

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**JANT KALIPLARI ÜRETEN BİR İŞLETMEDE YALIN 6
SIGMA UYGULAMALARI İLE SÜREÇ İYİLEŞTİRME
ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASİN İÇİN

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2024

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**JANT KALIPLARI ÜRETEN BİR İŞLETMEDE YALIN 6
SİGMA UYGULAMALARI İLE SÜREÇ İYİLEŞTİRME
ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASİN İÇİN

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2024

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Yasin İÇİN

ÖZET

**JANT KALIPLARI ÜRETen BİR İŞLETMEDE YALIN 6 SİGMA
UYGULAMALARI İLE SÜREÇ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMASI**
YÜKSEK LİSANS TEZİ
YASİN İÇİN
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ OZAN ÇAPRAZ)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2024

Otomotiv sanayisinde faaliyet gösteren işletmeler, müşteri isteklerinin sürekli değiştiği, model değişikliklerinin hızla arttığı ve üretim adetlerinin azaldığı küresel rekabet koşullarında çalışmaktadır. Küreselleşme ile otomotiv sektörü de eskisi gibi büyük partiler halinde üretim yapmak yerine küçük partiler halinde üretim yapmaktadır. Otomotiv sektöründe parça kullanım ömürleri, eskiden 5 yıl iken, şimdilerde 2-3 yıl arasına düşmüştür. İşletmelerin bu değişikliklere uyum sağlamasının yolu, çevik olabilmekten ve yeniliklere hızlı adapte olabilmekten geçmektedir. Bu nedenle, otomotiv sanayisi ve/veya yan sanayisinde faaliyet gösteren işletmeler, rekabet ortamında daha fazla satış yapabilmek için çeşitli stratejiler geliştirmek zorundadır. Bu stratejiler arasında model çeşitliliğini arttırmak, proje devreye alma hızlarını yükseltmek, daha kısa sürede daha kaliteli, çevreci ve uygun maliyetli ürünler üretmek önemli yer tutmaktadır.

Bu tez çalışması ile hem uygulamanın gerçekleştirildiği işletme için kalıp üretim süreleri ve sarf malzeme giderlerini azaltarak maliyet avantajı sağlanması hedeflenirken hem de yalın altı sigma aşamalarının nasıl uygulanabileceği konusunda literatüre kapsamlı bir çalışma sunulması amaçlanmaktadır. DMAIC (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol) döngüsü kullanılarak kapasitenin artırılması, birim zamanda üretilen çıktı miktarının artırılması ve proje maliyetlerinde iyileştirmenin sağlanması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda, SIPOC (Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı, Müşteri) şeması, ağaç diyagramı, sebep-sonuç matrisi, istatistiksel analizler ve değer akış haritaları hazırlanmış ve çeşitli iyileştirmeler sunulmuştur. Etkin bir yalın altı sigma uygulaması ile, kalıp üretim süreçlerinde işletme maliyetlerinin düşeceği, üretim sürelerinin kısılacacağı, hata oranlarının azalacağı ve performansın artacağı öngörülmektedir. Böylece, israflar azaltılabilecek ve daha yalın ve verimli bir üretim sistemi oluşturulabilecektir. Proje sonunda ise, toplam kapasitede %4,60 oranında bir iyileşme ile beraber, kalıp üretim süresinde %14,29 oranında kısalma ve genel sarf ve dış işçilik maliyetlerinde %7,15 oranında tasarruf elde edildiği belirlenmiştir. Buradaki uygulamalar ve elde edilen sonuçlar, benzer sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin yalın altı sigma projeleri için yol gösterici bir kaynak olarak kullanılabilir.

ANAHTAR KELİMELEER: Yalın düşünce, Altı sigma, Yalın altı sigma, DMAIC, Süreç iyileştirme

ABSTRACT

A PROCESS IMPROVEMENT STUDY WITH LEAN 6 SIGMA APPLICATIONS IN A WHEEL MOLDS MANUFACTURING COMPANY

MSC THESIS

YASİN İÇİN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

INDUSTRIAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. OZAN ÇAPRAZ)

DENİZLİ, AUGUST 2024

Companies in the automotive industry work in global competitive conditions where customer demands are constantly changing, model changes are rapidly increasing, and production quantities are decreasing. With globalization, the automotive industry also produces small batches rather than large batches. While the lifespan of parts in the automotive industry used to be 5 years, it has now decreased to 2-3 years. The companies must be agile and adapt to innovations quickly. For this reason, the companies in the automotive industry and/or sub-industry must develop various strategies to make more sales in a competitive environment. Among these strategies, increasing model diversity, increasing project commissioning speeds, and producing higher quality, environmentally friendly, and cost-effective products in a shorter time have an important place.

This thesis aims to provide a cost advantage by reducing mold production times and consumable costs for the company where the application is carried out, and to present a comprehensive study to the literature on how Lean Six Sigma stages can be applied. It is also aimed to increase the capacity, increase the amount of output produced per unit time, and improve the project costs by using the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) cycle.

In this context, the SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) diagram, tree diagram, cause-effect matrix, statistical analyses, and value stream maps were prepared, and various improvements were presented. It is predicted that with an effective Lean Six Sigma application, operating costs in mold production processes will decrease, production times will shorten, error rates will decrease, and so, performance will increase. As a result of the applications, it was determined that there was an improvement of 4,60% in total capacity, a 14,29% reduction in mold production time, and a 7,15% saving in overall consumable and external labor costs. Thus, waste can be reduced, and a simpler and more efficient production system can be created. The applications and results obtained can be used as a guiding resource for Lean Six Sigma projects of companies operating in similar sectors.

KEYWORDS: Lean Thinking, Six Sigma, Lean Six Sigma, DMAIC, Process Improvement

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	i
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konunun Önemi	3
1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı	4
1.3 Tezin Motivasyonu.....	5
2. LİTERATÜR TARAMASI	6
2.1 Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma Literatür Taraması.....	6
3. MATERYAL VE METOD	13
3.1 Yalın Üretim.....	13
3.2 Yalın Üretim Yaklaşımının İlkeleri.....	16
3.2.1 Değer.....	16
3.2.2 Değer Akışı.....	17
3.2.3 Çekme	17
3.2.4 Mükemmellik.....	18
3.3 Yalın Üretim Teknikleri	18
3.3.1 5S - İş Yeri Organizasyonu.....	18
3.3.2 JIT - Tam Zamanında Üretim	22
3.3.3 Poke-Yoke	23
3.3.4 SMED - Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi	23
3.3.5 Kaizen	24
3.3.6 Kanban	25
3.3.7 Tek Parça Akış.....	25
3.3.8 Jidoka	26
3.3.9 Heijunka.....	26
3.3.10 TPM - Toplam Verimli Bakım	27
3.3.11 Hat Dengeleme	27
3.3.12 Muda-Mura-Muri.....	28
3.4 Altı Sigma.....	29
3.5 Altı Sigmanın İlkeleri.....	32
3.6 Altı Sigmanın Düzeyleri.....	33
3.7 Altı Sigma Organizasyonu	34
3.7.1 Liderlik Grubu veya Konseyi	34
3.7.2 Şampiyon	34
3.7.3 Sponsor	35
3.7.4 Uzman Kara Kuşak.....	35
3.7.5 Kara Kuşak	35
3.7.6 Yeşil Kuşak.....	36
3.8 Altı Sigmanın Yöntemleri	36
3.8.1 Tanımlama (Define) Aşaması.....	36

3.8.2	Ölçme (Measure) Aşaması.....	37
3.8.3	Analiz (Analyze) Aşaması	38
3.8.4	İyileştirme (Improve) Aşaması	39
3.8.5	Kontrol (Control) Aşaması	40
4.	UYGULAMA	42
4.1	Süreçlerin Tanımlanması.....	43
4.1.1	Alt Maça Üretim Süreci.....	45
4.1.2	Üst Maça Üretim Süreci	46
4.1.3	Yan Blok Üretim Süreci	47
4.2	Süreç İyileştirme ve Uygulama Aşamaları.....	48
4.2.1	Tanımlama Aşaması	49
4.2.2	Ölçme Aşaması	69
4.2.3	Analiz Aşaması	76
4.2.4	İyileştirme Aşaması	83
4.2.5	Kontrol Aşaması	96
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	98
6.	KAYNAKLAR.....	102
7.	ÖZGEÇMİŞ	111

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: 5S kırmızı ayıklama etiket (Demirel 2020)	19
Şekil 3.2: Yalın ve altı sigma yaklaşımlarının entegrasyonu (Çakır 2011)	30
Şekil 3.3: Tanımlama aşaması adımları	37
Şekil 3.4: Ölçme aşaması adımları.....	38
Şekil 4.1: Kalıp parçaları.....	43
Şekil 4.2: Malzeme ürün ağacı (BOM)	44
Şekil 4.3: Alt maça üretim süreci ve alt maça görseli.....	46
Şekil 4.4: Üst maça üretim süreci ve üst maça görseli.....	47
Şekil 4.5: Yan blok üretim süreci ve yan blok görseli	48
Şekil 4.6: SIPOC diyagramı (Kalıp üretim süresi azaltma)	52
Şekil 4.7: SIPOC diyagramı (Sarf malzeme maliyet azaltma).....	53
Şekil 4.8: CTQ ağacı (Kalıp üretim süresi azaltma)	55
Şekil 4.9: CTQ ağacı (Sarf malzeme maliyet azaltma).....	56
Şekil 4.10: Detay süreç şeması (Kalıp üretim süresi azaltma).....	58
Şekil 4.11: Detay süreç şeması (Sarf malzeme maliyeti azaltma)	60
Şekil 4.12: Alt maça üretimi mevcut durum değer akış haritalama	61
Şekil 4.13: Kalıp ebatlarına göre kalıpların bitiş süreleri	69
Şekil 4.14: Yıllık kalem kodlu ve kalem kodsuz sarf malzeme maliyetleri.....	70
Şekil 4.15: Veri toplama planı-SAP çıktısı	71
Şekil 4.16: Yıllık ortalama inch bazlı kalıp karşılaştırması	72
Şekil 4.17: Veri toplama ekranı (MS Excel).....	75
Şekil 4.18: Inch bazlı kalıp işleme süresi dağılımı	77
Şekil 4.19: Inch bazlı işleme süresi ve takım boyu etkisi	77
Şekil 4.20: Tesviye süresi ebat dağılımı	78
Şekil 4.21: Inch bazlı ve diamond durumu tesviye süresi karşılaştırma	78
Şekil 4.22: Tezgâh yüzey işleme karşılaştırma	79
Şekil 4.23: CFA06 - CFB02 tezgâh kıyaslaması	79
Şekil 4.24: Tezgâh zemin yapılması	81
Şekil 4.25: CFA06 tezgâh vidalı mil.....	83
Şekil 4.26: Uç iyileştirmesi	85
Şekil 4.27: Torna takım işleme ucu	86
Şekil 4.28: Muadil takım çalışması - Ø25r1,5 işleme ucu	87
Şekil 4.29: Ø80 tarama kafa muadil çalışması.....	87
Şekil 4.30: Alt maça süreç iyileştirme	88
Şekil 4.31: CAM süreç iyileştirme çalışması.....	89
Şekil 4.32: Kalıp üretim iş akışı iyileştirmesi	89
Şekil 4.33: Merkezleme aparat tasarımı	90
Şekil 4.34: Dikme pimi işçilik saat kazancı	90
Şekil 4.35: Kalıp üretim SMED çalışmaları	91
Şekil 4.36: SMED ortalama kazanç	92
Şekil 4.37: Kalıp üretim süresi.....	92
Şekil 4.38: Eşdeğer kalıp üretimi	93
Şekil 4.39: Alt maça üretimi önerilen durum değer akış haritalama.....	95

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Yalın altı sigma literatür taraması.....	6
Tablo 2.2: Yalın üretim ve/veya altı sigma teknikleri ile ilgili yapılan çalışmalarda literatürde kullanılan yöntemler	11
Tablo 3.1: Yalın üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi ve öncü uygulamalar (Salinas-Coronado ve diğ. 2014).....	14
Tablo 3.2: Sigma seviyeleri ve DMPO (Milyon fırsat başına hata) (Dağlıoğlu ve diğ. 2009; Şenol ve Anbar 2010)	33
Tablo 4.1: Müşterinin sesi analizi (Kalıp üretim süresi azaltma)	50
Tablo 4.2: Müşterinin sesi analizi (Sarf malzeme maliyeti azaltma).....	51
Tablo 4.3: Proje iletişim planı	54
Tablo 4.4: Sebep-sonuç matrisi (Sarf malzeme maliyeti azaltımı)	62
Tablo 4.5: Sebep-sonuç matrisi (Kalıp üretim süresi azaltımı).....	64
Tablo 4.6: Veri toplama planı (Kalıp süresi azaltma)	73
Tablo 4.7: Veri toplama planı (sarf maliyet azaltma)	74
Tablo 4.8: Tezgâh zemin karşılaştırması	80
Tablo 4.9: Regresyon modellerinin girdi verileri.....	84
Tablo 4.10: Regresyon denklemleri	85
Tablo 4.11: Maliyet karşılaştırma tablosu.....	86
Tablo 4.12: Muadil takım çalışması - 12 RN.....	86
Tablo 4.13: Ø80 maliyet karşılaştırma.....	87
Tablo 4.14: Ø32 düz saplı tarama takımı	88
Tablo 4.15: Alt maça kalıp parçasında ara kaba operasyonunun kaldırılması maliyet kazancı.....	88

KISALTMALAR LİSTESİ

5S	: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke Toparlama, Düzen, Temizlik, Standartlaştırma, Disiplin
BOM	Bill of Materials Malzeme Ürün Ağacı
CAM	: Computer-Aided Manufacturing Bilgisayar Destekli Üretim
CAD	: Computer-Aided Design Bilgisayar Destekli Tasarım
CNC	: Computer Numerical Control Bilgisayarlı Sayısal Kontrol
C/T	: Cycle Time Çevrim Süresi
CTQ	: Critical to Quality Kritik Kalite Karakteristiği
DMADV	: Define, Measure, Analyze, Design, Verify Tanımlama, Ölçme, Analiz, Tasarlama, Doğrulama
DMAIC	: Define, Measure, Analyze, Improvement, Control Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol
DMADV	: Define, Measure, Analyze, Design, Validate Tanımlama, Ölçme, Analiz, Tasarlama, Doğrulama
DPM	: Defects Per Million Milyon Başına Hata
DPMO	: Defects Per Million Opportunities Milyon Fırsat Başına Hata
DR	: Defect Rate Fire Oranı
ERP	: Enterprise Resource Planning Kurumsal Kaynak Planlama
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis Hata Türü ve Etkileri Analizi
FTT	: First Time Through İlk Seferde Doğru Yapma
JIT	: Just in Time Tam Zamanında Üretim
KPI	: Key Performance Indicator Anahtar Performans Göstergesi
LSS	: Lean Six Sigma Yalın Altı Sigma
MPT	: Mold Production Time Kalıp Üretim Süresi
OEE	: Overall Equipment Effectiveness Genel Ekipman Etkinliği
PCDA	: Plan-Do-Check-Act Planla-Uygula-Kontrol et-Önlem Al
PFT	: Production Flow Time Üretim Akış Zamanı

PPM	Part Per Million Milyonda Parça
PT	: Processing Time İşlem Zamanı
ROI	Return on Investment Yatırım Geri Dönüşü
SMED	: Single Minute Exchange of Dies Tek Dakikalık Kalıp Değişirme
SS	: Six Sigma Altı Sigma
SIC	: Special Inventory Control Özel Stok Kontrolü
SIPOC	: Supplier, Input, Process, Output, Customer Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı, Müşteri
TQM	: Total Quality Management Toplam Kalite Yönetimi
TPM	: Total Productive Maintenance Toplam Üretken Bakım
VOC	: Voice of Customer Müşterinin Sesi
VSM	: Value Stream Mapping Değer Akış Haritalama

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren ve destek veren değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ozan ÇAPRAZ'a;

Tez çalışmam süresince yanımda olan ve manevi destek sağlayan çalışma arkadaşlarıma;

Tezin son aşamasında değerlendirmeleri ve katkıları için tez jürisi üyeleri Sayın Prof. Dr. Aşkîner GÜNGÖR'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Durcan Özgün SARIOĞLU'na;

Tezde kullanılan verileri toplamama yardımcı olan Sayın Ali KARA'ya;

Üretim sahasını açarak ve tezde verilerin kullanılmasına izin vererek çalışmama büyük katkı sağlayan CMS Jant ve Makina Sanayii A.Ş. firmasına;

Beni bu günlere getiren, eğitim hayatımın tamamında beni her anlamda destekleyen ve motive eden aileme;

Tezimin her aşamasında destek ve fedakarlıkları ile yanımda olduğunu her an hissettiren hayat arkadaşım, can yoldaşım, kıymetli eşim Merve İÇİN'e ve canım kızım Masal İÇİN'e;

Teşekkürlerimi sunarım.

Yasin İÇİN

Denizli, Ağustos-2024

1. GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilir olmak, işletmelerin en büyük hedefleri arasında yer almaktadır. İşletmelerin ürünlerini ve/veya hizmetlerini sunarken müşteri memnuniyetini sağlamanın yanında rekabet avantajı da yakalaması, sadece özel sektör değil kamu kurumlarının da öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır. Diğer taraftan, işletmelerde meydana gelen problemler verimsiz çalışmaya ve bazen termin sürelerinin gecikmesine sebep olabilmektedir. Dolayısıyla işlerde yaşanan termin gecikmeleri, işletmelerde yüksek nakliyat ücretlerine ve bazı durumlarda üretim hatlarının durmasına yol açabilmektedir (Akca ve Tuzcuoğlu 2021).

Otomotiv sanayisinde faaliyet gösteren işletmeler, müşteri isteklerinin sürekli değiştiği, model değişikliklerinin hızla arttığı ve üretim adetlerinin azaldığı küresel rekabet koşullarında çalışmaktadır. Değişen koşullar, otomotiv işletmelerini geçmişe kıyasla daha yüksek inç modelli jantlar üretmeye yönlendirmektedir. İşletmelerin bu değişikliklere uyum sağlamanın yolu, çevik olabilmekten ve yeniliklere hızlı adapte olabilmekten geçmektedir. Bu nedenle, otomotiv sanayisi ve/veya yan sanayisinde faaliyet gösteren işletmeler, rekabet ortamında daha fazla satış yapabilmek için çeşitli stratejiler geliştirmek zorundadır. Bu stratejiler arasında model çeşitliliğini arttırmak, proje devreye alma hızlarını yükseltmek, daha kısa sürede daha kaliteli, çevreci ve uygun maliyetli ürünler üretmek önemli yer tutmaktadır (Verma ve diğ. 2016).

Fas, Çin ve Hindistan gibi ülkelerde düşük maliyetle üretim yapan otomotiv yan sanayi işletmeleri ile rekabet edebilmek için, işletmelerin küreselleşme sürecinde ivme kazanmaları gerekmektedir (İKA 2018). Küreselleşme, işletmelerin uluslararası pazarlarda rekabet edebilme yeteneklerini geliştirmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, işletmelerin otomotiv sektöründe uzun soluklu yaşayabilmeleri ve kârlılıklarını devam ettirebilmeleri için yalın üretim ve altı sigma tekniklerini uygulamaları gerekmektedir. Yalın üretim, israfların azaltılmasını ve süreçlerin daha verimli hale getirilmesini hedeflerken, altı sigma ise süreçlerdeki hata oranlarını azaltarak kaliteyi arttırmayı amaçlamaktadır (Ersöz ve diğ. 2020).

Yalın altı sigmanın temelinde, ürünün toplam maliyetini arttıran ve verimliliği düşüren israfları ortadan kaldırarak belirlenen zaman aralığında minimum kaynak kullanımıyla ürünleri daha düşük fiyata, kaliteli ve hatasız şekilde müşteriye sevk etmek yatmaktadır. Ürünün sadece müşteriye ulaşması yeterli olmayıp, yaşam döngüsü boyunca üründe herhangi bir zarar oluşmaması istenmektedir. Son müşteride bile ürünün zarar görmesi durumunda, otomotiv firmalarında daha sonradan çok daha büyük kalitesizlik maliyetleri ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeple, firmalar ilk seferde doğru ve minimum maliyetle üretim yapmak zorundadır. Yalın üretim ve altı sigma tekniklerinin birleştirilmesiyle, yalın altı sigma kavramı her iki sistemin tek başına sağlayabileceği faydalardan çok daha fazlasını sunmaktadır. Sonuç olarak, yalın altı sigma firmaların maliyetleri düşürmesine, ürün kalitesini arttırmasına ve süreç verimliliğini arttırmasına olanak tanıyarak firmaların rekabet gücünü önemli ölçüde arttırmakta ve piyasa koşullarına daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verebilmelerini sağlamaktadır (Avunduk 2019; Tanık 2010).

Bu tez çalışmasında, otomotiv sanayisinde jant kalıpları üreten bir işletmede kalıp üretim süresinin azaltılması için yalın altı sigma uygulamaları yapılmıştır. DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control-Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol) döngüsü kullanılarak kapasitenin arttırılması, birim zamanda üretilen çıktı miktarının arttırılması ve proje maliyetlerinde iyileştirmenin sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customer-Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı, Müşteri) şeması, ağaç diyagramı, sebep-sonuç matrisi, istatistiksel analizler ve değer akış haritaları hazırlanmış ve kalıp üretim süresinin azaltılması amacıyla çeşitli iyileştirmeler sunulmuştur.

Literatür incelendiğinde, otomotiv sanayisinde jant kalıpları üreten işletmelerde yalın altı sigma yaklaşımı ve tekniklerini kullanan çalışmalara nadiren rastlanmıştır. Bu durum, bu alandaki araştırma boşluğunu ve ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu tez çalışması, jant kalıpları üreten bir işletmede yalın altı sigma yaklaşımının ve tekniklerinin kullanımını gösteren uygulamalı bir vaka çalışmasını ele almaktadır. Yalın altı sigma tekniklerinin uygulama süreçleri detaylı bir şekilde ele alınarak işletmelerde etkin bir şekilde nasıl kullanılabileceği ve nelere odaklanmaları gerektiği konuları üzerinde durulmuştur. Buradaki uygulamalar ve

elde edilen sonuçlar, benzer sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin yalın altı sigma projeleri için yol gösterici bir kaynak olarak kullanılabilir.

1.1 Konunun Önemi

Teknolojinin dünya genelindeki gelişiminde otomotiv sektörü büyük bir öneme sahiptir. Teknolojinin gelişmesi ile hızlı, kaliteli ve zamanında üretim faaliyetleri öne çıkmaktadır. Küreselleşme ile otomotiv sektörü de eskisi gibi büyük partiler halinde üretim yapmak yerine küçük partiler halinde üretim yapmaktadır. Otomotiv sektöründe parça kullanım ömürleri, eskiden 5 yıl iken, şimdilerde 2-3 yıl arasına düşmüştür. Kısa vadede, neredeyse her yıl otomotiv aksesuarlarının görünüşleri son müşterilerin dikkatini çekmek için değiştirilmekte ve böylece pazarda daha güncel kalınmaktadır. Bu durum, sektörde model sayılarının artmasına ve sipariş sayısının düşmesine neden olmaktadır (Yaşlı 2018).

Bu tez çalışmasının uygulama bölümünün gerçekleştirildiği işletmede, 2000'li yılların başlarına göre sipariş miktarları büyük ölçüde değişmiştir. O dönemde siparişler genellikle 1.000.000 adedin üzerinde gelirken, günümüzde bu miktar 75.000-100.000 adet arasında gelmekte ve ayrıca her yıl ürünlerin modelleri ve şekilleri değiştirilmektedir. Ayrıca, günümüzde eski ve yeni modeller karşılaştırıldığında, kalıp ebatlarındaki büyüme işlerin karmaşıklığını artırmaktadır. Bu karmaşıklık derecesinin artmasıyla birlikte üretim sürelerini aynı seviyede tutabilmek için sürekli iyileştirme faaliyetlerine odaklanmak gerekmektedir. Pandemi ve sonrasında, işletmeler ortalama 17 inch kalıplardan 19 inch kalıplara doğru model portföylerini ve araç tasarımlarını değiştirmektedir. Bir diğer önemli sorun ise, bir tedarikçiden başlayıp dört ana müşteriye ulaşma süresinin uzun olması ve bu süreçteki israfların fazla olmasıdır. İşletmeler, üretim süreçlerindeki uzun üretim sürelerini azaltmak için süreçleri israflardan arındırarak yalın bir üretim sistemi oluşturmak için çaba göstermek durumundadır. Ana müşteriye mümkün olan en kısa sürede ulaşabilen işletmeler hem piyasadaki karlılıklarını maksimize edebilir hem de rekabetçiliklerini sürdürebilirler.

Literatür incelendiğinde, otomotiv sanayisinde yalın altı sigma uygulama çalışmalarının olmasına karşın otomotiv sanayisinde jant kalıpları üreten firmalarda

benzer çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bu tez çalışması ile hem uygulamanın gerçekleştirildiği işletme için kalıp üretim süreleri ve sarf malzeme giderlerini azaltarak maliyet avantajı sağlanması hedeflenirken hem de yalın altı sigma aşamalarının nasıl uygulanabileceği konusunda literatüre kapsamlı bir çalışma sunulması amaçlanmaktadır. Etkin bir yalın altı sigma uygulaması ile, kalıp üretim süreçlerinde işletme maliyetlerinin düşeceği, üretim sürelerinin kısılacacağı, hata oranlarının azalacağı ve performansın artacağı öngörülmektedir. Böylece, israflar azaltılabilecek ve daha yalın ve verimli bir üretim sistemi oluşturulabilmektedir.

1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı

Tezin temel amacı; otomotiv sektöründe jant kalıpları üreten bir işletmede yalın üretim ve altı sigma metodolojilerini kullanarak ve süreç iyileştirme çalışmalarına odaklanarak israfların ve fazla sarf maliyetlerinin azaltılmasını sağlamaktır. Bunların yanı sıra, Üretim Akış Zamanı (Production Flow Time-PFT), İşlem Zamanı (Processing Time-PT), Fire Oranı (Defect Rate-DR) ve sarf maliyetler değerlendirilerek, güncel durumda kalıp üretim sürelerinin azaltılmasıyla kapasite artışları analiz edilecektir. Özetle çalışmanın amaçları aşağıda listelenmiştir.

- Kalıp üretim sürelerinin azaltılması,
- Verimliliğin artırılması,
- Proje genel maliyetlerinin iyileştirilmesi,
- Toplam kalıp firelerinin azaltılması,
- Kalıp üretim parçalarının üretim zamanlarının azaltılması (Burada kritik olan parça alt maça üretim sürelerinin azaltılması),
- Birim zamanda üretilen çıktı miktarının artırılması,
- Sarf maliyet takım, tutucu ve uç sarfiyatlarının azaltılmasıdır.

Bu değerler sayısal olarak ortaya koyulduğunda ve analiz edildiğinde, altı sigma felsefesine uygun ve israfları ortadan kaldırılmış standart bir üretim sistemi kurulması hedeflenmektedir.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, kalıp üretim sürecindeki bütün proses faaliyetlerini içermektedir. Hammaddenin geliş sürecinden, dış tedarik fason sürecinden gelen malzemelerin süreçlerini de kapsamaktadır. Tez çalışması boyunca tanımlanan amaçlara ulaşmak için aşağıdaki sorulara çözüm aranmıştır:

- Yalın altı sigma çerçevesinin bilimsel yönetimi nasıl oluşturulmalıdır?
- Yalın altı sigma çerçevesinde yalın üretim faaliyetleri nasıl geliştirilmiştir?
- Hem yalın hem de sigma araçları, yalın sigma çerçevesinin tüm aşamalarında nasıl uygulanmalıdır?
- İşletmede meydana gelen üretim süreleri ve fire oranları azaltılarak PFT ve PT nasıl iyileştirilmelidir?
- İşletmede mevcut durumda oluşan Kalıp Üretim Süresi (Mold Production Time, MPT) değişmeden sarf malzeme maliyetleri nasıl azaltılabilir?

1.3 Tezin Motivasyonu

Bu tezin temel amacı, kalıp üretim süresi ve sarf malzeme maliyetlerini azaltarak projelerin daha hızlı devreye alınmasını sağlamak ve dolayısıyla uygulamanın yapıldığı işletmenin karlılığını arttırmaktır. Bu bağlamda, yapılan çalışmalar ve ortaya çıkan öneriler ile fason kaynaklar kullanılmadan, işletme kendi iç kaynakları kullanarak üretimini gerçekleştirmesi ve maliyet kalemlerinde kar avantajı sağlanması hedeflenmektedir. Kalıp üretim parçalarının dış tedarik maliyetleri, içeride üretildiğine göre 2 kat maliyet ortaya çıkarmaktadır. İşletmede birim zamanda daha fazla kalıp üretilerek, işletmenin yıllık olarak daha fazla yeni proje devreye alması sağlanabilecektir. Bu sayede, işletme saygınlık kaybı yaşamadan müşterilerin gözünde en hızlı proje devreye alan firma konumuna gelecektir. Sarf malzeme maliyetlerinin azaltılması uygulamasıyla da aynı sayıda ürünü daha az takım ve uç ile işleyerek firma karlılığının artırılması hedeflenmiştir. Böylece, kalıplar erken yapıldığında döküme daha erken alınacak ve proje yeni ürün devreye alma süreci kısılacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma Literatür Taraması

Geçmişten günümüze, birçok sektörde faaliyet gösteren işletmenin temel amacı kar elde etmektir. Ancak, tüketim odaklı yaşam tarzının yarattığı küresel rekabet ortamında, işletmeler kar sağlamak istemesinin yanında müşterilerin isteklerini hızlı ve kaliteli bir şekilde karşılamaya çalışırken maliyetlerini azaltmanın yollarını aramaktadır. Maliyetleri azaltmanın yolu, üretim süreçlerinde iyileştirmeler yapmak ve verimliliği arttırmaktan geçmektedir. Öte yandan, verimsiz uygulamalar israflara yol açarak işgücü, enerji gibi maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, işletmeler süreç iyileştirme çalışmalarında yalın düşünce ve altı sigma yaklaşımlarını bir arada kullanarak yalın altı sigma metodolojisini tercih etmektedir.

Literatürde yapılan incelemelerde, yalın altı sigma alanındaki uygulamaların farklı sektörlerde ve çeşitli amaçlara ulaşmak için başarıyla uygulandığı görülmektedir (bkz. Tablo 2.1). Yapılan literatür taraması sonucunda, üretim, sağlık, hizmet, otomotiv ve gıda gibi farklı alanlardaki işletmelerin kalite, karlılık ve proje sürdürülebilirliği gibi konularda maliyetleri düşürmek amacıyla yalın altı sigma uygulamaları gerçekleştirdikleri ve bu uygulamalar sonucunda başarılı sonuçlar elde ettikleri gözlemlenmiştir.

Tablo 2.1: Yalın altı sigma literatür taraması

Yazar(lar)(Yıl)	Çalışmanın amacı ve elde edilen sonuçlar
Firuzan ve Gerger (2010)	Yalın altı sigma projelerinin başarısız olmasının altında pek çok neden olabileceğini ve bu nedenlerin tespit edilip çözülmesinin önem taşıdığını vurgulamıştır. Yazarlar aşağıda projelerin başarılı olabilmesi için verilen maddeleri listelemiştir: 1) Üst yönetim engelleri kaldırmak ve projenin başarısını desteklemekle yükümlüdür. 2) Projenin amacı, kim tarafından yürütüldüğü ve beklenen sonuçlar tüm personele açıkça iletilmelidir. 3) Ekip üyelerine, projenin başarısına katkıları için maddi ve manevi ödüller verilmelidir. 4) İşletmenin iç dinamiklerini göz önünde bulundurularak gerçekçi projeler yapılmalıdır. 5) Müşteri ihtiyaç ve beklentilerine yönelik uygulanacak projeler, firmanın varlık sebebine uygun olmalıdır.

Tablo 2.1: Yalın altı sigma literatür taraması (devam)

Yazar(lar)(Yıl)	Çalışmanın amacı ve elde edilen sonuçlar
Elmacı ve diğ. (2014)	Çalışmasında, işletmelerin performansının geliştirilmesinde altı sigmanın kullanılabilirliği ve nasıl kullanılması gerektiğini incelemiştir. Altı sigma, sürece odaklanarak, müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. Servis memnuniyetini artırma altı sigma projesi, Ford fabrikaları arasında bu konuda yapılan ilk proje olup, proje kapandıktan sonra, bu proje örnek alınarak Rusya’da maddi kazanç sağlamak amacı ile benzer proje uygulanmıştır. Uygulama kısmında, kalite/inovasyon geliştirme araçlarını altı sigma metodolojisi ile kullanarak, altı sigma projesinin müşteri memnuniyetini arttırdığı ve servis memnuniyet oranını ortalama 3,49 puandan 4,02 puana çıkarttığı görülmüştür.
Garza-Reyes ve diğ. (2016)	Çalışmada önerdikleri yalın altı sigma çerçevesi ile, büyük bir demir cevheri üreticisinin önemli bir performans parametresi olan gemi yükleme ticari süresini iyileştirerek liman operasyonlarının geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. Yalın altı sigma projesi, iyi tanımlanmış ve mantıksal olarak sıralanmış uygulama aşamalarıyla sistematik olarak yürütülmüştür. Projenin somut çıktıları açısından, gemi yükleme ticari süresinin %30 oranında azaltılması hedeflenmiş olup, sonuçların hem süreç yeterlilik indeksinde hem de ticari yükleme süresinde %30’dan fazla iyileşme gösterdiği belirlenmiştir.
Belu ve diğ. (2018)	Çalışmasında bir otomotiv parça imalat şirketinde altı sigma DMAIC tekniğini, dış müşteriyle ilişkilerinde PPM’i (Part Per Million-Milyonda Parça) azaltmak için başarılı bir şekilde uygulamıştır. Kesme büküm, prototip ve kaynak atölyelerinde PPM değerinin düşürülmesi hedeflenmiş ve böylece şirketin PPM değerinin minimum %70 oranında, 6000’den 2000’e düşürülmesi sağlanmıştır. DMAIC yaklaşımı ile, hurda maliyetlerinde azalma, yeniden işleme süreçlerinde adam-saat tasarrufu ve üretim artışı açısından şirketin karlılığında önemli bir artış olmuştur. Altı sigma projesinden yaklaşık 389 bin € kazanç rapor edilmiştir.
Topçu ve diğ. (2018)	Çalışmada kalite kavramı ve yükseköğretim kurumları ile ilişkisi açıklandıktan sonra, yükseköğretim kurumlarında altı sigma kavramına değinilmiştir. Çeşitli kurumlarda öğrenci başarısı ve devamlılığını arttırmak, kayıt kabul sürecini geliştirmek gibi çeşitli akademik ve yönetsel süreçlerin iyileştirilmesi için yapılan altı sigma uygulamalarına değinilmiştir. Benzer çalışmaların yükseköğretim kurumlarında daha sık uygulanmasının, eğitim kalitesini önemli ölçüde arttıracığı öne sürülmektedir.

Tablo 2.1: Yalın altı sigma literatür taraması (devam)

Yazar(lar)(Yıl)	Çalışmanın amacı ve elde edilen sonuçlar
Syahputri ve diğ. (2018)	Sigara kâğıdı endüstrinde atıkları minimize etmek için yalın altı sigma metodolojisini uygulamıştır. Sigara kâğıdı endüstrisi, tüketicilerden sürekli artan talep gören bir sektördür ve dolayısıyla ürünlerin kalitesi ve miktarı açısından tüketici beklentileri de sürekli artmaktadır. İşletmede, şirketin kabul edilebilir hata toleransının üzerinde aylık üretim miktarının %10'u kadar kusur değeri bulunmaktadır. Ayrıca, üretim zamanının uzun olması, üretimde katma değeri olmayan birçok faaliyet nedeniyle başka bir sorunlar oluşmaktadır. Bu sorunları aşmak için sigara kâğıdı üretim sürecinde iyileştirme yaparak katma değeri olmayan faaliyetleri azaltmak ve üretim zamanını minimize etmek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Mevcut durum haritalama sonuçlarına göre, 10'u katma değeri olmayan faaliyetler ve 38'i katma değerli faaliyetler olmak üzere toplam 48 faaliyet belirlenmiştir. Yalın altı sigma metodolojisi uygulandıktan sonra, üretim sürecindeki faaliyetler 40'a kadar düşürülmüştür. Toplam üretim süresi 165,92 dakika azalırken, süreç döngü verimliliği %12,64 oranında artmıştır.
Etesaminia ve Akbaş (2020)	Bir sistematik derleme ile, altı sigma metodolojisinin sağlık sektöründe uygulandığı araştırmaları incelemiş ve altı sigmanın önemi ve hastanelere olası faydaları üzerinde durmuştur. Derleme, altı sigma kavramı sağlık sektöründe uygulanıyor mu? sorusu öncülüğünde hazırlanmıştır. Sadece Türkiye'de yapılan çalışmaların ele alınması çalışmanın kısıtlılığını oluşturmaktadır. İlerleyen araştırmalarda dünya literatüründeki uygulamaları ele alan çalışmaların incelenerek ve Türkiye'deki araştırmalar ile kıyaslama yaparak hastanelere faydalı çıkarımlar sunulması önerilmiştir.
Yılmaz Yalcıner ve Günday (2020)	Çalışmada, bankacılık sektöründe yalın altı sigmanın uygulandığı bir proje ele alınmıştır. DMAIC'in tanımlama, ölçüm, analiz, iyileştirme ve kontrol aşamaları kullanılarak her birinin problem çözümünde nasıl bir rol oynadığı gösterilmiştir. Çalışmada, yalın altı sigmanın kullanılmasıyla daha kısa sürede ve daha az hata ile müşteri memnuniyetinin artırılması ve böylece karlılığın artırılması amaçlanmıştır. Bir bankanın kart teslimat süresinde yapılan iyileştirmeler ile, kart teslimat süresinin 9 güne düştüğü belirlenmiş olup 1 yıl sonra ise 7 güne kadar düşmesi öngörülmektedir. Projenin başından sonuna bakıldığında %36'lık bir iyileşme olduğu belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, müşteri deneyimini iyileştirerek rekabet avantajı sağlamış ve yalın altı sigmanın hizmet sektöründe kullanılabilecek bir metodoloji olduğu göstermiştir.

Tablo 2.1: Yalın altı sigma literatür taraması (devam)

Yazar(lar)(Yıl)	Çalışmanın amacı ve elde edilen sonuçlar
Yıldız (2020)	Ekol lojistik firmasında yaptığı çalışmada, yalın altı sigma uygulaması olan Flow-Through Otomasyon Kapasitesinin Artırılması projesinde hedefler başarılı şekilde gerçekleştirilmiştir. DMAIC adımları sırasıyla uygulanmıştır. Çalışma sonunda, yalın altı sigma bir lojistik şirketinde depolama faaliyetlerinde verimliliği etkiler hipotezinden yola çıkılarak korelasyon ve regresyon analizleri ile hipotez kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, %27 oranında bir iyileştirme sağlanmıştır.
Adeodu ve diğ. (2021)	Çalışmada kâğıt üretim firmasında yalın altı sigma metodolojisinin üretim proses optimizasyonunda uygulaması yapılmıştır. Yalın altı sigma uygulaması ile, müşteri memnuniyeti üzerinde doğrudan etkileri olan üretkenlik ve üretim atıklarıyla ilgili sorunlara gerçek zamanlı çözümler getirilmiştir. Kaizen ve iş standardizasyonu uygulamaları ile, düşük süreç döngüsü verimliliği %23'ten %40'a iyileştirilmiştir. İmalat atıklarının yarattığı sorunlar iyileştirilmesi, uygun olmayan ürün miktarının altı sigma standardına uygun hale getirilmesi, yüksek duruş sürelerinin %32,6'dan %11'e düşürülmesi, fazla işgücü akışının %33'ten %16'ya düşürülmesi ve böylece toplam üretkenliğin artırılması ile işgücü envanterindeki maliyetten tasarruf edilmesi sağlanmıştır. TPM (Toplam Üretken Bakım-Total Productive Maintenance), iş standardizasyonu, envanter yönetimi ve 5S, DMAIC ve DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Validate-Tanımlama, Ölçme, Analiz, Tasarlama, Doğrulama) gibi yalın altı sigma metodolojileri uygulanmıştır.
Nedra ve diğ. (2022)	Yalın altı sigma ve simülasyonun yaklaşımları dikiş süreci iyileştirme çalışmalarında bir araya getirilip kullanılmıştır. Çalışmada, pantolon dikiş sürecini iyileştirmek amacıyla entegre bir çerçeve sunulmuştur. Kullanılan simülasyon modelleri ve elde edilen istatistiksel sonuçlar, tüm senaryolarda dikiş süreçlerinde önemli iyileştirmeler sağlayabileceğini göstermiştir. Pantolon süreci akış süresi, %5 azalma ile 14,77 dakikadan 14 dakikaya azaltılarak önemli olarak kabul edilen bir iyileşme sağlanmıştır ki bu iyileştirme giyim işletmeleri için önem taşımaktadır. Çalışmada bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. Bazı önemli stokastik değişkenler (makine arızaları, bakım, onarım vb.) çalışmada detaylandırılmamıştır. Gelecek çalışmalarda, KOBİ ölçeğinde diğer giyim endüstrilerinde uygulanacak daha geniş kapsamlı araştırmalar yapılabileceği belirtilmiştir.

Tablo 2.1: Yalın altı sigma literatür taraması (devam)

Yazar(lar)(Yıl)	Çalışmanın amacı ve elde edilen sonuçlar
Liu ve diğ. (2023)	Çalışmasında Çin'deki bir solenoid valf imalat şirketinde altı sigma projesi üzerinde çalışmıştır. Proje ile, B işletmesinin solenoid valf kusurlarının azaltılması, kalitesizlik maliyetinin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve uzun vadeli karlılığın artırılması hedeflenmiştir. Altı sigma projesi, incelenen şirket için büyük bir kalite artışına yol açmıştır. Sonuç olarak, solenoid valflerin ilk geçiş verimi %60'tan %99,64'e çıkmıştır. Proje, B işletmesinde kaliteyi artırma ve kusurları azaltmada altı sigma ve DMAIC metodolojisinin nasıl uygulanabileceğini gösteren vaka çalışması sunmuştur.
Parid ve diğ. (2023)	Çalışmada, otomotiv parçaları endüstrisinde altı sigma metodolojisinin uygulanmasına ve özellikle uygulamaların etkisine ilişkin çok sayıda araştırmamanın mevcut olduğu ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bulgulara dayanarak, altı sigmanın dijitalleştirilmesi konusunu gelecekteki araştırmalar için ana yol haritası olarak tanımlamıştır.
Saad (2023)	Çalışmada yalın altı sigmanın, yalın ve altı sigma tekniklerini birleştiren ve proseslerin optimize edilmesine yardımcı olan veri odaklı bir strateji olduğuna vurgu yapılmıştır. Tarım sektöründe yalın altı sigmanın uygulanmasının, üretkenlik, kalite ve verimliliği artırmak için geçerli bir yaklaşım olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, yalın altı sigmanın tarım sektöründeki kuruluşlarda maliyetlerin azaltılmasında, müşteri memnuniyetinin artırılmasında ve çalışanların katılımının artırılmasına yardımcı olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, tarım sektöründe yalın altı sigma uygulamalarında değişime direnç ve uzmanlaşmış eğitim ihtiyacı gibi çeşitli zorlukların nasıl ele alınacağı konusu tartışılmıştır. Çalışmanın bulguları arasında, tarım sektöründe performansın iyileştirmesi ve rekabet gücünün artırılması açısından önemli sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 2.1 incelendiğinde, sonuç olarak, yalın altı sigma metodolojisinin üretim, lojistik, hizmet ve tarım gibi birçok sektörlerde geniş bir yelpazede uygulandığı görülmektedir. Literatür bu metodolojinin, üretim süreçlerinde kalitenin artırılması, verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılması, müşteri memnuniyetinin artırılması, çalışanların katılımının artırılması vb. konulardaki katkılarını açık bir şekilde göstermektedir. Böylelikle, süreçlerin daha verimli hale getirilmesi ve rekabet avantajı sağlanmasına katkı sağlanmaktadır. Tjahjono ve diğ. (2010), Zare Mehrjerdi (2011), Uluskan (2016) ve Raval ve Kant (2017) çalışmalarında altı sigma metodolojisini, kullanılan araçları ve geleceğini tartışmıştır.

Yalın altı sigma uygulama çalışmalarında altı sigma metotları ile birlikte çeşitli yalın üretim ve süreç iyileştirme yöntemlerin kullandığı görülmektedir (bkz. Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Yalın üretim ve/veya altı sigma teknikleri ile ilgili yapılan çalışmalarda literatürde kullanılan yöntemler

Yazar(lar)(Yıl)	Sektör	Kullanılan yöntem
Firuzan ve diğ. (2012)	Otomotiv endüstrisi	SS, DMAIC, pareto analizi
Timans ve diğ. (2014)	Plastik enjeksiyon işletmesi	LSS, DMAIC, DOE, pareto analizi
Garza-Reyes ve diğ. (2016)	Demir cevheri peletleme/topaklama endüstrisi	LSS, süreç yeterlilik analizi, VSM, kök-neden analizi, pareto analizi
Indrawati ve Ridwansyah (2015)	Demir cevheri endüstrisi	LSS, DMAIC, FMEA, süreç yeterlilik analizi
Ketan ve Nassir (2016)	Alüminyum sıcak ekstrüzyon işlemi	SS, DMAIC, SIPOC diyagramı, pareto analizi, kök neden analizi, kalite kontrol grafikleri, süreç yeterlilik analizi
Desai ve Prajapati (2017)	Plastik enjeksiyonla kalıplanmış parça üretim birimi	SS, DMAIC, pareto analizi, SIPOC diyagramı, sebep sonuç diyagramı
Sachin ve Dileepal (2017)	Döküm endüstrisinde üretim süreci	SS, DMAIC, FMEA, pareto analizi
Maged ve diğ. (2019)	Plastik enjeksiyon kalıplama süreci	SS, DMAIC, istatistiksel süreç kontrol, kalite kontrol grafikleri, pareto analizi, kök neden analizi
Mishra ve Rane (2019)	Demir döküm endüstrisi	SS, DMAIC, kök neden analizi, lojistik regresyon temelli kalite tahmin modeli, kalite kontrol grafikleri, süreç yeterlilik analizi
Pereira ve diğ. (2019)	Kalıp endüstrisinde üretim süreci	LSS, PDCA, DMAIC, VSM, Pareto analizi, OEE
Karabulut ve diğ. (2020)	Tekstil sektörü	SS, DMAIC, SIPOC diyagramı, ölçüm sistemleri analizi, kök neden analizi
Çelebi Gürsoy ve Yıldız (2021)	Tekstil işletmesi	LSS, VSM, 6S, JTI üretim, Kaizen, takt, standart iş, andon ve görsel yönetim teknikleri
Uluskan (2021)	Plastik enjeksiyon tesisleri	SS, DMAIC, pareto analizi, kalite kontrol grafikleri, süreç yeterlilik analizi, Ishikawa neden sonuç diyagramı
Nedra ve diğ. (2022)	Tekstil endüstrisi	LSS, DMAIC, simülasyon

* DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), DOE (Design of Experiments), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), JTI (Just in Time), LSS (Lean Six Sigma), OEE (Overall Equipment Effectiveness), PDCA (Plan-Do-Check-Act), SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customer), SS (Six Sigma), VSM (Value Stream Mapping)

Bu tez çalışmasında, jant kalıpları üreten bir işletmede kalıp üretim süresinin düşürülmesi ve sarf giderlerin azaltılması amacıyla yalın altı sigma uygulaması yapılmıştır. DMAIC döngüsü kullanılarak kapasitenin arttırılması, birim zamanda üretilen çıktı miktarının arttırılması ve proje maliyetlerinde iyileştirmenin sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, SIPOC şeması, ağaç diyagramı, sebep-sonuç matrisi, istatistiksel analizler ve VSM hazırlanmış ve amaçlara ulaşmak için dört iyileştirme önerilmiştir. Ayrıca, uygulama projesi ile yılda genel olarak sarf ve dış işçilik maliyetlerinde tasarruf elde edileceği belirlenmiştir. Bu tez çalışması, jant kalıpları üreten bir işletmede yalın altı sigma metodolojisinin ve tekniklerinin kullanımını gösteren uygulamalı bir vaka çalışmasını ele almaktadır. Buradaki uygulamaların ve elde edilen sonuçların ilgili literatürün gelişimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Kalıp üretimi yapan ve proje tipi üretim yapan işletmelerde yalın altı sigma metodolojisinin kullanımı, DMAIC döngüsü ile darboğazların belirlenmesi, sürekli iyileşme faaliyetleri kapsamında gelişmelerin takip edilmesi sonucunda ortaya çıkan üretim modelinin, katkısını göstererek benzer sektörlerdeki işletmelerin yalın altı sigma projeleri için yol gösterici bir kaynak oluşturmak amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Yalın Üretim

Yalın üretim, üretim sürecinde israfı azaltmak için geliştirilen bir yöntemdir. Yalın üretimin temel amacı; işle ilgili incelemelerin sırasıyla gelmesi ile maliyetin hem ürün hem de üretim geliştirme sürecinde bilimsel uygulamalarla azaltılmasıdır (Bhasin ve Burcher 2006). Firmaların ayakta kalabilmesi, varlığını sürdürebilmesi için her zaman gelişime açık vizyonları ve misyonları olmalıdır. Yalın üretim sürekli geliştirmeye açık, yaşayan ve dinamik bir süreçtir (Aydın 2015).

Bir yalın üretim sistemi aşağıdaki 6 temel unsurdan meydana gelmektedir (Odman Çelikçapa ve Şenol 2015):

- İmalat ve tasarım süreçlerinin eş zamanlı olarak ilerlemesi ve buna paralel olarak süreçlerin devam etmesi.
- JIT ve Kanban sistemleri - Müşteri isteklerine göre üretim süreçlerinde girdilerin yönlendirilmesi.
- Toplam kalite yönetimi - Müşteri taleplerini ve memnuniyetini gerçekleştirebilecek kalite kontrol sisteminin işletmede yapılandırılması ve üretim sonrasında kalite kontrol işlemlerinin uygulanması.
- Sürekli iyileştirme - Ürün ve süreçlerde iyileştirmelerin süreklilik kazanması için kalite kontrol sisteminin iyileştirmeleriyle eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi.
- Takım çalışmalarıyla, süreç çalışanları ve süreç sahipleri imalat operasyonlarında ortak karar alması ve süreçler arasındaki değişiklikler üzerinde birlikte çalışması.
- Tedarikçi sayısı azaltılarak tedarik zinciri entegrasyonu sağlanması ve bu tedarikçilerin işlevlerine ya da görevlerine göre gruplandırılması.

Bir üretim fabrikasında sürecin oluşabilmesi için sürecin oluşmasına neden olan değer kavramı ortaya konulmalıdır. Buradaki değer kavramının çok iyi şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Müşterinin para ödemek istediği ürünü ve prosesi ortaya çıkaran asıl kavram değerdir (Savcı ve Haftacı 2017). Üretilen ürüne göre değer kavramı oluşturulduktan sonra bu değeri ortaya çıkaran bir değer akış zinciri oluşturulmalıdır. Değer akışı oluşturulan ürünün üretilebilmesi için proses akışının yalın üretim felsefesi gereği israflardan arındırılarak oluşturulması gereklidir (Akın 2020). Açıklanmış olan değer, değer akımı ve değer akışı süreç boyunca bir üretim fabrikasında her zaman iyileştirmeye açıktır. İyileştirmeye açık olan bu süreçler mükemmellik kavramı ile bir bütün hale gelir. Buradaki mükemmellik her zaman gelişimin olabileceğine vurgu yapmak ve iyileştirmelerin düzenli hale gelebilmesi için konulan bir hedeftir şeklinde açıklanabilir (Sarı 2018a).

Yalın üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi ve öncü uygulamalar Tablo 3.1’de verilmiştir (Salinas-Coronado ve diğ. 2014).

Tablo 3.1: Yalın üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi ve öncü uygulamalar (Salinas-Coronado ve diğ. 2014)

Yıl	Uygulama
1760	Fransız General Jean-Baptiste de Gribeauval, savaş alanında araç-gereç tamirlerini kolaylaştırmak için standart tasarımların ve değiştirilebilir parçaların önemini kavramıştır.
1799	Whitney, ABD Ordusundan her biri 13,40\$’lık düşük bir fiyata 10.000 tüfek üretimi için bir sözleşme yaparak değiştirilebilir parçalar konseptini mükemmelleştirmiştir.
1807	İngiltere’de Marc Brunel, Kraliyet Donanmasında ip bloklar gibi basit ahşap malzemeler yapmak için her seferinde bir sırada aynı öğeleri üreten 22 çeşit makineyi kullanarak ekipman tasarlamıştır.
1850	Amerikan zırhlarının tümü, standartlaştırılmış silahlar için standartlaştırılmış metal parçalar üretmekteydi, ancak her parçayı doğru özelliklerine getirmek için fazla miktarda el işçiliği ile çalışmaktaydı. Çünkü o dönemin tezgâhları sertleştirilmiş metal üzerinde çalışmamaktaydı.
1890	Sakichi Toyoda tahta bir dokuma tezgâhı icat etmiştir.
1905	Frank ve Lillian Gilbreth işyerinde hareket ekonomisi kavramını araştırmıştır. Tuğla döşeme gibi çalışmalarda hareketleri inceleyerek temel hareketleri canlandırabilen 18 temel elementten oluşan bir sistem geliştirilmiştir
1906	İtalyan iktisatçı Vilfredo Pareto, İtalya’daki varlıkların eşitsiz dağılımını tanımlayan matematiksel bir formül yaratmıştır. Varlığın %80’inin nüfusun %20’sinin elinde olduğunu fark etmiştir.
1908	Ford Model T’yi tanıtmıştır.

Tablo 3.1: Yalın üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi ve öncü uygulamalar (Salinas-Coronado ve diğ. 2014) (devam)

Yıl	Uygulama
1912	“Doğruluk, akış ve kesinlik” ilkelerine dayanarak Ford üretim sistemi montaja uzatılmıştır.
1914	Ford ilk hareketli montaj hattını yaratmıştır ve şasi montaj süresini 12 saatten 3 saatten daha az bir süreye düşürmüştür.
1926	Henry Ford Bugün ve Yarın kitabını yayınlamıştır.
1929	Kiichiro Toyoda otomotiv ile ilgili işleri öğrenmek için Ford ve Avrupa şirketlerini ziyaret etmiştir.
1938	Kiichiro Toyoda tarafından kurulan Koromo/Honsha fabrikasında JIT üretim konsepti kurulmuştur. JIT daha sonra II. Dünya Savaşı tarafından ciddi şekilde kesintiye uğramıştır.
1939	Walter Shewhart, kalite kontrol açısından istatistiki yöntemler kitabını yayınlamıştır. Bu kitap Shewhart geliştirme döngüsü Planla-Yap-Çalış-İşleme al terimini ortaya atmıştır. 1950’lerde meslektaşı W.Edwards Demming, Planla-Yap-Kontrol et-İşleme al döngüsü olmak üzere terimini biraz değiştirmiştir.
1940	Deming, istatistiksel örnekleme yöntemlerini geliştirmiştir.
1943	Taiichi Ohno, Toyota oto tezgâhından Toyota motor şirketine geçmiştir.
1946	Ford, General Motors’un yönetim tarzını benimsemiştir ve yalın üretimden vazgeçmiştir.
1951	J.M. Juran, The Quality Control Handbook başlıklı çalışmasını yayınlamıştır.
1956	Shigeo Shingo “P-Kursu” öğretmek için düzenli olarak ziyaretlere başlamıştır.
1961	Toyota’nın kurumsal TQM (Toplam Kalite Yönetimi-Total Quality Management) programı başlamıştır.
1965	Toyota, Deming Kalite Ödülünü kazanmıştır.
1969	Toyota operasyon yönetimi danışmanlık departmanı başlamıştır.
1988	Norman Bodek ve Utah State Üniversitesi’nden Profesör Vern Buehler tarafından Üretim Mükemmelliği için Shingo Ödülü ortaya koyulmuştur.
1988	Amerikan Kaizen Enstitüsü, Shingijutsu Co., Ltd’den müdürlerin Toyota Üretim Sistemi oturumlarıyla Hartford Graduate Center’da (Hartford, Conn.) Kaizen seminerleri düzenlemiştir.
1990	Womack ve Jones Tarafından Dünyayı Değiştiren Makine kitabı yayınlanmıştır.
1996	Womack ve Jones tarafından Yalın Düşünce ortaya atılmıştır.
2003	Wiremold Şirketi’nin kurumsal çapta yalın dönüşümünü inceleyerek örnek olay incelemesi yapan Shingo ödüllü “Daha İyi Düşünmek, Daha İyi Sonuçlar” kitabı yayınlanmıştır.
2004	Toyota üretim sisteminin geliştirilmesine yardımcı olan kilit kişilerin tarihini ve kişisel felsefelerini kronolojik olarak anlatan Norman Bodek’in Shingo ödüllü “Kaikaku” kitabı yayınlanmıştır.
2007	Meksika’nın kuzeyinde bulunan şirkette, otomotiv parçalarının seri üretimindeki SMED (Tek Dakikada Kalıp Değişimi-Single Minute Exchange of Die), TPM, VSM gibi yalın üretim konseptleri uygulanmıştır.

3.2 Yalın Üretim Yaklaşımının İlkeleri

3.2.1 Değer

Ürünü doğru şekilde üretebilmek için müşterinin değer kavramını iyi bir şekilde tanımlamak gereklidir. Değer kısaca müşterinin para ödemek istediği ürüne katma değer katan aktivitelerdir. Amaç her zaman müşterinin ürün için belirlediği bu değeri arttırmaya yönelik aksiyonların alınmasıdır. Değer, müşteriye sunulan faydalardır ve ihtiyaçları karşılayacak özelliklere sahip olan, müşterinin istediği zamanda ve yerde bulunabilen, müşterinin bedelini ödemeyi istekli olduğu ürün ya da hizmettir. Değer, müşteri tarafından belirlenir, üretici firma tarafından sağlanır ve sürdürülür. Değer yaratan faaliyetler doğrudan müşteri memnuniyeti ile ilgilidir. Değer yaratmayan faaliyetler ise müşteri memnuniyetin yaratmaz, sadece kaynak tüketir ve israfa neden olur (Üte ve Güner 2010).

Değer, yalın üretim felsefesinin çıkış noktası oluşturur ve müşteri açısından üreticilerin var olma nedenidir. Bu nedenle üreticilerin, müşterinin değer kavramını derinlemesine analiz ederek uygulamaları gerekmektedir. Değer yalın üretim düşüncesinin ilk adımıdır. Değer sadece son müşteri tarafından belirlenebilir ve belirli bir zamanda belirli bir fiyatta müşteri ihtiyaçlarını karşılayan belli bir ürün veya hizmet olarak ifade edildiğinde bir anlam kazanır. Değer, müşteri tarafından üretici için oluşturulur ve bu nedenle müşteri ihtiyaçlarına göre şekillendirilmelidir (Womack ve Jones 1997).

Değeri oluşturan etmenler (Yalın Enstitü 2024):

- İşleme
- Kontrol
- Taşıma
- Bekleme
- Stok

3.2.2 Değer Akışı

Değer akışı, belirli bir ürünün tasarlamasından başlayarak üretici firma tarafından müşteri siparişinin alınması, sipariştten teslimata yani hammaddeden son olarak müşteriye teslim edilecek bitmiş ürüne kadar gerekli olan süreci kapsayan faaliyetlerdir (Black 2008). Değer akışı, her ürün için temel olan esas akışlar boyunca ürünün oluşması için gereken, katma değer sağlayan ve sağlamayan faaliyetlerin bütünüdür. Değer akışı, bir ürünün işletmedeki üç yönetim görevinden geçerken gerekli olan tüm adımları kapsamaktadır (Womack ve Jones 1998):

- Problem çözme görevi: Kavramsal aşamadan başlayıp ayrıntılı tasarım ve mühendislik çalışmalarını içeren süreci kapsar ve üretimin başlamasına kadar devam eder.
- Bilişim yönetimi görevi: Siparişlerin alınmasından teslimata kadar geçen ve ayrıntılı çizelgeleme çalışmalarını içeren çalışmaları kapsar.
- Fiziksel dönüşüm görevi: Hammaddeden son ürüne dönüşümü içerir, ürünün fiziksel olarak oluşumu kapsar.

Yalın üretimdeki temel amaç değer kavramını oluşturan değer akışında israfa yol açan proseslerin incelenerek kaldırılmasının amaçlanmasıdır. Yani üretim akışında değer katmayan operasyonların elimine edilmesini hedeflemektedir. Diğer bir deyişle seri üretimde hattın devamlı yürümesini sağlamak için hataların geçip gitmesine izin vermek, hataların sonu gelmez biçimde artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle akış üzerindeki değeri düşüren operasyonlara müdahale edilmesi gerekmektedir (Kara ve Dağ 2020).

3.2.3 Çekme

Çekme sisteminde, her iş istasyonu ürünü bir önceki iş istasyonundan ihtiyaç duyulduğunda çeker ve bu şekilde işlenmekte olan iş parçasının hareketi, takip eden iş istasyonunda kontrol edilir. Son işlemde ise ürünü çeken, müşteri talebi ya da Ana Üretim Planı olur. Böylece çekme sisteminde işlenmekte olan parçalar, süreçte bir sonraki işlemin talebine göre hareket eder. Çekme sistemlerinde amaç ürünü müşterinin çekmesine izin vermektedir. Buradaki amaç fazla üretim yaparak stok

maliyetlerine katlanmak yerine müşterinin istediği miktarda üretim yapılarak temel israflardan biri olan fazla üretimin önüne geçilmesidir (Ersoy ve Ersoy 2011).

3.2.4 Mükemmellik

Mükemmellik, nihai bir hedef değil, sürekli bir gelişim süreci olarak değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, mükemmelliği “sürekli iyileştirmeler” olarak görmek gerekir. Yalın düşüncenin temel ilkesi, “iş doğru yapmak” yerine “doğru işi bir defada yapmak” anlayışını içerir. Ancak, israfın tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmadığından, mükemmellik gerçek anlamda ulaşılamayan, bir hedef olarak kabul edilmektedir. Mükemmelliği aramak ve mükemmelliğe yaklaşmak her üretim tesisi için önemli bir unsurdur. Mükemmellik ulaşılamayacak her zaman için hedef konulacak bir aşamamadır. Süreçte her zaman en iyi hedeflenmeli her zaman yapılabilecek geliştirmelerin mevcut olduğunu ortaya koyan düşüncedir. Günümüzde teknoloji çok hızlı biçimde gelişmektedir. Firmaların ayakta kalabilmesi varlığını sürdürebilmesi için her zaman yeniliklere açık olmalıdır. Bu nedenle mükemmellik hedef olduğu kadar şirketlerin stratejisinde olmalıdır (Türkan 2010).

3.3 Yalın Üretim Teknikleri

3.3.1 5S - İş Yeri Organizasyonu

5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke - Toparlama, Düzen, Temizlik, Standartlaştırma, Disiplin) iş yerinde verimliliğin artmasını sağlayacak, uygulanması kolay fakat disipline edilmesi zor bir süreçtir. Yalın üretim tekniklerinin temeli oluşturan bu metodoloji ile bir üretim tesisinde yalın üretimin uygulanmasının başlangıcı olarak kabul edilebilir. 5S çalışma alanının iş güvenliği önemlerinin artırılmasının yanında çalışma alanlarının verimli kullanılmasını, alan tasarrufu ve ergonomi gibi önemli noktalara atak etmektedir. Düzen ve tertibin oluşturulması ve daha sonrasında bu sürecin disipline edilebilmesi ile hatalar daha çabuk fark edilebilir hale gelmektedir. 5S iş yerinin etkinliğini artırır (Çakırkaya ve Acar 2016; Oral 2022).

Sınıflandırma (Ayıklama)

Ayıklama, çalışma alanından gereksiz ekipmanların ortamdaki uzaklaştırılması ile başlayan yöntemdir. Çalışma ortamında bulunan malzemeler için kullanım sıklığı belirlenmelidir. Belirlenen bu sıklığa göre, kullanılmayan ya da bir gün gerekli olur nedeni ile saklanan tüm malzemeler ve el aletleri atılmalıdır. Ayıklama aşamasında atılmayan her ürün gereksiz yere alan işgal etmektedir. Bu nedenle üretim için gerekli olan aletlerin ya da malzemelerin yerine gereksiz ürünlerin stoklanması ve tutulması bir verimsizlik nedeni aynı zamanda kirlilik haritasının oluşmasının nedenlerinden birisidir. Ayrıca alanda gereksiz malzemelerin bulunması nedeniyle operatörlerin gerekli malzemeleri bulmak için zaman kayıplarını arttıracaktır. Ayıklama işlemi için üretimde kullanılmayan her malzeme kırmızı etiket ile tanımlanmalı ve belirlenen alana bırakılmalıdır. Bölümde kullanılmayan malzemeler fabrikaların diğer bölümlerinde kullanılabilir olacağı için malzemeler atılmadan önce diğer bölümler ile görüşerek malzeme ve maliyet tasarrufu yapılabilir (Demirel 2020; Khanna 2009).

5S KIRMIZI ETİKET			
Adı Soyadı:			
Tespit Yeri:			
Ürün Adı:			
Ürün Sınıfı:	Hammade		
	Yan mamul		
	Bitmiş Ürün		
	Sarf Malzemesi		
	Alet / Ekipman / Makine		
	Diğer ()		
Ürün Miktarı		Etiketleme Tarihi:	
Etiketleme Sebebi:	Fazla Stok		
	Bozuk / Hurda		
	Kullanılmayan / Az Kullanılan		
	Tanımsız / Bilinmeyen		
	Diğer ()		

Şekil 3.1: 5S kırmızı ayıklama etiket (Demirel 2020)

Düzenleme

Düzenleme aşamasıyla birlikte ekipmanlara hızlı ve kolay bir biçimde ulaşılması amaçlanmaktadır. Birçok kaynakta bu süre 30 saniye olarak belirlendiği saptanmıştır. Düzenleme aşamasında sonra, operatörlerin 30 saniye içinde ihtiyaç duyulan ekipmana ulaşması hedeflenmektedir. Bu nedenle, ayıklama aşamasında gerekli görülen ancak kullanılmayan malzemelerin atılmaması durumunda bu süre uzayabilir. Düzenleme yapılırken ekipmanların kullanım sıklığı göz önünde bulundurulmaktadır ve kullanım sıklığına göre bir sıralama yapılarak en çok kullanılan en az kullanılan ekipmana doğru bir sıralama yapılarak daha sonrasında bu ekipmanların çalışma alanında operatöre olan mesafesi kullanım sıklığına göre planlanmalıdır. En çok kullanılan ekipmanlar en yakında konumlandırılırken, en az kullanılan ekipmanlar çalışma alanından daha uzak yerde bulundurulmalıdır. Düzenleme, çalışma ortamında kullanılacak ekipmanlara en kısa zamanda ulaşılmasını ve doğru bir şekilde konumlamasını amaçlamaktadır (Demirel 2020; Khanna 2009).

Düzenleme aşamasında ekipmanların konumu belirlendikten sonra belirlenen ekipmanlar tanımlandırılmalıdır. Bu sayede operatör ekipmanın yerini kolay bulurken, ekipmanla işi bittikten sonra aynı yere koyması ile vardiya değişimleri sonrasında diğer vardiya ile gelen operatörlerin ekipmanı aramasının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca diğer önemli bir nokta ise tanımlı ve yerinde olmayan ekipmanlar kaybolduğunda ya da kullanılmaz duruma geldiğinde anlık olarak fark edilebilecek bu nedenle hurdalanan ya da kaybolan malzemenin yerine yenisi konularak 7 israftan biri olan beklemenin önüne geçilmiş olunacaktır (Çelik 2018).

Temizleme

Çalışma ortamının temiz olmaması, kirli olması; ürün kalitesini, ekipman bakımını ve alanda çalışan personelin moralini olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli bir faktördür. Makine temizliği, makine verimliliğini ve makinenin ömrü artacaktır. Temiz bir çalışma ortamının olması çalışan personelin moralini olumlu yönde etkilemektedir ve alanda çalışan personelin verimini arttıracaktır. Bu nedenle temizlik için gerekli ekipmanlarının eksiklerinin tespit edilip temin edilmesi gerekmektedir (Sui Pheng 2001).

Temizleme aşaması her ne kadar çalışma ortamının ya da ekipmanların kir, toz, pislik vb. durumlardan temizlenmesi hedeflenmektedir. Kirlilik kaynağı bulunmayan ya da bilinmeyen bir durumda karşılaştığımız kirliliklerin hiçbir zaman önüne geçirilemeyecektir. Bu nedenle asıl amaç kirliliğin oluşmasını sağlayan durumun kök nedenine inilerek kirlilik kaynağına atak etmektedir. Örneğin, tezgâh ve ekipmanların sürekli kirli olmasına neden olan bir toz problemi varsa ya da üretimde kullanılan bez, kaydırmaz pedler var ise bunun nedeni bulunmalıdır. Çalışma ortamında çok fazla bez var ise kök neden çalışması yapılarak aslında çalışma alanında bulunan bezin her seferinde atılması ya da bertaraf edilmesi yerine kök neden analizinde fark edilen tezgâh yağ kaçaklarının önüne geçilmelidir. Özetlemek gerekirse çalışma ortamında sürekli bir hareketlilik mevcuttur ve bu nedenle birçok atık meydana gelmektedir. Fakat temizleme aşamasındaki asıl amaç bu atıkların ana nedenini bularak oraya atak etmektir (Çakırkaya ve Acar 2016; Tekin ve diğ. 2018).

Standartlaşma

5S kurallarının ilk 3 maddesine prosedürler, talimatlar ekleyerek sürekliliğini sağlamayı hedeflemektedir. Bu kısımda çalışan personellerin 5S düşüncesini ne kadar benimsediği tespit edilmektedir. Bu çalışmaların sürekliliği sağlandığı takdirde çalışma ortamı daha güvenli, kaliteli, israftsız ve konforlu olacaktır. Standartlaşma için vardiyalık, haftalık, aylık olmak üzere 5S kontrol çizelgeleri oluşturabilir ve bu kontrol çizelgeleri ile görsel temizlik kartları ile denetlenerek kontrol altına alınması sağlanabilir (Yağlı 2022).

Disiplin

5S sisteminin sistematik ve dinamik halde yönetilmesinin artık bunun bir metodoloji yerine yaşayan bir sistem haline gelip, oluşturulan ve kurulan düzenin korunmasının sağlandığı adımdır. Bu aşama da düzenin korunması için düzenli denetimler yapılması, uygunsuzluk bulunması halinde alan sorumlusuna bildirilmesi disiplinin bozulmaması adına önem içermektedir. Operatörlere bilgilendirme eğitimi verilerek sürecin ciddiyeti açıklanmalıdır. Bu aşama da en iyi alana sahip bölgeler ödül sistemi ile ödüllendirilerek diğer alan ve alan sorumlularına örnek olarak sistemin daha canlı kalması sağlanabilir (Akgün 2015).

3.3.2 JIT - Tam Zamanında Üretim

Tam zamanında üretim Just in Time kelimelerinin kısaltılması ile bilinen JIT, isminden de anlaşılacağı gibi tam zamanında, yeterli sayıda ürünün üretimi anlamında gelmektedir. JIT, bir üretim hattında her bir parçanın, üretim hattını izleyen aşamaları tarafından ihtiyaç duyulduğu anda hemen üretildiği sistemdir. Bu sistem ile beraber hemen hemen stoksuz bir üretim sağlanmaktadır. İdeal olarak, JIT sistemi stoksuz çalışmayı benimsemektedir. İhtiyaç duyulduğu kadar malzeme, minimum stok üretim sistemi ve sıfır stokla üretim sistemi, JIT yaklaşımını ifade eden kavramlardır (Meyer ve Stewart 2002).

Tam zamanında üretim felsefesi ile işletmenin tedarikçileriyle beraber yakın iş birliği ve bilgi paylaşımını gerektirmektedir. Yalın üretimin önemli unsurlarından birisidir. Bir üretim fabrikasında yalın üretimin hedeflediği 4 basamaktan biri olan sıfır israf felsefesi baz almaktadır. Amaç çok fazla üretim yaparak stok maliyetlerine katlanmak aynı zamanda fazla üretim için harcanan tezgâh kapasitesi, iş gücü, maliyet ve zaman gibi israfların önüne geçilmesini hedeflemektedir. Fabrikalarda süreç bütünleşik haldedir. Fabrika içi bölümler birbirinin iç müşterisi durumundadır. Bu nedenle bir fabrika ambalajdan ürün çıkaramaması durumunda herhangi bir kazanç sağlayamamaktadır. Bu nedenle iş müşteriler dahil olmak üzere müşterinin istediği zamanda ve adette sevkiyat yapmak önemlidir (Dankbaar 1997).

JIT tekniğinin esasları şunlardır (Rother ve Harris 2001):

- Tek tip üretim çizelgesinin oluşturulması,
- Çekme metodunun uygulanması için çalışma alanlarını birleştirilmesi,
- İş merkezleri arasında uyumun sağlanması,
- Satın alma ve üretimin küçük miktarlarda gerçekleştirilmesi,
- Hızlı ve ucuz tesis kurma ve ayarlama süreçlerinin benimsenmesi,
- Birden fazla yetkinliği ve esnekliğe sahip çalışanların çalıştırılması,
- Yüksek kalite standartlarının sağlanması,
- Öncelikli ve etkili bakım faaliyetlerinin yürütülmesi,
- İlerlemeye yönelik sürekli iyileştirme çalışmalarının yapılması.

3.3.3 Poke-Yoke

Üretim faaliyetlerinde herkesin en önemli sorumluluklardan biri, bir sonraki prosese sorunsuz ürünler teslim etmektir. Kusurlu ürünleri bulmak ve onlarla uğraşmak için zaman kaybedildiğinde, bunun şirkete maliyeti çok yüksektir. Ayrıca, uygulama iyi kontrol edilmezse şirket pazardaki konumunu koruyamayabilir. Makinalar ve işçiler, yaptıkları işi, bir sonraki aşamaya tek bir hatalı parça göndermemelerini sağlayan Poke-yoke cihazlarıyla desteklemektedir (Suzaki 2005; Womack ve Jones 1997).

Poke-yoke hatayı önleyen, iş akış hattında hata ile karşılaşıldığında akışı durduran sistemdir. Fabrikalarda operatör iş gücü ile yürütülmekte olan üretim faaliyetleri hiçbir zaman operatör kontrolüne bırakılmamalıdır. İnsan hatası ya da dikkatsizliği kabul edilebilir bir hata değildir. Bu nedenledir ki işleyen sistemlerde olabilecek hatalar ve oluşan hatalardan öğrenilmiş dersler çıkarılarak bu hataların kalıcı önleminin alınması için Poke-yoke sistemleri oluşturulmalıdır. Poke-yoke felsefesinde önemli olan insan unsuru kaynaklı hataların ortadan kaldırılmasıdır. Ayrıca, Poke-yoke uygulama maliyetleri az olmalıdır çünkü yalın üretimin ana felsefelerinden birisi sıfır israftır. Aynı zamanda uygulanabilirliği kolay olmalıdır. Poke-yoke kalitenin artmasını sağlayan önemli bir unsurdur (Bay ve Çiçek 2007; Erozan ve Uygur 2023)

3.3.4 SMED - Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi

SMED çalışması, değişim sürelerinde kazanç sağlamanın yanı sıra çalışma etkinliğinin artırılmasında da önemli rol oynamaktadır. SMED sistemini uygulayan üreticiler, yaygınlaşmasıyla birlikte üretim sistemindeki değişim ve stokların azaltılması gibi stratejik avantajlar elde edebilir. Dahili işlemler, makine durma süresi boyunca gerçekleştirilen faaliyetlerdir ve performansı etkilemektedir. Dış işlemler, durma öncesi ve sonrasında gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Daha fazla adım, değişimle ilişkili durağın ötesine geçmek zorunda kalacaktır ve üretime daha fazla zaman harcanmasına neden olabilir (Demirkır 2008; Moreira ve Silva Pais 2011).

SMED yönteminde asıl amaç üretim sürecindeki bir üründen diğer ürüne geçiş süresini kısaltmaktır. SMED tekniği tekli dakikalarda kalıp değişimi olarak adlandırılrsa da her zaman için bir dakikadan daha kısa sürede olması mümkün değildir. Asıl amaç olabildiğince sürenin kısaltılmasıdır. Amaç her zaman için hızlı parça değişimi ile birlikte üretimde esnekliğin artırılması ve zamandan kazanç sağlamaya yöneliktir (Akyurt ve Eren 2019; Tanık 2010).

3.3.5 Kaizen

Stokla beslenmeyen, bu anlamda son derece hassas olan yalın üretim bugün ulaştığı en iyi uygulama konumuna karşı asla gelinmemiş noktayla yetinen, durağan bir sistem değildir. Aksine daha fazla yetkinleştirilmesi, olabilecek tüm zaman kayıplarının ve israfın adım adım saptanıp gerekli önlemlerin alınması, sistemin devamı ve hassaslığın azaltılması için ön koşuldur. Bu yüzden yalın üretimi bünyesine almış firmalarda her an her aşamada üretimin daha da iyileştirilmesine yönelik sürekli ve düzenli çalışmalar yapılmaktadır. Sistemin bütününe yayılmış bu dinamik iyileştirme anlayışı da Kaizen ile olmaktadır (Demirkır 2008).

Japon kültüründen gelen bu felsefede, kai değişim, zen ise gelişimi ifade etmektedir. Japonların bu felsefesi ile amaçlanan sürekli değişim ve gelişimdir. Günümüz şartlarında teknoloji çok hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Bu nedenle işletmeler bu değişime uyum sağlamak, körelmemek ve işin daha kolay şekilde yapılabilir hale gelmesi için değişime ayak uydurmak ve gelişime açık olmalıdır. Kaizen her ne kadar üretim yönetim stratejisi gibi gözükse de günlük hayatta insanların da süreçler kadar değişime hazır olması ve değişimin karşısında durmaması gerekmektedir. Kaizen'in ana temasında sürekli iyileştirme vardır. Yalın üretim adımlarından biri olan mükemmeliyeti yakalamaya çalışmak ana hedefleri arasındadır. Kaizen, üretim departmanlarında sadece beyaz yaka çalışanların değil operatörlerinde içine katıldığı bir ekiple yönetilmelidir. Operatörlerin fikirleri dinlenmeli kısacası iş yapan kişi her zaman için işin daha kolay yapılmasını sağlayacağından dolayı operatörler ile hareket edilmelidir. Kaizen her ne kadar maliyet, kalite ve teslimat performansını sürekli geliştirmeyi hedeflese de çalışma ortamındaki iş kazalarını önlemek için sunulan önerileri dikkate almaktadır. Böylece, çalışanların kuruma aidiyeti artacaktır (Ağın 2020; Çelik 2020; Uluskan 2019).

3.3.6 Kanban

Tam zamanında üretim, sadece gerektiği kadar parçanın, gerektiği miktar ve zamanda üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. Üretimi tam zamanında gerçekleştirmenin ön koşulu ise, tüm süreçlere ne zaman ve ne miktarlarda üretim yapacaklarını zamanında bildiren bir bilgi sisteminin kurulmasından geçmektedir. Tam zamanında üretim ortamında bu işlevi gerçekleştiren sistem ise Kanban sistemidir. Çekme üretim sistemi mantığında çalışmaktadır. Hedef her zaman stok seviyesini minimum seviyelerde tutulmasını sağlayarak, gerekli malzemenin, gerekli zamanda, gerekli miktarda, olması gerektiği yerde bulunmasını sağlamaktır. Uygulanma maliyeti çok düşük olan bu sistemle stok maliyetlerinin önemli miktarda önüne geçilmektedir (Altun ve Göleç 2011; Orbak ve Bilgin 2005).

3.3.7 Tek Parça Akış

Prosesler arası transfer gibi israfların söz konusu olmadığı yarı mamullerin tek olarak işlenerek mamule dönüştüğü bir sistemdir. Tek parça akışı, süreçler/makinalar arası bileşen transferinin bir adete düşmesiyle stoğun sıfırlanması olarak da tanımlanabilir (Aslantaş 2014; Gornicki 2014).

Tek parça akışının üretim sisteminin içine düzgün şekilde entegre etmek zaman israflarının önüne geçilmesi adına önemli bir noktadır. Üretim hattına giren bir parçanın proses akışında bir istasyondan diğer istasyona geçerken parçanın çok fazla hareket etmemesi gerekmektedir bu nedenle sürekli akışın sağlanması bu konuda çok önemlidir. Parçanın bu gereksiz taşınması zaman kayıpları yaratacaktır. Zamanla yarışılan sistemler de tamamen kayıp olarak adlandırılan bu gereksiz hareketleri elimine etmek en önemli husustur. Taşıma için kaybedilen zaman dışında operatör çalışma saatinden ve taşıma için gerekli olan forklift, transpalet gibi taşıma araçlarının da doluluğunun artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, ilk ürün üretim sistemine girdiği andan son ürün olarak çıkan süreç boyunca aynı hat üzerinden zorunlu taşımalar olmadan akışta işlem görmesi gerekmektedir. Tek parça akışla beraber önemli diğer bir yerleşim tipi ise U tipi yerleşim adı verilen yerleşim sistemidir. Bu yerleşim düzeni ile gereksiz iş gücü hareketlerinin önüne geçilir, iş

istasyonlarına parça yüklemeleri kolaylaşır ve operatörlerin birden çok iş istasyonunda çalışmasına olanak sağlar (Balcı 2018; Demirkır 2008; Şeker 2016)

Tek parça akışı sistemini uygulamak için şunlar gereklidir (Balcı 2018):

- U tipi hatlar tasarlamak,
- Operatörleri birden fazla iş yapmak üzere eğitmek,
- Standart operasyon belgelerinde belirtildiği şekliyle bir çevrim zamanında bir birim ürün üretmek,
- Operatörlerin ayakta çalışması ve gerektiğinde yürümesini sağlamak,
- Küçük, yavaş, ucuz ve işleme özel makineler kullanmak.

3.3.8 Jidoka

Jidoka, otonomasyon anlamına gelmektedir. Makinaları ve manuel operasyonları da içinde barındırmaktadır. Jidoka, üretim sırasında normal olmayan durumları tespit edip gerekli durumlarda üretimi durdurabilme kavramıdır. Operasyon hattından hatalı bir ürün geçtiğinde üretimi durdurduğu için Jidoka'nın kalite kontrol işlevi de bulunmaktadır (Altınbay ve Şahan 2023; Yılmaz 2010).

3.3.9 Heijunka

Daha uzun dönemli taleplere uyumlu olarak, toplam siparişlerdeki günlük dalgalanmaları düzelter ve siparişleri tekrarlayan bir yapıda sıralayarak “dengeleme” yapılan bir çizelge oluşturulmasıdır. Heijunka (sıralı üretim), üretim hattında ürünlerin, tür ve hacim açısından sıralı olarak üretilmesidir. Heijunka'lı üretimin amacı, sıralı üretim ile taleplerdeki dalgalanmaları azaltarak veya yok ederek verimliliği arttırmaktır. Bu sayede müşteri memnuniyeti sağlanmaktadır (Gerger 2019; Womack ve Jones 1997; Yılmaz 2010).

3.3.10 TPM - Toplam Verimli Bakım

TPM sistemi ile hata, kaza ve arızaların oluşması önlenerek tüm üretim sisteminde meydana gelebilecek israflar bertaraf edilebilmektedir. Verimliliğin üst seviyelere çıkabilmesi için TPM kurum kültürü için büyük önem arz etmektedir. Burada bakım faaliyetleri ile üretim güvence altına alınarak müşteri memnuniyeti sağlanabilmektedir. TPM Türkçe karşılığı ile Toplam Verimli Bakım işletme içinde kullanılan ekipmanların verimliliği, kullanım ömrünü arttırmanın yanı sıra arızalarda uzun duruşların önüne geçilmesini sağlamaktadır. Toplam verimli bakım, birçok şekilde sağlanabildiği gibi en önemli iki noktası planlı bakım ve kestirimci bakımdır. Planlı bakım aşamasında ekipman arızalarında uzun süreli duruşları önlemek için ekipmanlar belirlenen aralıklar ile planlı bakıma alınmaktadır. Belirli frekanslar ile ekipmanın yetkili servisi ya da fabrikanın bakım onarım bölümü sorumlusu ekipmanların kontrolünü gerçekleştirmektedir. Eğer ekipmanda arıza oluşturabilecek bir durum fark edilir ise, bu durum oluşmadan önce gerekli önlemler alınmakta ve bu sayede uzun süreli duruşların önüne geçilmektedir (Görener ve Yenen 2007; Meriç ve diğ. 2023; Sarı 2018b).

3.3.11 Hat Dengeleme

Üretim süreçleri birbiri ile iç içe geçmiş durumdadır. Montajlama yapılarak ürün sevk eden firmalarda montaj başladığı anda tüm gerekli malzemelerin montaj alanında bulunması gereklidir. Yalın üretim felsefesinin üretime entegre edilmesinin nedenlerinden biri de budur. Üretim süreçlerinde montaj alanına tüm parçaların aynı zamanda gelmesi önemlidir. Eksik bulunan her ürün, sevk için gerekli zamanı uzatmaktadır. Montajlanacak her bir ürünün üretim süresi birbirinden çok farklı olabilir. Bu nedenle, üretim zamanları farklı olan bu parçaların aynı anda montajda olabilmesi için hat dengeleme gereklidir. Aksi halde, ürünlerin farklı zamanlarda montaj alanına gelmesi 5S standartları, stok tutma, bekleme konularında zaman israfları gibi verimlilik kayıplarına neden olmaktadır. Hat dengelemede asıl amaç üretim hattındaki her bir iş emrinin aynı süre içerisinde aynı miktarda işi yapacak şekilde düzenlenmesidir. Böylece üretim kapasitesinin verimli kullanımı sağlanacaktır (Ermeğan 2011; Hıdımoğlu 2019; Sazak 2014).

Hat dengelemeyle ulaşılması gereken amaçlar aşağıdaki gibidir (Shim ve Siegel 1999):

- Düzenli malzeme akışı,
- İnsan gücü ve makine kapasitesinin maksimum düzeyde kullanılması,
- Minimum işlem süreleri,
- Minimum boş zaman,
- İş istasyonlarının sayısını en aza indirmesi,
- Boş zamanları iş istasyonları arasında paylaşırma,
- Üretim maliyetini azaltma.

Montaj hattının dengelenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Küçük montaj hattı problemlerinde basit mühendislik teknikleri, orta ölçekli problemlerde sezgisel yaklaşımlar, büyük ölçekli problemlerde ise bilgisayar destekli yöntemler kullanılabilmektedir (Şenel Uyanık 2020).

3.3.12 Muda-Mura-Muri

Muda, Mura ve Muri yalın üretim için önemli terminolojilerdir. Üretim süreçlerindeki israfı hedef almaktadırlar. Bu üç terim yalın üretim felsefesinin altında yatan temeli oluşturmaktadır. Yalın üretim, bu israf türlerinin azaltılmasını genel anlamıyla kapasiteyi doğru kullanmayı hedeflemektedir (Sönmez 2022).

Mura üretimde talep dalgalanmalarına odaklanmaktadır. Üretim adetlerindeki istikrarsız dalgalanmalar, stok oluşumu, aşırı üretim gibi israfların oluşmasına neden olur. Bir işin yapılabilmesi için belirli bir kapasite vardır. Üretim kapasitesi olduğu gibi iş gücü kapasitesi de önemlidir. Örneğin; süreçlerde 4 kişinin yapabileceği bir işi 3 kişi yapması kaynaklı süreçte aşırı yükleme durumu oluşmaktadır. Bu kapasite azlığı ile üretim yapılması ve üretim sistemindeki aşırı yükleme Muri olarak tanımlanmaktadır. Çalışanların yorgunluğu kaynaklı üretim hattında bekleme ve kalite problemlerine yol açabilmektedir. Muda tam anlamı ile müşterinin tedarikçiden beklediği değer kavramını oluşturmeyen faaliyetlerin bütünüdür. Muri'nin aksine 3 kişinin yapacağı işi 4 kişinin yapması olarak açıklanabileceği gibi fazla stok tutma, fazla işleme, gereksiz taşımalar, hatalı ürünler gibi israf

kaynaklarının sebep olabilmektedir. Muda'nın azaltılması için tam zamanında üretim ve 5S metodolojisinin uygulanması önemlidir (Çanakçıoğlu 2019; Erozan ve diğ. 2022; Karasu 2019)

3.4 Altı Sigma

Altı sigma (SS), şirketlerin süreçlerini iyileştirmek ve mükemmelliği hedeflemek için kullandığı bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu metot, potansiyel fırsatları belirlemek, performansı değerlendirmek, fırsatları analiz etmek, performansı geliştirmek ve kontrol etmek gibi adımları içermektedir. İşletmelerin SS'i benimsemelerindeki ana nedenlerden biri, dünya çapında teknoloji ve iyileştirme tekniklerini kullanarak evrensel standartlarda üretim yapma istekleridir (Evren 2006; Oral ve Dirgar 2009).

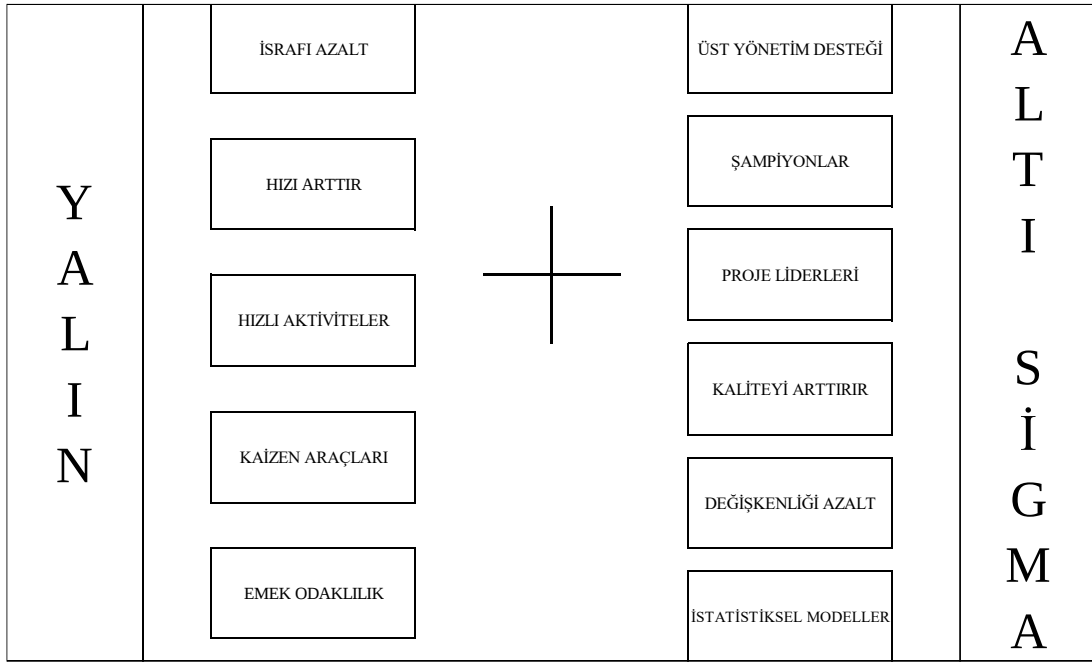
SS, süreçlerde artış sağlayarak hataların azalmasına, karlılığın artmasına, çalışan motivasyonunun yükselmesine ve ürün veya hizmet kalitesinin iyileşmesine yardımcı olmaktadır. Yalın altı sigma (LSS) metodolojisi, genellikle yalın ve SS düşüncelerinin birleşimini içermektedir. Yalın düşünce, israfları ortadan kaldırmaya odaklanırken, SS sürekli iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bu metodolojiyi başarıyla uygulamak için, örgütün liderlerinin desteği, çalışanların katılımı, ölçülebilir performans kriterlerinin belirlenmesi ve istatistiksel tekniklerin kullanılması gerektirmektedir (Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Çalışkan 2006).

SS'in kökenleri, matematikçi Carl Friedrich Gauss'un Jordan eğri teoremini ortaya koymasına dayanmaktadır. Walter Shewhart'ın 1920'lerde, Shewhart grafiklerini geliştirmesiyle, üretimde 3 standart sapmanın (3 Sigma) kabul edilebileceği düşünülmüştür. Ancak, bu düşünce artan üretim kapasitesi ve müşteri memnuniyeti hedefleri göz önüne alındığında yetersiz kalmıştır (Belu ve diğ. 2018).

SS metodolojisi, 1980'lerde Motorola tarafından Japon rekabetine yanıt olarak geliştirilmiştir. Motorola, kalite iyileştirmesi gereksinimiyle karşılaşarak, SS'i kullanarak hataları kaynağında ortadan kaldırmayı ve sonucunda yüksek kalite ve düşük varyasyon seviyelerine ulaşmayı hedeflemiştir. SS metodolojisi, DMAIC yaklaşımına dayanmaktadır ve her aşamada çeşitli araçlar ve metodolojiler kullanılmaktadır (Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Doğan ve Demiral 2010).

SS'in yayılması, 1990'ların başlarında işletmelerin SS'i benimsemesiyle hız kazanmıştır. General Electric gibi büyük şirketlerin uygulamaya geçmesiyle birlikte, SS'in popülerliği artmış ve 1999'da American Society for Quality tarafından kara kuşak akreditasyonu başlamıştır (Adeodu ve diğ. 2021; Atmaca ve Girenes 2009).

Yalın yönetim ve SS'in birleşimi olan LSS metodolojisi, özellikle 2000'lerin başlarında popülerlik kazanmıştır. Motorola, Honeywell ve General Electric gibi büyük şirketler ile birlikte bazı küçük ve orta ölçekli işletmelerde LSS uygulamaları gözlemlenmiştir. LSS, DMAIC döngüsünü kullanarak problem çözmeye ve her iki felsefenin araçlarını entegre etmeye çalışmaktadır (Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Atmaca ve Girenes 2009; Sachin ve Dileepal 2017). Yalın ve altı sigma yaklaşımlarının entegrasyonu Şekil 3.2'de gösterilmiştir (Çakır 2011).



Şekil 3.2: Yalın ve altı sigma yaklaşımlarının entegrasyonu (Çakır 2011)

İşletmelerin piyasada varlıklarını sürdürebilmesi için, yeniliklere ayak uydurması ve sürekli olarak gelişimi sağlamayı hedeflemesi kaçınılmazdır. Yalnızca inovasyon ve yeniden yapılanma ile, işletmeler mevcut büyüme oranını koruyabilir ve değişen pazar koşullarına ayak uydurabilir. LSS, sürekli iyileştirme kültürünü destekleyerek bu hedeflere ulaşmada önemli rol oynamaktadır (Uluskan 2021).

Performans hedeflerinin belirlenmesi, uluslararası şirketler için büyük zorluklar yaratabilmektedir. Her bölüm, çalışma grubu ve kişi farklı beklentilere sahip olabilmektedir. LSS, herkes için net ve uyumlu performans hedefleri belirleyerek bu karmaşıklığı azaltmaktadır (Elmacı ve diğ. 2014). Müşteri odaklılık, rekabetin yoğun olduğu her sektörde hayati öneme sahiptir. Sadece kaliteli ürün veya hizmet sunmak artık yeterli değildir; müşterilerin ihtiyaçlarını anlamak ve onlara değer sağlamak gerekmektedir. LSS, müşteri odaklılığı temel alarak müşteriler için katma değer yaratmayı hedeflemektedir (Doğan ve Demiral 2010)

Rekabetçi bir avantaj elde etmek için iyileştirme hızını artırmak önemlidir. LSS, bir şirketin performansını artırmanın yanı sıra gelişimini de hızlandırarak rakiplerinin önüne geçmesini sağlamaktadır (Dündar ve Gör 2024). Bilgi paylaşımını ve öğrenmeyi teşvik etmek, bir şirketin gelişimini hızlandırmaktadır. LSS, fikirlerin ve en iyi uygulamaların tüm organizasyon tarafından paylaşılmasını sağlarken bilgiye erişim ve kullanımı kolaylaştırmaktadır (Güenalp 2007). LSS, işletmelerin operasyonlarını anlaması ve yönetmesi için bir çerçeve sunarak stratejik karar alma sürecini desteklemektedir (Akkaya ve diğ. 2014). LSS projeleri uygulamalarında önemli hususlar şunlardır (Pereira ve diğ. 2019):

- Projenin sponsoru ile ekip arasında sağlam bir işbirliği oluşturulmalıdır.
- İşletmenin diğer bölümleri ile etkili iletişim sağlanmalıdır.
- Projenin hedefleri net bir şekilde yazılı olarak belirlenmeli ve duyurulmalıdır.
- Veriye dayalı çözüm önerilerine odaklanılmalıdır.
- Uzmanlar; eğitim verme, rehberlik yapma, liderlik rolü üstlenme konularında aktif olmalıdır.
- Proje ekibinde yeterli sayıda ve yetkin üye bulunmasına dikkat edilmelidir.

LSS’de proje yönetimi, hayati bir kriter olarak kabul edilmektedir. Projelerin amacı, işletme yönetiminin beklentilerini karşılamaktır ve bu beklentilerin gerçekçi olması önemlidir. İşletme, ulaşılabilir hedefler belirlemeli ve kendisine uzak hedefler koymamalıdır. Aksi takdirde proje başarısızlıkla sonuçlanabilir. İşletmeler, bazı projeler için dışarıdan destek alabilirken, bazı projeler için de kendi personelinin destek almaktadır. Projenin zamanında tamamlanması, bütçenin etkin kullanımı, tatmin edici ve müşteri memnuniyeti sağlayan çıktılar ile proje ekibinin tatmin edici sonuçlar elde etmesi beklenmektedir (Kaygusuz 2017; Özveri ve Çakır 2012).

3.5 Altı Sigmanın İlkeleri

SS felsefesi, hataları minimum seviyeye indirerek kaliteyi arttırmayı hedeflemektedir. Bu hedefe ulaşmak için, müşteri memnuniyeti, süreçlerin etkin yönetimi ve çalışanların katılımı gibi unsurlara odaklanılmalıdır. SS'in yönetim sistemini oluşturan temel ilkeler aşağıda verilmiştir (Adeodu ve diğ. 2021; Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Garza-Reyes ve diğ. 2016; Karabulut ve diğ. 2020; Oral ve Dirgar 2009; Tırpan 2010). Bu ilkelerin, işletmelerin başarılı şekilde SS'i uygulayabilmesi için kılavuz niteliğinde olduğu düşünülmektedir.

Müşteri odaklılık: SS'in merkezinde yer alan kritik bir ilkedir. İşletmeler, sadece mevcut müşteri ihtiyaçlarına değil, aynı zamanda gelecekte olası taleplere de odaklanmalıdır. Müşterilerin beklentilerini öngörmek ve bu beklentileri karşılamak için rekabet avantajlarını kullanarak işletmenin başarısını artırmak önemlidir (Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Oral ve Dirgar 2009; Tırpan 2010).

Verilere ve gerçeklere dayalı yönetim: SS, hataların belirlenmesi ve ortadan kaldırılması için geniş kapsamlı verilerin toplanmasını ve istatistiksel analizlerin yapılmasını içermektedir. Bu uygulamaların ilk adımı, iş performansını değerlendirmek için gerekli olan anahtar performans göstergelerinin (KPI-Key Performance Indicator) belirlenmesidir. Bu ölçütler, kritik değişkenlerin tanımlanmasında ve sonuçların optimize edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Oral ve Dirgar 2009; Tırpan 2010).

Sürece odaklanma ve yönetim iyileştirme: SS'de üretim süreçleri, faaliyetlerin gerçekleştiği yerler olarak tanımlanmaktadır. SS uygulamala çalışmalarında, hangi süreç olursa olsun, başarının temel anahtarı olarak sürece odaklanma önemli bir yer tutmaktadır (Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Oral ve Dirgar 2009; Tırpan 2010).

Proaktif yönetim: Proaktif yönetim, başarı için hedefler belirlenmesi, bu hedeflerin düzenli olarak gözden geçirilmesi ve sorunların önceden tahmin edilmesi ve engellenmesi üzerine odaklanmaktadır. SS, dinamik, duyarlı ve proaktif bir yönetim tarzını benimsemek için gerekli araçları ve uygulamaları kullanmaktadır (Karabulut ve diğ. 2020; Oral ve Dirgar 2009; Tırpan 2010).

Sınırsız iş birliği: SS, sadece son kullanıcıların taleplerini değil, aynı zamanda bir sürecin veya üretim zincirinin iş akışının ayrıntılı bir şekilde anlaşılması için kullanılmaktadır (Adeodu ve diğ. 2021; Oral ve Dirgar 2009; Tırpan 2010).

Mükemmele yöneliş, başarısızlığa karşı hoşgörü: Mükemmeliyeti hedefleyen her işletme, SS gibi yaklaşımları kullanarak hedefe ulaşmaya çalışmaktadır. Bununla birlikte, işletmeler zaman zaman karşılaşılabilecekleri başarısızlıkları da kabul etme etmelidirler (Garza-Reyes ve diğ. 2016; Oral ve Dirgar 2009; Tırpan 2010).

3.6 Altı Sigmanın Düzeyleri

SS'in temel hedefi, süreçlerdeki önlenabilir hataların ve sapmaların azaltılmasıyla verimliliğin artırılmasını sağlamaktır. Sürecin verimliliği, sigma seviyesi adı verilen bir ölçüt kullanılarak değerlendirilmektedir. Hatalar ve hatalı ürünlerin azaldıkça, sürecin çıktıları arasındaki farklılıklar azalmakta ve sigma seviyesi artmaktadır. En yüksek verimlilik seviyesi olan SS'e ulaşan bir sürecin hatalı üretim oranı %99,99966'dır (bkz. Tablo 3.2). Bu seviyedeki bir şirketin bir milyon ürün ürettiğinde, hata sayısı sadece 3,4 adet olmalıdır (DPMO-Defects Per Million Opportunities-Milyon Fırsat Başına Hata). SS'in temel amacı, üretilen bir milyon üründe DPMO metriğinde en fazla 3,4 adet hatalı üretim seviyesine ulaşmak ve bu seviyenin altında hatalı üretim gerçekleştirmektir. Bu hata seviyesinin altında olduğunda, süreçlerin stabil olduğu ve istenilen kaliteye ulaşıldığı kabul edilmektedir (Dağlıoğlu ve diğ. 2009; Oral ve Dirgar 2009; Şenol ve Anbar 2010).

Tablo 3.2: Sigma seviyeleri ve DMPO (Milyon fırsat başına hata) (Dağlıoğlu ve diğ. 2009; Şenol ve Anbar 2010)

Sigma (σ) düzeyi	DMPO	Başarı Oranı (%)
1,0	690.000	30,9
2,0	308.000	69,2
3,0	66.800	99,3
4,0	6.210	99,4
5,0	320	99,98
6,0	3,4	99,99966

3.7 Altı Sigma Organizasyonu

SS'in başarısı, organizasyondaki rollerin net bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. SS organizasyonlarında, personelin aldığı eğitim türüne bağlı olarak farklı unvanlar, yetkiler ve sorumluluklar verilmektedir. SS'in uygulandığı organizasyonun yapısı, kapsamı ve proje türüne göre değişiklik gösterebilmektedir. Bazı şirketler, sarı, mavi vb. gibi genel kabul görmüş başlıkları kullanmaktadır. Şirketin büyüklüğüne ve uygulama kapsamına bağlı olarak görevler birleştirilebilir veya ek görevler oluşturulabilir. Bu yapı sabit olmamakla birlikte değişen ihtiyaçlara göre güncellenebilmektedir (Moralıoğlu 2010; Oral ve Dirgar 2009).

3.7.1 Liderlik Grubu veya Konseyi

SS projelerinde liderler genellikle üst düzey yöneticilerden oluşmaktadır. Burada liderlerin projede yer alması ve destek vermesi önemlidir. Projeye liderlik etmesi gereken kişi veya konseyin başlıca görevleri şunlardır (Madenli 2006; Oral ve Dirgar 2009):

- Ekiplerin karşılaştığı engelleri bildirdiğinde hızlı bir şekilde gerekli önlemleri almak.
- Projelerin seçimini yapmak ve kaynakları sağlamak.
- SS uygulamalarındaki rolleri ve sorumlulukları tanımlamak ve uygulama için gereken alt yapıyı oluşturmak.
- Proje uygulama sürecinde gerekli toplantılara katılmak.

3.7.2 Şampiyon

SS'in kalite hedeflerine ulaşabilmesi için gereken yol haritasını yönetmekten sorumlu olan kişi şampiyondur. Kendi sorumluluk alanındaki SS projeleri için projeleri seçme, uygulamayı denetleme ve engelleri aşmak için çaba gösterme faaliyetlerini yürütmektedir. Projelerin başarılı olabilmesi için, projelerin kapsamlarının detaylı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu görev, proje şampiyonunun sorumluluğundadır (Çalışkan 2006; Oral ve Dirgar 2009).

3.7.3 Sponsor

Üst düzey yöneticilerin, proje sorumluluklarını üstlenmek istemedikleri durumlarda, günlük veya haftalık ilerlemeyi kontrol etmek için görevlendirdikleri kişi veya kişilerdir. Bu kişiler işletme içinden veya danışman firmalardan seçilebilir. Görevlendirilen kişi veya kişilerin sorumlulukları ise şunlardır (Oral ve Dirgar 2009; Sevimli ve diğ. 2020; Turan ve Şenkayas 2007):

- Şirket içindeki görevlerin aksamadan devam edebilmesi için eğitim planları hazırlanması ve uygulanması.
- Sponsorlara ve ekiplere gerekli desteği sağlamak ve görevlerini yerine getirmelerine yardımcı olunması
- Projenin ilerlemesini izlenmesi, karşılaşılan engelleri tanımlanması ve kaydedilmesi.

3.7.4 Uzman Kara Kuşak

Uzman kara kuşak, diğer çalışanlara rehberlik eden, eğitim veren ve koçluk yapan bir rol üstlenmektedir. Uzman kara kuşağın, SS ile ilgili her konuda en üst düzeyde teknik bilgiye sahip olması beklenmektedir. Bu rol dış kuruluşlardan işe alınan bir danışman tarafından gerçekleştirilebilir. Uzman kara kuşak, iyileştirme ekiplerine istatistiksel yöntemlerin seçimi ve kullanımı başta olmak üzere teknik destek sağlanması, projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde kalite şampiyonlarına yardımcı olunması, iyileştirme projelerinden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için toplamak ve özetlemek gibi görevlere sahiptir (Çalışkan 2006; Özveri ve Dinçel 2012; Sevimli ve diğ. 2020).

3.7.5 Kara Kuşak

Kara kuşak, projenin başarısından veya başarısızlığından birinci derecede sorumlu olan kişidir. Projenin planlandığı gibi yürütülmesi açısından, kara kuşaklar büyük öneme sahiptir. Proje sponsoruyla birlikte projeyi gözden geçiren kara kuşaklar, proje ekibi üyelerini seçme veya seçimlerine yardımcı olma, kaynakları

tanımlama ve araştırma, uygun SS araçlarını belirleme ve bu araçların kullanımı konusunda diğer kişilere rehberlik etme, proje yürütülmesi için ekip desteği sağlama ve proje sonuçlarını belgeleme ve sunma gibi görevlere sahiptir (Çalışkan 2006; Özveri ve Dinçel 2012; Sevimli ve diğ. 2020).

3.7.6 Yeşil Kuşak

Yeşil kuşak üyeleri, iyileştirme çalışmalarında etkin bir rol üstlenmektedirler. Süreçlerin ölçülmesi, analizi ve iyileştirilmesi gibi önemli görevleri vardır. Aynı zamanda, SS projelerinde deneyim kazanarak, ilerideki projelerde aktif bir rol oynamaya hazır hale gelmektedirler. Küçük ölçekli projelerin yönetimini de üstlenebilirler. Günlük işlerinin yanı sıra yeşil kuşak, kara kuşakların projelerine katılıp sorumluluklarını yerine getirirken SS metotlarını öğrenmektedir (Çalışkan 2006; Özveri ve Dinçel 2012; Sevimli ve diğ. 2020).

3.8 Altı Sigmanın Yöntemleri

SS uygulamalarının temel amacı müşteri memnuniyetini ve aynı zamanda işletme performansını arttırmaktır. Bu amaçla, sistemde ve süreçlerde yapılacak değişiklikler belirlenmeli ve uygulanmalıdır. Ancak, değişikliklerin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için uygun bir planın oluşturulması gereklidir. SS uygulamalarında sıkça kullanılan DMAIC (TÖAİK) modeli, tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol adımlarını içeren döngüsel bir süreci takip etmekte ve her bir adımda en iyi sonuca ulaşmayı hedeflemektedir (Evren 2006; Kaygusuz 2017).

3.8.1 Tanımlama (Define) Aşaması

Tanımlama aşamasında daha yüksek sigma seviyelerine ulaşmak için projenin hedefleri belirlenmekte ve ele alınması gereken sorunları teşhis edilmektedir. Bu aşamada, müşteriye odaklanma, ekip oluşturma ve süreç haritalarının oluşturulması gibi görevler yerine getirilmektedir. Tanımlama aşamasında, Müşterinin Sesine (VOC-Voice of Customer) dayanarak öğrenme ve değişim ihtiyacı belirlenmektedir.

Ayrıca, iyileştirilmesi gereken ürün veya süreçlerin belirlenmesi ve en faydalı projenin seçilmesi adımlarını içermektedir. Bu aşamada, projenin kapsamı, hedefleri, girdileri ve çıktıları belirlenmektedir (bkz. Şekil 3.3) (Evren 2006; Pereira ve diğ. 2019). Temel noktalardan bazıları şunlardır (Pereira ve diğ. 2019):

- Seçilen projenin organizasyonun imkanlarına ve yeteneklerine uygun olması,
- Daha yüksek kalite ile yüksek olasılık yaratmak ve maliyetlerin düşürülmesi.
- Sorunların mümkün olduğunca açık ve sayısal olarak tanımlanması. CTQ (Critical to Quality-Kritik Kalite Karakteristiği) belirlendikten sonra etki derecelerine göre sınıflandırılmaktadır. Belirlenen CTQ'lar yapılan SS projesi boyunca verilen hedef ile uyumlu olup olmadığı kontrol edilmelidir.



Şekil 3.3: Tanımlama aşaması adımları

3.8.2 Ölçme (Measure) Aşaması

Ölçme aşamasının amacı, mevcut süreç durumunu ve problemlerini gerçekçi bir şekilde tanımlayarak bu problemlerin oluşmasındaki kökeni/kökenlerini veya nedeni/nedenlerini belirlemektir. Burada elde edilen bilgi, analiz aşamasında araştırılması gereken potansiyel neden alanlarının daraltılmasına yardımcı olmaktadır. Süreçler için veri toplama planı geliştirilmekte ve çeşitli kaynaklardan elde edilen müşteri geri bildirimleri incelenerek hata türleri, önlemler ve eksiklikler belirlenmektedir. Proje bildiriminin netleştirilmesi, müşteri beklentilerinin anlaşılması, SIPOC analizi, temel girdi ve çıktıların belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Veri analizi sırasında ortalama, standart sapma ve olasılık dağılımları (Normal dağılım, Poisson dağılımı) gibi temel istatistiksel kavramlar, süreçteki değişkenliğin anlaşılması açısından önem taşımaktadır (bkz. Şekil 3.4) (Özveri ve Çakır 2012; Pugna ve diğ. 2024).



Şekil 3.4: Ölçme aşaması adımları

Ölçüm aşamasından elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir (Topçu ve diğ. 2018):

- Gerçek durum ile varsayımlar arasındaki farkları ortaya koymaktadır.
- Önceki deneyimleri doğrulamayı sağlamaktadır.
- Başlangıç performansını göstermektedir.
- Sorunun geçmiş durumunu ortaya çıkarmaktadır.
- Süreçte yapılan değişikliklerin etkili olup olmadığını göstermektedir.
- Değişkenlik yaratan ilişkilerin tespit edilmesini sağlamaktadır.
- Asıl sorunu çözemeyecek yaklaşımlardan kaçınmaya yardımcı olmaktadır.

3.8.3 Analiz (Analyze) Aşaması

Bu aşamada amaç, temel hedeflerin süreç değişkenliğine neden olan faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin değişkenlik seviyelerini değerlendirmektir. Toplanan verilerin ve süreçlerin süreç haritalarını belirlemek, iyileştirme için fırsatlarını ve hataların kök nedenlerini tespit etmek, mevcut performans ile hedef performans arasındaki farkı belirlemek, iyileştirme fırsatlarını önceliklendirmek ve değişkenlik kaynaklarını belirlemek için çeşitli analizler yapılmaktadır. Popülasyon parametreleri için güven aralıkları hesaplanmakta ve ortalama, standart sapma, medyan ve oran gibi tanımlayıcı istatistiksel analizler kullanılarak anlamlılık testleri yapılmaktadır (Avunduk 2019; Çırkan 2009).

Önceki aşamalarda belirlenen problemin istatistiksel analizi, analiz adımı ile başlamaktadır. Analiz, hipotez testleriyle bir problemin istatistiksel olarak kabulü veya reddi şeklinde yapılmaktadır. Böylece, kritik başarı faktörünü en çok etkileyen değişkenlikler belirlenmektedir. Ölçüm aşamasında toplanan veriler bu aşamada girdi olarak kullanılmaktadır. Uzun vadeli veriler, sürecin uzun vadeli değişkenliklerini

açıklama potansiyeline sahip olduğundan, problemin kök nedenleri X ile gösterilmekte ve problem Y ile gösterilmektedir. En önemli kök nedenler istatistiksel olarak bulunmakta, böylece iyileştirme aşaması için bir temel oluşturulmaktadır. Verilerin anlamlı bilgilere dönüştürülmesi sayesinde problemin ana nedeninin belirlendiği adım, analiz aşamasıdır (Çırkan 2009; Karabulut ve diğ. 2020).

3.8.4 İyileştirme (Improve) Aşaması

Bu aşamada, sürecin değişkenliğine neden olan önemli girdilerin hangi seviyelerde ayarlanacağını belirlemek ve test etmek (doğrulamak) amaçlanmaktadır. İyileştirme aşamasında problemin nedenleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çözümler geliştirilmektedir, uygulanmaktadır ve değerlendirilmektedir. Verileri kullanarak, çözümün sorunu gerçekten çözdüğünü ve iyileştirme için yol gösterdiğini göstermek gerekmektedir (Evren 2006; Oral ve Dirgar 2009).

Ölçüm sonuçlarının analizi ve yorumlanmasından sonra, iyileştirme önerileri değerlendirilip uygulanmalıdır. İyileştirme aşamasının amacı, analiz aşamasında ortaya çıkan sorunu ortadan kaldıracak çözüm önerileri oluşturmak ve uygulamaktır. Proje ekibinin belirlediği kriterler, potansiyel çözüm önerilerinin analiz edilmesi ve seçilmesi için kullanılmaktadır. Kriterler genellikle zaman, maliyet ve uygulama basitliği gibi seçenekleri içermektedir. Hazırlanacak eylem planı ile hangi sürece ve nasıl müdahale edileceği belirlenmelidir. Sorumluluklar, bütçe ve zaman planı gibi konularda planlama yapılması gereklidir. Uygulamanın değerlendirilmesi, uygulama hayata geçirildiğinde önemli başka bir konudur. Sonuçlara ilişkin veriler toplanarak istatistiksel olarak anlamlı iyileştirmeler yapıp yapılmadığı değerlendirilmelidir (Garza-Reyes ve diğ. 2016; Oral ve Dirgar 2009).

İyileştirmeler uygulamadan önce ve sonra ölçümler ile değerlendirilebilir. Ölçüm sonuçlarından çıkarımlar yapılmalı ve iyileştirme uygulamasının etkisi hesaplanmalıdır. Bir uygulama nihai öneri olarak görülmemelidir. Sürekli iyileştirme prensibi benimsenmelidir. Süreçlerin kararlılığı ve yeterliliği, sebep-sonuç analizi ile ortaya koyulmalıdır (Akca ve Tuzcuoğlu 2021; Oral ve Dirgar 2009).

3.8.5 Kontrol (Control) Aşaması

Kontrol aşamasının amacı, sürecin geri dönmesini engellemek, yürütülen planın belgelenmesini ve uygulanmasını talep etmek ve geliştirmektir. Ölçüm sisteminin doğruluğu doğrulanmakta ve süreç yeterliliği yeniden değerlendirilmekte, böylece iyileştirmenin sağlandığından emin olunmaktadır. İyileştirmelerin kalıcı ve sürekli olması için 6 sigma seviyesinde çaba gösterilmelidir. Bu aşamada, yeni süreç belgelenerek başarının kalıcı olması sağlanmaktadır. Ayrıca, gelecekteki çalışmalar için ek potansiyel çözümler üretilmektedir (Kaygusuz 2017; Liu ve diğ. 2023).

Amaç, ilerleme kaydedildiğinde, süreci kontrol etmek ve SS girişimini sürdürmektir. SS girişimini canlı tutmak hedeftir. Bu aşamada bir pilot uygulama yapılmaktadır. Pilot, düşünülen tasarımın bir kısmının veya tamamının düşük ölçekli bir denemesidir. Pilot uygulamanın arkasındaki temel metodoloji Planla-Uygula-Kontrol Et-Harekete Geç yaklaşımıdır. Döngüde pilot uygulamanın ilk kullanımı, daha iyi bir plan geliştirilmesine yardımcı olmakta, çözümün uygulanmasını ve sonuçların iyileştirilmesini sağlamaktadır. Pilot uygulamalar, kök nedenler ile çözümler arasındaki sebep-sonuç ilişkisini tanımlama fırsatı yaratmaktadır ve çözümü tüm organizasyonu dahil etmeden deneyimleme olanağı sağlamaktadır. Pilot uygulamalar, tüm SS projeleri için gerekli ve faydalı yatırımlardır. Bu uygulamalar, etkileri daha iyi anlamayı sağlamakta ve süreçten, müşteriden, tedarikçilerden, organizasyondan/çalışanlardan ve iç teknolojiden/mevcut sistemlerden geri bildirim sağlamaktadır. Pilot uygulamalar potansiyel hata noktalarının belirlenmesini ve hata riskinin azaltılmasını sağlayarak organizasyona sağlanan faydaları arttırmaktadır. Aynı zamanda, iyileştirmenin gözlemlenmesi için alınan önlemlerin etkinliğinin değerlendirilmesini ve çözümün geçerliliğinin test edilmesini sağlamaktadır (Çırkan 2009; Firuzan ve diğ. 2012; Oral ve Dirgar 2009).

Çözümün uygulanması; insanların davranışlarını, süreçleri, ölçüm sistemlerini ve muhtemelen müşterilere katma değer yaratma şeklini değiştirmeyi içermektedir. Çözümlerin uygulanması, pilot çalışmayı uygulamaktan çok daha büyük bir anlam taşımaktadır ve bir projenin kilit kilometre taşlarından biridir. Bir projenin başarılı olabilmesi için, iyi tanımlanmış hedeflere ve amaçlara, lider desteğine, verimli takım çalışmasına, tüm katılımcılar tarafından kabul edilen bir

plana, zamanında değerlendirilmeye ve iyi kontrol edilen bir sürece sahip olması gereklidir. Bir sonraki adımda prosedürler ve standartlar hazırlanacaktır. Sürecin entegrasyonu sağlandıktan sonra, çözüm tekrarlanmakta, standardize edilmekte ve böylece kazanımların sürekliliği sağlanmaktadır (Evren 2006; Oral ve Dirgar 2009).

4. UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı firma 1980 yılında kurulmuş olup, hafif alaşımlı alüminyum jant sektöründe Avrupa'daki en büyük 3 şirketten birisi olan, 26 markaya jant tedarik eden alüminyum alaşımlı jant üretim konusunda mühendislik ve tasarım ortaklığı yapan CMS Jant ve Makina Sanayii A.Ş.'dir. Firmanın üretimini yaptığı jantlar dünya çapında yaygın bir dağıtım sistemi ile Avrupa'daki depolarında ve tedarikçisi olduğu firmalara sevk edilmektedir. Firma, sürdürülebilir büyümeye odaklandığı "Fayda Gözetken Performans" vizyonu etrafında birleşen 3500'den fazla çalışanıyla birlikte tüketicilerin istekleri, güvenilirliği ve sağlamlığını sağlayan jantlar üretmektedir.

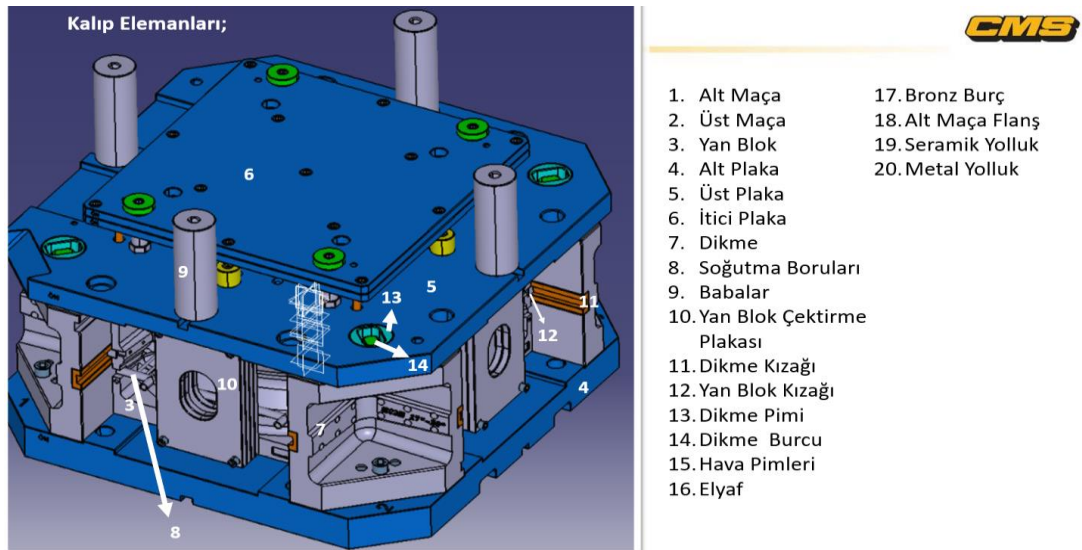
1980 yılında beri kurumsallığını devam ettiren firma Türk tüketicisine kaliteli ve yenilikçi ürünleri ile hizmet vermeye devam etmektedir. Firma ürünlerinin gerçekleşmesinde müşteri memnuniyetinin sağlanması amacıyla yönelik olarak TSE.EN., TÜV, DIN, SAE, BS.AU., ASTM, INMETRO, SNI gibi kalite standartları belgeleri dışında, ISO 50001, ISO 10002, SNI 1896, ISO 450001, ISO 9001, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ile çevreye duyarlılığı, BGYS 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi ile müşterileri veri güvenliğini sağlamıştır. Müşteriler tarafından direkt olarak gerçekleştirilen denetimler ve VDA 6.3 Proses Denetimleri ile kalite belgelerini almış ve kalite standartlarını bu belgeler ile kontrol altına almıştır. Bunun haricinde firma dünya çapında uygulanan IATF 16949 Otomotiv sektörü Kalite Yönetim Sistemi ile kendi içerisinde bağımsız bir denetçi şirket tarafından denetlenmektedir.

Firma 2012 yılından bu yana sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için LSS temelli geliştirici faaliyetlerde çalışanları eğitmeye başlayarak tüm süreçlerinin yalınlaştırılması için SS takımları kurmaya başlamıştır. 2011 yılına kadar klasik üretim ve süreç iyileştirme teknikleri ile süreçleri iyileştirme yolunu kullansalar da 2011 yılından itibaren akademik anlamda dış danışmanlar ve bağlı bulundukları sektörel yapılanmalar ile SS konusunda uzman şampiyonlar ve kara kuşaklar yetiştirmiştir. 2012 yılı itibari ile firma bünyesinde SS yapılanmasının yanı sıra

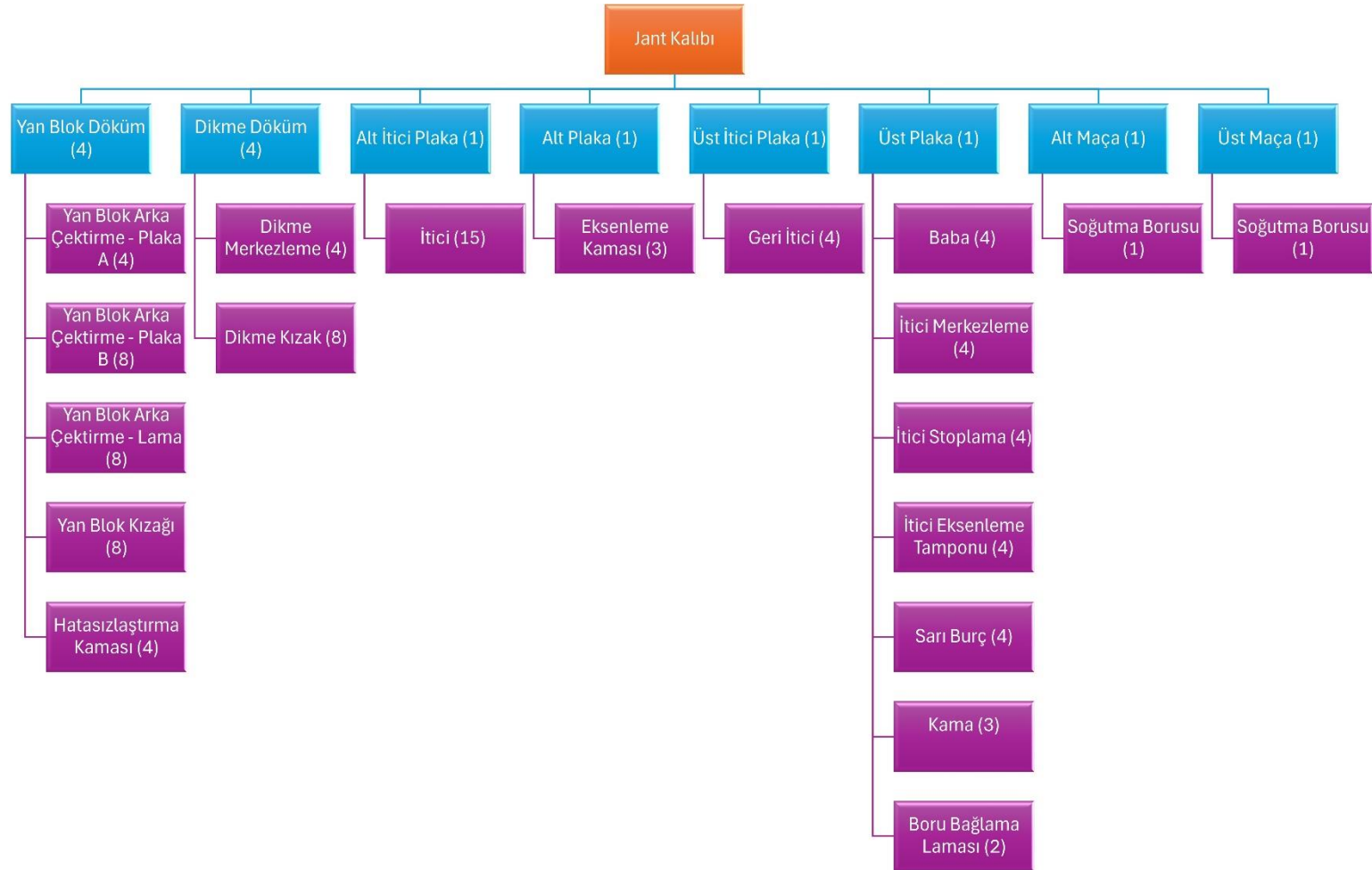
atıkları azaltmak, kaliteyi artırmak ve bu yollarla firmaya değer katmayı amaçlayan faaliyetleri de projelendirerek uygulamaya geçirmeyi planlamıştır.

4.1 Süreçlerin Tanımlanması

Tez çalışması kapsamında yapılan uygulamaları firmanın kalıp üretim sürecini kapsamaktadır. Bu nedenle bu bölümde kalıp üretim sürecinden bahsedilmiştir. Bir kalıp temelinde 20 çeşit malzemenin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bunlar Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Ayrıca kalıp üretimi için Malzeme Ürün Ağacı (BOM-Bill of Materials) Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1: Kalıp parçaları

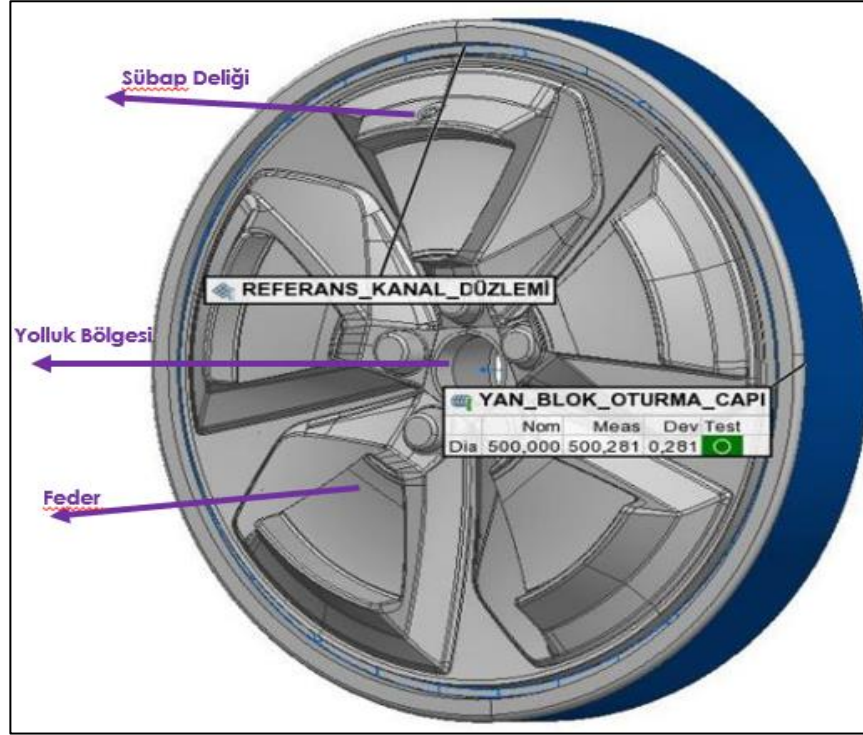
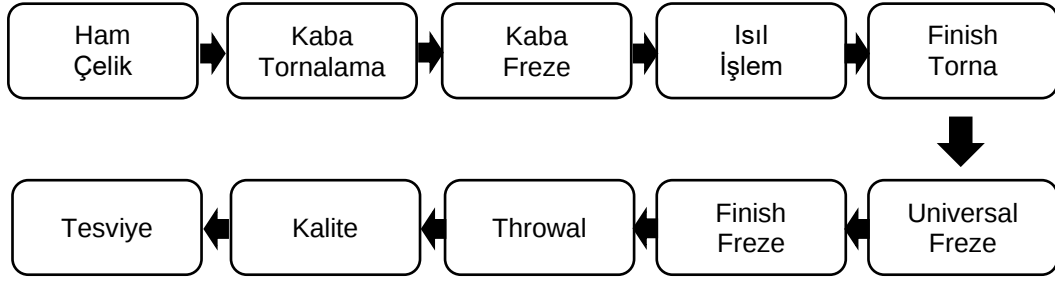


Şekil 4.2: Malzeme ürün ağacı (BOM)

4.1.1 Alt Maça Üretim Süreci

İşletmeye gelen hammaddeler mal kabul bölümüne alınmaktadır. Burada gerekli ölçümler yapılmakta ve bu ölçümler sonucunda hammadde istenilen nitelikte ise kabul edilmektedir. Eğer istenilen nitelikte değil ise tedarikçiye geri gönderilmektedir. Kabul edilen hammaddeler, stok alanına taşınmaktadır. Daha sonra bu hammaddeler operatör tarafından vinç yardımıyla tornalama işlemi için, tornalama makinesine yerleştirilmektedir. Operatör gerekli ölçüleri bilgisayara girdikten sonra işlem başlamaktadır. Tornalama işleminden çıkan ürünler ön ve arka boşaltma işlemine gitmektedir. Burada ürünlerin ön ve arka boşaltması yapılmaktadır. Bu işlemlerden sonra ürünler ısıtma işlemine gönderilmektedir. Isıtma işlemi fabrikada yapılamadığı için ürünler fasona gönderilmektedir. Burada ısıtma işlemi gören ürünler soğutulması yapıldıktan sonra fabrikaya geri gönderilmektedir. Fabrikaya geri gelen ürünler tekrar mal kabul bölümünde kontrol edilmekte ve finish tornalama işlemi ile üretim sürecine yeniden sokulmaktadır. Burada jant türüne göre kalıplara şekil verilmektedir. Bu işlemden sonra finish frezeleme alınmakta ve frezelemeden sonra etiket damgalanmaktadır. Daha sonra ürünler trowal işlemine gitmektedir. Fabrikada trowal işlemi gören tek ürün alt maçadır. Trowal işlemi ile birlikte ürünlerin yüzeylerindeki çapaklar temizlenmekte ve parlatılmaktadır. Buradan tesviye işlemine geçen ürünlerin, elle pürüzlerin giderilmesi yapılmaktadır. Daha sonra erezyon işlemine tabi tutulan ürünler, son olarak da montaj tezgâhına taşınmaktadır.

Alt maça üretim süreci aşamaları Şekil 4.3'te verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.3'te kalıp alt maçasının görseli de bulunmaktadır.



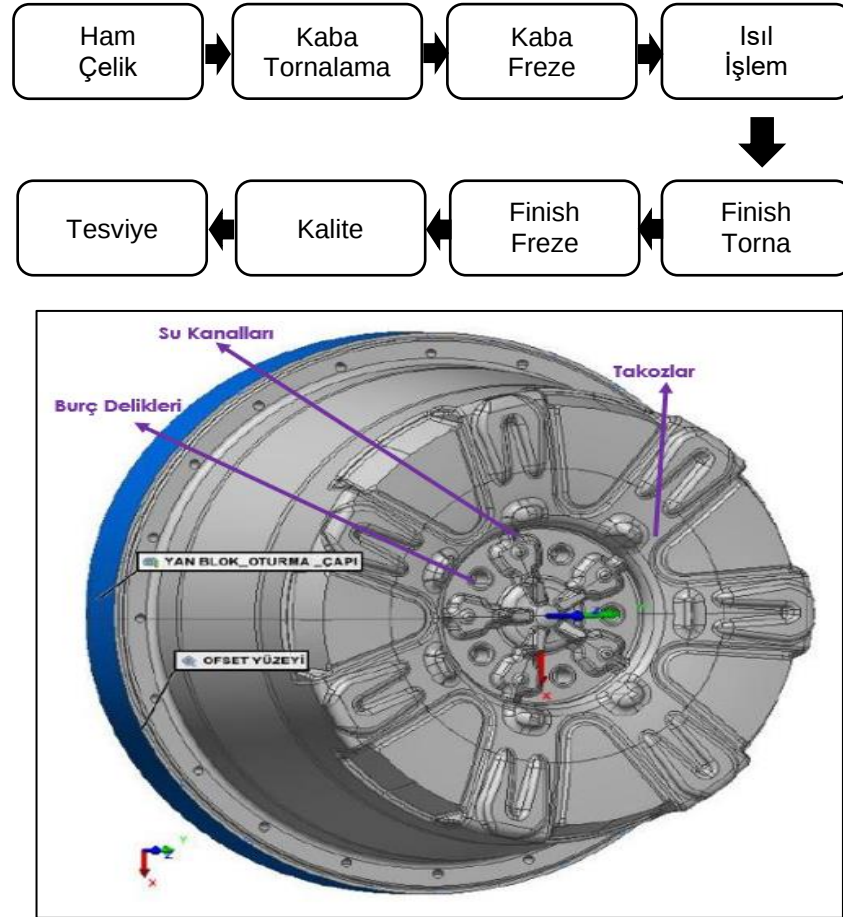
Şekil 4.3: Alt maça üretim süreci ve alt maça görseli

4.1.2 Üst Maça Üretim Süreci

İşletmeye gelen hammaddeler alt maçada olduğu gibi mal kabul bölümünden alınmaktadır. Gerekli ölçümlerden sonra ürünler istenilen nitelikte ise hammaddeler stok alanına taşınmaktadır. Değil ise tedarikçiye geri gönderilmektedir. Daha sonra stokta bekleyen hammaddeler vinç yardımıyla birlikte tornalama işlemi için tornalama makinesine taşınmaktadır. Tornalama işleminden sonra ürünler alt ve üst boşaltma işlemine taşınmaktadır. Burada gerekli işlemlerden geçen ürünler sonrasında ısıtılma işlemi için fasona gönderilmektedir. Soğutulduktan sonra ürünler fabrikaya geri gelmektedir ve gerekli ölçümler yapılır. Daha sonra kabul edilen ürünlere sırasıyla finish tornalama ve finish frezeleme işlemlerinden geçmektedir. Bu

işlemlerden sonra ürünler erozyon işlemine gitmektedir. Son olarak ürünler montaj tezgâhına taşınmaktadır. Üst maça üretim süreci aşamaları Şekil 4.4’te verilmiştir.

Geri kalan süreçlerde malzemeler darboğaz oluşturması noktasında değildir. Burada kritik malzemeler alt ve üst maça üretim sürecidir.

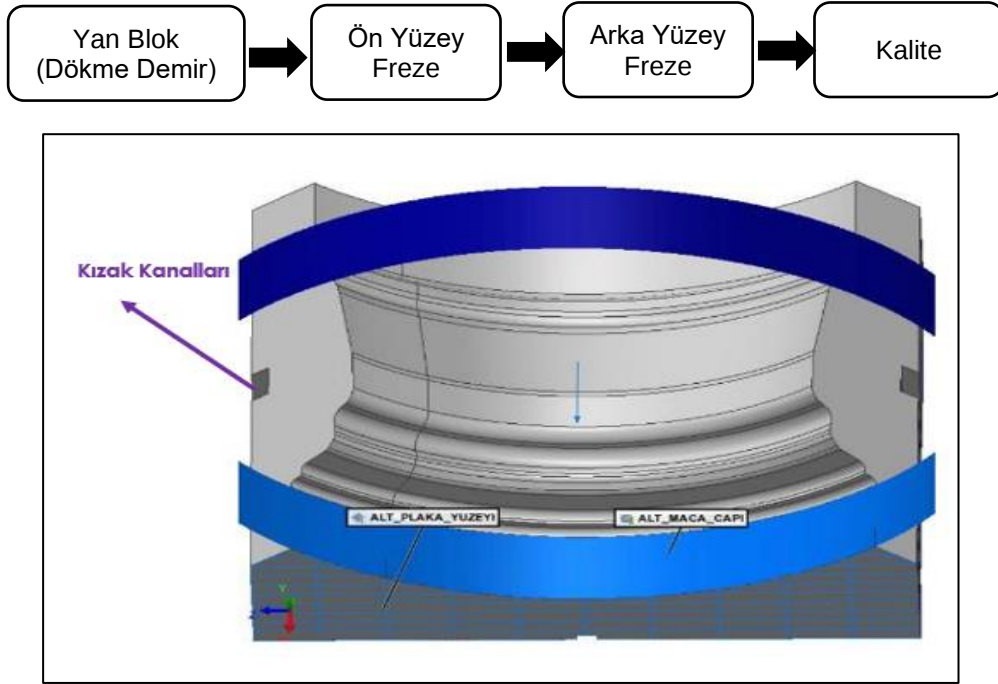


Şekil 4.4: Üst maça üretim süreci ve üst maça görseli

4.1.3 Yan Blok Üretim Süreci

İşletmeye fason işlemeden gelen yan bloklar mal kabul bölümünden alınmaktadır. Gerekli ölçümlerden sonra ürünler istenilen nitelikte ise hammaddeler stok alanına taşınmaktadır. Değil ise tedarikçiye geri gönderilmektedir. Buna göre yan bloklar arka boşaltma ve ön yüzey işleme için tezgâhta frezeleme işlemleri yapılır. Freze işlemleri bittikten sonra kalite kontrol bölümünde kontrol yapılarak

montaj bölümüne teslim edilir. Yan blok üretim süreci aşamaları ve yan blok görseli Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5: Yan blok üretim süreci ve yan blok görseli

4.2 Süreç İyileştirme ve Uygulama Aşamaları

Bu aşama DMAIC (TÖAİK) döngüsünün tanımlama, ölçme, analiz etme, iyileştirme ve kontrol etme aşamalarını ve bu aşamalarda kullanılan yalın ve SS tekniklerini içermektedir. İşletme, tüm faaliyetlerinde maliyet azaltıcı iyileştirmelerin yanı sıra, çevreye duyarlılığı esas alarak enerji kullanımı konusunda çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Kalıp toplam üretim sürelerinin kısaltılması amaçlanan LSS projelerinde dolaylı olarak kullanılan enerji, CNC işleme, manuel işlemler gibi birçok değere değinilmiş yapılan iyileştirmeler ile sarf giderlerin azaltılması ve verimliliğin en optimal şekilde kullanılma prensibi esas alınmıştır. Buna göre de iç müşterilere daha hızlı cevap verilerek proje planında geç kalınmayacaktır. Bu da müşterilerin yeni projelerinde firmanın prestiji bakımından kritiktir.

4.2.1 Tanımlama Aşaması

Tez çalışmasında 2 tane SS projesi yapılmıştır. Projelerde birbirini tetikleyici etki olduğu için bundan sonraki tüm süreçler birlikte anlatılacaktır.

Kalıp üretim bölümü KPI verilerine göre mevcut durumda bir kalıbı 27,62 günde üretmekte, ortalama kalıp gecikme gün sayısı 3,2 iken üretim hatası sebebi ile fire kalıp parçası %0,85'dir. Kalıpların üretim günü, gecikme gün sayısının düşürülme çalışması ile proje planlarında gecikme yaşanmaması fire oranının düşürülmesi ile tekrar işleme ile harcanacak iş gücü, enerji, ham madde ve sarf malzeme azaltılması hedeflenmiştir. SS projesinin tanımlama toplantılarında proje ekipleriyle beraber ana üretim faktörü olan kalıp üretim süresinde %15 iyileşme hedeflenerek kalıp üretim süresi 24 gün, ortalama kalıp gecikme gün sayısı 0 gün, üretim hatası nedeni ile fire kalıp parçası oranı senelik %0,80 olması hedeflenmiştir. Kalıp parçalarının üretim zamanlarının azaltılması ve kapasite artırılması amacı doğrultusunda potansiyel kazançlar birim zamanda üretilen çıktı miktarının artırılması, proje maliyetlerinde iyileştirme ve firmanın prestij kaybı yaşamaması olarak belirlenmiştir.

Müşteri isteklerine daha hızlı cevap verebilme, kalıpların döküm sürecine daha erken alınabilmesi ve proje yeni ürün devreye alma sürecinin kısaltılması ele alınmıştır. Kalıp sarf maliyet azaltmada ise benzer olarak SS projesinin tanımlama toplantılarında proje ekipleriyle beraber iyileştirme ve tasarruf hedefleri verilmiştir. Bu proje ile üretim süreçlerindeki iş istasyonlarına odaklanarak, kalıp üretim süresinin kısaltılması sayesinde yıllık %10 iyileşme ile 56.536 Euro tasarruf sağlanması hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra ise 2. yapılan proje ile kalıp üretim bölümünde üretimde kullanılan kesici takımların sarfiyatlarının %10 oranında azaltılması hedeflenmiştir. Bu proje ile, üretim süreçlerinde sarf malzeme kullanılan iş istasyonlarına odaklanılarak sarf malzeme tüketimi ile yıllık 47.609 Euro tasarruf elde edilmesi hedeflenmiştir.

Kalıp parçalarının üretiminde kullanılan sarf malzemelerin azaltılması amacı doğrultusunda potansiyel kazançlar, üretilen birim kalıp başına kullanılan sarf malzemelerin azaltılması, proje maliyetlerinde iyileştirme ve sarf malzemelerin üretimi için kullanılan ham malzemelerde milli servetlerin efektif kullanılması olarak

beklenmektedir. Projedeki asıl amaç, takımların ağız sayılarını arttırarak veya maliyetlerini azaltarak aynı yüzey kalitesinde ve çevrim süresi (C/T - Cycle Time) uzamadan kalıp parçasının işlenmesi olarak belirlenmiştir. SS ekibiyle beraber %10 sarf malzeme maliyetinde iyileşme hedeflenmiştir. Yani üretilen kalıp başına sarf malzeme maliyetinin 725 Euro'dan 652 Euro'ya düşürülmesi hedeflenmiştir.

Proje takımı 1 proje lideri, 1 proje sponsoru, 8 takım üyesi olmak üzere toplam 10 kişiden oluşmaktadır. Proje takımının belirlenmesinin ardından, projenin zaman planı oluşturulmuştur. Projede zaman planı ise yalın altı sigma adımlarının hangi tarihlerde bitirilmesi gerektiğine dair yol haritasını çizmektedir. Buna göre projenin zaman sınırları çizilmiştir.

DMAIC döngüsünün her adımında uygun yalın üretim ve altı sigma teknikleri kullanılarak doğru zamanda iyileştirme amacına ulaşılmaya çalışılmaktadır. Tanımlama aşamasında öncelikle odak grup çalışması ile Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de gösterilen VOC analizi yapılarak, müşteri istekleri CTQ'lar belirlenmiştir. Kalıp üretiminde bulunan kişiler, iç müşteriler ve departmanlar kategorize edilerek müşterilerden gelen istekler belirlenmiştir.

Tablo 4.1: Müşterinin sesi analizi (Kalıp üretim süresi azaltma)

Müşteri	Beklentileri
Kalıphane	Yenileme/sevkiyat planına uyum
Kalıphane	Teknik resme uyum
Kalıphane	Kalıp gönderilmeden yapılacak yenilemelerde, alıştırma işlemi kalıphaneden yapılması nedeniyle, yaşanabilecek ölçüsel uygunsuzlukların en aza indirgenmesi
Kalıphane	Termokulp delik derinliklerinde resme uyum
Kalıphane	Yan blok-üst maça çizgilerinin standartlaştırılması
MİY (Müşteri İlişkileri Yönetimi)	Kalıp üretim süresinin kısaltılması
MİY (Müşteri İlişkileri Yönetimi)	Kalıbın ilk seferde doğru üretilmesi

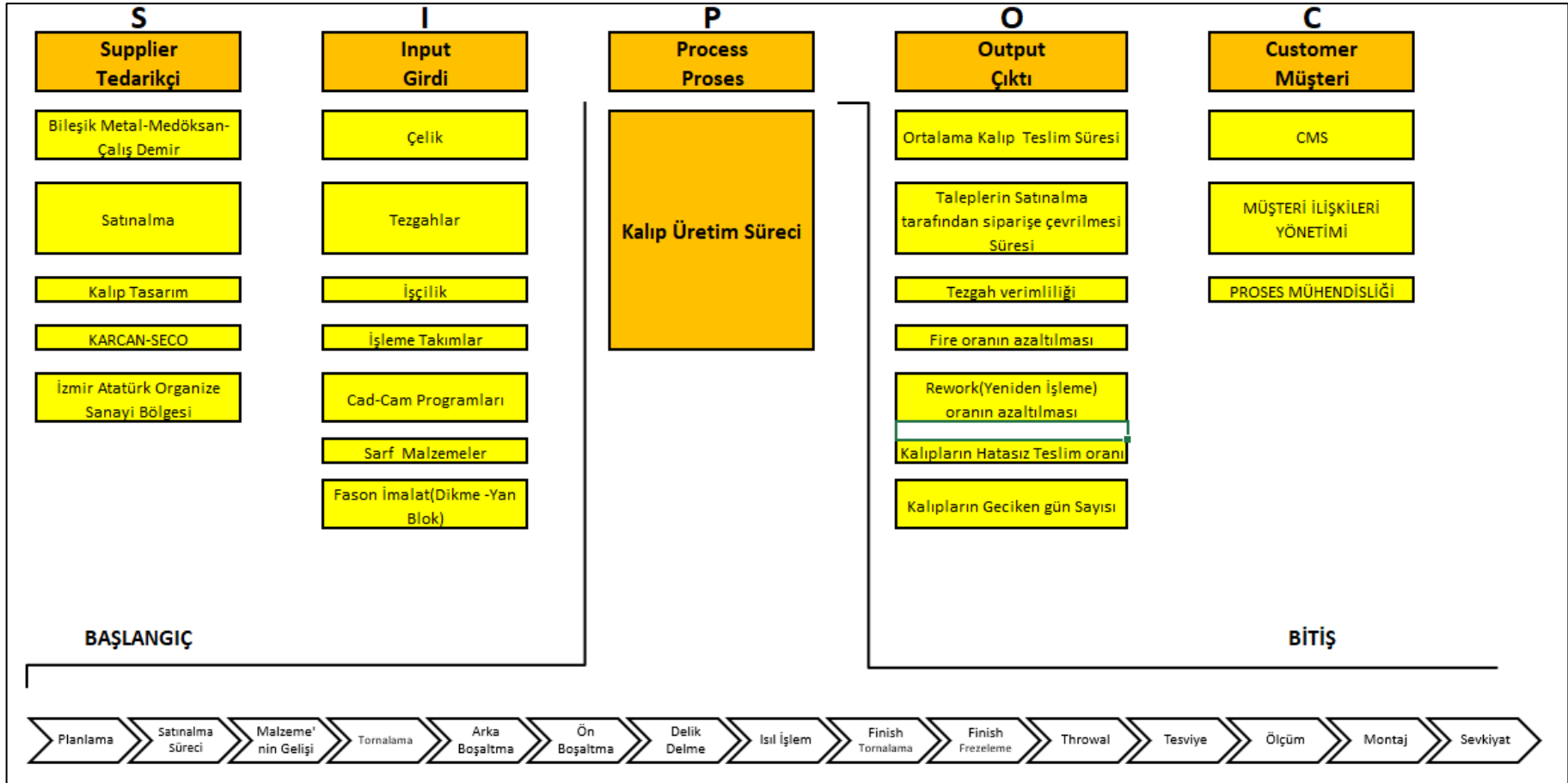
Tablo 4.2: Müşterinin sesi analizi (Sarf malzeme maliyeti azaltma)

Müşteri	Beklentileri
KÜT (Kalıp Üretim Tesisi)	Mevcut takımların net olarak analizinin yapılması ve kullanım ömürlerinin belirlenmesi ve artırılması
KÜT (Kalıp Üretim Tesisi)	Takım sarfıyatı azalsın
KÜT (Kalıp Üretim Tesisi)	İşleme stratejilerinin takım ömrünü artıracak yönde gözden geçirilmesi
KÜT (Kalıp Üretim Tesisi)	Hurdaya ayrılmış uçların bileme ve kaplama ile üretime kazandırılması
KÜT (Kalıp Üretim Tesisi)	Takım yönetim sisteminin oluşturulması
KÜT (Kalıp Üretim Tesisi)	Kalıp üretim çevrim süresi azalsın
KÜT (Kalıp Üretim Tesisi)	Kalıp üretim fire oranı artmasın

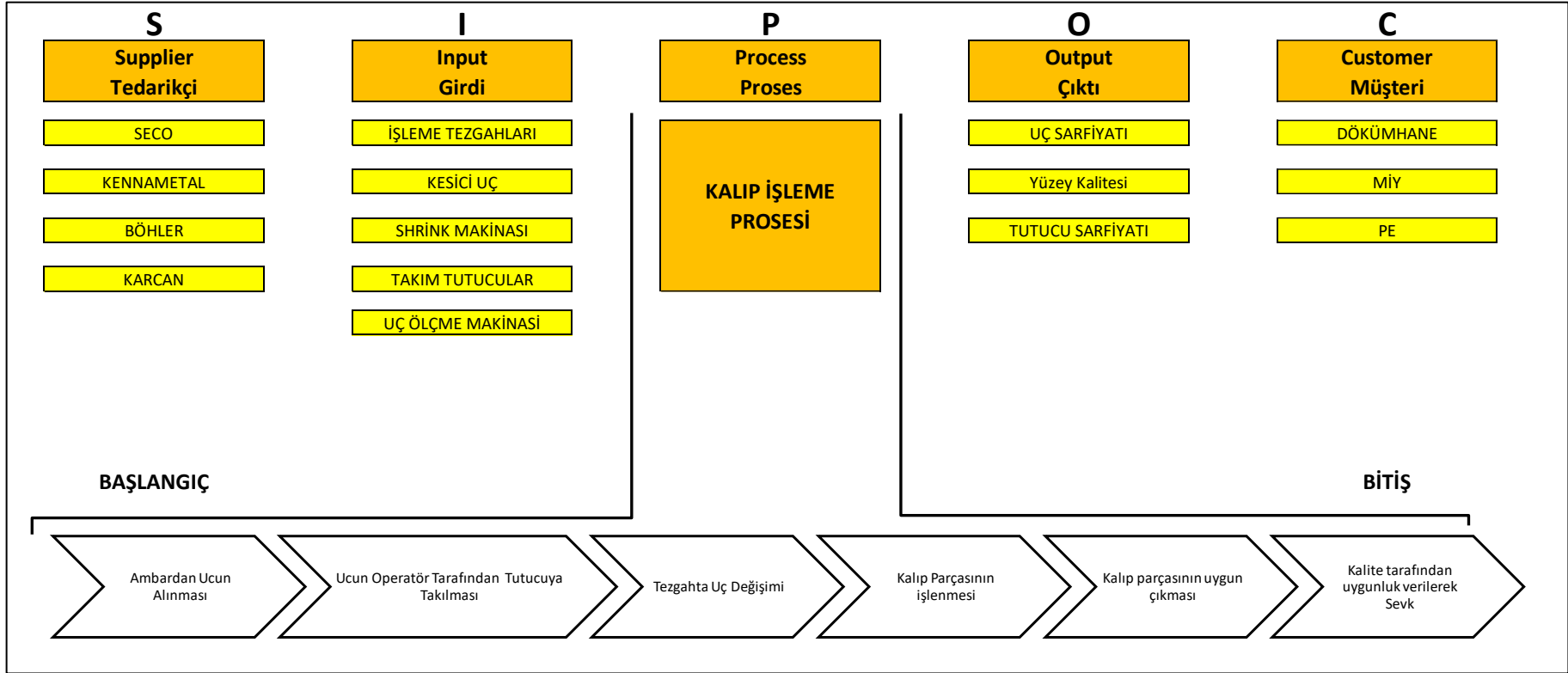
VOC kavramında ise müşterinin kalıp üretim ile ilgili ihtiyaçlarıdır. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de görülebileceği gibi, müşterilerin düşük fiyat, yüksek ürün kalitesi ve zamanında teslimat gibi beklentileri bulunmaktadır. Burada müşterinin sesinin önemli olmasının temel etkeni süreçlerin daha iyi yönetilmesi ve süreçlerdeki çıktılarla ilgili kritik özellikleri belirlemesidir. SIPOC ile kalıp üretim tesisi tedarikçileri, prosesin girdileri, tüm süreci, çıktıları ve müşterileri belirlenmiştir. SIPOC diyagramı kişilerin işi süreç bakış açısına göre görmesine yardımcı olmaktadır. Oluşturulan SIPOC haritası ile kalıp üretiminin girdileri, tedarikçileri, kalıp üretim prosesleri, çıktıları ve müşterileri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir. SIPOC akış şemasını COPIS yönünde düşünmek gerekir.

- *Customer (Müşteri):* Prosesin çıktısını kim alıyor/kullanıyor? (İç/dış müşteri)
- *Output (Çıktı):* Prosesten çıkan malzeme veya veri
- *Process (Süreç):* Müşteri isteklerini karşılamaya yönelik faaliyetler
- *Input (Girdi):* Proseste işlenecek malzeme veya veri
- *Supplier (Tedarikçi):* Proseste işlenecek girdileri sağlayan

SIPOC bir ürünün üretim sürecini baştan sona özetleyen bir araçtır. Bu bağlamda, süreç ile ilgili iyi bir görselleştirme sağlamak için sürecin baştan sona gösterilmesi için SIPOC şeması oluşturulmuştur. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de 2 LSS projesi içinde SIPOC şeması oluşturulmuş ve buna göre problemin tanımlanması ve projenin bir bütün olarak izlenmesi, yürütülmesi işlemlerini gösterilmiştir. Ayrıca SIPOC şeması süreçlerin başlangıç ve bitiş sınırlarını belirlemiştir.



Şekil 4.6: SIPOC diyagramı (Kalıp üretim süresi azaltma)



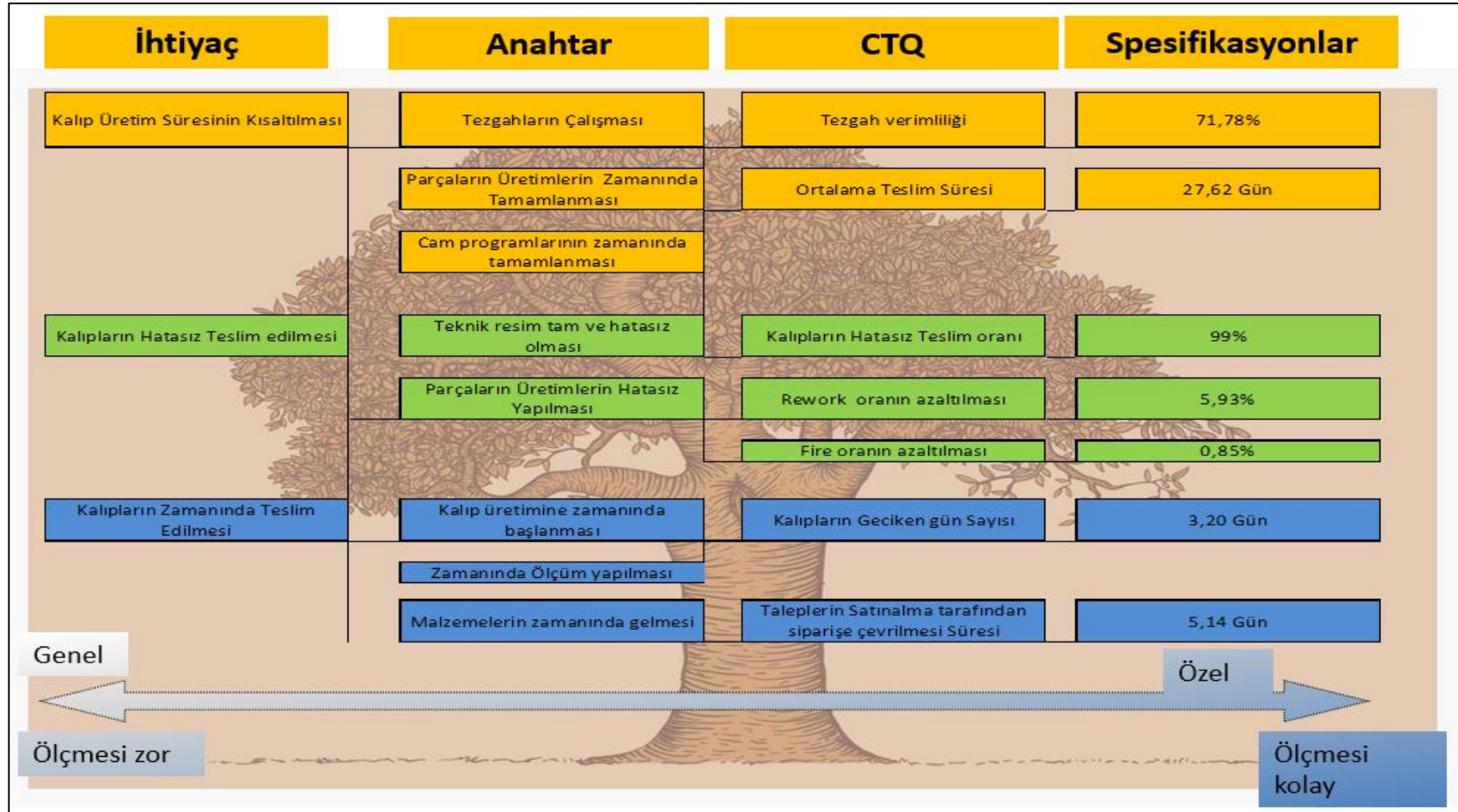
Şekil 4.7: SIPOC diyagramı (Sarf malzeme maliyet azaltma)

Sürecin iş akışı SIPOC ile belirlendikten sonra projenin iletişim planı (bkz. Tablo 4.3) oluşturulmuştur. İletişim planı ile tüm proje takımının günlük, haftalık ve aylık olarak projenin çıktılarının değerlendirildiği bir toplantı planı oluşturulmuştur. Proje ilerledikçe günlük ve haftalık konu başlıkları değerlendirilmekte, projenin güncel durumu proje lideri vasıtası ile proje sponsoruna aktarılmaktadır.

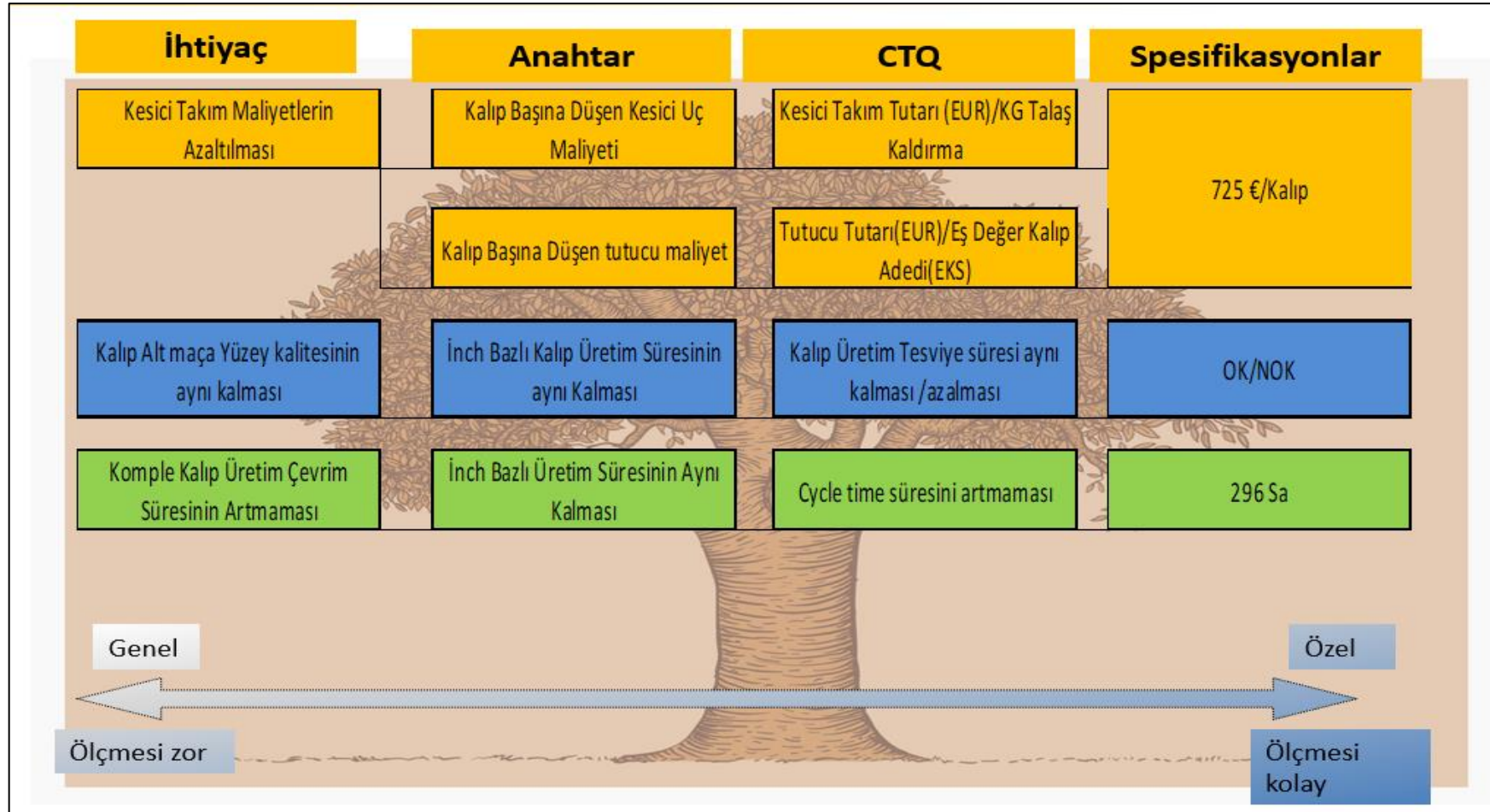
Tablo 4.3: Proje iletişim planı

Kim?	Niçin?	Ne zaman?	Nasıl?	Nerede?
Tüm ekip ile	Kısa gözden geçirme	Haftalık (Çarşamba 14:30)	Toplantı	KÜT
Tüm ekip ile	Ekip çalışmaları	Haftalık	Veri toplama ve saha gözlemleri	KÜT SAHA
E.A. ile	Bilgilendirme	Haftalık	Proje Şampiyonu ile özet paylaşımı + Ara sunumunun üzerinden geçme	KÜT toplantı salonu
H.E. ile	Değerlendirme ve danışma	Aylık	Uzman Kara Kuşak ile gözden geçirme + çalışma	KÜT toplantı salonu
Veri toplama sorumluları & ekiple	Güncel veri durumu değerlendirme	Günlük	Sahada yerinde değerlendirme ile	Sahada
Geçiş kapısı sunumları	Durum bildirimi + ihtiyaçların temini	Aylık	Genel katılımlı, sponsor + danışman + şampiyon + departman müd.leri katılımında sunum şeklinde	Körfez / Foça / Alaçatı

CTQ'lar müşterinin ve işin sesinin gelen bildirimlere göre proje kapsamında ölçülen somut kriterler net olarak spesifikasyonlar (bkz. Şekil 4.8 ve Şekil 4.9) ile beraber ortaya konmasıdır. Temel amaç kalıp süresini düşürürken sarf maliyetlerini de beraberinde azaltmaktır.



Şekil 4.8: CTQ ağacı (Kalıp üretim süresi azaltma)



Şekil 4.9: CTQ ağacı (Sarf malzeme maliyet azaltma)

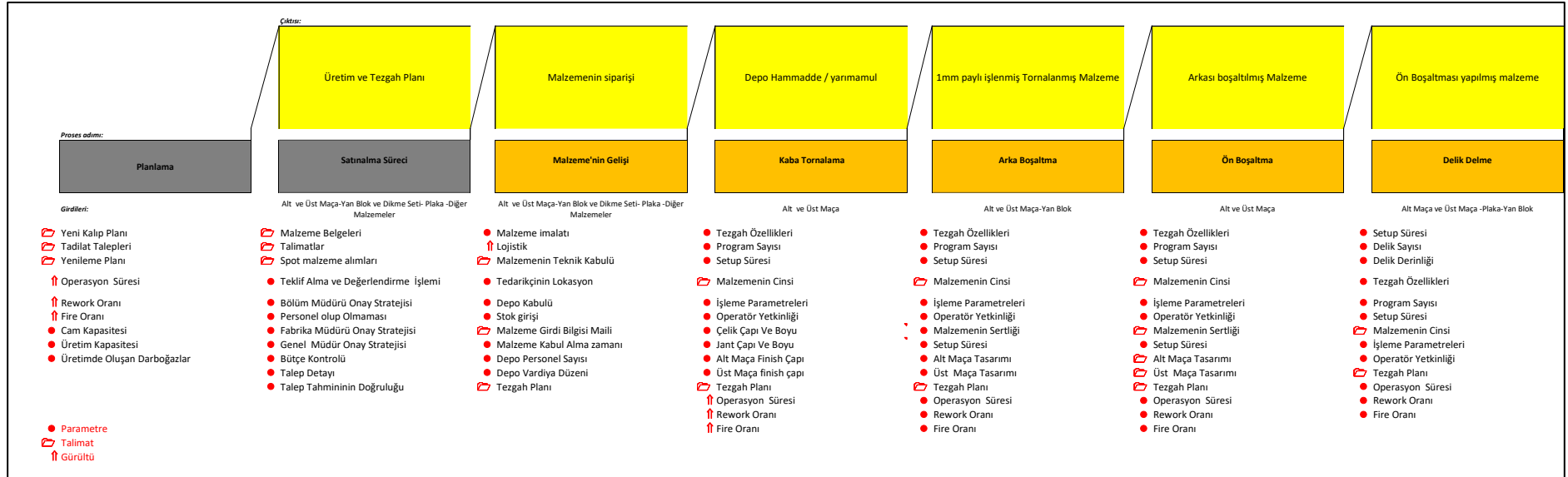
Detay süreç şemasının şekillendirilmesi için girdilerin sınıflandırılması gerekmektedir. Gürültüler, süreç parametreleri, standart operasyon prosedürleri ortaya koyulmalıdır. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de verilen süreç şemalarına göre sürekli olarak gözden geçirilerek kontrol edilmelidir.

- *Gürültü girdileri:* Çıktılar üzerinde etkisi olan fakat kontrolü güç olan veya mümkün olmayan girdi değişkenleridir.
- *Süreç parametreleri:* Çıktılar üzerinde etkileri olduğu düşünülen girdilerdir.
- *Standart operasyon prosedürleri:* Sürecin işleyişine yönelik standart prosedürlerdir.

Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’te verilen sebep sonuç matrisinde süreç adımlarını yapılarak müşteri beklentilere göre önem derecesi ve süreç girdilerinin bu beklentilerle ilişkisini puanlanmıştır. Buna göre odaklanılması gereken noktaların sıralaması yapılmıştır ve bu değerler müşteri beklentileri matrisine yerleştirilmiştir.

Problemin tanımlanması aşamasında, üretim sürecinin ve buna girdi sağlayan birimlerin tanımlandığı SIPOC diyagramları çizilerek tüm sürecin değerlendirilmesi sağlanmıştır. VSM oluşturularak (bkz. Şekil 4.12) ve pareto yöntemi ile analiz edilerek, sürecin iş akışı oluşturulmuş ve dar boğaz yaratan problemlerin kaynağı belirlenmiştir. Detay süreç şemaları ile parametre-talimat ve gürültü faktörleri ortaya koyulmuştur.

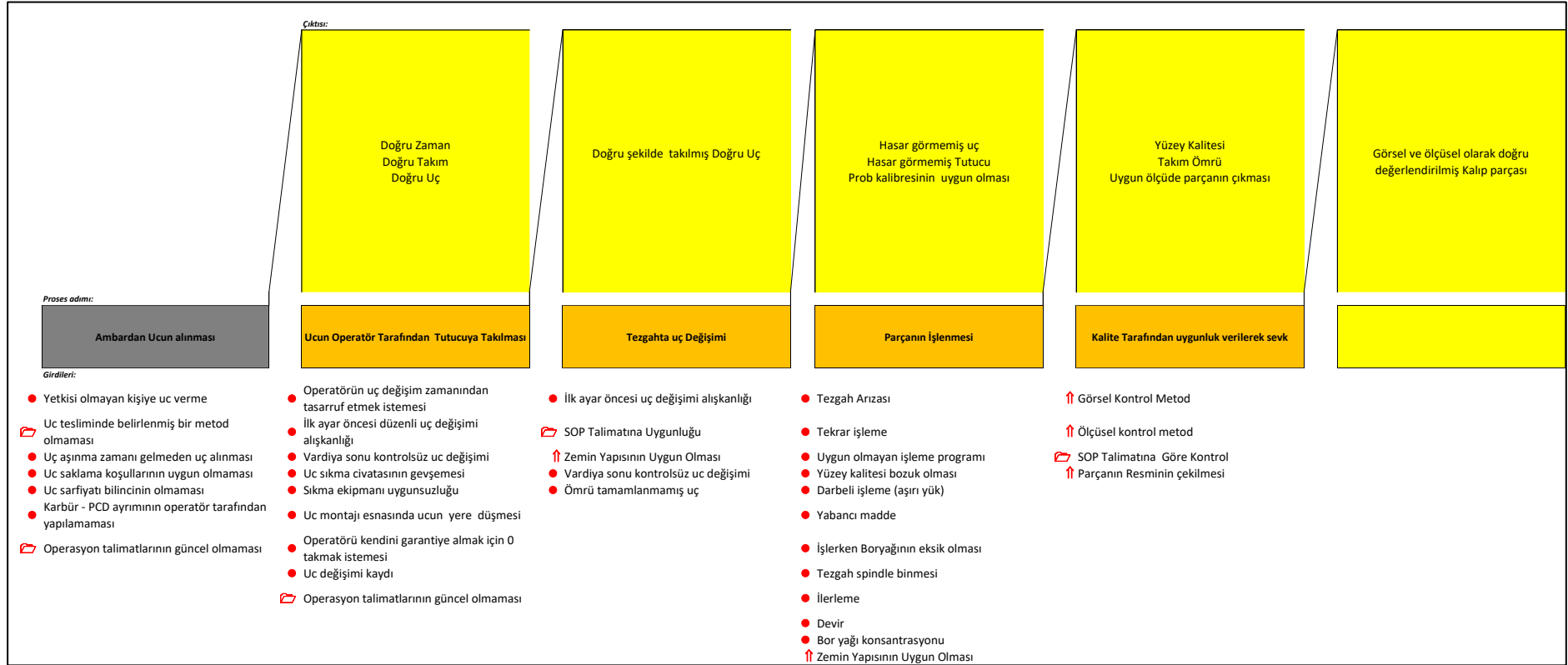
Mevcut durumda proses tedarik süresi 146.673 dakikadır. Kalıp üretimde katma değerli zamana baktığımızda ise alt maçanın süresi 10.955 dakikadır. Proses çevrim verimliliği %7,47 olarak hesaplanmıştır.



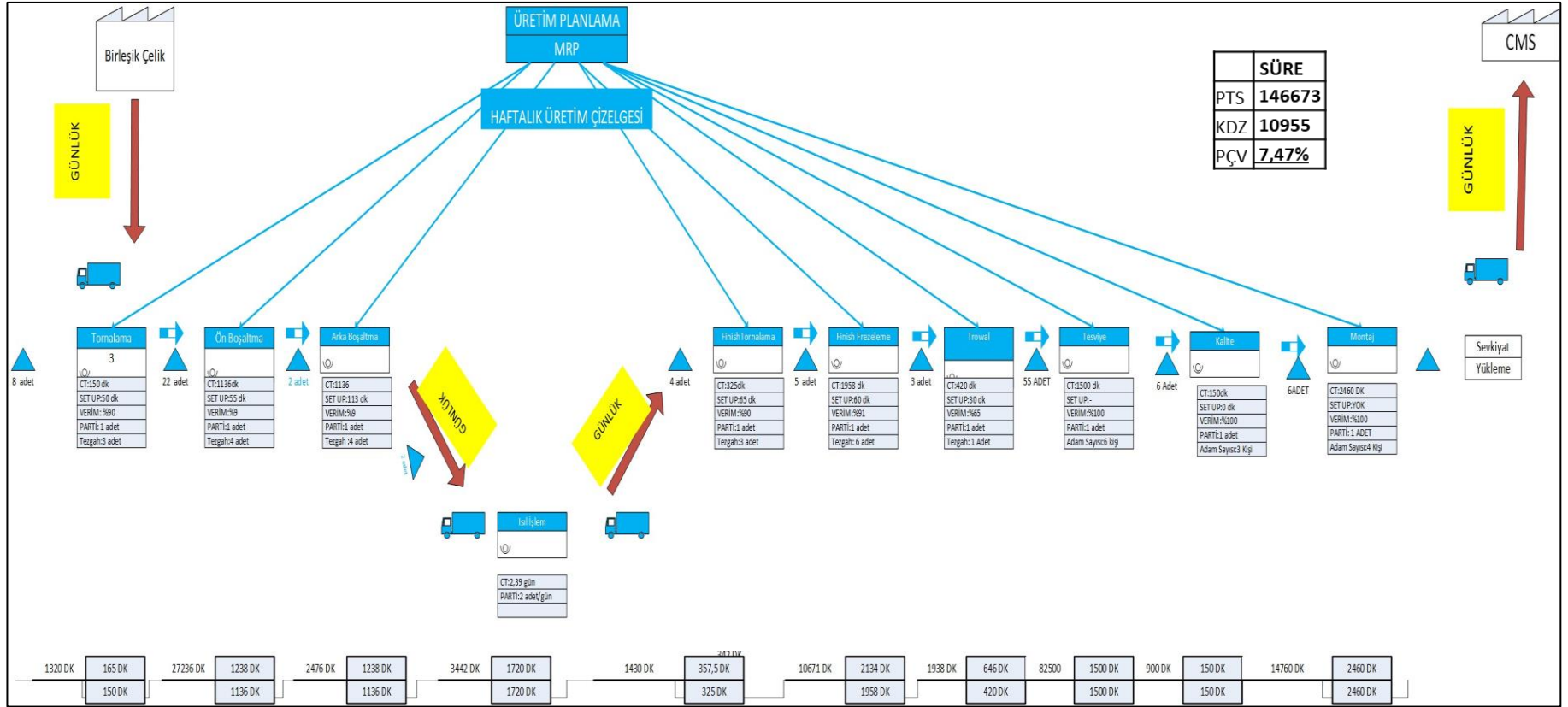
Şekil 4.10: Detay süreç şeması (Kalıp üretim süresi azaltma)



Şekil 4.10: Detay süreç şeması (Kalıp üretim süresi azaltma) (devam)



Şekil 4.11: Detay süreç şeması (Sarf malzeme maliyeti azaltma)



Şekil 4.12: Alt maça üretimi mevcut durum değer akış haritalama

Tablo 4.4: Sebep-sonuç matrisi (Sarf malzeme maliyeti azaltımı)

Müşteri için önem derecesi		10	7	8			
Süreç Adımı	ÇIKTILAR: GİRDİLER:	Yüzey kalitesi	Kalp parçasının ölçüsel uygunluğu	Uç ömrü	Toplam	%	Küm%
Ambardan ucun alınması	Uc tesliminde belirlenmiş bir metod olmaması	5	5	9	157	6%	6%
Ambardan ucun alınması	Uç aşınma zamanı gelmeden uç alınması	5	5	9	157	6%	12%
Tezgâhta uç değişimi	Ömrü tamamlanmamış uç	5	5	9	157	6%	19%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	Operatörün uç değişim zamanından tasarruf etmek istemesi	5	3	9	143	6%	24%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	İlk ayar öncesi düzenli uç değişimi alışkanlığı	5	3	9	143	6%	30%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	Vardiya sonu kontrolsüz uc değişimi	5	3	9	143	6%	35%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	Operatörü kendini garantiye almak için 0 takmak istemesi	5	3	9	143	6%	41%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	Uc değişimi kaydı	5	3	9	143	6%	47%
Parçanın işlenmesi	İlerleme	5	3	9	143	6%	52%
Parçanın işlenmesi	Devir	5	3	9	143	6%	58%
Tezgâhta uç değişimi	İlk ayar öncesi uç değişimi alışkanlığı	3	3	9	123	5%	63%
Parçanın işlenmesi	Tekrar işleme	3	3	9	123	5%	68%
Ambardan ucun alınması	Operasyon talimatlarının güncel olmaması	3	5	5	105	4%	72%
Parçanın işlenmesi	İşlerken bor yağının eksik olması	3	3	5	91	4%	75%
Parçanın işlenmesi	Bor yağı konsantrasyonu	3	3	5	91	4%	79%

Tablo 4.4: Sebep-sonuç matrisi (Sarf malzeme maliyeti azaltımı) (devam)

Müşteri için önem derecesi		10	7	8			
Süreç Adımı	GİRDİLER:	Yüzey kalitesi	Kalıp parçasının ölçüsel uygunluğu	Uç ömrü	Toplam	%	Küm%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	Uc sıkma civatasının gevşemesi	3	3	3	75	3%	82%
Parçanın işlenmesi	Tezgâh Arızası	3	3	3	75	3%	85%
Ambardan ucun alınması	Uc sarfiyatı bilincinin olmaması	0	0	9	72	3%	88%
Ambardan ucun alınması	Uc saklama koşullarının uygun olmaması	1	3	5	71	3%	90%
Parçanın işlenmesi	Uygun olmayan işleme programı	3	3	2	67	3%	93%
Ambardan ucun alınması	Yetkisi olmayan kişiye uc verme	1	1	5	57	2%	95%
Parçanın işlenmesi	Darbeli işleme (aşırı yük)	0	1	3	31	1%	96%
Parçanın işlenmesi	Yabancı madde	0	1	3	31	1%	98%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	Sıkma ekipmanı uygunsuzluğu	1	1	1	25	1%	99%
Parçanın işlenmesi	Tezgâh spindle binmesi	1	1	1	25	1%	100%
Ucun operatör tarafından tutucuya takılması	Uc montajı esnasında ucun yere düşmesi	0	0	1	8	0%	100%
Çıktılar için Toplam		78	70	159	2542		

Tablo 4.5: Sebep-sonuç matrisi (Kalıp üretim süresi azaltımı)

Müşteri için önem derecesi			10	7	7	8	10	10	10			
Süreç Adımı		ÇIKTILAR:	Ortalama teslim süresi	Taleplerin satınalma tarafından siparişe çevrilmesi süresi	Tezgâh verimliliği	Fire oranı	Rework oranının azaltılması	Kalıpların hatasız teslim oranı	Kalıpların geciken gün sayısı	Toplam	%	Küm%
0: Yok 1: Az 3: Var 5: Belirgin etki 9: Çok yüksek etki												
Montaj	Kalıp elemanlarının uygun olması	9	0	5	5	5	9	9	395	6%	6%	
Planlama	Fire oranı	9	5	9	5	3	0	9	348	5%	11%	
Planlama	Rework oranı	9	0	5	5	5	0	9	305	5%	16%	
Kaba tornalama	Operatör yetkinliği	3	0	3	9	9	5	3	293	4%	21%	
Isıl işlem	Isıl işlem tedarik süresi	9	3	9	0	0	0	9	264	4%	25%	
Montaj	Tezgâh planı	9	3	9	0	0	0	9	264	4%	29%	
Planlama	Yeni kalıp planı	9	5	5	0	0	0	9	250	4%	32%	
Planlama	Yenileme planı	9	5	5	0	0	0	9	250	4%	36%	
Planlama	CAD/CAM kapasitesi	9	0	9	0	0	0	9	243	4%	40%	
Montaj	Parçaların eksiksiz olması-SMED	9	9	0	0	0	0	9	243	4%	44%	
Planlama	Üretimde oluşan darboğazlar	9	0	9	0	0	0	9	243	4%	47%	
Planlama	Üretim kapasitesi	3	0	5	5	5	0	5	205	3%	51%	
Satınalma süreci	Fabrika müdürü onay stratejisi	9	0	3	0	0	0	5	161	2%	53%	
Satınalma süreci	Genel müdür onay stratejisi	9	0	3	0	0	0	5	161	2%	55%	
Malzemenin gelişi	Malzeme imalatı	5	5	5	0	0	0	5	170	3%	58%	

Tablo 4.5: Sebep-sonuç matrisi (Kalıp üretim süresi azaltımı) (devam)

Müşteri için önem derecesi			10	7	7	8	10	10	10			
Süreç Adımı		ÇIKTILAR:	Ortalama teslim süresi	Taleplerin satınalma tarafından siparişe çevrilmesi süresi	Tezgâh verimliliği	Fire oranı	Rework oranının azaltılması	Kalıpların hatasız teslim oranı	Kalıpların geciken gün sayısı	Toplam	%	Küm%
0: Yok 1: Az 3: Var 5: Belirgin etki 9: Çok yüksek etki												
Satınalma süreci	Personel olup olmaması	5	5	5	0	0	0	0	5	170	3%	61%
Satınalma süreci	Bütçe kontrolü	3	5	5	0	0	0	0	5	150	2%	63%
Satınalma süreci	Talep detayı	3	5	5	0	0	0	0	5	150	2%	65%
Kaba tornalama	Çelik boyu	5	0	5	3	0	0	0	3	139	2%	67%
Kaba tornalama	Çelik çapı	5	0	5	3	0	0	0	3	139	2%	70%
Kaba tornalama	Jant boyu	5	0	5	3	0	0	0	3	139	2%	72%
Kaba tornalama	Jant çapı	5	0	5	3	0	0	0	3	139	2%	74%
Satınalma süreci	Spot malzeme alımları	5	5	3	0	0	0	0	3	136	2%	76%
Planlama	Operasyon süresi	5	0	5	0	0	0	0	5	135	2%	78%
Planlama	Tadilat talepleri	5	0	5	0	0	0	0	5	135	2%	80%
Kaba tornalama	Setup süresi	3	0	9	0	0	0	0	3	123	2%	82%
Malzeme'nin gelişi	Lojistik	3	3	5	0	0	0	0	3	116	2%	84%
Satınalma süreci	Bölüm müdürü onay stratejisi	3	0	5	0	0	0	0	5	115	2%	85%
Malzemenin gelişi	Tedarikçinin lokasyon	5	1	3	0	0	0	0	3	108	2%	87%

Tablo 4.5: Sebep-sonuç matrisi (Kalıp üretim süresi azaltımı) (devam)

Müşteri için önem derecesi			10	7	7	8	10	10	10				
Süreç Adımı		ÇIKTILAR:	GİRDİLER:	Ortalama teslim süresi	Taleplerin satınalma tarafından siparişe çevrilmesi süresi	Tezgâh verimliliği	Fire oranı	Rework oranının azaltılması	Kalıpların hatasız teslim oranı	Kalıpların geciken gün sayısı	Toplam	%	Küm%
0: Yok 1: Az 3: Var 5: Belirgin etki 9: Çok yüksek etki													
Finish frezeleme	İşleme parametreleri	0	0	3	3	3	0	0	0	75	1%	88%	
Satınalma süreci	Talep tahmininin doğruluğu	3	3	0	0	0	0	1	61	1%	89%		
Ölçüm	Faro taraması	3	0	0	0	0	0	3	60	1%	90%		
Malzemenin gelişi	Malzeme girdi bilgisi maili	3	1	1	0	0	0	1	54	1%	91%		
Tesviye	Gaztaşı niteliği	1	0	5	0	0	0	0	45	1%	92%		
Satınalma süreci	Talimatlar	0	5	0	0	0	0	1	45	1%	92%		
Tesviye	Zımpara kalitesi	1	0	5	0	0	0	0	45	1%	93%		
Soğutma boruları üretimi ve montajı	Delik sayısı	1	0	0	3	0	0	1	44	1%	94%		
Soğutma boruları üretimi ve montajı	Teknik resim anlaşılabilirliği	1	0	0	3	0	0	1	44	1%	94%		
Tesviye	Alt maça yüzey kalitesi	3	0	0	0	0	0	1	40	1%	95%		
Soğutma boruları üretimi ve montajı	Boru adedi	1	0	0	3	0	0	0	34	1%	95%		
Malzemenin gelişi	Depo personel sayısı	1	1	1	0	0	0	1	34	1%	96%		
Malzemenin gelişi	Depo vardiya düzeni	1	1	1	0	0	0	1	34	1%	96%		
Malzemenin gelişi	Malzeme kabul alma zamanı	1	1	1	0	0	0	1	34	1%	97%		

Tablo 4.5: Sebep-sonuç matrisi (Kalıp üretim süresi azaltımı) (devam)

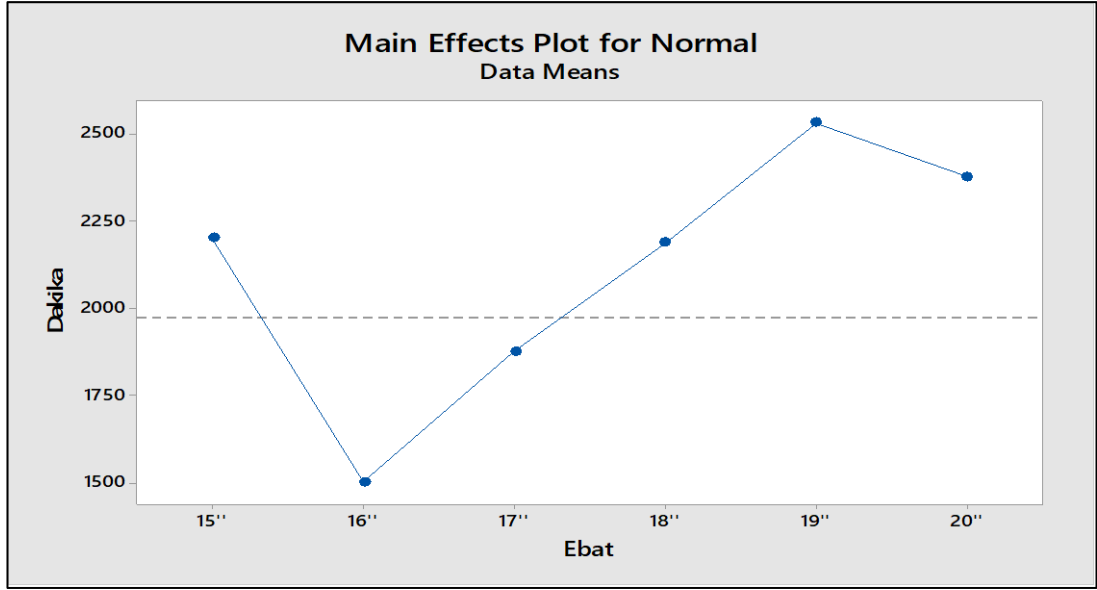
Müşteri için önem derecesi			10	7	7	8	10	10	10			
Süreç Adımı		ÇIKTILAR:	Ortalama teslim süresi	Taleplerin satınalma tarafından siparişe çevrilmesi süresi	Tezgâh verimliliği	Fire oranı	Rework oranının azaltılması	Kalıpların hatasız teslim oranı	Kalıpların geciken gün sayısı	Toplam	%	Küm%
0: Yok 1: Az 3: Var 5: Belirgin etki 9: Çok yüksek etki												
Malzemenin gelişi	Stok girişi		1	1	1	0	0	0	1	34	1%	98%
Satınalma süreci	Teklif alma ve değerlendirme işlemi		1	1	1	0	0	0	1	34	1%	98%
Kaba tornalama	Alt maça finish çapı		0	0	3	0	0	0	0	21	0%	98%
Arka boşaltma	Malzemenin sertliği		0	0	3	0	0	0	0	21	0%	99%
Kaba tornalama	Üst maça finish çapı		0	0	3	0	0	0	0	21	0%	99%
Montaj	Montaj ortamı		1	0	0	0	0	0	1	20	0%	99%
Tesviye	Üst maça yüzey kalitesi		1	0	0	0	0	0	1	20	0%	100%
Delik delme	Delik derinliği		1	0	1	0	0	0	0	17	0%	100%
Kaba tornalama	Tezgâh devir hızı		0	0	1	0	0	0	0	7	0%	100%
Çıktılar için Toplam			204	73	184	53	30	14	183	6533		

Sebep sonuç matrisi süreç adımlarında tespit edilmiş olan girdilerin süreç çıktılarıyla ilişkilerinin kurulmasını sağlar. Müşteri beklentilerine (CTQ) önem derecesi verilir ve süreç girdilerinin bu beklentilere ilişkisi kullanılır. Buradaki temel amaç hangi süreç girdilerinin (sebebe) hangi süreç çıktılarını (sonuç) etkilediğini belirlemektir. Hesaplama yapılırken tüm çıktılarla girdiler arasındaki ilişki kuvveti aşağıdaki skalaya göre puanlanır.

- 0 = İlişki yok
- 1 = Çok zayıf ilişki
- 3 = Orta düzeyde ilişki
- 5 = Güçlü ilişki
- 9 = Çok güçlü ilişki

Her girdinin tüm çıktılarla olan ilişki puanı ile çıktının önem puanı çarpılarak toplanır. En yüksek puanı alan girdilerin pareto şeması çizilir. Çıktılar önem derecesi müşteri beklentileri ile ilgili olarak 10'luk skalada değerlendirme yapılır. Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te sebep sonuç matrisi puanlamaları yapılmış ve pareto değerleri oluşturulmuştur. Bunlara göre veri toplama planına alınmış ve ayrıca bu konular üzerinde çalışılmıştır.

Kurumların kaynakları kısıtlı olsa da bu kaynaklarla gerçekleştirilmesi gereken çok sayıda faaliyet vardır. Bu nedenle kaynakların önceliklendirilmesi noktasında etkin bir çaba gösterilmelidir. Pareto analizi, olayları en yüksek sıklıkta gerçekleşenden başlayarak en düşük sıklıkla gerçekleşenlere doğru sıralayan bir kalite kontrol aracıdır. Pareto analizi için öncelikle kalıp üretiminde üretim süresi en uzun süren kalıplar ele alınmıştır (bkz. Şekil 4.13) ve üretim sürelerine göre en çok zaman harcanan kalıp parçası belirlenmiştir. Tesis içinde üretilen kalıpların yıllık üretim adetleri karşılaştırılmıştır. Analizlerde Minitab programından yararlanılmıştır.



Şekil 4.13: Kalıp ebatlarına göre kalıpların bitiş süreleri

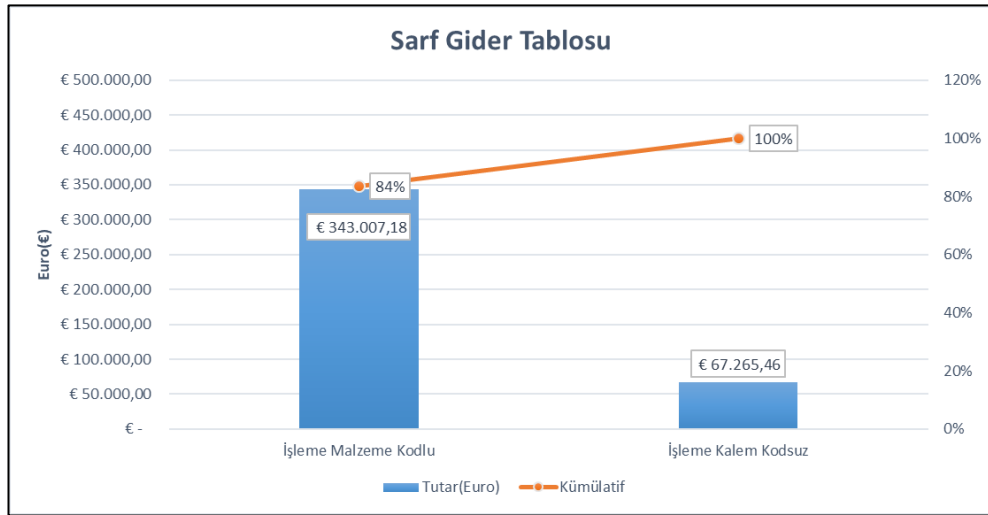
Şekil 4.13'te görülebileceği üzere yapılan çalışmanın sonuca linear olarak kalıp inchleri arttıkça sürelerinde arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışı absorbe edebilmek için iyileştirme yapılması net olarak görülmektedir. Eğer iyileştirme yapılmazsa kalıp inchleri arttıkça teslimat süreleri uzaması söz konusu olacaktır. Uygulama konusu da bu sebeple komple kalıp sürelerinin azaltılması olmuştur. Diğer LSS uygulamasında ise her geçen gün artan sarf malzeme maliyetleri ile birlikte şirketlerin kâr marjı azalmaktadır. Bu sebeple de sarf malzeme maliyetleri de işletmede ciddi kalemler oluşturduğu için sarf maliyetlerin azaltılması olmuştur.

4.2.2 Ölçme Aşaması

SS proje ekibi, belirlenen tüm üretim girdileri hakkında firma içerisindeki ilgili üretim aşamalarından kalıp üretim süreci boyunca gerçekleşen tüm prosesleri inceleme kararı vermiştir. Tesis içerisinde bulunan kalıp üretim prosesi, 3 adet CNC (Computer Numerical Control-Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) dik torna, 1 adet CNC yatay torna, 14 adet CNC Freze, 1 adet universal torna, 1 adet universal freze tezgâhı, 1 adet dalma erezyon, 1 adet mekanik tesviye makinası tezgâhlarından ve CAM işleme, alt maça tesviye, ölçüm ve dökümantasyon aşamalarından oluşmaktadır. Kalıp üretim prosesi, kalıp tasarım departmanından gelen CAD (Computer-Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım) verilerine uygun CAM

(Computer-Aided Manufacturing-Bilgisayar Destekli Üretim) programları yapılarak girdi sağlayan ham malzemenin istenilen ölçülerde kalıp parçası üretmek montajlanması esasına dayanmaktadır.

Veri toplama fazında, veri toplanmadan önce kalıp üretim prosesinin tüm adımları ele alınarak ve en fazla zaman kaybedilen ve fire oluşturan operasyon noktaları belirlenerek pareto diyagramı ile doğrulanmıştır. Kalıp üretim sürelerine, bir önceki yılın kalıp üretim süresi, kalıp üretim gecikme gün sayısı ve fire parça sayısı kayıtlarından ulaşılmıştır. Kalem kodlu ve kalem kodsuz işleme malzemeleri analiz edilmiştir. Bu analize göre en çok maliyet yaratan malzemelerin kalem kodlu malzemeler olduğu belirlenmiş olup, kalem kodlu malzemeler de kullanım miktarlarına göre kendi içinde analiz edilmiştir. Şekil 4.14, her iki malzeme tipi için maliyetleri göstermektedir.



Şekil 4.14: Yıllık kalem kodlu ve kalem kodsuz sarf malzeme maliyetleri

Süreç akışında kalem kodlu malzemeler ambardan SAP üzerinden talep edilmeden önce SIC (Special Inventory Control-Özel Stok Kontrolü) malzemenin SIC olup olmadığına bakılmaktadır. Kalem kodlu malzemeler ilgili tesisin ambar stoklarında mevcut ve kalem kodlu malzeme ise ambardan çekilmektedir. Malzemenin bitmesi durumunda SIC otomatik olarak tedarikçi firmaya sipariş oluşturmaktadır. Eğer malzeme kalem kodlu değil ise ERP (Enterprise Resource Planning-Kurumsal Kaynak Planlama) sistemi üzerinden manuel olarak satın alma talebi açılmaktadır. Satın alma mühendisi tarafından ilgili firmaya satın alma siparişi oluşturulmaktadır.

Veri toplama kısmında SAP'den MS Excel'e aktarılan kullanım miktarları (bkz. Şekil 4.15) incelenmiş ve bu çıktılarına göre işleme uçları takip ve analiz edilmiştir. Çıkan sonuca göre işleme uçlarının kontrollü ve operatör inisiyatifine kalmadan kullanılabilmesi için takımhane kurulumu gerçekleştirilmiştir. Takımhane kurulumu ile tutulan kayıtlar kullanılarak uç ömürleri belirlenmiştir. Sarfiyatlarına kök nedenleri detaylandırılmış, operatörlere kesici işleme uçları ile ilgili eğitimler verilerek bilinç oluşturulmuştur.

CMS		KALIP ÜRETİM İŞÇİLİK KARTI													
Makina Kodu/İş İstasyonu								Operasyon kodu		Operasyon tanımı		DURUŞ KODU	DURUŞ SEBEBİ		
TARİH								OP01		Kaba torna		D0	NORMAL ÇALIŞMA		
VARDİYA		23/07		07/15		15/23		08/18		OP02		Kaba freze arka		0A	REWORK
										OP03		Kaba freze ön		DT	TADİLAT
KALIP ELEMANI	MODEL NO	SERİ NO	OPERASYON KODU	DURUŞ KODU	ZAMAN		OPERATÖR		OP04		Finish torna		D01	SETUP ZAMANI (PARÇA SÖKME BAĞLAMA ZAMANI)	
					BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	SİCİL NO	ADI SOYADI	OP05		Delik delme		D02	ONAY/KABAR BEKLEME	
									OP06		Finish freze		D03	EKİPMAN/TAKIM YOKLUĞU	
									OP07		Brütten işleme		D04	MALZEME YOKLUĞU(BEKLEME)	
									OP08		Arka boyaltma		D05	PLANU BAKIM	
									OP09		Ön işleme (yb)		D06	MEKANİK ARIZA	
									OP10		Defum		D07	ELEKTRİK ARIZA	
									OP11		Pim torna		D08	TOPLANTI/ÜÇTİM	
									OP12		Pim freze		D09	TEMİZLİK	
									OP13		Burç torna		D10	TESS ARIZA	
									OP14		Burç freze		D11	KOMPRESÖR ARIZASI	
									OP15		Ön yüzey tarama (plaka)		D12	ÖLÇÜM	
									OP16		Arka yüzey tarama (plaka)		D13	VARDİYA DEĞİŞİMİ	
									OP17		Ön yolluk tadiyatı		D14	OPERATÖR YOK	
									OP18		Arka yolluk tadiyatı		D15	PROGRAM YOK	
									OP19		Arka (kaburga) tadiyatı		D16	PLANU DURUŞ	
									OP20		Subap tadiyatı				
									OP21		İzgarı tadiyatı				
									OP22		Lastik kesici tadiyatı				
									OP23		Merkalama tadiyatı				
									OP24		Tek feder tadiyatı				
									OP25		Ofset tadiyatı				
									OP26		Havuş tadiyatı				
									OP27		Boy tadiyatı				
									OP28		Ağırtma tadiyatı (geçme)				
									OP29		Merkeziye tadiyatı				
									OP30		Deneme				
									OP31		Pim tadiyatı				
									OP32		KALDIRIŞLE				
									OP33		Bademcik tadiyatı				
									OP34		Kama kanak tadiyatı				
									OP35		Yüzey tadiyatı (Talgı bandı vb.)				
									OP36		Tanımsız tadiyatı (listede olmayan)				

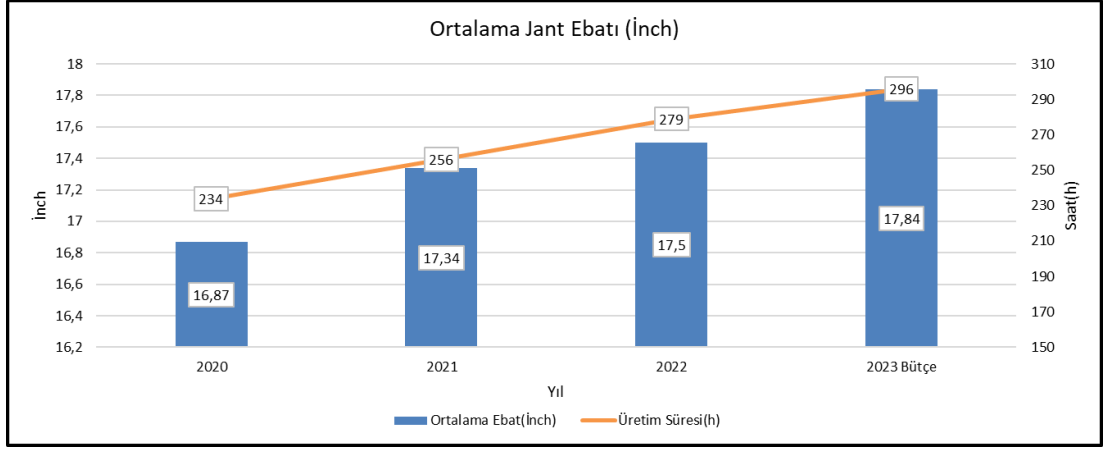
NOT: EĞER TEZGAHLARDA VEYA İŞ İSTASYONUNDA DURUŞ YOKSA "0" YAZILACAKTIR. TEKRAR İŞLEME(REWORK) VARSA "R" YAZILACAKTIR.

NOT: OPERASYONLAR TÜM KALIP ELEMANLARI İÇİN GENELDİR. ÖRNEĞİN CNC GEÇME FREZE İŞLEMİ İÇİN OP06 YAZILACAKTIR.

NOT: TÜM TADİLATLAR SAP SİSTEMİNE GİRİLECEK VE DURUŞ KODLARI DT OLACAKTIR.

Şekil 4.15: Veri toplama planı-SAP çıktısı

Şekil 4.13'te kalıp üretim sürelerinin ebatla ilişkili olarak arttığı görülmektedir. Pareto diyagramına göre, kalıp üretim prosesinde 2500 dakika ile 19 inch alt maça üretimi, 2350 dakika ile 20 inch alt maça üretimi sırasında en çok zamanın kullanıldığı görülmektedir. Şekil 4.16'da ise yıllara göre her bir kalıp parçalarının üretim süresi görülmektedir.



Şekil 4.16: Yıllık ortalama inch bazlı kalıp karşılaştırması

Proses akış haritasına göre ilk önce planlama süreci gerçekleşmesi gerekmektedir. Planlanan ve üretilecek olan kalıp parçalarının siparişi açılarak satın alma süreci başlatılmaktadır. Bu süreçte ERP sistemi üzerinden gerçekleştirilen siparişlerin tedarikçi firma tarafından 4 gün içinde üretime başlayacak şekilde üretim birimine tedarik etmesi beklenmektedir. Malzemenin gelişinden sonra iş parçalarının giriş kalite kontrollerinde herhangi bir tolerans dışı ölçü ile karşılaşılmaz ise kaba tornalama süreci başlamaktadır ve üretim bu aşamada başlamış olmaktadır. Kaba tornalamada çap ve boyda CNC hazırlık aşamasına gelen kalıp parçalarının ön ve arka işleme operasyonları gerçekleştirilmektedir. CNC işlemesi gerçekleşen kalıpların delik delme operasyonları tamamlandıktan sonra ısıtma işlemi gönderilmektedir. 3-4 gün süren ısıtma işlemi sonrasında ısıtma işlemi oluşabilecek çarpılmaların işlenerek parça üzerinden alınabilmesi için finish tornalama operasyonu gerçekleştirilmektedir. İş parçasının çap ve boyunda oluşan çarpılmalar torna tezgâhında işlendikten sonra son operasyon olan finish frezeleme ile parçanın CNC işlemleri tamamlanmaktadır. CNC işlemesi biten kalıplarda jantın stil yüzeyini oluşturacak alt maça trowal tezgâhında mekanik tesviye işlemi uygulanmaktadır. Üretilen tüm kalıp parçalarının mekanik olarak FARO cihazında taranmasından sonra tasarımdan gelen ve üretilen parçalar Polyworks uygulaması ile üst üste koyularak iş parçalarının belirlenen tolerans değerlerinde üretilip üretilmediğinin kontrolleri gerçekleştirilmektedir ve kayıt altına alınmaktadır. 3D model ile üretilen parça arasında herhangi bir ölçü problemi var ise parça rework olarak tekrar işlenmektedir.

Tolerans değer aralığında üretilen parçaların tesviye işlemi gerçekleştirilmektedir. Tesviye işlemi sonrası göz kontrolü yapılan parçaların montajlanması gerçekleştirilmekte ve sevkiyatı sağlanmaktadır. Malzeme girişinden kalıbın sevkine kadar geçen tüm operasyonlarda verilerin toplanabilmesi için işçilik kâğıdı oluşturulmuş, iş parçalarını hangi operatörün işlediği, hangi CNC tezgâhında işlendiği, ölçüm, tesviye ve montaj işlemlerinin hangi operatör tarafından gerçekleştirildiği kayıt altına alınmıştır. Veri toplama dataları için projede yer alan tüm operatörler ile günlük ve haftalık toplantılarda gözlemler değerlendirilmiştir. Üretimi planlanan kalıplar 14 inçten 22 inç kadar boyut farkı göstermektedir. İnch farkı bulunan kalıpların üretim süreleri operatörler vasıtası ile kayıt altına alınmıştır. Toplanan dataların ölçüm doğruluğunun, tutarlılığının ve yeterliliğinin değerlendirilmesi için Dotplot-main effects-Box plot ve Bar Chart grafiklerden faydalanılarak analizler yapılmıştır. İşletmenin üretim şekli, proje tarzı ve seri üretim şeklinde ortak olduğu için inch bazlı ortaklaştırma yapılarak iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Kalıp üretim sürecinin azaltılması ile ilgili Tablo 4.6, Tablo 4.7 ve Şekil 4.17’de gösterilen veriler toplanmıştır.

Tablo 4.6: Veri toplama planı (Kalıp süresi azaltma)

Çıktılar	Veri tipi	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek?
Ortalama teslim süresi	Nicel-Sürekli	27,62 gün	Üretim bitiş tarihi-Üretim başlangıç tarihi
Taleplerin satınalma tarafından siparişe çevrilmesi süresi	Nicel-Sürekli	5,14 gün	Satınalma talebinin açıldığı günden siparişe çevrilene kadar geçen süre
Tezgâh verimliliği	Nicel-Yüzde	>%71,78	Tezgâhların toplam çalışma saati/Toplam planlanan süre
Fire oranı	Nicel-Yüzde	<%1	Fire adedi/(Alt maça adedi+Üst maça adedi+Yan blok adedi)
Rework oranının azaltılması	Nicel-Yüzde	<%5,93	Kalıp üretim dosyası ile DR kayıtlarının toplam süreye oranı
Kalıpların hatasız teslim oranı	Nicel-Yüzde	<%1	Komple kalıp hatalı teslim adedi/Toplam üretilen kalıp adedi
Kalıpların geciken gün sayısı	Nicel-Sürekli	3,20 gün	Teslim edilen gün-Planlanan gün
Girdiler	Veri tipi	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek?
Operatör	Nitel	-	Üretim giriş kartına operatör isimleri ve saatleri yazılacak
Çelik	Nitel (var/yok);	-	Tedarikçiden zamanında gelip gelmediği yazılacak.
İşleme tezgâhları	Nicel-Yüzde	-	Tezgâh üretim kartlarından çalışma, arıza ve bekleme süreleri yazılacak.
	Nitel (var/yok); Nicel-Sürekli	-	Tartı
	Nicel-Sürekli	-	Tartı

Tablo 4.7: Veri toplama planı (sarf maliyet azaltma)

Çıktılar	Veri tipi	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek?
Yıllık uç kullanım adetleri ve toplam maliyeti	Nicel		SAP verileri
Çevrim süresi azaltılması	Nicel		Kalıp otomasyon üretim girişleri yıllık
Tekrar işleme oranı artmaması	Nicel		Kalıp otomasyon üretim girişleri yıllık
Uçların aşınma ömürleri	Nicel		Zoller
Girdiler	Veri tipi	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek?
Tezgâh parametreleri	Nicel		Operasyon talimatı
İşleme uçları	Nicel		İşlenilen parça adedi
Tutucu	Nicel		Tutucunun salgı ölçülmesi
Sap	Nicel		Sap salgının ölçülmesi

Buna göre de analiz aşamasına geçilmiştir. Ayrıca sarf malzeme maliyet azalımı içinde bu bölümde paylaşılan tablo ve şekillerdeki parametreler kullanılmıştır. Devir ilerleme aşınma miktarı gibi parametreler ile ölçüm yapılmıştır. Bu aşınmalara göre aynı uç ile daha fazla malzeme işlenebilir mi? sorusuna cevap aranmıştır. Buna göre de sarf maliyet girdilerinin azaltılması öngörülmektedir.

ÜRETİM													CAD-CAM													TASARIM
No	Alt Maça Parça Kodu	Tezgah Adı	Kalıp Durumu	Normal	Dr	İşleme Süresi	Ø6 Takım Boyu	Ø4 Takım Boyu	Ø3 Takım Boyu	Throwal Süresi	Tesviye Süresi	Tesviye Yapan	Ebat	Yüzey Alanı	Devir	İlerleme	Adım	Talaş Payı	En küçük radyüs	Super Norbs	Max Derinlik	Ø6 Takım Sayısı	10R1	10R2	DIAMOND	
139	860/Y56	CFA05	İticili	1970	0	1970,00	76	60	60	330	1440	R.O.	18"	2326.117 cm²	16000	3500	0,16	0	1,5	Hayır	58	2	Evet	-	Evet	
140	764/Y22	CFA06	İticili	1410	0	1410,00	76	50	55	330	1200	C.Ö.	16"	1978.373 cm²	16000	3500	0,16	0	1	Hayır	43	2	Evet		Hayır	
141	860/Y57	CFA04	İticili	1980	0	1980,00	76	60	60	330	1410	C.T.	18"	2326.117 cm²	16000	3500	0,16	0	1,5	Hayır	58	2	Evet	-	Evet	
142	1065/Y19	CFA05	İticili	1540	0	1540,00	76	56	52	330	1260	O.G.	16"	2009.374 cm²	16000	3500	0,16	0	0,8	Hayır	49	2	-	Evet	Evet	
143	691/Y1	CFA06	İticili	1620	0	1620,00	76	55	55	330	870	C.T.	15"	1369.753 cm²	16000	3500	0,16	0	2	Hayır	49	2	-	Evet	Hayır	
144	860/Y58	CFA05	İticili	1950	0	1950,00	67	58	56	330	1350	C.Ö.	18"	2326.117 cm²	16000	3500	0,16	0	1,5	Hayır	58	2	Evet	-	Evet	
145	967/Y6	CFA05	İticili	1530	0	1530,00	67	50	56	330	1200	C.T.	15"	2461.837 cm²	16000	3500	0,16	0	1,5	Hayır	50	1	Evet	-	Evet	
146	1325/1	CFA04	İticili	1830	660	2490,00	76	60	60	330	1200	O.Y.	17"	2348.027 cm²	16000	3500	0,16	0	1,6	Hayır	59	2	-	Evet	Evet	
147	783/Y9	CFA06	İticili	1360	0	1360,00	76	55	55	330	1500	E.G.	17"	2235.859 cm²	16000	3500	0,16	0	1	Hayır	51	2	Evet	-	Evet	
148	1326/1	CFA06	İticili	2300	190	2490,00	67	60	60	330	1260	O.G.	17"	2371.709 cm²	16000	3500	0,16	0	1,6	Hayır	59	2	-	Evet	Hayır	
149	1040/Y7	CFA05	İticili	1325	430	1755,00	76	55	55	330	1520	H.İ.	16"	1962.985 cm²	16000	3500	0,16	0	1	Hayır	54	1	Evet	-	Evet	
150	1164/Y1	CFA04	İticili	2530	320	2850,00	76	65	65	330	2130	E.G.	19"	2942.276 cm²	16000	3500	0,16	0	1,2	Hayır	63	2	-	Evet	Evet	
151	1076/Y2	CFA05	İticili	2450	460	2910,00	67	55	55	330	1800	H.İ.	18"	2831.597 cm²	16000	3500	0,16	0	0,9	Hayır	52	2	-	Evet	Evet	
152	1216/Y1	CFA06	İticili	2400	120	2520,00	70	55	48	330	1350	C.T.	17"	2741.246 cm²	16000	3500	0,16	0	1	Hayır	45	1	Evet	-	Evet	
153	923/Y2	CFA06	İticili	1670	0	1670,00	70	55	55	330	1380	C.Ö.	17"	2044.074 cm²	16000	3500	0,16	0	0,4	Hayır	49	2	-	Evet	Evet	
154	1009/Y24	CFA05	İticili	1265	0	1265,00	76	55	55	330	780	Y.A.	17"	1866.158 cm²	16000	3500	0,16	0	2	Hayır	50	2	Evet	-	Hayır	
155	860/Y60	CFA05	İticili	1970	0	1970,00	70	50	60	330	1620	C.T.	18"	2326.117 cm²	16000	3500	0,16	0	1,5	Hayır	58	2	Evet	-	Evet	
156	860/Y61	CFA06	İticili	1980	0	1980,00	76	60	60	330	1670	O.Y.	18"	2326.117 cm²	16000	3500	0,16	0	1,5	Hayır	58	2	Evet	-	Evet	
157	1331/1	CFA05	İticili	1800	0	1800,00	70	71	53	330	1800	E.G.	18"	2593.233 cm²	16000	3500	0,16	0	0,5	Hayır	68	2	-	Evet	Hayır	
158	1093/Y2	CFA06	İticili	1780	0	1780,00	72	65	53	330	1560	O.G.	18"	2289.288 cm²	16000	3500	0,16	0	1	Hayır	51	2	Evet	-	Evet	

Şekil 4.17: Veri toplama ekranı (MS Excel)

4.2.3 Analiz Aşaması

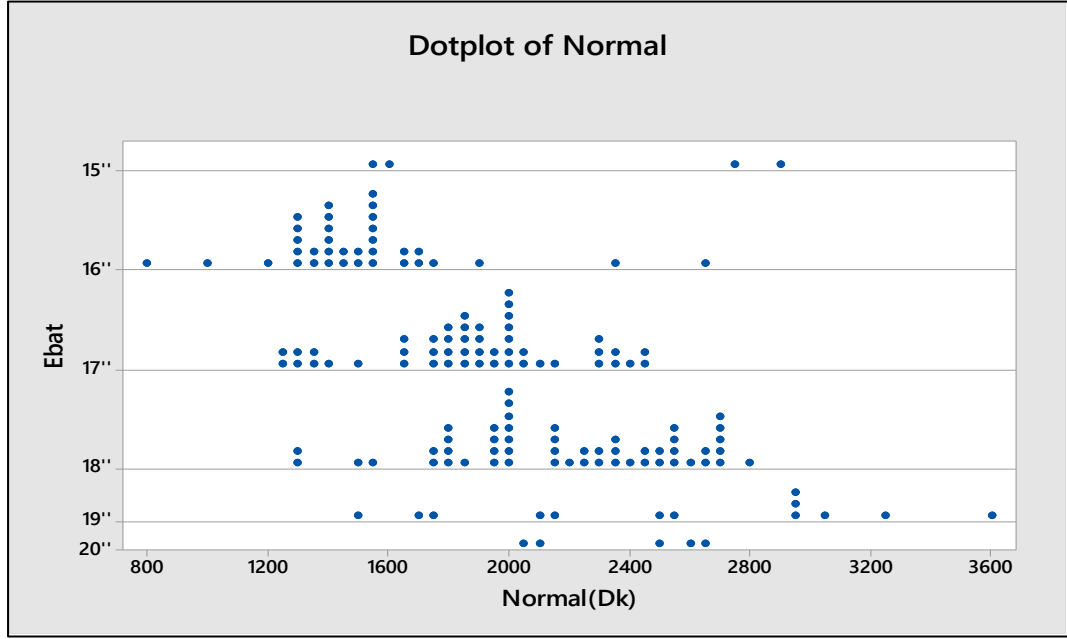
Kontrol grafikleri ve ölçüm analizi üretim süreçlerinden belirli zaman aralıklarında alınan numunelerin analizi ile elde edilen ölçüm değerlerinin belli bir süre boyunca değişimlerinin gösterildiği grafiklere kontrol grafikleri adı verilmektedir. Kontrol grafikleri belirlenebilir nedenlerden kaynaklanan değişimlerin fark edilerek düzeltilmesine olanak sağlayan istatistiki süreç kontrol aracıdır. Ölçüm fazında farklı inch jant kalıplarının üretilmesi için gerekli süre kontrol grafikleri ile analiz edilmiştir. Analiz için Minitab programı kullanılmıştır. Bu aşamada tanımlama aşamasında hazırlanan değer akış haritalama metodolojisinden faydalanarak, işlemlerin ne gibi önceliklerin alınacağı belirlenmiştir. Bu toplanan veriler ile kalıp üretim süresinin kısaltılması için parametreler analiz edilmiştir. Bu parametreler aşağıdaki gibidir.

- Ø6 takım boyu
- Ø4 takım boyu
- Ø3 takım boyu
- Normal işleme süresi
- Rework işleme süresi
- Kalıp ebatı
- Devir
- İlerleme

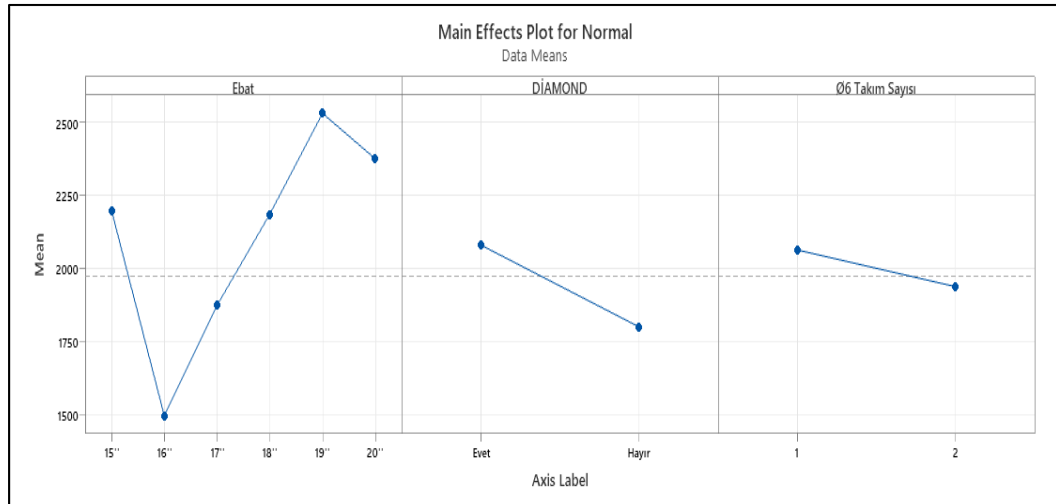
Toplanan veriler sarf giderlerin azaltılması için parametreler analiz edilmiştir. Bu parametreler aşağıdaki gibidir.

- Zemin iyileştirmeleri
- Torna takımı işleme ucu
- Muadil takım çalışması - 12 RN işleme ucu
- Muadil takım çalışması - Ø25r1,5 işleme ucu
- CNC tezgâhı takım iyileştirmeleri
- Ø32 düz saplı tarama takımı
- Alt maça kalıp parçasında ara kaba operasyonunun kaldırılması

Analizler için birim başına kullanım maliyetleri, kesici uç ve işleme takımlarının fiyatları göz önünde bulundurulmuştur. Detaylı süreç şeması üzerinde alınacak aksiyonlar incelenmiştir. Analiz için Minitab programı kullanılmış olup inch bazında kalıpların üretim süreleri Şekil 4.18’de Dotplot grafiğinde ve Şekil 4.19’da Main Effects Plot grafiğinde gösterilmiştir.

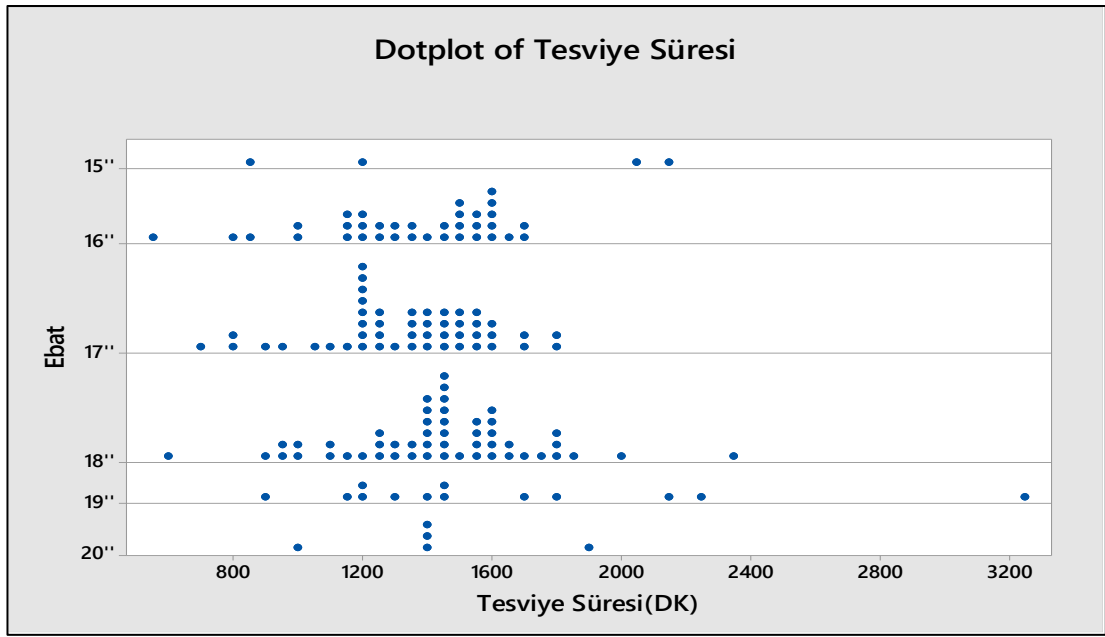


Şekil 4.18: Inch bazlı kalıp işleme süresi dağılımı

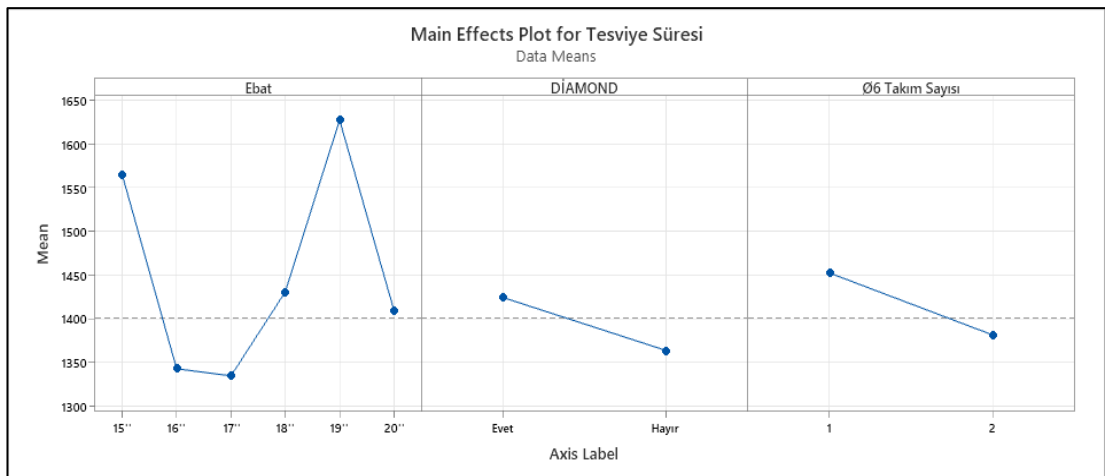


Şekil 4.19: Inch bazlı işleme süresi ve takım boyu etkisi

Yapılan grafiklerde ve toplanan verilerde kalıp inçlerinin adetlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'a bakıldığında kalıp diamond olup olmaması işleme sürelerini etkilemektedir. Ayrıca Ø6 takım sayısında aynı şekilde işleme süresini etkilemektedir. Bu bilgilere göre analiz yapıldığında aynı şekilde tesviye sürelerinde de artışa sebep olmaktadır (bkz. Şekil 4.20 ve Şekil 4.21). Buradaki temel amaç sürelerde katma değer yaratmayacak faaliyetleri ortadan kaldırarak fazla işleme ve kalite faaliyetlerini kaldırmaktır.



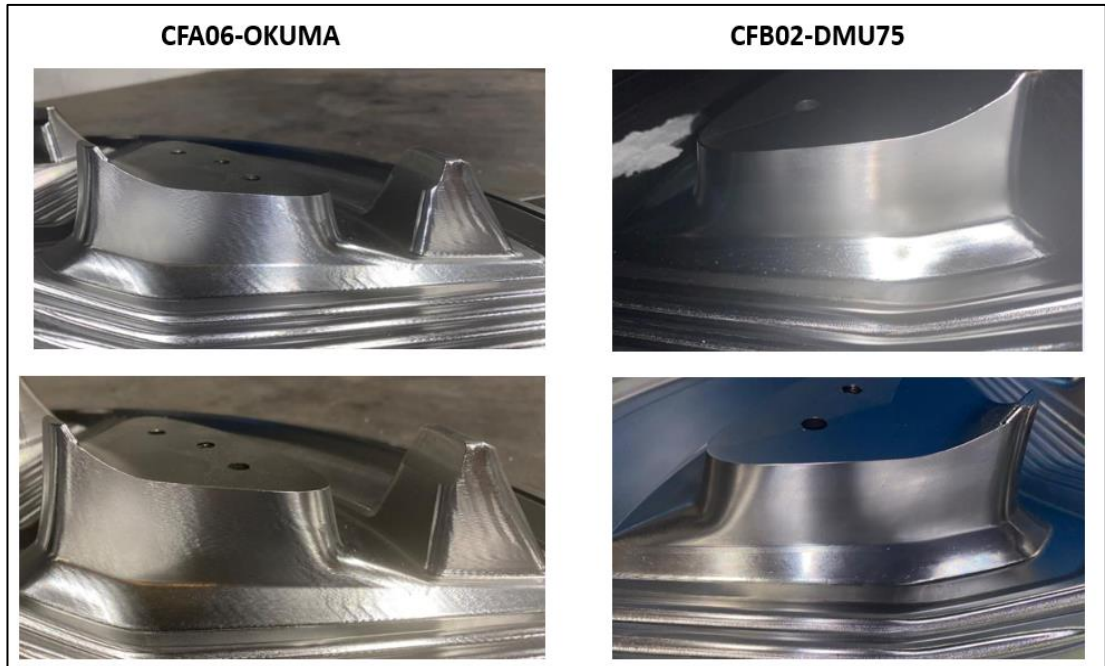
Şekil 4.20: Tesviye süresi ebat dağılımı



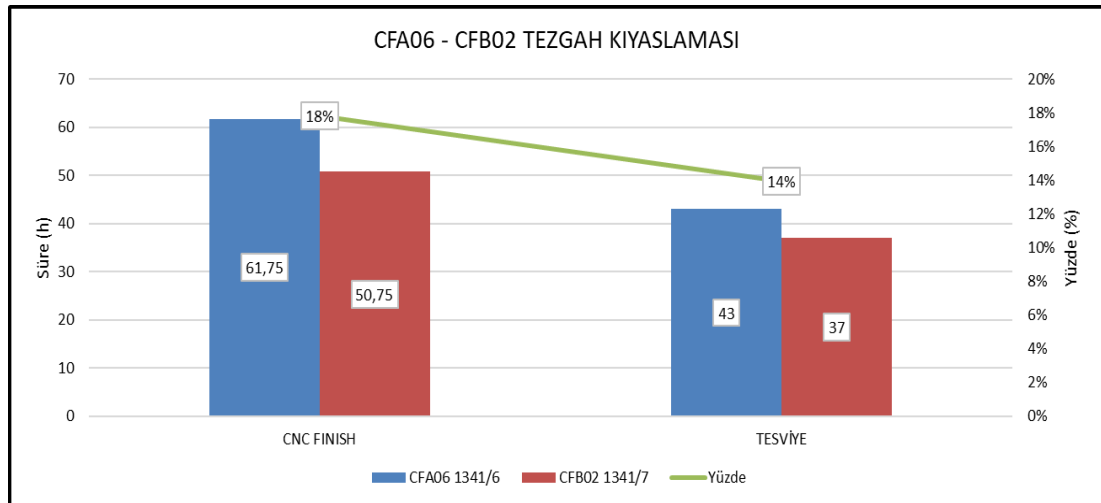
Şekil 4.21: İnç bazlı ve diamond durumu tesviye süresi karşılaştırma

Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'e bakıldığında kalıp inçleri arttığında tesviye sürelerinde artış gözükmemektedir. Kalıp diamond ve Ø6 takım sayısı da tesviye sürelerini etkilememektedir. Buradaki temel amaç sürelerde katma değer yaratmayacak faaliyetleri ortadan kaldırarak fazla işleme ve kalite faaliyetlerini kaldırmaktır.

Ayrıca diğer analizde zemin durumunun yeterli olup olmadığını tezgâh bazlı ve üretici firmalara sorarak karşılaştırılmıştır. Okuma-MB 66V ve DMU75 tezgâhlarında işlenen eş alt maçaların aynı program ile işlenmesi sonucu OKUMA-MB 66 V tezgâhında yüzeyde bozulmalar gözlenmiştir (bkz. Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Tezgâh yüzey işleme karşılaştırma



Şekil 4.23: CFA06 - CFB02 tezgâh kıyaslaması

Tezgâhlar kıyaslandığında CFB02 (DMG) tezgâhının finish operasyonunda ve çıkan ürünün tesviyesinde daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. CFA06 (Okuma) tezgâhı hem süre hem de kalite olarak daha kötü sonuçlar vermiştir. Tezgâh firması ile toplantılar düzenlenmiştir. Aşağıdaki konularda problemler olabileceği görüşülmüştür.

- Zemin yetersizliği
- Program/CAM sorunları
- Tezgâh işleme kalitesi
- Tezgâh arıza/bakım durumu

İşletmenin belirlemiş olduğu kriterlere göre zemin durumları standart dışıdır. Bunun içinde tezgâh zemin revizyonları (bkz. Şekil 4.24) yapılmıştır. Tablo 4.8’de standart dışı durumlar gösterilmiştir.

Tablo 4.8: Tezgâh zemin karşılaştırması

Tezgâh markası	Tezgâh kodu	Tezgâh adı	Tezgâh zemin ihtiyacı	Mevcut durum	Uygunluk
OKUMA	CFA03	CNC Freze - Okuma MA 650 VA	150 mm çakıl + 500 mm beton + zemine sabitleme (kimyasal)	200 mm çakıl + 150 mm beton	NOK
	CFA04	CNC Freze - Yeni Okuma	150 mm çakıl + 450 mm beton	200 mm çakıl + 150 mm beton	NOK
	CFA05	CNC Freze - Okuma MB 66 VA	150 mm çakıl + 450 mm beton	200 mm çakıl + 150 mm beton	NOK
	CFA06	CNC Freze - Okuma MB 66 VA	150 mm çakıl + 450 mm beton	200 mm çakıl + 150 mm beton	NOK
	CFC06	CNC Freze - Okuma Genos M560-V	150 mm çakıl + 450 mm beton	200 mm çakıl + 150 mm beton	NOK
	CFC07	CNC Freze - Okuma Genos M560-V	150 mm çakıl + 450 mm beton	200 mm çakıl + 150 mm beton	NOK

Yapılan tezgâh zemin çalışmaları ile birlikte aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

- CFA05 tezgâhı x-y-z vidalı mil değişimler tamamlanmıştır. Tezgâh yüzey kalitesi başarılı. ☒
- CFA05 ve 06 tezgâhlarında ara kaba operasyonlar kaldırılmıştır. ☒
- Dummy test ☒
- Ballbar testi ☒
- Ömür uzatma çalışması (Farklı takımların ve uçların çalışması) ☒

1



2



3



Şekil 4.24: Tezgâh zemin yapılması

- *Beton iyileştirmesi:* CNC tezgâhı x-y-z vidalı mil değişimleri tamamlanmıştır. Tezgâh yüzey kalitesi başarılı bir şekilde iyi seviyeye getirilmiştir. CNC tezgâhlarında ara kaba operasyonlar kaldırılmıştır. Dummy test, Ballbar testi, ömür uzatma çalışmaları (farklı takımların ve uçların çalışması) ivme kazanmıştır.
- *Torna takım uç iyileştirmesi:* Torna tezgâhlarında kullanılan kesici ucun kullanılmayan kenarlarına uygun kater seçimi yapılarak alın ve çap işlemlerinde kullanıp kesici takım sarfiyatının azaltılması hedeflenmiştir. Bu çalışma ile yıllık 2.607 Euro getiri sağlanmıştır.
- *Muadil takım çalışması:* Mevcutta kullanılan takım ve uçlar yerine muadil çalışmalar yapılmıştır.
- *Ara kaba operasyonunun kaldırılması:* 15-16-17 inch alt maçalarda ara kaba operasyonu kaldırılarak Ø10 küre ve Ø6 küre uçlarda operasyon başına 1'er adet kesici uç tasarrufu yapılmıştır.
- *Takım boyları:* İşleme sürelerinin uzamasına neden olan takım boyları tekrardan düzenlenmiştir. Takımların parçayı işlemeye başlaması için belirlenen Z derinlikleri düzenlenmiştir. Buna bağlı olarak takım boyları seçildi. %6'lık iyileşme gözlemlenmiştir.
- *Tesviye süreleri:* Alt maça üretim sürecinde tesviyesi yapılan alt maça daha sonrasında ölçülerek kalitesel anlamda tolerans içinde üretilip üretilmediği kayıt altına alınmaktaydı. Yapılan stratejik değişiklik sonrası manuel el işçiliği ile yapılan ve ince işçilik gerektiren tesviye operasyonu başlamadan önce alt maça ölçülüp, herhangi bir tolerans dışı ölçüde ise kalıba üretim süresini etkileyen ve uzun süren tesviye işçiliği öncesi müdahale edilip, tekrardan uzun süren manuel el işçiliğinin zaman kaybı ortadan kaldırılmıştır. Bu süreç değişimden sonra %4 üretim süresi azaltıldığı gözlemlenmiştir.
- *Tedarik gün süreleri:* Tedarikçiler ile yapılan görüşmeler sonrasında kalıp ana malzemelerinin ebatları (inch bazında) değiştikçe tedarik sürelerinin farklılaştığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda tedarikçi firma ile görüşülerek tedarikçi geliştirme ve karşılıklı olarak yarar sağlama hedeflenmiştir. Tedarikçilerden stok durumları, raporlu operatör, arızalı tezgâhlar gibi tedarik sürelerini etkileyecek parametreleri raporlanması ve buna göre karşılıklı olarak aksiyon alınması sağlanmıştır. Bütün süreçlerde alternatif tedarikçi

bulunmuştur. Tek tedarikçi ile ilerleme süreci çok büyük risk oluşturmaktadır.

Üretim yönetiminde, kalite özelliklerindeki varyasyonlarının minimizasyonu ile spesifikasyon hedeflerinin de sürekli olarak karşılanması amaçlanmaktadır. Bunun için, üretim süreci içerisinde ürün gerekliliklerinin veya spesifikasyonların elde edilme derecesi sürekli olarak incelenmelidir. Minitab yazılımı yardımıyla Bölüm 3.8.3'te belirtilen analizler sonucu inch bazlı kalıp üretimlerinde gecikmelerin yaşanmasına neden olan parametreler için süreç yeterlilik analizi yapılmıştır. Süreç yeterliliği ile üretilen kalıpların müşteri spesifikasyonları (sınırları) içerisinde olup, olmadığı tespit edilebilmektedir. Buna göre iyileştirme faaliyetleri dikkatlice İşleme alınmıştır. Sistematiik bir yaklaşım geliştirilmiştir. FTT (First Time True-İlk Seferde Doğru Yapma) felsefesi uygulanmıştır.

4.2.4 İyileştirme Aşaması

Yapılan analizler sonucunda tezgâh vidalı mil yatırımları (bkz. Şekil 4.23) yapılarak tezgâhların finish işlemlerinde daha lineer sürelerde üretilebilirliği sağlanmıştır.



Şekil 4.25: CFA06 tezgâh vidalı mil



Şekil 4.25: CFA06 tezgâh vidalı mil (devam)

Vidalı mil yatırımları yapıldıktan sonra regresyon tahmin modelleri oluşturulmuştur. 1401 ve 1398 çoğaltma kalıplarında regresyon modellerinde kullanılan veriler Tablo 4.9’da verilmiştir. Devir, ilerleme ve ara kaba parametrelerinin finish işleme ve tesviye sürelerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen regresyon denklemleri Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.9: Regresyon modellerinin girdi verileri

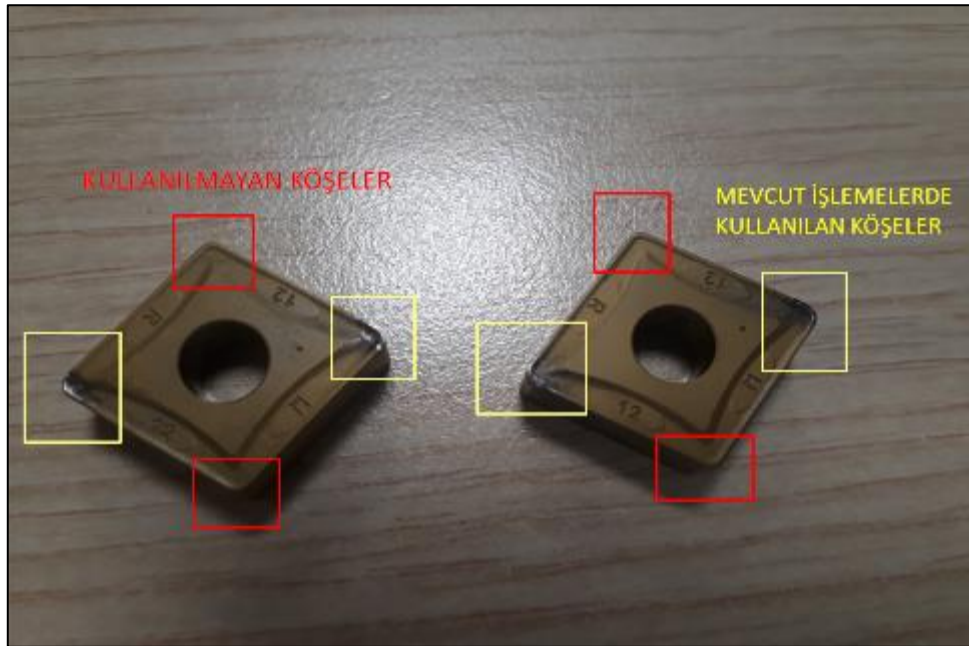
Kalıp	No	Devir	İlerleme	Ara kaba	Finish süresi (sa)	Tesviye (sa)	Tesviyeci
1401/V0	3	16000	3500	VAR	31,25	28,25	H.
1401/V0	4	19000	3500	VAR	32,5	32	E.
1401/V0	5	16000	3500	YOK	27,25	30	O.
1401/V0	6	14000	2200	VAR	35,75	31	N.
1401/V0	7	14000	3500	VAR	31	23	C.
1401/V0	8	20000	2200	VAR	39	30	O.
1401/V0	9	20000	3500	VAR	33	29,5	C.
1398	2	19000	3500	VAR	33,75	20	H.
1398	3	16000	3500	YOK	29,25	25	E.
1398	4	16000	3500	VAR	35	25	C.
1398	5	16000	3500	VAR	33,25	30	C.
1398	6	16000	3500	VAR	31,25	28,5	O.
1398	7	16000	3500	VAR	32	29	H.

Tablo 4.10: Regresyon denklemleri

İlerleme	Ara kaba	Regresyon denklemi
2200	VAR	<i>Finish süresi (sa) = 30,53 + 0,000403*Devir</i>
2200	YOK	<i>Finish süresi (sa) = 26,44 + 0,000403*Devir</i>
3500	VAR	<i>Finish süresi (sa) = 24,89 + 0,000403*Devir</i>
3500	YOK	<i>Finish süresi (sa) = 20,81 + 0,000403*Devir</i>

Yapılan regresyon çalışması sonrasında finish süresini etkileyen parametrenin ara kaba operasyonu ve devir operasyonu olduğu belirlenmiştir. Model özetinde R^2 değeri %99,07 olarak belirlenmiştir. Çıkan sonuca göre 3500 ilerlemede ara kaba operasyon yapılmadığında hem yüzey kalitesi daha iyi hem de süreç anlamında daha kısa sürmektedir.

CNMG 16 06 12 kesici ucun kullanılmayan kenarlarını uygun kater seçimi yapılarak alın ve çap işlemlerinde kullanıp kesici takım sarfiyatının azaltılması hedeflenmiştir. Yapılan Takımhane kurulumu sonrasında hurdalama operasyonları Takımhane operatörlerinin standartına geçmiştir. Buna göre sert malzemelerde 2 parça 1 elmas uç yumuşak malzemelerde ise 4 parçada 1 elmas uç harcanmaktadır. Kullanılmayan takım tarafları ise kullanılmaya başlanmıştır (Bkz. Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Tablo 4.11).



Şekil 4.26: Uç iyileştirmesi



Şekil 4.27: Torna takımı işleme ucu

Tablo 4.11: Maliyet karşılaştırma tablosu

Yıllık alt maça adet	İşleme adedi	Elmas sayısı	Elmas maliyet (Euro/adet)	Kazanç maliyet
642	4	1	9,25	€ 1.485
642	4	1	6,99	€ 1.122
Toplam kazanç				€ 2.607

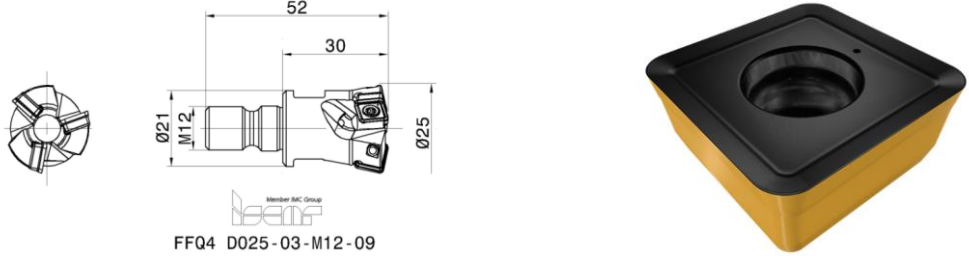
Yapılan DNMG 1506 12 RN elmas takma uçlu tarama muadil takım çalışmasında ISCAR firması tercih edildiğinde 2.958 €'luk bir kazanç elde edilmektedir (bkz. Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Muadil takım çalışması - 12 RN

ÖNCE (Mevcut kullanılan)				
Marka	Uç adı	İşlenen parça	Ağız sayısı	Kullanılan uc
SECO	J25A00004700-DNMG 1506 12RN Elmas	2 Adet Alt Maça Finitş	4	1,5 (6 Köşe Kullanılmıştır)
SONRA (Denenen)				
Marka	Uç adı	İşlenen parça	Ağız sayısı	Kullanılan uc
ISCAR	DNMG150612 443-M3P IC8250	2 Adet Alt Maça Finitş	4	1 (4 Köşe Kullanılmıştır)
Malzeme kodu	Malzeme tanımı	SECO	ISCAR	Tüketim
J25A00004700	DNMG 1506 12RN Elmas	EUR 7,04	EUR 5,40	860
		EUR 6.054,40	EUR 3.096,00	EUR 2.958,40

Yapılan Ø25r 1,5 takma uçlu tarama muadil takım çalışmasında ISCAR firması tercih edildiğinde 6.853 €'luk bir kazanç elde edilmektedir (bkz. Şekil 4.28).

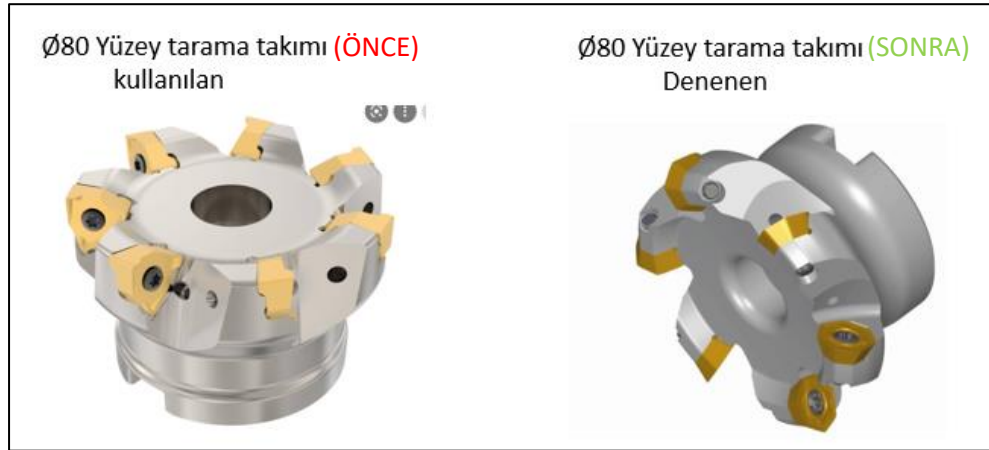
Malzeme Kodu	Malzeme Tanımı	SANDVİK	ISCAR	Tüketim
J65A00210A00	R210-025T12-09M Ø25R1.5 Kater	EUR 214,73	EUR 170,00	100
J65A00210B00	R210-09 04 14E-Pm (1030) Uç	EUR 10,40	EUR 8,00	1.700
İlk geçiş için GZM 4 adet, PNB 15 adet kater lazım olacak.		EUR 39.153,00	EUR 32.300,00	EUR 6.853,00



FFQ4 D025-03-M12-09

Şekil 4.28: Muadil takım çalışması - Ø25r1,5 işleme ucu

Yapılan muadil uç karşılaştırmalarında alternatif firma ile uçlara bakıldığında alternatif firmanın tarama kafası maliyeti uç maliyeti çok daha düşük olduğu için bu çalışma sonucunda ise 4.620 €'luk bir kazanç elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.29 ve Tablo 4.13).



Şekil 4.29: Ø80 tarama kafa muadil çalışması

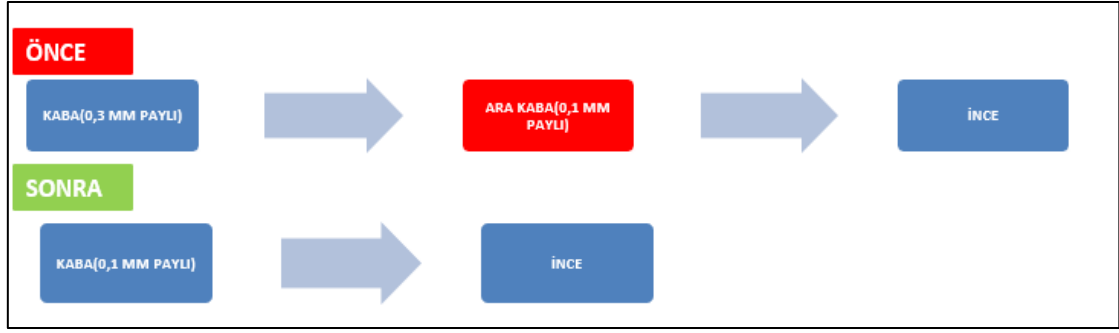
Tablo 4.13: Ø80 maliyet karşılaştırma

ÖNCE (Mevcut kullanılan)						
Tarama kafası	Uç adı	İşlenen parça	Ağız sayısı	Kesici uç fiyatı	Tarama kafası fiyatı	Toplam maliyet
R220.96-0080-08-7A	NEX080608TR-M13 MP2500	6	6	12 Euro	354,75 Euro	8.619,00 Euro
SONRA (Denenen)						
Tarama kafası	Uç adı	İşlenen parça	Ağız sayısı	Kesici uç fiyatı	Tarama kafası fiyatı	Toplam maliyet
BF45 XE04.080 Z08	XEMT 040408-MM	7	7	7,05 Euro	11 Euro	3.998,50 Euro
Kampanya karşılığı tarama kafası 50 adet uç karşılığı 11 Euro'dur.						
Toplam kazanç						4.620,50 Euro

Tablo 4.14: Ø32 düz saplı tarama takımı

ÖNCE (Mevcut kullanılan)				
İşlenen parça	Ağız sayısı	Kesici uç fiyatı	Tarama kafası fiyatı	Toplam maliyet
1	3	9,6 Euro	223,10 Euro	2942,2 Euro
SONRA (Denenen)				
İşlenen parça	Ağız sayısı	Kesici uç fiyatı	Tarama kafası fiyatı	Toplam maliyet
1	3	9 Euro	25 Euro	2390 Euro
Toplam kazanç				552,20 Euro

15-16-17 inch alt maçalarda ara kaba operasyonu kaldırılarak Ø10 küre ve Ø6 küre uçlarda finish başına 1'er adet tasarruf yapılmıştır (bkz. Tablo 4.15 ve Şekil 4.30).



Şekil 4.30: Alt maça süreç iyileştirme

Tablo 4.15: Alt maça kalıp parçasında ara kaba operasyonunun kaldırılması maliyet kazancı

Kısa metin	2023 bütçe adeti	Fiyat (Euro)	Toplam kazanç (Euro)
Ø10 küre işleme ucu	362	33,93 Euro	12.283 Euro
Ø6 küre işleme ucu	362	25,40 Euro	9.195 Euro
Kazanç			21.477 Euro

Kalıp üretim süreçlerinin azalmasında en büyük etken ise rework işlemlerinin azaltılmasıdır. CAM’de işleme stratejileri değiştirilerek dairesel metod yerine aşağı doğru işleme metodu yapılarak %6 iyileştirme sağlanmıştır. Takım boyları işlenerek ayarlama yapılmıştır (bkz. Şekil 4.31).

ÖNCE

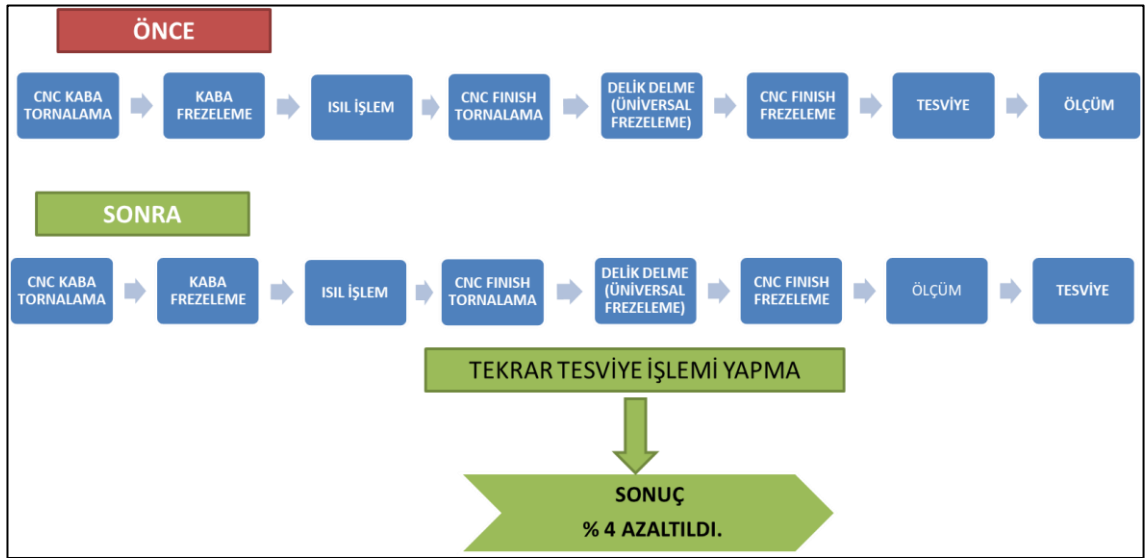
SONRA

Açıklamalar	Max. Z Derinliği (mm)
kaba ısıtım işlem sonrası	Z - 53
kaba	Z - 54
kaba	Z - 54
ARAKABA	Z - 54
ARAKABA	Z - 54
kaba	Z - 54
ince	Z - 25

Açıklamalar	Bağlanacak Takım Boyu (mm)	Max. Z Derinliği (mm)
kaba ısıtım işlem sonrası	60	Z - 69
kaba	60	Z - 66
kaba	65	Z - 66
kaba	50	Z - 53
ARAKABA	65	Z - 66
ARAKABA	50	Z - 66
ARAKABA	65	Z - 66

Şekil 4.31: CAM süreç iyileştirme çalışması

Mevcut durumda ölçüm en son işlemdi. Yapılan iyileştirme ile tesviye önüne alınarak mevcut durumda darboğaz olan tesviye akışının önüne alınmıştır (bkz. Şekil 4.32). Bu şekilde de tekrar tesviye operasyonu yapılmaktan kurtarılmıştır. Bu sebeple de süreçlerde %4 iyileştirme olmuştur.



Şekil 4.32: Kalıp üretim iş akışı iyileştirmesi

Öncesinde 18 saat sürmekteyken toplam işçilik zamanı 2,5 saate düşürülmüştür. Proseste zamanında %86 iyileştirme sağlanmıştır. Yeni dikme pimi aparatından 4262,5 sa/yıl kazanç olmuştur (bkz. Şekil 4.33 ve Şekil 4.34).

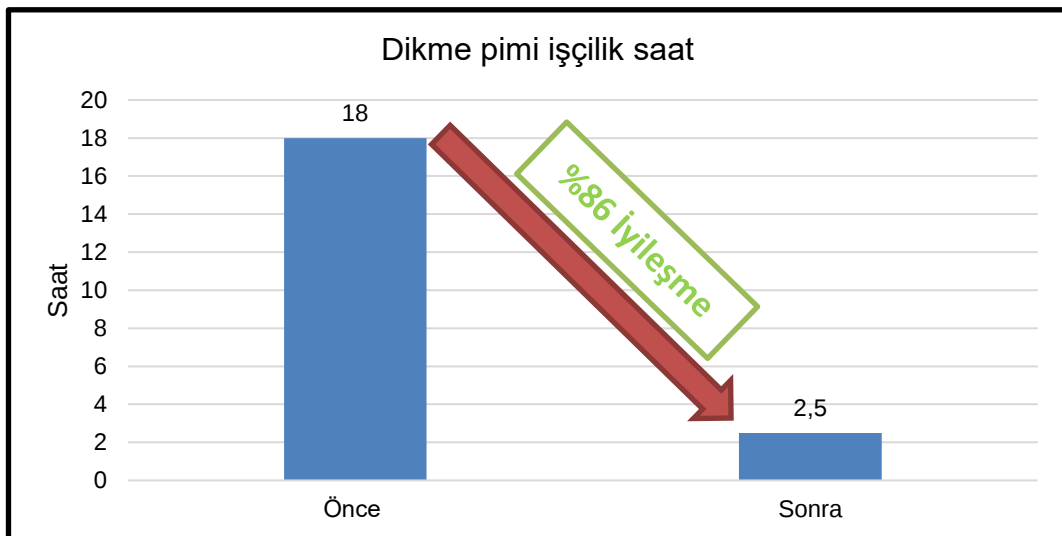
ÖNCE



SONRA



Şekil 4.33: Merkezleme aparat tasarımı



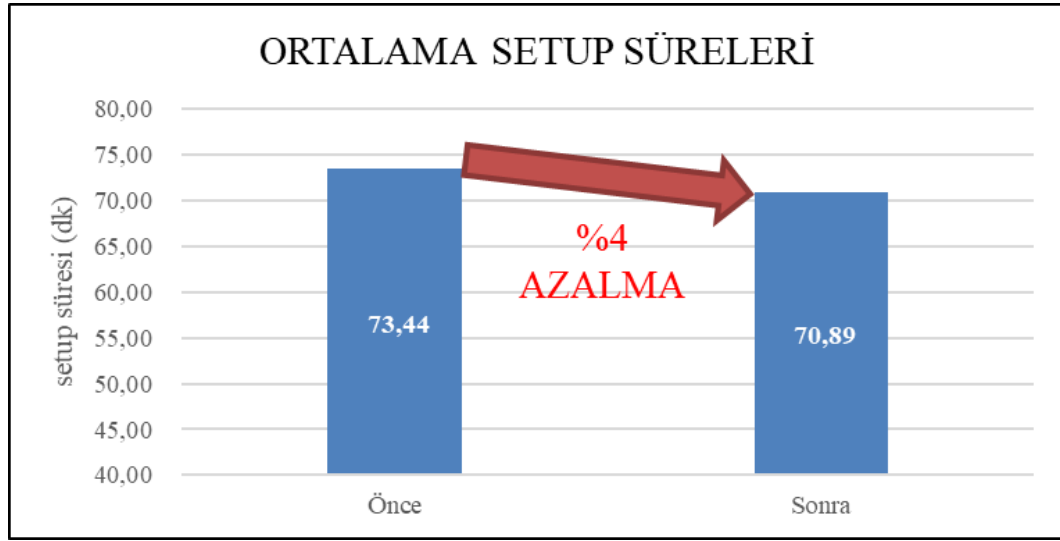
Şekil 4.34: Dikme pimi işçilik saat kazancı

Bu iyileşmelerin yanında genel olarak SMED çalışmalarıyla da setup surelerinde iyileştirmeler yapılmıştır (bkz. şekil 4.35).



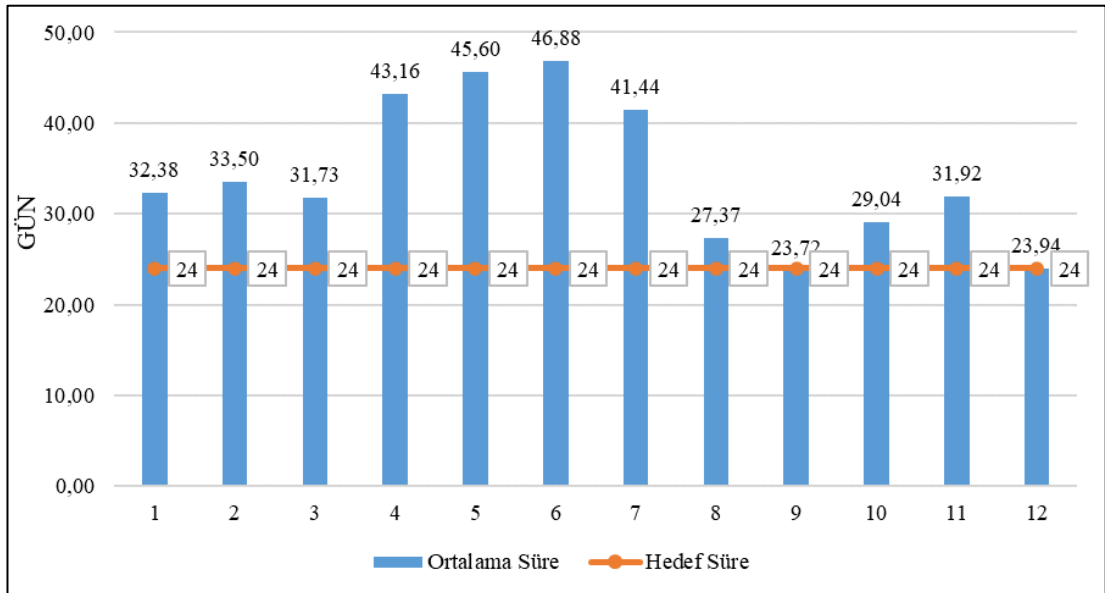
şekil 4.35: Kalıp retim SMED alışmaları

Yapılan 5S çalışmaları sonucunda ise ortalama setup sürelerinde %4 azalma olmuştur (bkz. Şekil 4.36).



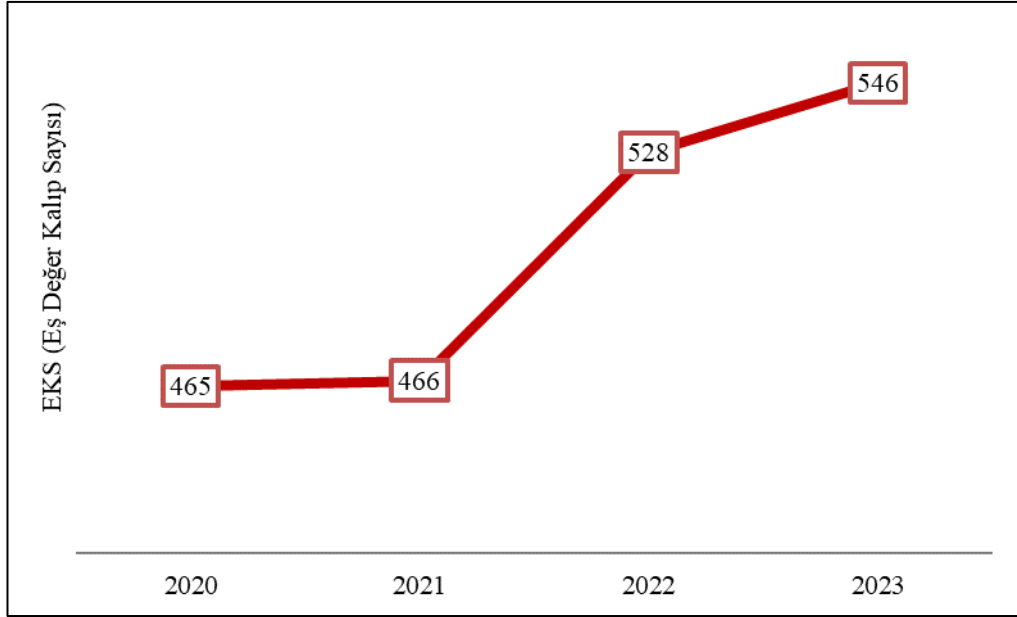
Şekil 4.36: SMED ortalama kazanç

Yapılan 6 sigma çalışmaları sonucunda yılsonunda kalıp üretim süresi 23,94 güne kadar düşürülmüştür. Buna göre, ilerleyen yıllarda projenin verimliliğine baktığımızda istenilen sonuçlara dış tedariksiz olarak ulaşılmıştır. Süreçlerde sürekli iyileştirme kültürü ile %17,5 iyileşme olmuştur (bkz. Şekil 4.37).



Şekil 4.37: Kalıp üretim süresi

Yapılan LSS projeleri sonucunda, 2020 yılındaki kalıp üretim kapasitesi 465 eş değer kalıptan 2023 yılında 546 eş değer kalıba yükselmiştir (bkz. Şekil 4.38).



Şekil 4.38: Eşdeğer kalıp üretimi

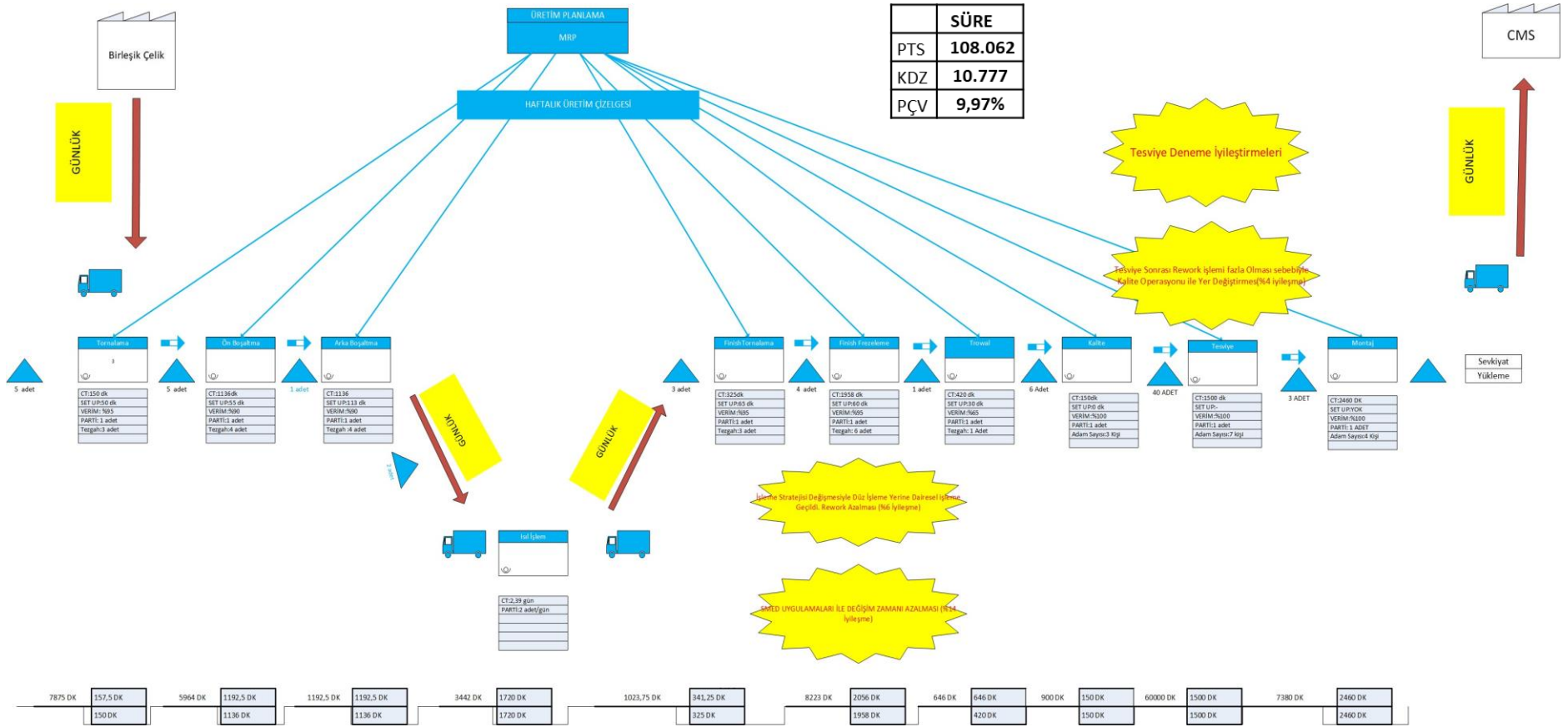
Sonuç olarak;

- *Bağlama aparat tasarımları:* Parça bağlama sürelerini kısaltılmak hedeflenmiştir. Setup sürelerinde iyileştirmelerin sağlanması için daha önceden mengene ile tek olarak işlenen dikme merkezleme parçaları daha sonra tasarlanan ve üretilen aparat ile CNC Freze tezgâhlarına tek seferde 16 adet parça işlenebilmektedir. Gerçekleştirilen bu iyileştirme sonrası toplam işçilik saati 18 saatten 2,5 saate düşürülmüştür. Proseste %86'lık iyileştirme sağlanmıştır.
- *Tezgâh zemin yeterlilikleri karşılaştırması:* İki Farklı tezgâhlar kıyaslandığında 5 eksen tezgâhının finish operasyonunda ve çıkan ürünün tesviyesinde daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. 3 eksen tezgâhı hem süre hem de kalite olarak daha kötü sonuçlar vermiştir. 3 eksen CNC tezgâhı firması ile görüşülerek potansiyel sebepler belirlenmiştir. Olası potansiyel sebepler zemin yetersizliği, program/CAM sorunları, tezgâh işleme kalitesi, tezgâh arıza/bakım durumu olarak belirlenmiştir. Buradan da rework oranları azaltılmıştır. İlk Seferde doğru üretim amaçlanmıştır.

- *Zemin yetersizliği:* Zemin yetersizliği konusunda tezgâhın titreşim yapması konusunu ele alınmıştır. İlgili firma ile görüşülmesi sonucunda tezgâhın yeterli betona sahip olmaması nedeni ile tezgâh altına ilgili firmanın verdiği ölçülerde beton atılımı gerçekleşmiştir.
- *Tezgâh işleme kalitesi:* Örnek olarak seçilen tezgâha Dummy ve Ballbar test ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Belirlenen 3 eksen tezgâhın X eksenin problem tespit edilmesi sonucu tezgâhın X ve Y eksenini vidalı milleri değiştirilmiştir. İki farklı çoğaltma kalıbında deneysel tasarım gerçekleştirilmiştir. Devir ilerleme ve ara kaba parametrelerinin finish frezeleme işlemi ve tesviye sürelerine etkisi incelenmiştir.
- *Alt maça ara kaba operasyonu kaldırılması:* 15-16-17 inch alt maçalarda ara kaba operasyonu kaldırılarak Ø10 küre ve Ø6 küre uçlarda finish başına 1'er adet tasarruf yapılmıştır.

İlerleyen zamanlarda ise diğer 17 ve üstü inchlerde ara kaba operasyonlarının kaldırılması hedeflenmektedir. Yukarıda belirtilen geliştirme operasyonları sonucu alt maça tesviye ve finish operasyonlarda ortalama 8 saatlik kazanç sağlanmıştır. Sonuç olarak, alt maça üretimi önerilen durum için değer akışı haritası Şekil 4.39'da gösterilmiştir.

Yapılan LSS projeleri sonucunda, proses tedarik süresi 108.062 dakikadır. Kalıp üretimde katma değerli zamana baktığımızda ise alt maçanın süresi 10.777 dakikadır. Proses çevrim verimliliği %9,97 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.39: Alt maça üretimi önerilen durum değer akış haritalama

4.2.5 Kontrol Aşaması

Kontrol aşaması, gözlem ve kontrol sistemlerinin tanımlanması ve devreye alınması, standart ve prosedürlerin geliştirilmesi, istatistiksel süreç kontrolünün tamamlanması, süreç yeterliliğinin sağlanması, sağlanan karın, maliyet tasarruflarının, gerçekleştirilmesi ve projenin kapatılıp ilgili dokümantasyonun sonuçlandırılması adımlarını bünyesinde barındırmaktadır. Bu aşamada, yapılan işlemlerin ve iyileştirmelerin sürekliliği sağlanmaya çalışılmıştır. Bunun yanında gerçekleştirilen performansın tespiti, standartlaştırılan çalışmaların dokümantasyonu, öğrenilenlerin iletilmesi ve gelecek planlarının belirlenmesi de bu aşamada yapılmıştır.

- *Kontrol planının oluşturulması:* Yapılan iyileştirmelerin kontrolü bir kontrol planı oluşturulmuştur. Bu kontrol planında CNC işlemleri, ölçüm, tesviye işlem sürelerinin kontrol sonuçlarının kiminle paylaşılması gerektiği detaylı olarak tanımlanmış ve çizelge haline getirilmiştir.
- *Yeni süreç adımlarının operasyon içerisine yerleştirilmesi:* Kalıp üretim sürelerinin düşürülmesi, kalıp gecikme gün sayısı ve üretim hatası sebebi ile oluşan fire kalıp parçalarının düşürülme çalışması için yapılan tüm değişiklikler şirket kalite dokümanlarına, operasyon talimatlarına eklenerek standartları güncellenmiştir. Projede görev almayan ancak kalıp üretim operasyonunda görev alan tüm çalışanlar, yeni standartlar ve çalışma düzeni ile ilgili eğitim planı doğrultusunda bilgilendirilmiştir.
- *Projenin sonuçlarının üst yönetim ile paylaşılması:* Projenin sonuçları, proje planında belirlenen tarihlerde üst yönetim ile paylaşılmıştır. Buna göre de toplam kapasite de %4,6'lık bir iyileşme ile beraber, kalıp üretim süresinde %14,29 süre kısaltılması ve genel sarf ve dış işçilik maliyetlerinde %7,15 oranında tasarruf elde edildiği belirlenmiştir.
- *LSS projelerinin net getirisi:* Projenin tasarrufu kalıp üretim süresi azaltmadan 39.493€/yıl'dır. Projenin ROI (Return on investment-Yatırım geri dönüş süresi) değerine bakıldığında ise 0,54 yıldır. Sarf maliyet azaltımında ise tasarruf tutarı 36.461€/yıl'dır. Burada yapılan yatırımların ROI'si ise 0,78

yıldır. Süreçlerin ROI'sine bakıldığında 1 yıldan az süreçte yatırım kendini amorti edebilmektedir. Bu sebeple de yatırımlar uygun olarak gözükmektedir.

Toplamda bakıldığında ise net getiri 75.954€/yıl'dır. Fakat proje sürekli iyileştirme hedefi olduğu için net tasarrufun yıldan yıla artması hedeflenmektedir. Buradaki temel amaç birim üretim sürelerinin azaltılması ve sarf giderlerinin düşürülmesidir. Bu bağlamda enflasyonist sistemlerde fiyat artışları yaşanırken birim tüketimlerin azaltılması ile kazançlar sağlanabilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, rekabetin hızla artmasıyla birlikte küresel ticaret ve iletişimdeki gelişmeler, müşterilerin ürün ve hizmet seçeneklerine kolay erişimini sağlamış ve deneyimlerini anında paylaşımlarını mümkün kılmıştır. Bu durum, şirketler için müşteri odaklılık ve beklentileri anlama konusunu hayati öneme sahip kılmıştır. Artan rekabet ve sabitlenen ürün fiyatları ortamında, şirketler sadece rekabet etmekle kalmayıp aynı zamanda müşteri memnuniyetini sağlamak zorundadır. Bu bağlamda, şirketlerin iş süreçlerini iyi anlamaları ve sürekli olarak iyileştirmeleri gerekmektedir. Bazı durumlarda küçük değişiklikler yeterli olabilirken, bazen radikal değişimler kaçınılmaz olabilir. Toplam kalite yönetimi, kaizen, yalın üretim ve SS gibi yöntemler, farklı odak noktalarına sahip olmalarına rağmen, temelde müşteri memnuniyetine odaklanarak mükemmelliği hedeflemektedir. Mükemmelliği yakalayan şirketler, genellikle başarılarını parasal kazançlarla ölçebilecekleri başarı hikayeleriyle taçlandırmaktadırlar. Bu nedenle, günümüz iş dünyasında müşteri odaklılık ve sürekli iyileştirme kültürü, şirketlerin rekabet avantajı elde etmeleri ve sürdürmeleri için kritik bir öneme sahiptir.

Müşterilerin düşük maliyet, hızlı teslimat ve yüksek kalite gibi talepleri, yeni üretim modellerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. LSS, müşterilerin istediği ürünleri istedikleri zamanda, daha az kaynak kullanarak üretmeyi ve müşteriye gerçek değer sağlayan faaliyetlere odaklanmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, üretim sürecindeki israfın ortadan kaldırılmasıyla maliyetlerin düşürülmesini, piyasa koşullarına uyum sağlanmasını, müşteri memnuniyetinin artırılmasını ve işletme karlılığının artırılmasını hedeflemektedir. Bu model, işletmelerin rekabet gücünü artırarak daha etkin ve verimli bir üretim süreci oluşturmalarını sağlamaktadır.

Birçok işletme, rekabet avantajı elde etmek için çeşitli LSS dönüşüm projeleri üzerinde çalışmaktadır. Ancak, bu projelerin birçoğu istenilen başarıya ulaşamaz ve başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. İncelendiğinde, bu başarısızlıkların çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Bunlar arasında üst yönetimin yeterince destek vermemesi, değişime direnç gösterilmesi, kısa sürede sonuç alınma beklentisi gibi faktörler önemli rol oynamaktadır.

Bir diğerk başarısızlık nedeni, işletmelerin LSS üretim modelinin asıl amacını unutmasıdır. Bazı işletmeler, yalın araçların uygulanmasını tek başına bir başarı ölçütü olarak görebilir ve gereksiz bir şekilde bu araçlara odaklanarak asıl hedeflerini gözden kaçırabilirler. Bu durumda, işletmeler ihtiyaçlarına uygun bir öncelik sıralaması yapmadan rastgele yalın araçları devreye almakta ve uygulamakta, bu da LSS felsefesine aykırı bir duruma yol açabilmektedir.

Otomotivdeki sürekli ihtiyaçların değişmesiyle beraber kalıp üretim sayıları da günden güne değişmektedir. Bu sebeple bu esnekliklere müşteri zaman çizelgesi içinde zamanında ve düşük maliyet ile cevap vermek gerekmektedir. Sürekli artan müşteri beklentileri ve değişken talepleri gidermek ve müşteri isteklerine cevap verebilmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak günümüz dünyasından oldukça zor hale gelmiştir. Bugünün küresel ve rekabetçi iş ortamında, üretim sektörü için LSS'nin üretim süreçlerini sürekli olarak iyileştirmesi, müşteri memnuniyetini artırmak ve işletme karlılığını maksimize etmek için kritik bir strateji olarak görülmektedir.

Bu tez çalışması İzmir ilinde faaliyet gösteren bir jant üretim fabrikasının kalıp üretim bölümünde yapılmıştır. Söz konusu firmada, tez çalışmasında yapılan LSS faaliyetleri ile hem kalıp üretim sürelerinin azaltılması hem de sarf malzeme maliyetinin azaltılması hedeflenmiştir. Bunları yaparken rework oranlarında %6 iyileşme, tesviye sürelerinde %4'lük bir iyileşme, ayrıca aparat tasarımı ile aynı anda 1 parça değil 8 parça işleyerek süreç içinde %86'lık bir iyileştirme gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında ise SMED çalışmaları yaparak da %4'lük iyileştirme gerçekleştirmiştir.

İşletmede bu süreçlere geçerken daha çok aparat tasarımları ve süreçsel iyileştirmeler ile beraber poke-yoke sistemleri geliştirilmiştir. Çalışanların yapmış olduğu hataların kök neden analizleri yapılarak yıldan yıla fire oranı ve kalıp imalat süresi azaltılmıştır. Ayrıca ilk LSS projesine başlarken standart operasyon prosedürü olmamasına rağmen standart operasyon prosedürü talimatlarını hayata geçirerek süreçlerinin verimli ve güvenli hale getirilmesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak, tez çalışmasının uygulama bölümünde ele alınan işletmenin kalıp üretim süresini düşürebilecek aksiyonlar ile sarf maliyetlerinin azaltılmasını sağlayacak aksiyonlar gerçekleştirilmiştir.

- Finish tezgâhlarının beton zeminleri yenilenmiş, güçlendirilmiştir.
- Veri toplama yöntemi iyileştirilmiştir.
- CFA06 tezgâhının rulmanları, x-y vidalı milleri değiştirilmiştir.
- CFA05 tezgâhının rulmanları, x-y-z vidalı milleri değiştirilmiştir.
- CFA04 tezgâhının siparişleri verilmiştir.
- Okuma tezgâh servisi OKR'ye vidalı mil ömürleri konusunda deneyim kazandırılmıştır.
- Yüzey kalitesindeki artış sayesinde finish işlemlerdeki ara kaba operasyonlar (15-16-17 inch alt maçalarda) ara kaba operasyonu kaldırılarak Ø10 küre ve Ø6 küre uçlarda finish başına 1'er adet tasarruf yapılmıştır.
- Yıllık periyotlarda takım karşılaştırmaları ve maliyet iyileştirmeleri sistematik haline gelmiştir. Alternatif tedarikçiler bakılarak maliyetlerin azaltılması hedeflenmektedir.
- OKUMA firmasına periyodik 20.000 saatte (3 yıl) vidalı millerin değişimi gerektiği konusunda deneyim kazandırılmıştır. Tedarikçinin gelişmesi sağlanmıştır.
- Her yılın aralık ayında Ballbar testi yapılarak tezgâh parametre kontrolleri sistematik haline getirilecektir.
- İşe yeni başlayan personele SOP talimatları anlatılarak kaba süreçlerden başlayacak şekilde rotasyon planı oluşturulmuştur.
- Takımhane ile beraber takım ve uçlar operatörlerin inisiyatifine değil grup liderleri ile sistematik oluşturulmuştur.

Bu değişiklikleri yaparak da toplam kapasite de %4,6'lık bir iyileşme ile beraber, kalıp üretim süresinde %14,29 süre kısaltılması ve genel sarf ve dış işçilik maliyetlerinde %7,15 oranında tasarruf elde edildiği belirlenmiştir. Projenin yıllık toplamdaki tasarrufuna bakıldığında ise 75.954€/yıl'dır.

Kalıp üretimi yapan şirketlerin üretim süreçlerini iyileştirmede, genellikle süreçlerin müşteri odaklı bir perspektifle ele alınması ve sahadan toplanan verilerin analiz edilerek iyileştirmelerin belirlenmesi pek yaygın bir uygulama değildir. Bu çalışma, sektördeki süreç iyileştirmesine bilimsel bir yaklaşım getirme ve bu alandaki gelişimi destekleme amacını taşımaktadır. Aynı zamanda, sektörde faaliyet gösteren şirketlere örnek teşkil etmek ve LSS çalışmalarını gerçekleştirmek isteyen işletmelere akademik literatürde referans bir kaynak sunmak için yapılmıştır.

Gelecekte süreçlerin kısılması için aşağıdaki çalışmalar yapılabilir.

- Isıl işlemli çelikler geçilerek kalıp üretim süresinde yaklaşık 2,5 günlük süreç iyileştirmesi sağlanabilir.
- Isıl işlemli çeliklere geçilerek süreçlerde Finish torna operasyonu kaldırılarak 0,5 günlük kazanç sağlanabilir.
- Isıl işlemli çeliklere geçilerek çarpılma vb. hurda olma riski ortadan kaldırılabilir.
- Isıl işlemli çeliklere geçirilirken takım ve uçlar tekrar çalışmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Adeodu, A., Kanakana-Katumba, M.G., Rendani, M., "Implementation of Lean Six Sigma for production process optimization in a paper production company", 2021, 14(3), 20, (2021).
- Ağın, K., "Yönetimlerde Kaizen Felsefesi", *19 Mayıs Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 67-75, (2020).
- Akca, İ., Tuzcuoğlu, F., "Lean six sigma: A conceptual framework", *JOURNAL OF LIFE ECONOMICS*, 8(3), 299-307, (2021).
- Akgün, S., "Sağlık hizmetlerinde yalın yönetim “5S” yaklaşımının uygulanması", *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 2(1), 1-7, (2015).
- Akın, N.G., "Değer Akış Haritalama Yöntemli ile Yalın Uygulamalar: Tekstil Sektörü Örneği", *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 4(2), 477-492, (2020).
- Akkaya, G., Turanoğlu, B., Öztaş, S., "Six Sigma And Lean Six Sigma: A Literature Survey", *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 32(4), 503-523, (2014).
- Akyurt, İ.Z., Eren, E., "Hazırlık Süresinin Azaltılmasında SMED Yöntemi Uygulaması", *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 15(3), 315-331, (2019).
- Altınbay, A., Şahan, S., "Yalın Üretim Sistemi ve Bir Uygulama Örneği", *Gümrük ve Ticaret Dergisi*, 10(34), 21-39, (2023).
- Altun, K., Göleç, A., "Üretim Kontrol Sistemlerini Kıyaslayıcı Bir Benzetim Çalışması", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 27(2), 200-207, (2011).
- Aslantaş, T., "Yalın Üretim Felsefesi, Yöntemleri ve Kanban Tekniğinin Otomotiv Sektörüne Uygulanması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ankara* (2014).
- Atmaca, E., Girenes, S.Ş., "Literatür Araştırması: Altı Sigma Metodolojisi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 111-126, (2009).
- Avunduk, H., "Yalın Altı Sigma: Bir Pet Şişirme Makinasında Süreç İyileştirme Uygulaması", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(70), 633-653, (2019).
- Aydın, N., "Yalın Düşünce Sisteminin Üretime Sağladığı Katkıları", *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*(37), 23-37, (2015).
- Balcı, C., 2018. Siparişe göre üretim yapan sistemlerde yalın üretim : Konya sanayisi üzerinde bir araştırma, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, p. 120.

Bay, M., Çiçek, E., "Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Hata Önleyiciler: Poka", *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2007(3), 53-62, (2007).

Belu, N., Rizea, A.D., Nițu, E.L., Gavriluță, A.C., Gavriluță, A.C., "An application of Six Sigma to PPM reduction in the relationship with the external customer", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 400(6), 062006, (2018).

Bhasin, S., Burcher, P., "Lean viewed as a philosophy", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(1), 56-72, (2006).

Black, J.R., *Lean production: implementing a world-class system*, 1st Edition, Industrial Press Inc., (2008).

Çakır, E., 2011. Yalın altı sigma ve bir uygulama, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yönetim Bilimleri Bilim Dalı. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, p. 213.

Çakırkaya, M., Acar, Ö.E., "5S Tekniği Aşamaları ve Makarna Sektöründe Bir Uygulama", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(4), 0-0, (2016).

Çalışkan, G., "Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(17), 60-75, (2006).

Çanakçıoğlu, M., "Yalın Düşünce Felsefesinde İsrafla Mücadele Araçları", *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 8(3), 270-282, (2019).

Çelebi Gürsoy, G., Yıldız, M.S., "Bir Tekstil İşletmesinde Yalın Altı Sigma İle Süreç İyileştirmeye Yönelik Bir Örnek Olay Çalışması", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(2), 1553-1573, (2021).

Çelik, H., 2018. SMED Uygulamalarının İmalat Sürelerine ve Birim Maliyete Olan Etkisi ve Toplam Ekipman Etkinliği ile Değerlendirilmesi, İşletme Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, p. 127.

Çelik, H., "Süreç İyileştirmede Kaizen ve Kaikaku Uygulaması", *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 245-259, (2020).

Çırkan, F., 2009. Altı sigma süreç iyileştirme tekniği ve sanayide bir uygulama, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Uludağ Üniversitesi, Bursa, p. 101.

Dağlioğlu, G., İnal, T.C., Aksoy, K., "Altı Sigma Nedir?", *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 18(2), 132-139, (2009).

Dankbaar, B., "Lean Production: Denial, Confirmation or Extension of Sociotechnical Systems Design?", *Human Relations*, 50(5), 567-583, (1997).

Demirel, E., "5S Yolculuğu (Aşamaları ve Uygulanışı)", (21.07.2024), <https://esatdemirel.com/5s-yolculugu-asamalari-ve-uygulanisi>, (2020).

Demirkır, M.S., 2008. Yalın üretim ve lastik sektöründe bir uygulama, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Sakarya University, Sakarya, p. 105.

Desai, D., Prajapati, B.N., "Competitive advantage through Six Sigma at plastic injection molded parts manufacturing unit", *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(4), 411-435, (2017).

Doğan, S., Demiral, Ö., "Yalın Yöntemler ve Altı Sigmayı İçeren Bütünleşik Bir Yaklaşım: Yalın Altı Sigma", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(1), 343-366, (2010).

Dündar, H., Gör, Y., "Yalın Üretim, Altı Sigma ve Endüstri 4.0 Kullanımının İşletmelerin Kârlılığı Üzerine Etkisi: BIST XMESY Endeksinde Bir Araştırma", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(4), 1476-1503, (2024).

Elmacı, O., Uslu, M., Tutkavul, K., "Sürdürülebilir Rekabet Gücünün Sağlanmasında Altı Sigma'nın Yönteminin Kullanılması ve Ford Otomotiv Sanayi A.Ş.'de Bir Uygulama Örneği", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(XIV. Uluslararası Ekonometri Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı), 465-494, (2014).

Ermeğan, B., 2011. Etkili yalın teknikler ve bir montaj hattında uygulama, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Anadolu University, Eskişehir, p. 118.

Erozan, İ., Sayan, Z., Beşkardeşler, M., "Dünya Klasında Üretim Odaklanmış İyileştirme Sütunu İçin Metodoloji Önerisi ve Bir Uygulama", *Endüstri Mühendisliği*, 33(1), 243-264, (2022).

Erozan, İ., Uygur, H., "Bir Salça Konserveleme Tesisinde Poka-Yoke ile Hata Önleme Uygulaması", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 34(2), 161-183, (2023).

Ersoy, M.S., Ersoy, A., *Üretim ve İşlemler Yönetimi*, Ankara: İmaj Yayınevi, (2011).

Ersöz, T., Sarız, K., Ersöz, F., "Demir-Çelik Üretim Hattında Yalın Üretim", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 801-826, (2020).

Etesaminia, S., Akbaş, M., "Sağlık İşletmelerinde Altı Sigma Yaklaşımı: Sistematik Bir Derleme", *Uluslararası Sosyal Bilimler ve Eğitim Bilimleri Sempozyumu*(1), 725-745, (2020).

Evren, E., 2006. Altı sigma metodolojisi ve bir işletmede örnek uygulama, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, p. 141.

Firuzan, A.G.A.R., Gerger, A., "Yalın Altı Sigma Projelerinin Başarısız Olma Nedenleri", *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 5(20), 3383-3393, (2010).

Firuzan, A.R., Kuvvetli, Ü., Gerger, A., "Altı Sigma Metodolojisi ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 7(25), 0-4188, (2012).

Garza-Reyes, J.A., Al-Balushi, M., Antony, J., Kumar, V., "A Lean Six Sigma framework for the reduction of ship loading commercial time in the iron ore pelletising industry", *Production Planning & Control*, 27(13), 1092-1111, (2016).

Gerger, A., "Endüstri 4.0 Üretim Sürecinde Süreç Değişkenliğinin Optimizasyonunda Heijunka Yöntemi", *Izmir Democracy University Social Sciences Journal*, 2(1), 1-17, (2019).

Gornicki, B., "A better way of production: small-batch and one-piece-flow", *Industrial Heating*, 82(6), 35, (2014).

Görener, A., Yenen, V.Z., "İşletmelerde Toplam Verimli Bakım Çalışmaları Kapsamında Yapılan Faaliyetler ve Verimliliğe Katkıları", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(11), 47-63, (2007).

Günalp, E., 2007. Yalın Altı Sigma ve Bir Şirket Uygulaması, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalı. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, p. 138.

Hıdımoğlu, M.B., 2019. Montaj hattında kapasite dengeleme ve verimlilik analizi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Marmara Üniversitesi, İstanbul, p. 138.

İKA, 2018. Türkiye’de Yatırım Ortamının İyileştirilmesi: Otomotiv Yan Sanayi Örneği. İstanbul Kalkınma Ajansı, İstanbul.

Indrawati, S., Ridwansyah, M., "Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application", *Procedia Manufacturing*, 4, 528-534, (2015).

Kara, Y., Dağ, H.İ., "Yalın Üretime Geçişte Değer Akışı Analizi ve Haritalandırma ile İsraf Kaynaklarının Belirlenmesi: Güneş Enerjisi Kollektörleri Üreten Bir İşletmede Uygulama", *Konya Journal of Engineering Sciences*, 8(3), 652-665, (2020).

Karabulut, M., Kumru, P.Y., Onursal, F.S., "Altı Sigma Yaklaşımı ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama", *Beykoz Akademi Dergisi*, 8(1), 1-19, (2020).

Karasu, B., 2019. Bir otomotiv firmasında yalın üretim odaklı montaj hattı iyileştirme çalışmaları, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, p. 89.

Kaygusuz, Y., 2017. Yalın Altı Sigma ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulama, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı. Uludağ Üniversitesi, Bursa, p. 350.

Ketan, H., Nassir, M., "Aluminium hot extrusion process capability improvement using Six Sigma", *Advances in Production Engineering & Management*, 11(1), 59-69, (2016).

Khanna, V.K., "5 “S” and TQM status in Indian organizations", *The TQM Journal*, 21(5), 486-501, (2009).

Liu, Y., Ren, Y., Zhang, M., Wei, K., Hao, L., "Solenoid valves quality improvement based on Six Sigma management", *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(1), 72-93, (2023).

Madenli, B., 2006. İmalat işletmelerinde altı sigma uygulama gerekliliği: Alt yapının oluşturulması için öneriler ve bir uygulama, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı. Uludağ Üniversitesi, Bursa, p. 106.

Maged, A., Haridy, S., Kaytbay, S., Bhuiyan, N., "Continuous improvement of injection moulding using Six Sigma: case study", *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 32(2), 243-266, (2019).

Meriç, D., Kocakalay, Ş., Cinkılıç, E., "Toplam Verimli Bakım (TPM) Kapsamında Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) Analizi için Bir Bilgi Sistemi Önerisi", *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 13(2), 11-30, (2023).

Meyer, F.E., Stewart, J.R., *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*, 3rd edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, (2002).

Mishra, N., Rane, S.B., "Prediction and improvement of iron casting quality through analytics and Six Sigma approach", *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 189-210, (2019).

Moralıoğlu, A., 2010. Hizmet işletmelerinde altı sigma ve otelcilik sektöründe uygulaması, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Toplam Kalite Yönetimi Ana Bilim Dalı. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, p. 128.

Moreira, A.C., Silva Pais, G.C., "Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation", *Journal of Technology Management & Innovation*, 6(1), 129-146, (2011).

Nedra, A., Néjib, S., Boubaker, J., Morched, C., "An Integrated Lean Six Sigma Approach to Modeling and Simulation: A Case Study from Clothing SME", *Autex Research Journal*, 22(3), 305-311, (2022).

Odman Çelikçapa, F., Şenol, G., *Üretim Yönetimi*, 1.Baskı, Bursa: Ekin Basım Yayın, (2015).

Oral, O.K., Dirgar, E., "Altı Sigma Yaklaşımı", *Qualitative Studies*, 4(1), 14-23, (2009).

Oral, T., "5S Yöntemiyle Örnek Bir Çalışma Tezgâhı Yerleşiminin Planlanması", *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 9(86), 1433-1437, (2022).

Orbak, A.Y., Bilgin, S., "Kanban sisteminin bir uygulama örneği", *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 289-293, (2005).

Özveri, O., Çakır, E., "Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama", *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi*, 14(2), 17-36, (2012).

Özveri, O., Dinçel, D., "Altı Sigma Proje Seçim Yöntemleri ve Bir Hastanede Uygulanması", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(2), 55-78, (2012).

Parid, Y., Hardi Purba, H., Santoso, S., "A Systematic Literature Review of Six Sigma Implementation on the Automotive Component Industry", *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 25(2), 218-235, (2023).

Pereira, A.M.H., Silva, M.R., Domingues, M.A.G., Sá, J.C., "Lean Six Sigma Approach to Improve the Production Process in the Mould Industry: a Case Study", *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 103-121, (2019).

Pugna, A., Potra, S., Strauti, G., Taucean, I., Pop, M., 2024. Using Six Sigma Methodology to Improve the Resistance Spot Welding Process in an Automotive Company, in: Prostean, G.I., Lavios, J.J., Brancu, L., Şahin, F. (Eds.), *Management, Innovation and Entrepreneurship in Challenging Global Times: Proceedings of the 16th International Symposium in Management (SIM 2021)*. Springer International Publishing, Cham, pp. 355-369.

Raval, S.J., Kant, R., "Study on Lean Six Sigma frameworks: a critical literature review", *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(3), 275-334, (2017).

Rother, M., Harris, R., *Creating continuous flow: an action guide for managers, engineers & production associates*, 1st edition, Cambridge, MA USA: Lean Enterprise Institute, (2001).

Saad, N.A.B.M., "Deployment of Lean Six Sigma in The Plantation Sector", *International Journal of Empirical Research Methods*, 1(1), 1024929, (2023).

Sachin, S., Dileepal, J., "Six Sigma Methodology for Improving Manufacturing Process in a Foundry Industry", *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(5), 131-136, (2017).

Salinas-Coronado, J., Aguilar-Duque, J.I., Tlapa-Mendoza, D.A., Amaya-Parra, G., 2014. Lean Manufacturing in Production Process in the Automotive Industry, in: García-Alcaraz, J.L., Maldonado-Macías, A.A., Cortes-Robles, G. (Eds.), *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*. Springer International Publishing, Cham, pp. 3-26.

Sarı, E.B., "Üretim Hattı Tasarımında Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(56), 67-81, (2018a).

Sarı, E.B., "Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 585-600, (2018b).

Savcı, M., Haftacı, V., "Değer Zinciri Analizinde Değer Yaratan Faaliyetlerin Ölçülmesinde Faaliyet Tabanlı Maliyetlemenin (Ftm) Rolünün Değerlendirilmesi", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(34), 261-284, (2017).

Sazak, N., 2014. Sipariş tipi üretim yapan bir işletmede üretim hattı iyileştirme uygulaması, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı*. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, p. 86.

Sevimli, E., Ünlü, T.N., Deniz, D., "Sağlık Hizmetlerinde Altı Sigma Metodolojisi", *Sağlıkta Kalite ve Akreditasyon Dergisi*, 3(2), 16-23, (2020).

Shim, J.K., Siegel, J.G., *Operations Management*, 1st edition, Barrons Educational Series, (1999).

Sönmez, M., 2022. Bir konfeksiyon işletmesinde yalın üretim teknikleri uygulama olanaklarının araştırılması, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Pamukkale Üniversitesi, Denizli, p. 150.

Sui Pheng, L., "Towards TQM - integrating Japanese 5 - S principles with ISO 9001:2000 requirements", *The TQM Magazine*, 13(5), 334-341, (2001).

Suzaki, K., *İmalatta mükemmellik yolu: sürekli iyileştirme teknikleri*, Otoyol Sanayi A.Ş., Iveco, (2005).

Syahputri, K., Sari, R.M., Anizar, Tarigan, I.R., Siregar, I., "Application of lean six sigma to waste minimization in cigarette paper industry", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1), 012027, (2018).

Şeker, A., "Yalın Üretim Sisteminde Kanban, Tek Parça Akışı ve U Tipi Yerleştirme Sistemleri", *International Journal of Social Science*, Autumn II(50), 449-470, (2016).

Şenel Uyanık, A., 2020. Bir traktör fabrikasında karışık modellenli montaj hattı dengeleme – deterministik ve stokastik ölçümlere göre analizler, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara, p. 118.

Şenol, G., Anbar, A., "Altı Sigma ve Finans Sektöründe Altı Sigma Uygulamaları", *İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 73-86, (2010).

Tanık, M., "Kalıp Ayar Sürelerinin SMED Metodolojisi ile İyileştirilmesi: Bir Yalın Altı Sigma Uygulaması", *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(25), 117-140, (2010).

Tekin, M., Arslanere, M., Etlioğlu, M., Tekin, E., "Büyük Ölçekli Bir İşletmede 5S Uygulaması", *International Journal of Social And Humanities Sciences*, 2(1), 106-122, (2018).

Timans, W., Ahaus, K., Antony, J., "Six Sigma methods applied in an injection moulding company", *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 149-167, (2014).

Tırpan, E., 2010. Altı sigma ve çağrı merkezi sektöründe bir uygulaması, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, p. 135.

Tjahjono, B., Ball, P., Vitanov, V.I., Scorzafave, C., Nogueira, J., Calleja, J., Minguet, M., Narasimha, L., Rivas, A., Srivastava, A., Srivastava, S., Yadav, A., "Six Sigma: a literature review", *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(3), 216-233, (2010).

Topçu, H., Doğan, B., Doğan, M., "Altı Sigma Yöntemi ve Yükseköğretim Kurumlarında Uygulanabilirliği Üzerine Bir Çalışma", *Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 68-79, (2018).

Turan, A.H., Şenkayas, H., "Altı Sigmanın Temelleri", *Verimlilik Dergisi*(4), 43-60, (2007).

Türkan, Ö.U., "Üretimde Yalın Dönüşümün Temel Performans Kriterleri", *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 28-41, (2010).

Uluskan, M., "A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox", *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(4), 406-429, (2016).

Uluskan, M., "Süreç Yeterlilik Analizinin Genişletilmiş Kaizen Yöntemine Entegrasyonu: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(3), 165-183, (2019).

Uluskan, M., "Six Sigma in Plastic Injection Molding: Reuse Defective Parts in New Article Production As Raw Material Input Or Not?", *Journal of Industrial Engineering*, 32(2), 341-363, (2021).

Üte, T., Güner, M., "İplik İşletmelerine “Yalın” Yaklaşım", *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(1), 11-24, (2010).

Verma, S., Chauhan, K., Prasad, S.K., "Agility in Supply Chain and its Impact : Automobile Sector", *International Journal of Research in IT and Management (IJRIM)*, 6(9), 1-21, (2016).

Womack, J., Jones, D., "Yalın Düşünce (1. Baskı)", *Çeviren: Nesime Acar, İstanbul: Sistem Yayıncılık*, (1998).

Womack, J.P., Jones, D.T., "Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation", *Journal of the operational research society*, 48(11), 1148-1148, (1997).

Yağlı, E., 2022. Talaşlı imalatla yalın üretim (5S) uygulaması kullanılarak süreç verimliliğinin artırılması, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, p. 89.

Yalın Enstitü, "Yalın Düşünce'nin İlkeleri", (21.07.2024), <https://www.lean.org.tr/yalin-dusuncenin-ilkeleri/> (2024).

Yaşlı, M., 2018. Müşteri sadakatini güçlendirmede satış sonrası müşteri hizmetlerinin rolü: otomotiv sektöründe bir uygulama, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.

Yıldız, C., 2020. Lojistik sektöründe yalın 6 sigma uygulaması: Ekol Lojistik örneği, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı. İstanbul Okan Üniversitesi İstanbul.

Yılmaz, İ., 2010. Tam zamanında üretim sistemlerinde lojistik operasyonların optimizasyonu, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Uludağ Üniversitesi, Bursa, p. 81.

Yılmaz Yalcıner, A., Günday, Ü.R., "Yalın Altı Sigma Metodu ve Bankacılık Sektöründe Uygulanması", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 188-209, (2020).

Zare Mehrjerdi, Y., "Six - Sigma: methodology, tools and its future", *Assembly Automation*, 31(1), 79-88, (2011).