandıktan sonra ise bu değerin değerlendirilmesi gerekmektedir. RÖS değeri değerlendirilirken Tablo 6.21’de bulunan verilen kurallar kullanılır.

Tablo 6.21: RÖS Değerlendirme Kuralları

<i>RÖS Değeri</i>	<i>Önlem</i>
$RÖS < 40$	Önlem almaya gerek yok.
$40 \leq RÖS \leq 100$	Önlem alınabilir
$RÖS > 100$	Önlem alınması gereklidir

Kaynak: Özfirat, (2014)

Pareto analizinde incelenen hatalar için öncelikle Risk Öncelik Sayıları hesaplanmalıdır, bu sayılar hesaplanırken karşılaşılan hatalar ve sıklıkları ve şiddetleri 22 haftalık çalışma süresi baz alınarak hesaplanmıştır.

Pareto analizinde karşılaşılan hatalar ile olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik değerlerinin hesaplamaları aşağıda paylaşılmıştır:

HTEA Olasılık Ölçümleri:

Montaj Elemanı Hatası: Toplam 9175 montajda 96 adet operatör hatası ölçülmüştür, bu değer baz alınarak hata oranı %1,04 olarak hesaplanmıştır bu değer ise $[1/200, 1/50)$ arasındadır bu nedenle olasılık derecesi 7 olarak hesaplanmıştır.

Satış Ekibi Hatası: Toplam 9175 montajda 76 adet satış ekibi hatası ölçülmüştür, bu değer baz alınarak hata oranı %0,8 olarak hesaplanmıştır bu değer ise $[1/1000, 1/200)$ arasındadır bu nedenle olasılık derecesi 6 olarak hesaplanmıştır.

Kalite Kontrol Departmanı Hatası: Toplam 9175 montajda 60 adet kalite kontrol departmanı hatası ölçülmüştür, bu değer baz alınarak hata oranı %0,6 olarak hesaplanmıştır bu değer ise $[1/1000, 1/200)$ arasındadır bu nedenle olasılık derecesi 6 olarak hesaplanmıştır.

Ar-Ge Hatası: Toplam 9175 montajda 27 adet kalite kontrol departmanı hatası ölçülmüştür, bu değer baz alınarak hata oranı %0,2 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ise $[1/5000, 1/1000)$ arasındadır bu nedenle olasılık derecesi 5 olarak hesaplanmıştır.

Hataların olasılık değerleri hesaplandıktan sonra, hataların şiddeti hesaplanmalıdır, Yalın Altı Sigma ekibi tarafından hazırlanan hataların şiddeti ölçümleri aşağıda yer almaktadır:

HTEA Hata Şiddeti Ölçümleri:

Montaj Elemanı Hatası: Montaj sırasında yapılan hatalar son kontrol aşamasında ve kalıp denemeleri esnasında ortaya çıkabilir, fakat hata bulunamazsa makine hatalı montaj ile sevk edilir ve bu durum müşterinin makine kullanımında müşterinin tatminsiz olarak çalışmasına sebep olabilir. Bu nedenle hata şiddeti 6'dır.

Satış Ekibi Hatası: Üretim planına veri girişi, satış departmanı tarafından yapılır. Üretim planına eklenen makineler için eksik veya hatalı bilgi girilmesi yanlış konfigürasyonda makine üretilmesine sebep olur ve müşteri ile görüşmelerde satış departmanından başka kimse bulunmadığı için müşteriye hatalı makine gönderilebilir bu durum müşteride yüksek oranda memnuniyetsizliğe sebep olur bu nedenle bu hatanın şiddeti 7'dir.

Kalite Kontrol Departmanı Hatası: Kalite kontrol departmanı hem son kontrolde hata yapabilir hem de parça kontrolünde hata yapabilir parçanın hatası montaj sırasında fark edilir, ancak fark edilmezse müşteri bu durumdan rahatsız olabilir. Ve makine sevk edilirken son kontrollerde hata yapılması müşteriye montaj hatası bulunan makine sevk edilmesine neden olur. Bu olgular göz önüne alınarak hatanın şiddeti 5 olarak hesaplanmıştır.

Ar-Ge Hatası: Ar-Ge'nin revizyonlar veya montaj şekilleri hakkında hatalı bilgi vermesi makine aksamında hataya neden olabilir ve bu durum müşteriyi rahatsız edebilir. Bu nedenle Ar-Ge hatasının şiddeti 5'tir.

Hataların şiddet değerleri hesaplandıktan sonra, hataların fark edilebilirlikleri hesaplanmalıdır, hataların fark edilebilirlik değerleri aşağıda paylaşılmıştır:

HTEA Hata Fark Edilebilirlik Ölçümleri:

Montaj Elemanı Hatası: Montaj sırasında yapılan hatalar son kontrol aşamasında ve kalıp denemeleri esnasında ortaya çıkma ihtimali orta olasılıktadır bu nedenle bu fark edilebilirlik değeri 5'tir.

Satış Ekibi Hatası: Üretim planına veri girişi, satış departmanı tarafından yapılır. Üretim planına eklenen makineler için eksik veya hatalı bilgi girilmesi yanlış konfigürasyonda makine üretilmesine sebep olur ve müşteri ile görüşmelerde satış departmanından başka kimse bulunmadığı için hatanın fark edilebilirlik derecesi 9'dur.

Kalite Kontrol Departmanı Hatası: Kalite kontrol departmanının yaptığı hatalar deneme sırasında ortaya çıkma ihtimali yüksektir bu nedenle fark edilebilirlik değeri 4'tür.

Ar-Ge Hatası: Ar-Ge'nin revizyonlar veya montaj şekilleri hakkında hatalı bilgi vermesi durumunda deneme aşamasında hatanın bulunma ihtimali yüksektir. Bu nedenle bu hatanın fark edilebilirliği 3'tür.

Yukarıda bulunan ölçümler sonucunda bulunan değerlendirmeler neticesinde nihai risk öncelik değerleri Tablo 6.22'de bulunmaktadır.

Tablo 6.22: Hata Türleri ve Etkileri Analizi

Hata Türleri	Olasılık	Şiddeti	Fark edilebilirlik	Risk Öncelik Sayısı
Montaj Elemanı Hatası	7	6	5	210
Satış Ekibi Hatası	6	7	9	378
Kalite Kontrol Hatası	6	5	4	150
Ar-Ge Hatası	5	5	3	75

RÖS değerlerinin hesaplandığı tablo incelenecek olursa, Risk öncelik değeri en yüksek olan satış ekibi tarafından yapılan hatalardır. Bu hataların fark edilebilirliği ve şiddeti oldukça yüksektir. Ancak Yalın Altı Sigma ekibinde pazarlama bölümünden kimse bulunmamaktadır bu nedenle Satış Departmanı ile ilgili bu sorun üst yönetim ile Satış departmanına bildirilmiştir.

Montaj Elemanı hatasının RÖS değeri 210'dur. Bu değer oldukça yüksektir ve bu konuda mutlaka önlem alınması gerekmektedir.

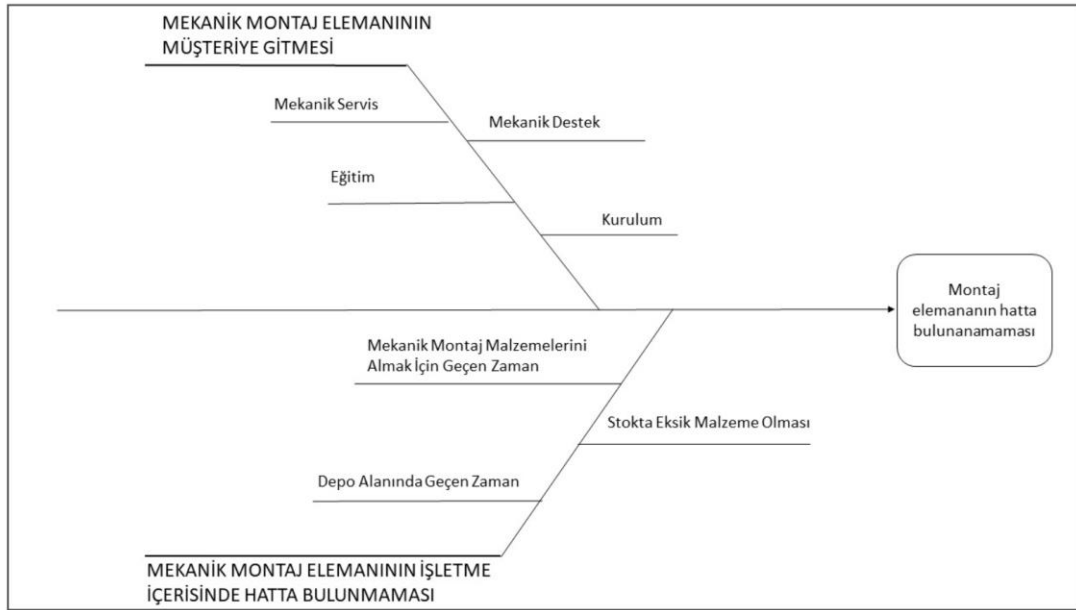
Kalite Kontrol hatasının RÖS değeri 150'dir. Bu değerde oldukça yüksektir ve bu konuda da mutlaka önlem alınması gerekmektedir.

Ar-Ge hatası RÖS değeri 75'tir, ilerleyen dönemlerde bu hatalar için de önlem alınabilir.

6.2.4.2. Montaj Elemanının Hatta Bulunmaması Probleminin Analizi

Balık Kılıcı Diyagramı

Tanımlama aşamasında makine üretim süresinin uzamasının nedenlerinden birinin de montaj elemanlarının montaj hattında bulunamaması olduğu belirtilmişti. Ölçme aşamasında ise üretim süreçleri incelenerek montaj elemanlarının ne kadar süre ile hatta olmadığı ölçülmüştü ve montaj elemanlarının mesai saatlerinin %23'ünde hatta bulunmadığı belirtilmişti. Montaj elemanlarının hatta bulunmaması makine üretim süresinin artmasına neden olduğu için işletme içerisindeki bu süreçlerin azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle montaj elemanlarının montaj hattında bulunamaması problemini incelemek amacıyla Balık Kılıcı Analizi yapılmış ve Şekil 6.10'da paylaşılmıştır.



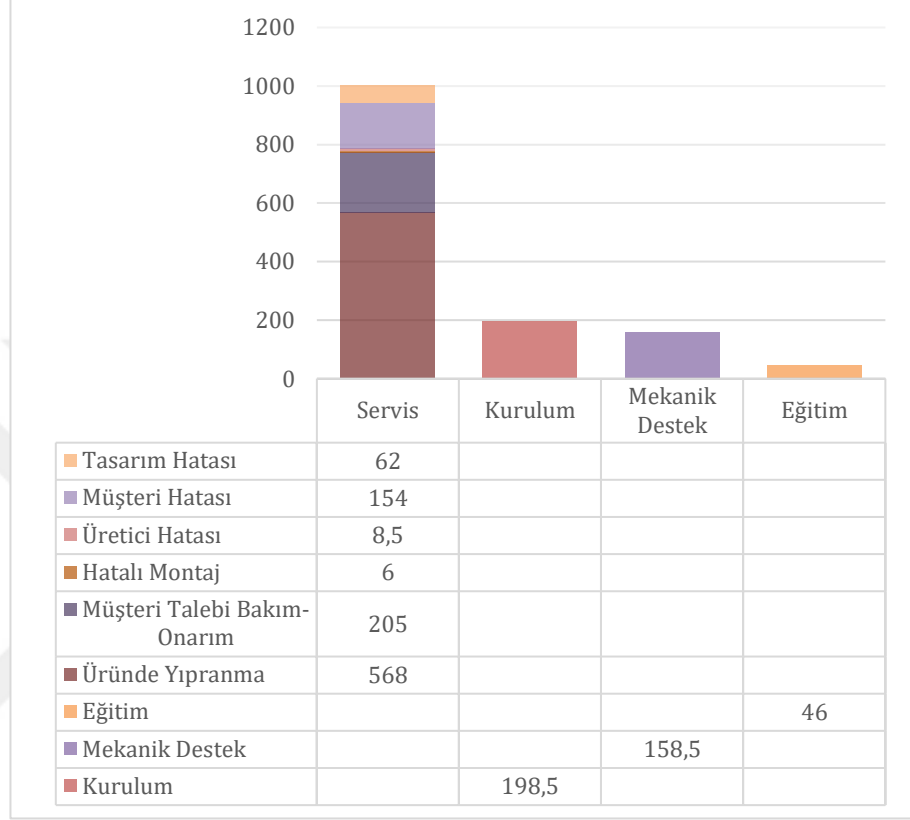
Şekil 6.10: Montaj Elemanının Hatta Bulanamaması Balık Kılıcı Diyagramı

Şekil 6.10'da bulunan Balık Kılıcı diyagramındaki süreçler ve alt nedenler aşağıda incelenmiştir:

Mekanik Montaj Elemanının Müşteriye Girmesi:

Mekanik montaj elemanının müşteriye gitmesinin nedeniyle montaj hattından ayrılmasının servis, kurulum, mekanik destek ve eğitim olmak üzere dört ana nedeni

bulunmaktadır. Mekanik Servisin içerisinde de bakım-onarım, üründe yıpranma, hatalı montaj, tasarım hatası, üretici (tedarik edilen malzeme) hatası, müşteri hatası (makineye yapılan hatalı müdahaleler) olmak üzere altı alt nedeni bulunmaktadır. Bu süreçler sırası ile aşağıda incelenmiş ve süre grafiği Şekil 6.11’de paylaşılmıştır:



Şekil 6.11: Montaj Elemanı Çalışma Saatleri Analizi Grafiği

1. Servis: İşletmenin yurt içi ve yurt dışında 350’den fazla makinesi bulunmaktadır, bu makinelerin bakımı, arızaya geçen parçaların değişimi gibi nedenlerle mekanik servise ihtiyacı bulunmaktadır. Müşterilerde parça değişiklikleri ve bakımını yapacak eleman bulunmaması da servislerin yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Müşterilere 22 haftalık sürede toplam 1003,5 adam.saat servis verilmiştir. Bu değer bir makinenin üretimi için geçen süreden daha fazladır. Bu servisler içerisinde en çok zaman alan neden 568 adam.saat ile ürünlerde yıllara bağlı olarak oluşan yıpranmalar meydana gelmektedir. Servis kayıtları kontrol edilerek en çok yıpranan ürünler kayıt altına alınarak Ar-Ge departmanına bilgi verilmiştir. 205 adam.saat ise Müşteri talebi ile makinelere verilen bakım-onarım hizmeti yer almaktadır, bu servisler müşteri talebi üzerine yapılan mekanik servislerdir. 154

adam.saat servis ise müşterilerin makinelere hatalı müdahalelerinden gerçekleşmektedir. 62 adam.saat servis ise yeni tasarımlarda oluşan hatalardan kaynaklanmaktadır. Bu bilgiler Ar-Ge'ye iletilmiş ve düzeltilmiştir. Müşteri Hatasından kaynaklanan mekanik servisler yer almaktadır. 5. ve 6. sırada ise üretici hatası ve hatalı montajlar yer almaktadır. Üretici Hatası'ndan kaynaklanan hatalar tedarikçilere bildirilmiş, hatalı montaj ise yine kayıtlar altına alınmıştır.

2. Kurulum: Müşterilerin satın aldığı makinelerin veya ekipmanların kurulumu için verilen mekanik servislerdir. 198,5 adam/saat süre ile servis verilmiştir. Bu servisler ürün ile birlikte satın alınan servislerdir. Bu servislerin süresini azaltmak mümkün değildir.

3. Eğitim: Müşterilerin yeni operatörlerini eğitmek için talep ettikleri servislerdir, farklı konfigürasyonda makine satın aldıklarında mevcut elemanlara eğitim, bilgi vermek amacıyla gerçekleştirilir. 46 adam/saat ile en kısa süreli verilen servis biçimidir.

4. Mekanik Destek: Müşterinin talebi üzerine makinenin verimini arttıracak destekler ve müşterilerin talebi üzerine yapılan özel tasarımlar için serilen mekanik servislerdir. 158,5 adam/saat süre ile servis verilmiştir. Bu servisler müşteri talebi üzerine verilen servislerdir ve bu servislerin de süresini azaltmak mümkün değildir.

Mekanik servisler incelendiğinde ise en çok değiştirilen parçalar ve servis nedenleri, bu parçalar için verilen servis süreleri Tablo 6.23'te bulunmaktadır.

Tablo 6.23: Servislerde En Çok Değiştirilen Parçalar

Ürünler	adam/saat	Ürünler	adam/saat
Kalibrasyon	110	78-RY-01	13
TSL-KE-DAG	85	78-KA-47-T	9
AXK-90120	51	78-KA-80	9
78-RYT-32	20	78-KA-81	6
78-KE-DAG	18	78-DZ-21	4

Montaj Elemanının İşletme İçerisinde Hatta Bulunamaması:

Mekanik montaj elemanının işletme içerisinde hatta bulunamamasının depo alanında zaman geçirmesi, stokta eksik malzeme olması ve mekanik montaj malzemelerini almak olarak üç ana nedeni olduğu görülmektedir. Bu süreç ölçüm

süresinde depo alanında geçen zaman ile verimsiz zaman olarak ölçülmüş ve işletmeye maliyeti hesaplanmıştır. Bu süreçler aşağıda sırası ile incelenmiştir.

1. Mekanik Montaj Malzemelerini Almak İçin Geçen Süre: İşletme içerisinde mekanik montajda kullanılan bazı malzemeler bulunmaktadır. Bunlar, havalı bijon makinesi, torkmetre vb. Malzemelerdir. Bu malzemelerin sayısının azlığı da ekipler arasında sürekli olarak malzeme alışverişi yapılmasına ve zaman kaybedilmesine neden olmaktadır. Bu nedenle iyileştirme sırasında dikkate alınması gereken bir alt neden olarak görülmektedir.

2. Stokta Eksik Malzeme Olması: İşletme içerisinde bulunan ERP programının tam olarak çalıştırılamaması veya tedarikçiler ile ilgili sorunlardan kaynaklı olarak stokta eksik malzeme bulunması gibi nedenler işletme içerisinde üretimin yavaşlamasına ve montaj elemanının hattan ayrılmasına neden olmaktadır.

3. Depo Alanında Geçen Zaman: Bu süreç mekanik montaj için gerekli malzemelerin depodan alınması için geçen süreyi ifade etmektedir, montaj elemanının montaj için malzeme almak için depo alanına gidip malzeme getirmek için geçen süreyi ifade etmektedir. Bu süreç içerisinde montaj elemanının hattan sürekli olarak ayrılması da işletme içerisindeki üretimin yavaşlamasına ve makine üretim süresinin uzamasına neden olmaktadır.

Analiz aşaması incelendiğinde karşılaşılan problemler ve alt nedenleri aşağıda bulunmaktadır:

1. Montaj Hataları: Montaj hataları ile ilgili HTEA ve Regresyon Analizi yöntemleri kullanılmıştır ve bu süreçler incelendiğinde teknik eğitim ve tecrübenin hatanın azalmasına sebep olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca servis süresinin yoğunluğu da hata sayısının artmasına neden olmaktadır. Yapılacak olan iyileştirmeler bu olgular göz önüne alınarak yapılmalıdır.

2. Montaj Elemanının Servis Nedeni İle Hatta Bulunmaması: Montaj elemanlarının müşteriye giderek verdiği mekanik servislerin oldukça yüksek olduğu görülmektedir, iyileştirme aşamasında bu süreçler ile ilgili iyileştirmeler yapılmalıdır.

3. Montaj Elemanının İşletme İçerisinde Hatta Bulunmaması: Bu süreçte üç ana alt başlık bulunmaktadır bunlar depo alanında geçen zaman, stokta eksik malzeme

bulunması ve montaj malzemelerini almak için geçen süredir. Bu süreçler içinde iyileştirme yapılması gerekmektedir.

6.2.5. İyileştirme Aşaması

Ölçme ve Analiz aşamaları incelendiğinde işletme içerisinde iyileştirme ihtiyacı olan darboğazlar aşağıdaki gibidir:

1. Montaj Hatalarının Azaltılması: Üst yönetimin isteği ve müşteri beklentileri doğrultusunda montajdaki hatalar azaltılmalı mümkünse süreçten kaldırılmalıdır. Projenin hedeflerinden biri de sigma seviyesini %25 oranında arttırmaktır.

2. Montaj Hattında Çalışanların Bulunmaması: Bu sorunun 4 alt nedeni vardır. Depo alanında geçirilen zaman, stokta eksik malzeme bulunması, montaj malzemelerini almak için geçen süre ve uzun süreli servisler. Bu süreçler ortadan kaldırılarak montaj elemanının hatta daha yoğun çalışması ve makine üretim sürelerinin kısaltılması gerekmektedir. Projenin hedeflerinden biri de üretim süresini %20 oranında azaltmaktır.

Bu darboğazlar incelendiğinde proje hedefleri doğrultusunda 5 süreçte iyileştirme yapılması gerektiği görülmektedir. Ancak projeden bağımsız olarak satış departmanı ve Ar-Ge departmanındaki hatalarda süreç içerisinde etkili problemlerdir. Bu nedenle bu problemler ilgili departmanlara bildirilmiştir. Ancak projenin iyileştirme aşamasında bu süreçler için bir iyileştirme yapılmayacaktır.

İşletmede karşılaşılan dar boğazlar için en uygun yöntemlerin seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle ölçme ve analiz aşamasında karşılaşılan darboğazları görüşmek amacıyla toplantı yapılmış ve kullanılacak yalın yöntemler hakkında görüşler alınmıştır. Projenin hedefleri ve ölçülen süreçler doğrultusunda iyileştirmeler için Tablo 6.24'te gösterilen 5S, Heijunka ve Standart Çalışma yöntemlerinin uygulanmasına karar verilmiştir. Bu üç ana iyileştirme neticesinde üretim süresinin azaltılarak “toplam montaj sayısının” artacağı ve “montaj hatalarının” azalacağı öngörülmektedir.

Tablo 6.24: İyileştirmeler ve Yöntemler

	PROBLEM	YÖNTEM	ÖLÇÜT
1	HATALI MONTAJ	Standart Çalışma	Hata sayısı, Sigma seviyesi
2	MONTAJ ELEMANININ HATTA BULUNMAMASI		
2.1	Servis Sürelerinin Uzunluğu	Heijunka	Servis süresi
2.2	Depo Alanında Geçen Sürelerin Uzunluğu	5S	Depo Alanında Geçen Süre
2.3	Malzeme Eksikliği	Heijunka	Verimsiz Zaman
2.4	Montaj Malzemeleri Almak	Heijunka	

5S yöntemi ile işletme içerisindeki depo alanlarının ve çalışma ortamlarının düzenlenmesi ile depo alanında geçirilen zamanın azaltılması hedeflenmektedir. Heijunka yöntemi ile servis süreçlerinin düzenlenmesi, stok sisteminin düzenlenmesi amaçlanmıştır ve bu sayede montaj elemanının iş yükleri dengelenerek hatta daha fazla bulunması hedeflenmiştir. Standart Çalışma ile birlikte montaj kitapçıklarının içeriği artırılması montajda yapılan hataların azaltılması hedeflenmiştir.

Karar aşamasından sonra ise üst yönetime uygulanması hedeflenen yalın yöntemler hakkında bilgi verilerek onayları alınmıştır. Onay alındıktan sonra ise uygulamalar için iş planlaması yapılmıştır. Heijunka, 5S ve Standart Çalışma yöntemlerinin uygulanmasında görev alacak kişiler belirlenmiş ve hazırlanan iş planı doğrultusunda uygulamalara başlanmıştır.

6.2.5.1. 5S Uygulaması: Depoların ve işletme içerisindeki alanların düzenlenmesi, depolanma alanlarındaki israfların ortadan kaldırılması amacıyla yalın yöntemler içerisinde öncelikle 5S yönteminden yararlanılmıştır. 5S yönteminin kullanılmasının amacı depo alanındaki karmaşıklığın ortadan kaldırılarak kullanılacak

parçaların rahat bir şekilde bulunması ve depo alanında geçirilen süresinin azaltılmasıdır.

5S yönteminin işletme içerisinde doğru bir şekilde uygulanması için öncelikle uygulama planı oluşturulmak amacıyla depo görevlisi kişiler ile toplantı yapılmıştır. Bu toplantıda iş planı yapılması için gerekli bilgiler toplanmıştır, depo düzeninin nasıl olması gerektiği konusunda fikirleri alınmış ve üst yönetimin istediği raf düzeni hakkında bilgiler verilmiştir, 5S yöntemi bu toplantıda depo görevlilerine anlatılmış ve rafta sırası ile yapılması gereken uygulamalar bildirilmiştir.

Depo görevlileri ile yapılan toplantı sonucunda iş planı hazırlanmıştır. Bu planda 5S yönteminde bulunan tüm süreçler sırası ile eklenmiş ve düzenlemeye hangi tarihte hangi bölgelerden başlanacağı ile raf düzeninin nasıl olacağına dair bilgilere yer verilmiştir. İşletme içerisindeki bütün depolama alanlarının düzenlenmesi için hedef süre 6 hafta olarak saptanmıştır.

İşletme içerisine yeni raflar alınmış ve hangi malzemelerin yerlerinin değiştirileceğine karar verilmiştir. Yapılan iş planı Tablo 6.25’de bulunmaktadır.

5S yöntemi uygulanırken planlama dahilince öncelikle rafta bulunan ancak kullanılmayan parçalar depodan uzaklaştırılmıştır. Bu parçalardan bazıları ıskartaya çıkarken bazıları eski tip makineleri olan müşterilerden talep edilebileceği için yedek parça için hazırlanan depolanma alanına yerleştirilmiştir, daha sonra bütün parçalar raftan indirilmiştir; indirilen malzeme sayısı ise 4000’dir. Bu parçaların tamamı kullanım alanlarına ve büyüklüğüne göre kategorize edilmiştir. Daha sonra bütün parçalar temizlenerek, karar verilen raflara yerleştirilmiştir. Parçalar yerleştirildikten sonra her parça için parçanın kodu, perspektif çizimi ve ölçülerini belirten kartlar hazırlanmıştır ve bu kartlar depolanma alanlarına yapıştırılmıştır bu sayede parça karışıklıklarının ortadan kaldırılması ve depolama alanında sağlanan düzenin korunması amaçlanmıştır. Daha sonra ise depo kapıları kapatılmış, depo görevlileri ve mühendisler dışındaki kişilerin depoya girişleri kısıtlanmıştır. Depoların düzenlenerek kapılarının kapatılması 6-7 hafta sürmüştür.

Tablo 6.25: 5S Uygulama İş Planı

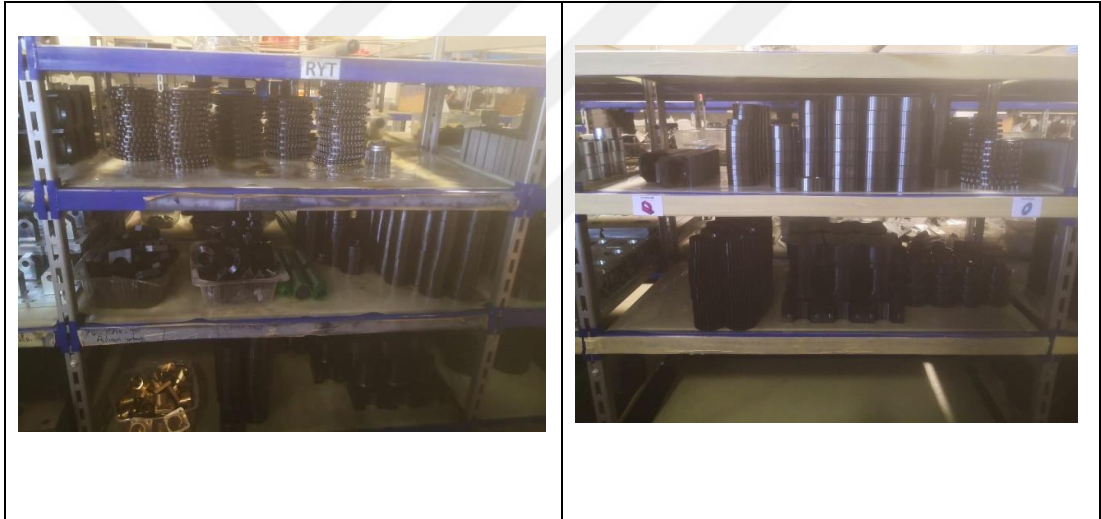
<i>Yapılacak İş</i>	<i>Görevliler</i>	<i>Tarih</i>
Makine üzerinde kullanılmayan parçaların depodan çıkarılması	Muhammet Aydın Yunus Emre Baş Murat Yavaş	07.09.2020 09.09.2020
Çıkarılan malzemelerin ayıklanması, iskartaya çıkarılması belirlemek	Ayşe Seçgin Ünal	10.09.2020 11.09.2020
Boyalı malzemelere ait raflardaki parçaların indirilip parça kodlarına göre dizilmesi	Muhammet Aydın Yunus Emre Baş Murat Yavaş	14.09.2020 18.09.2020
Eksik olan rafların tasarımının yapılması	İsa Ünal	14.09.2020 16.09.2020
Tasarımı yapılan rafların kaynatılması gerekli parçaların tedarik edilmesi	Kutup Kılınç Abdullah Çavuş Ayşe Seçgin Ünal	17.09.2020 18.09.2020
Yeni rafların işletmedeki yerlerine alınması ve yerleri değiştirilecek parçaların yerleştirilmesi	Muhammet Aydın Yunus Emre Baş Murat Yavaş	21.09.2020 23.09.2020
Mekanik depodaki pnömatik parçalara, motorlara ve rulmanlara ait deponun düzenlenmesi	Murat Yavaş Yunus Emre Baş	28.09.2020 30.09.2020
İşletme içerisindeki özel tasarım parçaların bulunduğu rafların düzenlenmesi	Yunus Emre Baş Murat Yavaş	01.10.2020 14.10.2020
Parçaların kartlarının hazırlanması	Emre Vatansever	01.10.2020 03.10.2020
Parça kartlarının depodaki yerlerine yapıştırılması	Yunus Emre Baş Murat Yavaş	15.10.2020 16.10.2020



Şekil 6.12: Depo Alanı Düzenlenmesinden Önceki ve Sonraki Resimleri-1



Şekil 6.13: Depo Alanı Düzenlenmesinden Önceki ve Sonraki Resimleri-2

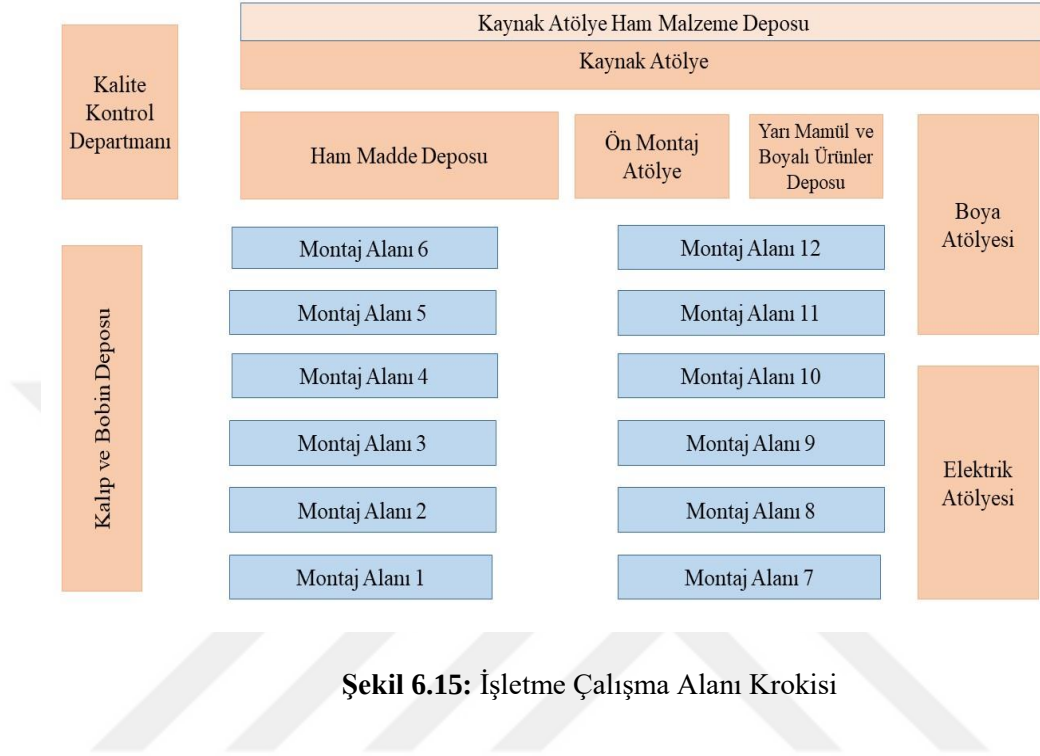


Şekil 6.14: Depo Alanı Düzenlenmesinden Önceki ve Sonraki Resimleri-3

6.2.5.2. Heijunka Yönteminin Uygulanması: Yalın sistemlerde müşterilerin istediği kadar üretim yapılmalıdır. Üretim hızı talep değişimlerine uygun olmalıdır, esnek olabilmelidir. Iskarta oranı sıfır ya da sıfıra yakın olmalıdır. İşçilik, malzeme ve kapasite kaybı sıfır ya da sıfıra yakın olmalıdır. İşlemlerin hazırlık süreçleri kısa olmalı ve insan gücünün eğitime geliştirilmesine önem verilmelidir.

Süreç içerisinde israf olarak adlandırılabilen süreçler incelenmiş ve bu israfları süreçten kaldırmak amaçlanmıştır. Bu nedenle öncelikle işletme içerisindeki akışı

konumları incelemek için çalışma alanının krokisi hazırlanmıştır. Şekil 6.15'te işletme içerisindeki çalışma alanları ve depolama alanları bulunmaktadır.



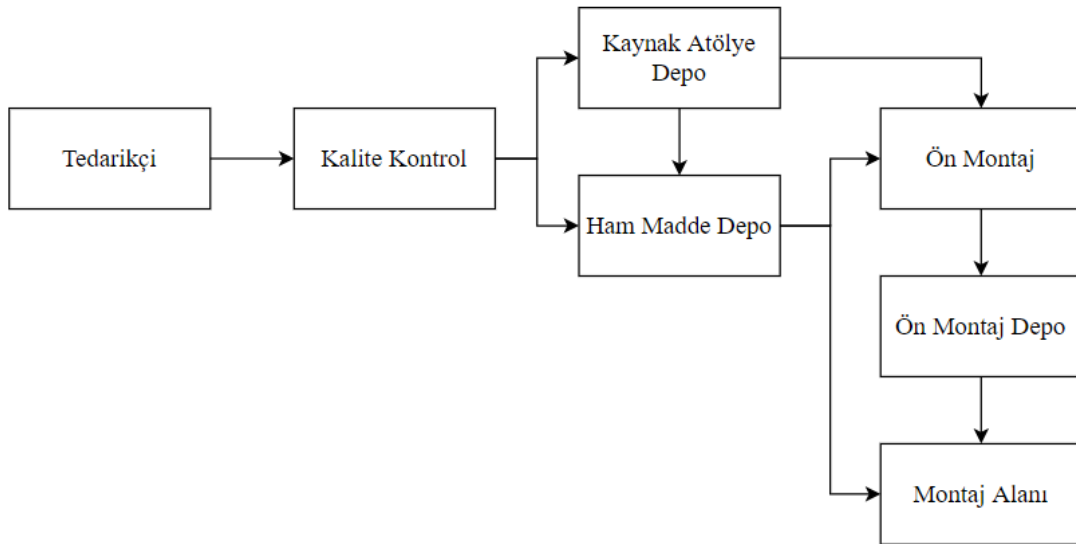
Şekil 6.15: İşletme Çalışma Alanı Krokisi

Üretim Süreci

Üretim süreçlerindeki israfları azaltmak amacıyla daha önce yapılan çalışmalar kontrol edilmiştir. Tanımlama, ölçüm ve analiz aşamasında yapılan çalışmalarda görülmektedir ki montaj hattında görev alan kişiler malzeme almak amacıyla depoda zaman harcamaktadır. Malzeme akışını incelemek amacıyla şeması Şekil 6.16'da bulunmaktadır.

Şekil 6.16 incelendiğinde tedarikçiden gelen ürünün kontrolü yapıldıktan sonra kullanım alanına göre ham madde deposu ya da kaynak atölye deposuna alındığı görülmektedir. Daha sonra kaynak atölyedeki malzemeler kullanım alanına göre kaynak atölyede muhafaza edilir ya da kaynak işleminden sonra ön montaj deposuna aktarılır. Ön montaj ise gelen üretim emirlerine göre kaynak atölyeden alınan malzemeler ile ham madde deposundan alınan malzemeleri kullanarak montaj işlemini tamamlar ve ön montaj deposuna aktarılır. Montaj yapılacak makine içinse montaj elemanı hammadde depodan ve ön montaj depodan gerekli malzemeleri alarak makine

montajına devam eder. Ancak ölçme ve analiz aşamasında montaj elemanlarının malzeme taşımalarının üretim sürelerine olan etkisi gözlemlenmiştir. Bu nedenle bu israf ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Bu israfı ortadan kaldırmak amacıyla üretimi yapılacak her makine için “montaj malzeme arabası” olarak adlandırılan masalar hazırlanmıştır. Bu masalar tekerlekli olup iş istasyonlarına taşınabilir niteliktedirler. Bir makinenin iş emri oluşturulduğunda depo görevlisine ilgili makinenin konfigürasyonu ve montajı yapılacak makinenin bütün parçalarının listesinin olduğu çıktılar verilir, bu çıktılar ise ERP sisteminden alınmaktadır. Depo görevlisi ilgili listeyi teslim aldıktan sonra gerekli parçaları öncelikle depodan montaj arabasına ekler, daha sonra ise ön montaj depoda yer alan parçalar montaj arabasına eklenir ve makinenin montajının yapılacağı iş istasyonuna montaj arabası taşınır.



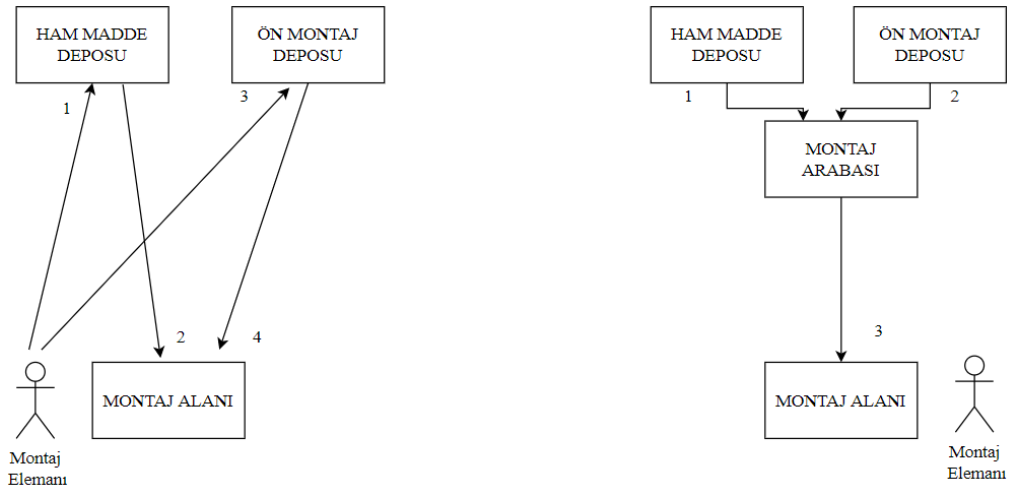
Şekil 6.16: Malzeme Akış Diyagramı

Montaj malzeme arabalarının montaj ekibinin depoya gidip gelme sürelerini azaltması amaçlanmıştır ve ilgili parçaların montaj başlamadan hazırlanması stokta olmayan bir parça var ise önceden tespit edilmesini ve erken müdahale edilmesine de yardımcı olmaktadır.



Şekil 6.17: Montaj Malzeme Arabası

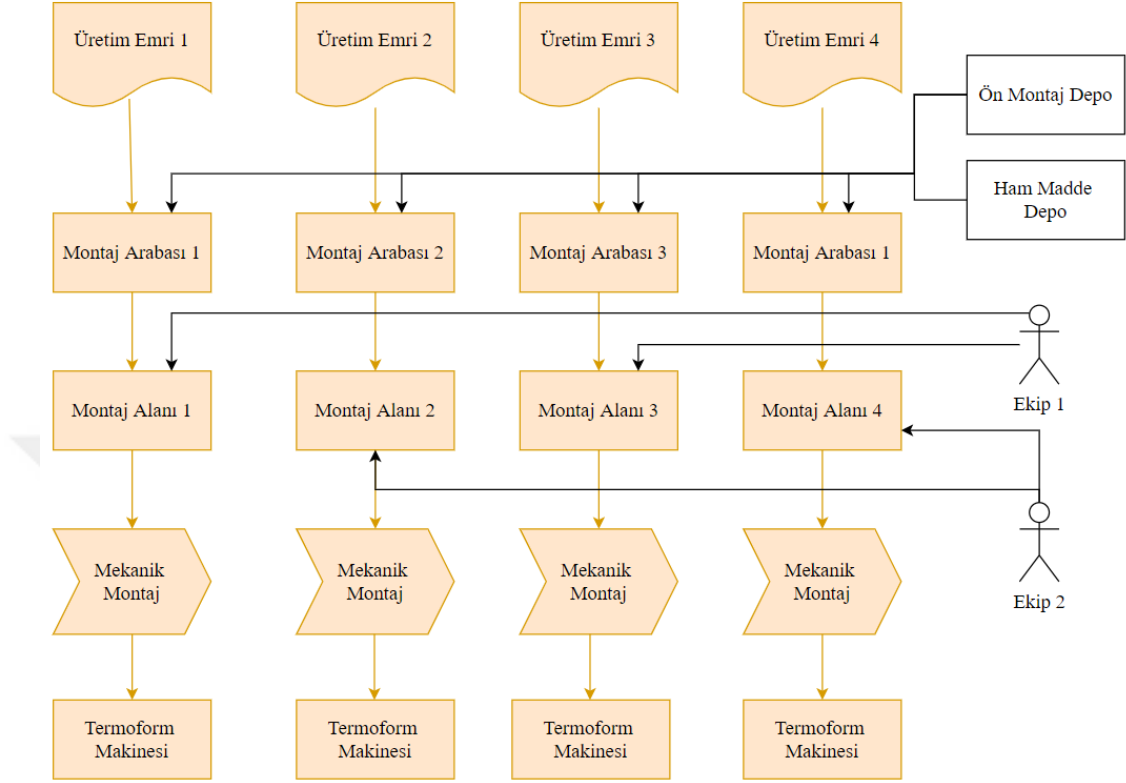
Montaj malzeme arabaları ile işletme içerisinde çekme sisteminin oluşturulması hedeflenmiştir. Öncelikle taşıma israfı ortadan kaldırılmıştır. Montaj arabasından önce ve sonra montaj malzemesi alma şeması Şekil 6.18’de bulunmaktadır.



Şekil 6.18: Montaj Alanına Malzeme Akış Şeması

Şekil 6.18 incelendiğinde montaj elemanın malzeme almak için depo alanına gitmediği aynı zamanda süreç içerisinde 4 adımdan oluşan malzeme akışının 3 adıma indiği görülmektedir.

İşletme içerisinde oluşturulan montaj arabaları ile süreç akışı Şekil 6.19’da bulunmaktadır.



Şekil 6.19: Termoform Makinesi Üretim Süreci Akışı

Şekil 6.19 incelendiğinde üretim sürecinde öncelikle ekiplerin montaj alanına geçişlerinin olmadığı görülmektedir. Ekip 1, 1. Termoform makinesinin montajını tamamladıktan sonra beklemeden Termoform Makinesi 3’ün montajına başlamaktadır. Aynı şekilde Ekip 2, 2. Termoform Makinesi üretimini tamamladıktan sonra beklemeden Termoform Makinesi 4’ün montajına başlamaktadır.

Üretim süreçlerinin etkinliklerinin artırılması için öncelikle 3 haftada bir şirket içerisinde eğitim gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Bu eğitimde hem yeni revizyonlar montaj elemanlarına aktarılmakta hem de montaj şekilleri hakkında bilgi verilmektedir.

Bu eğitimler dışında ise montajı zor ve uzun süren parçalara ait bir liste yapılmıştır. Bu montaj şekilleri Ar-Ge departmanı ile paylaşılmış ve montaj aparatları yapılarak montaj süresinin kısaltılması ve montajın kolaylaştırılması hedeflenmiştir.

Üretim esnasında kullanılan montaj malzemelerinin ise yenileri alınarak adetleri arttırılmıştır. Bu sayede ilgili parçaları aramak veya başkasından almak için geçen sürenin ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

Makine üzerinde yapılan değişiklikler hakkında montaj elemanlarına gerekli bilgilerin zamanında verilmemesi durumunda yapılan hatalı montajların önüne geçmek adına ise haftalık üretim toplantıları yapılmaya başlanmıştır. Bu toplantılara ekip liderleri, kaynak atölye sorumluları, kalite kontrol departmanı yetkilileri, üretim mühendisi ve teknik müdür katılmaktadır. Bu toplantılar haftalık olarak Pazartesi günü 09:00'da yapılmaktadır, makine üzerinde yapılan değişiklikler bu toplantıda beyan edilir, değişiklikler haricinde makine terminleri ve üretimdeki makineler hakkında konuşulur ve montaj ekiplerine iletilmesi gereken bilgiler iletilir.

Ayrıca bu toplantılarda, montaj ekibinde görev alan herkes makine tasarımı ve işletme içerisinde bulunan iyileştirme fikirlerini beyan etmektedirler bu fikirler daha sonra üst yönetime ve Ar-Ge departmanına sunulmaktadır. Sürekliliğin sağlanması içinse üretim mühendisi ve teknik müdür yapılan iyileştirmeleri kontrol etmekte ve üst yönetime raporlamaktadırlar.

Kontrolün sağlıklı ve doğru bir şekilde yapılması için kalite kontrol kitapçıkları hazırlanmıştır. Bu kitapçıkla her makine konfigürasyonu için birbirinden farklıdır ve ilgili kitapçıkta her montaja ait teknik resimler ve montaj resimlerine yer verilmiştir, cıvata tork değerleri de yine bu kitapçıkta bulunmaktadır.

Montaj ekibi ara kontrol noktasına geldiğinde kalite kontrol departmanına bilgi verir ve kalite kontrol departmanı gerekli kontrolleri yapar ve kayıt altına alır, bu kayıtlar daha sonra raporlanmak için üretim mühendisi tarafından toplanır, bu belgelerde, işletme içerisinde görev alan herkesin yaptığı işler ve tarihler bellidir ve yapılan işler için adam/saat bilgileri de bulunmaktadır, bu bilgiler sayesinde işletme içerisindeki verimlilik hem kişi hem de ekip bazında ölçülebilir.

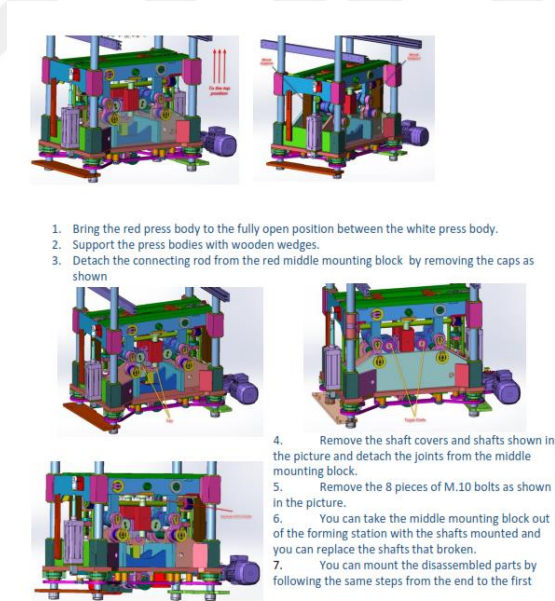
Makinenin montajı tamamlandıktan sonra, son kullanıcılara teslim edilmeden önce kalıp operatörü tarafından yapılması gereken kontroller bulunmaktadır, bu kontroller ise basınç değerleri, pnömatik tesisat gibi montajında sorun olmamasına rağmen değerlerin doğru ayarlanmaması durumunda müşteride arızaya sebep olabilir. Son kontroller makineye kalıp bağlanıp çalıştırılarak yapılır ve bu kontroller yine kayıt altına alınır.

Servis Süreçleri

İşletmenin dünya genelinde 350 makinesi bulunmaktadır ve makinelere müşteri talebi doğrultusunda servis verilmektedir. Servis süreçlerinin yoğunluğu işletme içerisindeki üretim hattında aksaklıklara neden olmaktadır, her müşterinin makinenin ihtiyaçları ile ilgilenen bakım ekibine sahip olmaması ya da bakım ekibinin yetkin olmaması ise bu servislerin sıklığına ve süresine etki etmektedir.

Bu nedenle müşteriler için analiz bölümünde en çok değiştirildiği tespit edilen parçaların nasıl değiştirilmesi, nelere dikkat edilmesi, montajının nasıl yapılması gerektiğini anlatan belgeler hazırlanmıştır, bu belgeler ile parça değişimi için servise daha az gidilmesi hedeflenmektedir. Örnek çalışma Şekil 6.20’de bulunmaktadır.

Ayrıca müşterilerin, makine ile kendilerine verilen bakım kitapçığının içeriği arttırılmış ve bütün müşterilere gönderilmiştir. Bu bakım kılavuzu yardımı ile müşteriler makinenin bakımlarının nasıl ve ne sıklıkta yapılması gerektiği tekrar hatırlatılmıştır.



Şekil 6.20: Parça Değişim Prosedürü Örneği

Dış müşterilerde bulunan servis süreçlerinin etkinliğini arttırmak ve servis işlemlerini hızlandırmak amacıyla haftalık servis çizelgeleri oluşturulmuştur, bu çizelgeler sayesinde ise birbirine yakın konumda bulunan müşterilerin servisleri aynı güne alınmış ve yolda kaybedilen zamanın ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Ayrıca

bu servis çizelgeleri işletme içerisindeki iş planlamaları doğrultusunda oluşturulmuştur ve Tablo 6.26’da bulunmaktadır.

Tablo 6.26: Servis Ekibi Örnek İş Planı

<i>Servis Haftası</i>	<i>Çalışma Ekibi</i>	<i>Servis Bölgeleri</i>	<i>Servis Haftası</i>	<i>Çalışma Ekibi</i>	<i>Servis Bölgeleri</i>
36. hafta	3. Ekip	Çerkezköy Bölgesi	43. hafta	2. Ekip	Çerkezköy Bölgesi
36.hafta	2. Ekip	Çerkezköy Bölgesi	43. hafta	4. Ekip	Hadımköy Bölgesi
36. hafta	4. Ekip	Hadımköy Bölgesi	44. hafta	2. Ekip	Hadımköy Bölgesi
37. hafta	2. Ekip	Gebze Bölgesi	44. hafta	2. Ekip	Gebze Bölgesi
37. hafta	1. Ekip	Gebze Bölgesi	45. hafta	4. Ekip	Hadımköy Bölgesi
38. hafta	2. Ekip	Hadımköy Bölgesi	45. hafta	3. Ekip	Gebze Bölgesi
38. hafta	4. Ekip	Hadımköy Bölgesi	45. hafta	2. Ekip	Hadımköy Bölgesi
38. hafta	4. Ekip	Çerkezköy Bölgesi	46. hafta	3. Ekip	Çerkezköy Bölgesi
38. hafta	3. Ekip	Hadımköy Bölgesi	46.hafta	1. Ekip	Hadımköy Bölgesi
38. hafta	2. Ekip	Hadımköy Bölgesi	46. hafta	4. Ekip	Gebze Bölgesi
39. hafta	1. Ekip	Hadımköy Bölgesi	47. hafta	2. Ekip	Antalya Bölgesi
40. hafta	4. Ekip	Çerkezköy Bölgesi	48. hafta	1. Ekip	Çerkezköy Bölgesi
40. hafta	3. Ekip	Hadımköy Bölgesi	48. hafta	4. Ekip	Gebze Bölgesi
40. hafta	3. Ekip	Çerkezköy Bölgesi	49.hafta	3. Ekip	Hadımköy Bölgesi
41. hafta	1. Ekip	Çerkezköy Bölgesi	49. hafta	4. Ekip	Çerkezköy Bölgesi
41. hafta	2. Ekip	Hadımköy Bölgesi	50. hafta	3. Ekip	Hadımköy Bölgesi
42. hafta	1. Ekip	Gebze Bölgesi	50. hafta	4. Ekip	Gebze Bölgesi
42.hafta	1. Ekip	Çerkezköy Bölgesi	50. hafta	1. Ekip	Hadımköy Bölgesi
42. hafta	1. Ekip	Gebze Bölgesi	51. hafta	4. Ekip	Çerkezköy Bölgesi
42. hafta	3. Ekip	Gebze Bölgesi	51. hafta	3. Ekip	Gebze Bölgesi

Tedarik Süreçleri

İşletme içerisindeki fazla stok israfını önlemek amacıyla Tedarik Süreçleri incelenmiştir. Öncelikle işletme içerisindeki bütün malzemeler için kritik stok değerleri hesaplanmıştır. Kritik stoklar hesaplanırken yurt dışından tedarik edilen maliyeti yüksek ve termini uzun olan parçalar, bu değerler hesaplanırken tedarik süresi, fiyatı ve serviste kullanım yoğunlukları dikkate alınmıştır. Hesaplanan kritik stoklar Tablo 6.27’de bulunmaktadır.

Tablo 6.27: Kritik Stok Değerleri Tablosu

<i>Parça Tipi</i>	<i>Tedarik Süresi</i>	<i>Maliyetler</i>	<i>Servis Kullanım Yoğunluğu</i>	<i>Kritik Stok Değeri</i>
Kromlu Miller	6 hafta	Çok Yüksek	Az yoğunlukta	5 takım
Kremayer Miller	6 hafta	Orta	Çok yoğun	10 takım
Servomotor	8 hafta	Çok Yüksek	Yoğun	7 takım
Lazer Parçaları	5 hafta	Orta	Az yoğunlukta	4 takım
Valfler	3 hafta	Yüksek	Az yoğunlukta	3 takım
Robot	8 hafta	Çok yüksek	Az yoğunlukta	2 takım
Makine Grupları	10 hafta	Çok Yüksek	Orta yoğunlukta	5 takım
Silindirler	3 hafta	Orta	Orta yoğunlukta	4 takım
Asenkron Motorlar	3 hafta	Düşük	Az yoğunlukta	3 takım
Torna Parçaları	9 hafta	Düşük	Çok yoğun	10 takım
Freze Parçaları	9 hafta	Orta	Çok yoğun	10 takım
Pnömatik hortumlar	2 hafta	Düşük	Az yoğunlukta	2 takım
Vakum üreteçleri	1 hafta	Yüksek	Çok yoğun	3 takım

Kritik stoklar hesaplandıktan sonra tedarikçiler ile görüşülüp maliyeti çok yüksek olan ve serviste yoğun olarak kullanılan parçaların tedarikçinin stoklarına alınması talep edilmiştir. Bazı tedarikçiler bu teklifi kabul etmiştir fakat bazı tedarikçiler ise depoları olmadığı gerekçesi ile bu teklifi reddetmiştir. Bu süreç ile ERP desteği ile parçalar kritik stok değerine düştüğünde gelen uyarılar ile siparişler geçilerek hem tedarik sürelerinin kısaltılması hem de stok maliyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir.

6.2.5.3. Standart Çalışma: İyileştirme aşamasında kullanılan son yalın yöntem ise Standart Çalışma yöntemidir. Bu yöntem ile birlikte montaj için verilen reçetelerin etkinliklerinin artırılması hedeflenmiştir. Bu projede Ar-Ge departmanından yardım alınmıştır ve her montaj ile birlikte montaj resminin verilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

İşletme içerisindeki reçetelere makine konfigürasyonları hakkında bilgi verilirken, montaj resimlerinde ise kullanılması gereken cıvata çeşidi, malzeme, montaj şekli hakkında bilgiler eklenmiş ve montaj elemanlarının montaj resmi olmadan montaj yapmaması gerektiği kendilerine bildirilmiştir. Örnek olarak bir montaj resmi Şekil 6.21’de bulunmaktadır.

süreçlerin ne oranda azaltıldığı gözlemlenerek proje başarısı hakkında bilgi vermesi amaçlanmıştır.

6.2.6.1. Montaj Hataları Kontrolü: 6 hafta içerisinde 2 makinenin mekanik montajı tamamlanmıştır. 6 haftalık süreç içerisinde yapılan montaj sayısı ve montaj hataları aşağıdaki gibidir:

Tablo 6.28: İyileştirmelerden Sonra Montaj Sayısı, Hataları ve Sigma Seviyeleri Tablosu

<i>Haftalar</i>	<i>Montaj Sayısı</i>	<i>Yapılan Hatalar</i>	<i>DPMO</i>	<i>Sigma Seviyesi</i>
1	525	5	9523,8	3,8
2	517	3	5802,7	4,1
3	512	2	3906,3	4,2
4	510	3	5882,4	4,1
5	508	4	7874,0	3,9
6	514	2	3891,1	4,2

Tablo 6.28 incelendiğinde iyileştirmeler sonrasında ortalama sigma seviyesi 4 olarak hesaplanmıştır. İyileştirmelerden önce sigma seviyesi 3,4 olarak hesaplanmıştı. Bu süreçte %25 olarak hedeflenen iyileştirmenin yalnızca %17,5'i gerçekleştirilebilmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda sigma seviyesi hedefin altında kalmış olsa bile üst yönetim yapılan iyileştirmeler ve yeni sigma seviyesinden memnun olmuş ve proje bitirildikten sonra farklı ve yeni önlemler alınması için Yalın Altı Sigma ekibini teşvik etmiştir.

6.2.6.2. Üretim Süreçleri Kontrolü: 6 hafta süre ile montaj hattı incelenmiş ve yapılan ölçümler sonucunda montaj hattı içerisinde montaj elemanlarının mesai süreçlerinde yaptığı işler, servisler ve montaj süreleri incelenmiş ve ilgili bilgiler Tablo 6.29'da paylaşılmıştır.

Tablo 6.29: İyileştirmelerden Sonra Montaj Hattı Ölçümü

Montaj Elemanı	Toplam Çalışma Saati	Servis	Kalibrasyonlar-Deneme	Mekanik Montaj	Makine Söküm	Makine Yükleme	Depo Alanından Malzeme Almak	Malzeme Yükleme	Cıvata Kontrol	Verimsiz Zaman
1	240	29		189	8		3		3	8
2	235	15	154	9	12	15	2	13	9	6
3	248	31		164	28	8	6		6	5
4	260	26		223			2			9
5	245	33		158	11	16	6	8	7	6
6	225	30		183		9	0			3
7	216	29		135	18	11	0	10	6	7
8	244	12		225			0			7
9	236	32		161	10	6	0	15	7	5
10	228	26		157	12	8	0	12	7	6
11	230	9		201	10		0		6	4
Toplam=	2607	272	154	1805	109	73	19	58	51	66
Yüzde (%)		10,43	5,91	69,24	4,18	2,80	0,73	2,22	1,96	2,53

Yapılan iyileştirmelerden sonra mekanik montaj süreleri incelendikten sonra iyileştirmelerden önceki süreçler ile iyileştirmeden sonraki süreçler karşılaştırılmış ve Tablo 6.30’da karşılaştırılmıştır:

Tablo 6.30: İyileştirmelerden Önce ve Sonra Süreç Yüzdeleri Tablosu

Süreç	İyileştirmelerden Önce (%)	İyileştirmelerden Sonra (%)
Servis	15,01	10,43
Kalibrasyonlar-Deneme	6,73	5,91
Mekanik Montaj	63,04	69,24
Makine Söküm	2,32	4,18
Makine Yükleme	1,97	2,80
Depo Alanından Malzeme Almak	4,66	0,73
Malzeme Yükleme	2	2,22
Cıvata Kontrol	1,08	1,96
Verimsiz Zaman	3,19	2,53

Tablo 6.30 ile verilen değerler incelendiğinde servis süreçlerinin yoğunluğu %15,01'den %10,43'e düşmüştür. Ölüm aşamasında da bahsedildiği gibi servisler montaj elemanlarının hattan ayrılmasına neden olmaktadır ve bu sürecin azalması için iyileştirme aşamasında Heijunka yöntemi kullanılmıştır. Yapılan iyileştirmelerin servis konusunda başarılı olduğu görülmektedir.

Mekanik Montaj süreçleri incelendiğinde mekanik montaj yoğunluğunun %63,04'ten %69,24'e çıktığı gözlemlenmiştir. İyileştirme aşamasında süreç içerisinde montaj elemanlarının hattan ayrılmaması ve daha uzun süre ile montaj hattında kalarak montaja devam etmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda 5S yöntemi kullanılmış ve başarı sağlandığı gözlemlenmiştir.

Depo alanından malzeme almak için geçen sürenin yoğunluğu ise %4,66'dan %0,73'e düşmüştür. Ölüm aşamasında da bahsedildiği gibi bu süreç işletme için kar sağlamayan israfa yol açan bir süreçtir ve iyileştirme aşamasında 5S ve Heijunka yöntemleri kullanılarak bu süreç içinde ciddi bir başarı sağlanmıştır.

Verimsiz zamanın yoğunluğu incelendiğinde ise %3,19'dan %2,53'e düştüğü görülmektedir. Bu süreci azaltmak için iyileştirme yöntemi olarak Heijunka yöntemi kullanılmış ve az çok ciddi olmayan bir başarı sağlanmıştır.

Proje hedefleri doğrultusunda montaj sayıları daha detaylı olarak incelenip Tablo 6.31'de paylaşılmıştır.

Tablo 6.31: Üretim Sürecinde İyileştirmelerden önce ve Sonra Montaj Sayısı Tablosu

<i>Haftalar</i>	<i>İyileştirmelerden nce Montaj Sayısı</i>	<i>İyileştirmelerden Sonra Montaj Sayısı</i>
1	420	525
2	441	517
3	432	512
4	428	510
5	446	508
6	425	514
Toplam:	2592	3086

İyileştirmelerden önceki son 6 hafta içerisinde 2592 parçanın montajı yapılırken iyileştirme sonrasında bu sayı 3086'ya yükselmiştir. Bu artış yaklaşık %20'dir. Proje hedeflerinde üretim süresinin %20 olarak kısaltılması hedeflenmiştir, bu oran hedef ile uyushmaktadır.

Montaj sürelerindeki iyileştirmeleri kontrol etmek amacıyla Anova analizine başvurulmuştur, bu analiz SPSS programı ile yapılmıştır. Yapılan Anova analizinin sonuçları ise Tablo 6.32'de bulunmaktadır.

Tablo 6.32: Anova Analizi Sonuçları

ÖZET

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
Sütun 1	6	2592	432	97,2
Sütun 2	6	3086	514	37,1

ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>
Gruplar Arasında	20336,33	1	20336,3	302,92	0,0001
Gruplar İçinde	671,3333	10	67,1		
Toplam	21007,67	11			

Anova Analizi sonuçları incelendiğinde iyileştirmelerden önce ve sonra toplam 12 gözlem yapılmıştır, bu gözlemlerin ortalamaları varyansları ve toplamaları paylaşılmıştır. Anova çıktıları incelendiğinde ise iki grup arasında anlamlı bir fark olduğu p değerine bakılarak kontrol edilir. P değeri<0,5 ise analizin anlamlı olduğu kanısına varılır.

Proje hedefleri doğrultusunda son 6 hafta içerisindeki servis süreleri incelenmiş ve Tablo 6.33'te paylaşılmıştır.

Tablo 6.33: İyileştirmelerden Önce ve Sonra Servis Saatleri

<i>İyileştirmeden Önce</i>		<i>İyileştirmeden Sonra</i>	
1. hafta	61	1. hafta	45
2. hafta	59	2. hafta	48
3 .hafta	62	3.hafta	42
4. hafta	60	4. hafta	45
5.hafta	65	5.hafta	44
6. hafta	58	6. hafta	48

Yapılan iyileştirmeler ve alınan sonuçların karşılaştırmalı sunumu için proje öncesi ve sonrası kalite ölçütleri Tablo 6.34’te paylaşılmıştır.

Tablo 6.34: İyileştirmeler Öncesi ve Sonrası Kontrol Tablosu

	PROBLEM	YÖNTEM	ÖLÇÜT	
			Önce	Sonra
1	HATALI MONTAJ	Standart Çalışma	Sigma seviyesi: 3,4	Sigma seviyesi: 4,0
2	MONTAJ ELEMANININ HATTA BULUNMAMASI			
2.1	Servis Sürelerinin Uzunluğu	Heijunka	Servis süresi: 239 adam.saat	Servis süresi: 178 adam.saat
2.2	Depo Alanında Geçen Sürelerin Uzunluğu	5S	Depo Alanında Geçen Süre: 73 adam.saat	Depo Alanında Geçen Süre: 19 adam.saat
2.3	Malzeme Eksikliği	Heijunka	Verimsiz	Verimsiz
2.4	Montaj Malzemeleri Almak	Heijunka	Zaman: 75 adam.saat	Zaman: 66 adam.saat

Tablo 6.34 detaylı olarak incelendiğinde projede karşılaşılan dar boğazlar ve bu darboğazlara karşı kullanılan sigma yöntemleri görülmektedir. Bu yöntemler ile

işletme içerisindeki kazanımlar üst yönetimi ve Yalın Altı Ekibini memnun etmiş ve işletme çalışanlarının motivasyonun yükselmesini sağlamıştır.

Yapılan iyileştirmeler ile üretim hızı %20 arttırılmıştır. İşletme içerisindeki hatalı montajları “Standart Çalışma” yöntemi kullanılarak azaltılması hedeflenmiştir. Yapılan ölçümler ile montaj hattındaki kalite seviyesi 3,4 sigma değerinden %17,5 arttırılarak 4’e yükseltilmiştir. Projeye başlangıcında %25 olarak belirlenen bu hedefin istenilenin altında kalması bağlamında, makinedeki hata oranının daha fazla azaltılması için yalın altı sigma ekibi gelecek dönemlerde yeni projeler başlatılması ve işletme içerisindeki hataları azaltmak için yeni önlemler / iyileştirmeler uygulanması önerilmiştir.

Servis sürelerinin uzunluğu problemi için yapılan iyileştirmeler ile servis süresi 239 adam.saat değerinden 178 adam.saat değerine düşürülmüştür. Depo alanında geçen zaman, malzeme eksikliği ve montaj için malzeme almak gibi montaj elemanlarının hattan ayrılması 5S ve Heijunka yöntemi kullanılarak azaltılmaya çalışılmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda çalışanların bu nedenler ile hattan ayrılması yoğunluğu %7,85’ten %3,26’ya düşürülmüştür.

Süreçler incelendiğinde Yalın Altı Sigma projesi uygulaması ve projenin süreleri ise Şekil 6.22’de bulunmaktadır.



Şekil 6.22: Yalın Altı Sigma Uygulama Süreleri Şeması

Şekil 6.22 incelendiğinde Yalın Altı Sigma projesinin uzunluğunun 44 hafta sürdüğü gözlemlenmektedir. Bu süreç içerisinde en çok zaman ise mevcut durumun ölçüldüğü ölçüm aşamasında gerçekleştirilmiştir. İşletme içerisindeki eğitimler

nedeniyle de ‘Tanımlama’ aşaması 6 hafta sürmüştür. ‘Analiz’ aşaması ise 2 hafta ile en az süreye sahip aşama olmuştur. ‘İyileştirme’ aşamasındaki yöntemler paralel olarak devam etmiştir ve bu sayede 6 hafta sürmüştür. ‘Kontrol’ aşaması ise 6 hafta sürmüştür. İşletme içerisinde ilerleyen tarihlerde yapılabilecek olan Yalın Altı Sigma projelerinde tekrar eğitim alınmaması durumunda proje daha kısa sürede de tamamlanabilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması sipariş üzerine Termoform makineleri üreten ve proje tipi üretim yapan bir işletmede Yalın Altı Sigma bütünleşik yöntemin uygulanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Termoform makineleri çok komplike makineler olduğu için üretim süresi uzundur ve hataları yakalamak bu nedenle oldukça zordur. Makineler müşteri isteklerine göre şekil aldığı için stoklu olarak çalışılması mümkün değildir ve proje bazlı üretim yapılır. Bu nedenle müşteriler makinelerini talep ettiğinde hızlı bir şekilde işleme alınması ve üretime başlanması gerekmektedir. Bu bağlamda üretim süreçlerini takip edilmesi oldukça önemlidir. Müşterilerin acil makine ihtiyaçlarına hızlıca cevap verilebilmesi için üretim süreçlerinin de hızlanması ve müşteri memnuniyetinin azalmaması için makinenin hatasız teslim edilmesi gerekmektedir. Uygulamanın başlıca amacı makinelerin üretim sürelerinin kısaltılması ve makinedeki montaj hatalarının azaltılması olarak saptanmıştır.

Uygulamanın ilk bölümünde öncelikle yalın altı sigma ekibi kurulmuş, gerekli kişilere yalın altı sigma eğitimi verilmiş, proje amaçlarını anlatan proje beyanı oluşturulmuş ve işletme içerisindeki süreçler incelenmiştir. Daha sonra, problemler tanımlanmış, problemler ve alt nedenleri bulunmaya çalışılmıştır. Üretim, servis ve tedarik süreçleri incelendiğinde çalışanların depo alanında gereksiz zaman geçirdiği ve beklemelerinin fazla olduğu görülmüştür. Servis sürelerinin uzunluğunun ise üretim süreçleri üzerinde zaman kaybı başta olmak üzere, olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Uygulamanın dördüncü bölümünde, ölçümü yapılan süreçlere istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda iyileştirilmesi gereken süreçler ve yapılacak iyileştirmeler tespit edilmiştir. İzleyen adımda yalın yöntemlerden faydalanılarak iyileştirmeler yapılmıştır. İyileştirme yöntemleri uygulanması güç olduğunda veya işletme içerisindeki çalışanların dirençleri ile karşılaşılması durumunda projeye zarar verebilir. Bu bağlamda yapılan iyileştirmeler işletme kültürüne uygunluğu, gerçekleştirilebilir olması ve fayda-zarar oranı gözetilerek seçilmiştir. İşletme içerisinde yapılacak bu iyileştirmeler için çalışanlara bilgi verilmiş ve görüşleri alınmıştır. Ayrıca iyileştirmeler arasında işletme içerisindeki eğitimlerin arttırılmasına karar verilmiş ve eğitim şablonları oluşturulmuştur. Bu eğitimler ile çalışan kişilerin yetkinliklerinin ve işletme içerisindeki ekip ruhunun arttırılması hedeflenmiştir.

Uygulamanın son bölümünde yapılan iyileştirmeler kontrol edilmiştir. Yapılan iyileştirmeler doğrultusunda üretim hızı %20 arttırılmıştır. Montaj hattındaki kalite seviyesi 3,4 sigma değerinden %17,5 arttırılarak 4'e yükseltilmiştir. Projeye başlangıcında %25 olarak belirlenen bu hedefin istenilenin altında kalması bağlamında, makinedeki hata oranının daha fazla azaltılması için yalın altı sigma ekibi gelecek dönemlerde yeni projeler başlatabilir ve işletme içerisindeki hataları azaltmak için yeni önlemler / iyileştirmeler uygulanabilir.

Servis sürelerinin uzunluğu problemi için uygulanan iyileştirmeler ile servis süresi 239 adam.saat değerinden 178 adam.saat değerine düşürülmüştür. Depo alanında geçen zaman, malzeme eksikliği ve montaj için malzeme almak gibi montaj elemanlarının hattan ayrılmasının oranı %7,85'ten %3,26'ya düşürülmüştür.

Bu tez çalışması ile uygulama yapılan firmanın süreçlerindeki iyileştirmenin yanı sıra proje bazlı üretim yapan bir firmada yalın altı sigma projesi uygulama örneği sunularak literatüre katkı sağlanmıştır. İlave olarak, bu uygulama ile birlikte işletme içerisinde çalışan mühendis ve montaj elemanları yalın altı sigma konusunda eğitim almış ve bilgilendirilmiştir. Bu sayede, ilerleyen dönemlerde farklı süreçler için başlatılacak projelerde katkı sağlayabilirler. Bu eğitimler işletme içerisindeki ekip ruhunu geliştirerek çalışanların verimini arttırmıştır. Çalışmaların sonucundan işletmenin üst yönetimi de çalışmalardan oldukça memnun kalmış ve çalışmanın standartlaştırılmasına karar verilmiştir. Gelecek dönem çalışmaları yeni projelerin uygulanması ve etkinliklerinin ölçülmesi için başlatılabilir.

REFERANSLAR

- Ağın, K. (2020). Yönetimlerde Kaizen Felsefesi. *19 Mayıs Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 67-75.
- Akdamar, E. (2014). *Yalın Altı Sigma ve Sürekli Süreç İyileştirme Üzerine Bir Uygulama*. Bursa: Yüksek Lisans Tezi Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aksu, Ö. (2013). *Bir Üretim Hattındaki Performansın Yalın Üretim Teknikleri ile İyileştirilmesi*. Eskişehir: Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Eskişehir Anadolu Üniversitesi.
- Akyüz Çağlar, M., & Kurt, M. (2016). Altı Sigma Yaklaşımı ve Savunma Sanayi Sektöründe Bir Uygulama. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 27(3), 13-24.
- Alper, B. (2019). *Yalın Altı Sigma Metodolojisi ve Bir Savunma Sanayi Firmasında Uygulanması*. Ankara: Çankaya Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Arı, A., & Önder, H. (2013). Farklı Veri Yapılarında Kullanılabilecek Regresyon Yöntemleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3), 168-174.
- Arslandere, M. (2018). *Yalın Üretim ve Yalın Üretime Geçiş Çalışmaları: Büyük Ölçekli Gıda Firmalarında Uygulamalar*. Konya: Dizgi Ofset Matbaacılık.
- Aslantaş, T. (2014). *Yalın Üretim Felsefesi, Yöntemleri ve Kanban Tekniğinin Otomotiv Sektöründe Uygulanması*. Ankara: Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Atalay, O., & Kılıç, Ö. (2015). Balık Kılçığı Yöntemi ile Mobil Vinç Kazası Olası Nedenlerinin İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1), 73-78.
- Avunduk, H. (2019). Yalın Altı Sigma: Bir Pet Şişirme Makinasında Süreç İyileştirme. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(70), 633-653.
- Balcıoğlu, Y., & Gözel, A. (2019). Alternatif Yönetim Yaklaşımlarından: Yalın Altı Sigma. *PressAcademia Procedia*, 9(1), 105-108.

- Bulut, K., & Altunay, H. (2016). Değer Akışı Haritalandırma Yöntemi: Mobilya Sektöründe Bir Uygulama. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 8 (1), 48-55.
- Cengiz, H. (2007). Hipotez Testlerinde Anlam Düzeyinin Belirlenmesinde Alternatif Yaklaşım: Beta Olasılığının Rolü. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(1), 239-249.
- Cengiz, M., & Terzi, Y. (2018). *Hipotez Testleri*. Samsun: On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü Ders Notları.
- Chourasia, R., & Nema, A. (2016). Review on Implementation of 5S methodology in the Services Sector. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(4), 1245- 1249, 1245-1249.
- Cihangir, C., & Şenol, H. (2018). Konaklama İşletmelerinde Tam Zamanında Üretim Sistemi: Antalya İlinde Bir Araştırma. *Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 59-84.
- Coronado, R., & Antony, J. (2002). Critical Success Factors For The Implementation Of Six Sigma Projects. *The TQM Magazine*, 14 (2), 92-99.
- Crengute, I. (2019). Implementation of Kanban Method at Mechrom Industry. *Journal of Ekonomi*, 1, 84-86.
- Çağıl, G., Boran, S., & Sucu, Ş. (2016). Altı Sigma Yöntemi ile Tedarikçi Kalitesi İyileştirme: Bir Uygulama. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(35), 215-234.
- Çakır, E. (2019). *Yalın Altı Sigma Teori ve Uygulama*. İstanbul: Hiperlink Eğitim İletişim Yayıncılık.
- Çakırkaya, M., & Acar, Ö. (2016). Bir Üretim Hattında Meydana Gelen Hataların Önem Derecelerinin İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi ile Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(36), 272-288.

- Çelik, H., & Taşkın, K. (2019). SMED Uygulamasının Ayar Süresine Ve Birim Maliyete Etkisi: Kabuk Soyma Parlak Çelik Üretim Hattı Uygulması. *İşletme Bilimi Dergisi*, 7(1), 77-103. doi:10.22139/jobs
- Çırkan, F. (2009). *Altı Sigma Süreç İyileştirme Tekniği ve Sanayide Bir Uygulama*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Dağlıoğlu, G., Görüroğlu Öztürk, Ö., & İnal, T. (2019). Klinik Laboratuvarda Kalite Yönetimi: Altı Sigma Prosedürünün Uygulanması. *Cukurova Medical Journal*, 44, 272-280.
- Doğan, N., & Takcı, E. (14-16 Ekim 2015). Yalın Üretime Geçiş: Bir İmalat İşletmesinde Değer Akış Haritalama Uygulaması. *15. Üretim Araştırmaları Sempozyumu* (s. 497-504). Ege Üniversitesi.
- Doğan, S., & Demiral, Ö. (2008). Yalın Yöntemler ve Altı Sigmayı İçeren Bütünleşik Bir Yaklaşım: Yalın Altı Sigma. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(1), 343-366.
- Dönmez, C., & Yakar, B. (2019). Tedarik Zinciri İyileştirmesine Yalın Altı Sigma Kullanımı ile Sistematik Bir Yaklaşım ve Bir Gübre Şirketinde Uygulanması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18, 1377-1396.
- Elteç, B. (2017). *Yalın Üretim Tekniklerine Bağlı Süreç İyileştirmelerinin Bir Kozmetik Firmasında Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Emiliani, M. (2008). Standardized Work for Executive Leadership. *Leadership & Organization Development Journal*, 29 (1), 24-46.
- Erol, S. (2012). Yalın Yaklaşım ve Yalın Üretim. *Anahtar Dergisi*, 24 (278), 18-22.
- Erozan, İ. (2019). Çekme Sistemleri için Karşılaştırmalı Bir Analiz ve Bir Karar Destek Sistemi Önerisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(3), 523-539.
- Ersöz, T., Sarız, K., & Ersöz, F. (2020). Demir-Çelik Üretim Hattında Yalın Üretim. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 801-826. doi:10.29130/dubited.571724

- Ertuğrul, İ. (2014). *Toplam Kalite Kontrol*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Eser, S., & Yıldız, M. (2017). Denim Pantolonu Üretiminde Değer Akış Haritalandırma Yönteminin Uygulanması. *Sakarya Üniversitesi İşletme Bilimi Dergisi*, 5(3), 1-23.
- Falkowski, P., & Kitowski, P. (2013). The 5S methodology as a tool for improving organization of production. *PhD Interdisciplinary Journal*, 4(1), 127-133.
- Firuzan, A., Alpaykurt, S., & Gerger, A. (2012). Yalın Altı Sigma Projeleri İçin Kritik Başarı Faktörleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(4), 65-79.
- Firuzan, E. (2004). Tam Zamanında Üretim Sisteminin Bir İşletmede Uygulaması, Yönetim ve Ekonomi. *Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 41-52.
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S Within A Japanese Context: An Integrated Management System. *Management Decision*, 565-579.
- George, M. L. (2002). *Lean six sigma: Combining six sigma quality with lean speed*. New York: The McGraw Hill Companies.
- George, M., Rowlands, D., & Kastle, B. (2005). *Yalın Altı Sigma Nedir?* (1 b.). (B. G. Akbay, Dü.) Ankara: SPAC Altı Sigma Danışmanlık.
- Gerger, A. (2019). Endüstri 4.0 Üretim Sürecinde Süreç Değişkenliğinin Optimizasyonunda Heijunka Yöntemi. *İzmir Democracy University Social Sciences Journal*, 1-17.
- Gerger, A., & Firuzan, A. (2010). Yalın Altı sigma Projelerinin Başarısız Olma Nedenleri. *Journal of Yasar University*, 20(5), 3383-3393.
- Gülseren Çelebi, G. (2020). *Yalın Altı Sigma Metodolojisi ile Süreç İyileştirmeye Yönelik Tekstil Sektöründe Bir Uygulama*. Düzce: Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Gültaş, P., & Yücel, M. (2019). Sağlık Hizmetlerinde Müşterinin Sesi. *Akademik Yaşamlar Dergisi*, 10(2), 142-158.

- Hakan, Ç. (2020). Süreç Hataların Önlenmesi ile Ekipman Etkinliğinin Artırılması: Poka Yoke Metodolojisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(5), 544-565.
- Huang, J. (2017). Application of Kano Model in Requirements Analysis of Y Company's Consulting Project. *American Journal of Industrial and Business Management*, 7, 910-918.
- Hülagü, K. (2011). *Çelik Boru İmalatında Yalın Üretim ve SMED Uygulaması*. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- İlgın, M., Söyler, D., & Sözen, K. (2016). İstatistiksel Süreç Kontrolü Prensiplerini Kullanarak Bir Kestirimci Bakım Bilgi Sisteminin Geliştirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 9(2), 55-61.
- İşığışık, E. (2008). Mükemmelliğe Giden Yolda Altı Sigma TÖAİK (DMAIC) Modeli. *Altı Sigma Konferansları*, (s. 1-15).
- İşığışık, E. (2011). *100 Soruda Altı Sigma*. Bursa: Marmara Kitapevi Yayınları.
- İşler, M., & Güner, M. (2014). Heijunka Technique from Lean Production Tools and Its Apparel Applications. (s. 353-356). 8th International Izmir Textile and Apparel Symposium.
- Karakoç, H. (2017). *Yalın Altı Sigma Teknikleri ve Bir Gıda Firmasında Uygulanması*. Kayseri: Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Kaygusuz, Y. (2017). *Yalın Altı Sigma ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulama*. Bursa: Ukudağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kılıç, A., & Ayvaz, B. (2016). Türkiye Otomotiv Yan Sanayinde Yalın Üretim Uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15 (29), 29-60.

- Kocabaş, C., & Savaş, A. (2018). Isı Değitirici Performansının Deney Tasarımı Metoduyla Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(3), 1174-1180.
- Kootanee, A., Babu, N., & Talari, H. (2013). Just-in-time Manufacturing System:From Introduction To Implement. *International Journal Of Economics, Business And Finance*, 1(2), 7-25.
- Köse, M. (2009). *Altı Sigma ve Firmaların Altı Sigma'ya Bakış Açısı: Sivas ve Kayseri İli Örneği*. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Liker, J. (2015). *Toyota Tarzı*. İstanbul: Yalın Enstitü.
- Marchwinski, C., Shook, J., & Schroeder, A. (2011). *Yalın Kavramlar Sözlüğü Yalın Düşünürler için Şekilli Sözlük*. (O. Yayınları, Dü., & A. & Soydan, Çev.) İstanbul: Lean Enterprise Institute.
- Mark, G. (2010). The Lean Six Sigma Guide to Doing More With Less. *John Wiley&Sons*, 48-49.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Öksüz, M., Mahir, Ö., & Öner, S. (2017). Öksüz, M. K., Öner, M., ve Öner, S.C. (2017: 773). Yalın Üretim Tekniklerinin Endüstri 4.0 Perspektifinden Değerlendirilmesi. *Uluslararası Kalkınma Ajansı*, (s. 768-776). Tunceli.
- Özfırat, P. (2014). Bulanık Önceliklendirme Metodu ve Hata Türü ve Etkileri Analizini Birleştiren Yeni Bir Risk Analiz Yöntemi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 755-768.
- Özkan, Y., & Altınsoy, A. (2015). Kök Neden Belirlemede Excel Destekli Pareto Analizi ve İyileştirme Alanının Hesaplanması. *1st International Symposium On Critical And Analytical Thinking*.

- Öztürk, İ. (2017). Altı Sigma, Yalın Üretim ve Yalın Altı Sigma Metodolojisinin Tarımsal İşletmelerde Verimlilik ve Kalite Üzerine Etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(3), 201-208.
- Özveri, O., & Çakır, E. (2012). Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama. *Afyonkarahisar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17-36.
- Özveri, O., & Güçlü, P. (2015). Değer Akış Haritalamada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Uygulaması. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(1), 1-12.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanaugh, R. (2018). *Six Sigma Yolu*. İstanbul: Klan Yayıncılık.
- Patil, P., Parit, S., & Burali, Y. (2013). Review Paper On “Poka Yoke: The Revolutionary Idea In Total Productive Management”. *Research Inventory: International Journal Of Engineering And Science*, 2(4), 19-24.
- Polat, A., Cömert, B., & Arıtürk, T. (2005). *Altı Sigma Nedir?* Ankara: Pelin Ofset Matbaacılık.
- Polat, B. (2020). İlaç Sektöründe Ambalaj Malzemeleri İçin Kanban Sistemi Uygulanması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Pyzdek, T. (2003a). *Six Sigma Handbook: A Complete Guide For Greenbelts, Blackbelts And Managers At All Levels*. New York: Mc-Graw Hill.
- Ramekar, A., Muneshwar, V., Kute, A., & Choube, A. (2017). Concept of Heijunka. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 4(3). doi 10.17148/IARJSET.
- Sarı, E. (2018). Üretim Hattı Tasarımında Değer Akışı Haritalama Yönteminin Kullanılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(56), 67-81.
- Sarp, N. (2014). *Toplam Kalite Yönetimi Uygulamaları*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Savcı, M. (2019). Tam Zamanlı Üretim Sisteminin Üretim Giderlerine Etkisi: Çay İşletmesi Örneği. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(19), 290-309.

- Sevindirici, İ. (2009). *Üretim Sistemleri*. İstanbul: Kum Saati Yayınları.
- Sezal, L. (2017). Maliyet ve Yönetim Açısından Kalite Maliyetleri ve Tam Zamanında Üretim Sistemleri. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(51), 1109-1116.
- Sezen, B. (2011). *Üretim Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar*. Ankara: Efil Yayınevi.
- Sharma, U. (Summer 2003). Implementing Lean Prensiples With The Siz Sigma Advantages: How A Battery Compony Realized Significant Improvements. *Siz Sigma Journal of Organizational Excellence*, 43-52.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System* Productivity Press.
- Singh, B., & Khanduja, D. (2010). SMED: for quick changeovers in foundry SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59 (1), 98-116.
- Smith, B. (2004). Lean/Six Sigma-Either, Neither, or Both? *The Voice of Michagen Industry*, 8-9.
- Spearman, M., Woodruff, D., & Hopp, W. (1990). CONWIP: A Pull Alternative to Kanban. *n. Int. J. Prod. Res.*, 28(5), 879-894.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota Production System and Kanban System. Materialization of Just-In-Time and Respect-Forhuman System. *The International Journal Of Production Research*, 15 (6), 553-564.
- Şeker, A. (2016). Yalın Üretim Sisteminde Kanban, Tek Parça Akışı ve U Tipi Yerleştirme Sistemleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 50 (Autumn II), 449-470.
- Şengün, H. (2017). Tam Zamanında Üretim (TSÜ)'nün Kapsamı ve TZÜ'de Temel Sayılan Kavramların İncelenmesi. *International Journal of Management and Administration*, 1(1), 24-29.

- Şentürk, S. (2015). Bulanık REgresyon Kontrol Grafiğinin Bulanık Mod ve Bulanık Medyan Dönüşüm Teknikleri Kullanılarak Oluşturulması ve Bir Uygulama. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16(1), 23-37.
- Taghizadegan, S. (2006). *Essential of Lean Six Sigma*. Oxford: Elsevier Inc.
- Tanık, M. (2010). Kalıp Ayar Sürelerinin SMED Metodolojisi ile İyileştirilmesi: Bir Yalın Altı Sigma Uygulaması. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitü Dergisi*, 4, 118-140.
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., & Tekin, E. (2018). Büyük Ölçekli Bir İşletmede 5S Uygulaması. *International Journal of Social And Humanities Sciences*, 2(1), 106-122.
- Topçu, H., Doğan, B., & Doğan, M. (2018). Altı Sigma Yöntemi ve Yükseköğretim Kurumlarında Uygulanabilirliği Üzerine Bir Çalışma. *Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 68-79.
- Tınka, A. (2012). Six Sigma Methodology with Recency, Frequency and Monetary Analysis Using Data Mining. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 4(4), 553.
- Türkan, Ö. (2010). Üretimde Yalın Dönüşümün Temel Performans Kriterleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 28-41.
- Uluskan, M. (2017). Türkiye'nin Altı Sigma Uygulama Haritası. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 131-143.
- Uluskan, M. (2019). Süreç Yeterlilik Analizinin Genişletilmiş Kaizen Yöntemine Entegrasyonu: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(3), 165-183.
- Us, İ. (2017). *Tam Zamanında Üretim Sisteminin Çay İşletmelerinde Uygulanabilirliği*. Rize: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi.
- Ülgen , H., & Mirze, S. (2010). *İşletmelerde Stratejik Yönetim*. İstanbul: Beta Yayıncılık.

- Voehl, F., Harrington, J., Mignosa, C., & Charron, R. (2014). *The Six Sigma Black Belt Handbook, Tools and Methods For Process*. USA: CRC Press.
- Wang, T., & Ji, P. (2010). Understanding Customer Needs Through Quantitative Analysis of Kano's Model. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(2), 173-184.
- Wolniak, R., & Zasadzien, B. (2014). The Use of Value Stream Mapping to Introduction of Organizational Innovation in Industry. *Journal Of Metalurgija*, 53(4), 709-712.
- Yerlikaya, M., Efe, B., & Efe, Ö. (2016). İş Güvenliğinde Bulanık Promethee Yöntemiyle Hata Türleri ve Etkilerinin Analizi: Bir İnşaat Firmasında Uygulama. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 126-137.
- Yeter, S. (2004: 4). *Transfer Sistemli Son Montaj Üretim Bandı Tasarımı, Kurulumu ve İşletilmesi*. Edirne: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yıldırım, H., & Karaca, E. (2013). Üretim Sürecinde İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) Uygulamaları ve Elektronik Sektöründe Bir İnceleme. *Öneri Dergisi*, 10(39), 77-87.
- Yılmaz Yalçın, A., & Günday, Ü. (2020). Yalın Altı Sigma Metodu ve Bankacılık Sektöründe Uygulanması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 188-209.
- Zorbozan, O., Zorbozan, N., & Turgay, N. (2019). Üçüncü Basamak Sağlık Merkezinin Parazitoloji Laboratuvarında Analiz Öncesi Sürecin Kalite Belirteçleri ve Altı Sigma Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 319-329.