

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALTI SİGMA YAKLAŞIMI VE OTOMOTİV  
SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**End.Müh. Şefik SUCU**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Gültekin ÇAĞIL**

**Haziran 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALTI SİGMA YAKLAŞIMI VE OTOMOTİV  
SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**End.Müh. Şefik SUCU**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 19/16/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

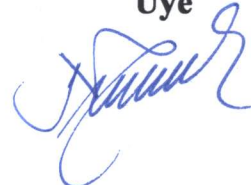
**Yrd. Doç. Dr.  
Gültekin ÇAĞIL  
Jüri Başkanı**



**Yrd. Doç. Dr.  
Semra BORAN  
Üye**



**Doç.Dr.  
Nejat YUMUŞAK  
Üye**



## TEŞEKKÜR

Projenin gerçekleştirilmesinde bilgi ve deneyimlerinden faydalanma imkânı veren, yardım ve katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Gültekin ÇAĞIL'a ve yine özverili katkılarından dolayı Yrd.Doç.Dr.Semra BORAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca tezin uygulama kısmındaki katkılarından dolayı, başta Kara Kuşak Serhat OLGAÇ olmak üzere, hem ana sanayiden hem de tedarikçi firmadan uygulama projesine katılım sağlayan ekip yelerine, Matris Danışmanlık Şirketi'ne, uygulama projesinin yapıldığı ana ve yan sanayi kuruluşlarına ve tüm bu süreç içersinde sürekli manevi desteğini aldığım eşim Neslihan SUCU'ya teşekkürü borç bilirim.

Şefik SUCU

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Tanımı ve Amacı.....	1
1.2. Literatür Taraması.....	4
BÖLÜM 2.	
ALTI SİGMA YAKLAŞIMI.....	8
2.1. Altı Sigma Kavramı.....	8
2.2. Altı Sigma Yaklaşımının Tarihçesi.....	10
2.3. Proseslerin İki Temel Problemi.....	11
2.3.1. Ortalamadan kayma.....	12
2.3.2. Değişkenlik.....	12
2.3.2.1. Süreç değişkenliği.....	16
2.4. Altı Sigma'nın İlkeleri ve Yararları.....	17
2.5. Sigma Seviyeleri, Hata Sayıları ve Verim Oranları.....	19
2.5.1. Altı Sigma prosesinde kısa ve uzun dönem.....	20
2.5.2. %99 ve %99,99966 yeterlilik.....	24
2.5.3. Altı Sigma'nın değeri (3σ-6σ karşılaştırılması).....	25
2.6. Altı Sigma, Yalın ve Kısıtlar Teorisinin Mukayesesi.....	28

2.7. Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma Yaklaşımının Farkları.....	30
<b>BÖLÜM 3.</b>	
<b>ALTI SİGMANIN ORGANİZASYONEL YAPISI VE UYGULAMA AŞAMALARI.....</b>	<b>33</b>
3.1. Altı Sigmanın Kullanım Alanları.....	33
3.2. Altı Sigma Organizasyonu.....	34
3.2.1. Üst kalite konseyi.....	34
3.2.2. Şampiyon.....	35
3.2.2. Süreç sahibi/Proje sahibi.....	36
3.2.4. Uzman kara kuşak.....	36
3.2.5. Kara kuşak/ Yeşil kuşak.....	37
3.2.6. Takım üyeleri.....	38
3.3. Altı Sigma Yol Haritası: TÖAİK Modeli.....	38
3.3.1. Tanımlama.....	41
3.3.2. Ölçme.....	42
3.3.3. Analiz.....	42
3.3.4. İyileştirme.....	44
3.3.5. Kontrol.....	44
3.4. Altı Sigma Uygulamasında Şirketlerin Karşılaştıkları Zorluklar...	45
3.5. Altı Sigma Uygulanırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	47
<b>BÖLÜM 4.</b>	
<b>ABC A.Ş.'DE ALTI SİGMA YAKLAŞIMI İLE KÜÇÜK OTOBÜS (KOTO) ARAÇLARINDAKİ ARKA DUVAR YÜZEY HATALARININ AZALTILMASI.....</b>	<b>48</b>
4.1. Firma Bilgileri.....	48
4.1.1. ABC A.Ş.....	48
4.1.2. XYZ A.Ş.....	48
4.2. ABC A.Ş.'de İyileştirme Çalışmaları ve Proje Yönetim Sistemi...	49
4.2.1. ABC A.Ş. öneri sistemi (ABCÖS).....	49
4.2.2. ABC A.Ş.'de proje yönetimi.....	51
4.2.2.1. ABC A.Ş. problem havuzu yönetimi.....	52
4.2.3. ABC A.Ş.'de Altı Sigma çalışmaları.....	54

4.2.3.1. ABC A.Ş. Altı Sigma alt yapısı.....	55
4.2.3.2. ABC A.Ş.'de Altı Sigma projeleri yönetim sistemi...	57
4.3. KOTO Üretim Süreci.....	61
4.3.1. KOTO üzerindeki FRP malzemeler.....	62
4.4. FRP Malzemeler.....	64
4.5. Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılarak FRP Arka Duvarlardaki Kalite Problemlerinin Düzeltilmesi.....	65
4.5.1. Projenin Özeti.....	65
4.5.2. Proje İçin Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılmasının Sebepleri.	66
4.5.3. Projenin diğer projeler içinden seçilmesi.....	68
4.5.4. Proje Fazları.....	69
4.5.4.1. Tanımlama Fazı.....	69
4.5.4.2 Ölçme Fazı.....	72
4.5.4.3. Analiz Fazı.....	86
4.5.4.4. İyileştirme Fazı.....	90
4.5.4.5. Kontrol Fazı.....	100
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	101
KAYNAKLAR.....	104
EKLER.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	117

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASL	: Alt Sınır Limiti
a*s	: Adam * Saat
BOAS	: Bilgi Odaklı Altı Sigma
CEO	: Chief Executive Officer
CTP	: Fiberglas Takviyeli Plastik
DOE	: Deney Tasarımı
DPPM	: Milyon Birimde Hata miktarı
DPMO	: Milyon Fırsatta Hata miktarı
DPO	: Fırsat Başına Hata Oranı
DPU	: Parça Başına Hata Miktarı
FRP	: Fiber Takviyeli Plastik
FMEA	: Hata Türleri ve Etkileri Analizi
GE	: General Electric
GF	: Gaz Fırını Çıkışı Sonrası FRP Yüzey Üzerindeki Delik Sayısı
ISIG	: İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği
KIE	: Kalite İyileştirme Ekibi
KOTO	: Küçük Otobüs
Mek-P	: Mek Peroksit
MSA	: Ölçüm Sistemleri Analizi
ABCÖS	: ABC A.Ş. Öneri Sistemi
PÇT	: Problem Çözme Takımı
PUKÖ	: Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al
SPC	: İstatistiksel Süreç Kontrolü
TÖAİK	: Altı Sigma Yol Haritası (Tanımla, Ölç, analiz Et, İyileştir, Kontrol et)
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
ÜSL	: Üst Sınır Limiti
YT	: Yüksek Tavan Otobüs

€	: Euro
σ	: Standart Sapma, Sigma
μ	: Aritmetik Ortalama
6σ	: Altı Sigma



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Aritmetik ortalama ve standart sapma.....	8
Şekil 2.2.	Sigma cinsinden performans düzeyi ( $2\sigma$ düzeyi).....	9
Şekil 2.3.	Sigma cinsinden performans düzeyi ( $6\sigma$ düzeyi).....	9
Şekil 2.4.	Bir üretim sürecini etkileyen faktörler.....	13
Şekil 2.5.	Geleneksel felsefeye ve Taguchi Felsefesine göre kalite kaybı.....	13
Şekil 2.6.	Proseste ortalamadan kayma ve değişkenlik problemleri .....	15
Şekil 2.7.	Proses ortalamasından sapmalar.....	20
Şekil 2.8.	Prosesin ortalamadan kayması ve uzun dönemdeki birikimi.....	21
Şekil 2.9.	Normal dağılım olasılıkla.....	23
Şekil 2.10.	Altı Sigma seviyesinde hata oranı.....	23
Şekil 2.11.	Bazı sektörlere ait iş performansları.....	25
Şekil 2.12.	Kalitenin değeri ve maliyeti.....	26
Şekil 2.13.	$3\sigma$ ile $6\sigma$ kârları.....	26
Şekil 2.14.	$6\sigma$ 'ya doğru beklenen gelişim.....	27
Şekil 2.15.	$3\sigma$ 'dan $6\sigma$ 'ya PPM değerlerinde meydana gelen değişim.....	27
Şekil 3.1.	Altı Sigmanın odaklandığı problemler.....	34
Şekil 3.2.	Altı Sigma organizasyonu.....	35
Şekil 3.3.	Proje fazlarına göre rollerin etkinliği.....	36
Şekil 3.4.	Altı Sigma yaklaşımı.....	39
Şekil 3.5.	Altı Sigma yol haritası.....	40
Şekil 3.6.	Prosesin oluşumunu etkileyen önemli değişkenlerin süzülmesi...	43
Şekil 4.1.	ABC A.Ş. öneri sistemi süreci.....	50
Şekil 4.2.	ABC 1000 Üretim Yönetim Sistemi.....	52
Şekil 4.3.	KOTO Üretim Ana Süreci.....	62
Şekil 4.4.	KOTO üzerindeki ön klape ve ön tampon.....	63

Şekil 4.5.	KOTO üzerindeki arka duvar, klima kabuğu, arka tampon, arka klape ve yan klapeleler.....	63
Şekil 4.6.	El yatırması yöntemi ile FRP malzeme hazırlanması.....	65
Şekil 4.7.	KOTO araçlarına monte edilen FRP arka duvar.....	71
Şekil 4.8.	Araç üzerine monte edilmiş boyalı FRP arka duvar.....	72
Şekil 4.9.	Arka duvar yüzey hata oranları.....	74
Şekil 4.10.	Mevcut Durumu binomial süreç yeterlilik analizi.....	75
Şekil 4.11.	Mevcut durum poisson süreç yeterlilik analizi.....	76
Şekil 4.12.	Poisson olasılık hesabına göre 0 hatalı parça üretme olasılığı.....	76
Şekil 4.13.	Hata tipleri için pareto analizi.....	77
Şekil 4.14.	YT ve Halk Otobüsü tipleri için FRP arka duvara ait hata sayıları	78
Şekil 4.15.	Arka duvar üzerindeki deliklenmenin dağılımı.....	79
Şekil 4.16.	Koto arka duvar üretimi süreç akış şeması.....	80
Şekil 4.17.	Arka duvar üretiminde jelkot uygulaması.....	83
Şekil 4.18.	Arka duvar üretiminde elyaf ve polyester uygulaması.....	83
Şekil 4.19.	Girdi değişkeni GF ortalaması ilişkisi.....	89
Şekil 4.20.	GF sayısındaki değişkenliğin Mek CC , ort. sıc, nem or.% mek.or2 değişkenlerine göre ANOVA analizi.....	90
Şekil 4.21.	DOE analizi sonuçlarına göre GF sayısına etki eden ve etmeyen değişkenler.....	92
Şekil 4.22.	Polyester, operatör ve jelkot girdilerinin GF sayılarına etkilerinin pareto analizi.....	93
Şekil 4.23.	Polyester, operatör ve jelkot girdilerinin GF ortalamalarına etkisi	93
Şekil 4.24.	GF sayısını en azlayacak kombinasyon için Minitab sonucu.....	94
Şekil 4.25.	İyileştirmeler sonucunda ortaya çıkan GF sayılarının dağılımı....	95
Şekil 4.26.	İyileştirme öncesi ve sonrası GF sayıları için t testi sonuçları.....	96
Şekil 4.27.	İyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrası için GF sayılarına ait Box-plot grafiği.....	97
Şekil 4.28.	İyileştirme sonrası binomial süreç yeterliliği analizi.....	98
Şekil 4.29.	İyileştirme sonrası poisson süreç yeterliliği analizi.....	98
Şekil 4.30.	İyileştirme sonrası ABC A.Ş.'ye hatasız parça gelme olasılığı.....	99

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.a	Kısa dönem sigma seviyeleri, DPMO(PPM) ve verim oranları (Merkezlenmiş bir normal eğriye ilişkin).....	22
Tablo 2.1.b	Uzun dönem sigma seviyeleri, DPMO(PPM) ve verim oranları (Merkezlenmemiş bir normal eğriye ilişkin).....	22
Tablo 2.2.	Kısa ve uzun dönem sigma seviyeleri, DPMO ve verim oranları.....	23
Tablo 2.3.	Sistem iyileştirme metotları.....	28
Tablo 2.4.	Altı Sigma, Yalın Düşünce ve Kısıtlar Teorisinin özellikleri..	29
Tablo 2.5.	Altı Sigma yaklaşımı ile TKY'nin karşılaştırılması.....	32
Tablo 3.1.	Altı Sigma organizasyonun uygulama aşamalarındaki rolü....	38
Tablo 3.2.	Altı Sigma aşamalarının açılımı ve araçları.....	40
Tablo 4.1.	Altı Sigma projeleri - Problem tanımlama matrisi.....	56
Tablo 4.2.	Altı Sigma projeleri - Proje değerlendirme ve seçim matrisi...	60
Tablo 4.3.	Altı Sigma projeleri listesi.....	60
Tablo 4.4.	Proje değerlendirme formu.....	61
Tablo 4.5.	FRP arka duvar projesi için proje önceliklendirme kriterleri...	68
Tablo 4.6.	Araç tipine göre tadilat dağılımı.....	70
Tablo 4.7.	Kırk bir adet araca ait hata ve tamir tipleri.....	73
Tablo 4.8.	FRP arka duvarlar ve üzerlerindeki GF sayıları.....	78
Tablo 4.9.	FRP arka duvar yüzey hataları için sebep sonuç matrisi.....	84
Tablo 4.10.	Kırk bir adet FRP arka duvar için girdi değişkenleri ve GF miktarı.....	87
Tablo 4.11.	DOE kombinasyonları.....	91
Tablo 4.12.	On altı adet arka duvara at deney sonuçları.....	92
Tablo 4.13.	İyileştirme sonrası otuz adet Arka duvara ait GF sayıları.....	95
Tablo 4.14.	İyileştirme sonrası hatalı/hatasız arka duvarlar.....	97
Tablo 5.1.	Uygulama projesi sonrasında sağlanan iyileştirmeler .....	102

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Altı Sigma, TÖAİK, Kara Kuşak, Yeşil Kuşak, Otomotiv

Altı Sigma; tüm boyutları ile müşteri beklentilerinin arttığı, rekabet gücünü korumak ve geliştirmek için bu beklentilerin karşılanması gerektiği günümüzde, şirketlerin kullandıkları ve önemli kazanımlar elde ettikleri önemli bir metodolojidir. Sistematikliği kazanımların kalıcı olmasını sağlarken yine bu sistematiklik zamanla şirketin kültürünü de etkileyerek yapısal şirket reformlarını da beraberinde getirmektedir.

Bu çalışma ile şirketlerin kronikleşmiş problemlerine Altı Sigma yaklaşımının tanımlama, ölçme, analiz etme, iyileştirme ve kontrol etme metodolojisi ile nasıl çözüm getirebileceği açıklanmıştır. Çalışmada Altı Sigma yaklaşımı ve temel kavramlar hakkında bilgi verildikten sonra, Altı Sigma yaklaşımında organizasyonel yapının nasıl olması gerektiği ve metodolojisi hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Verilen bu teorik bilgilerin nasıl uygulanması gerektiği, diğer proje ve üretim yönetim sistemleri ile nasıl entegre edilerek sistematik bir yaklaşım geliştirilmesi gerektiği, otomotiv ana ve yan sanayinde ortaklaşa gerçekleştirilen bir uygulama projesi kapsamında açıklanmıştır. Uygulama projesinde öncelikle otomotiv ana sanayi şirketindeki proje yönetimi, Altı Sigma alt yapısı ve Altı Sigma projelerinin nasıl yönetildiği açıklandıktan sonra tedarikçiden alınan Fiber Takviyeli Plastik (FRP) malzemedeki kalite sorunlarının, tedarikçinin de dahil olduğu Altı Sigma projesi ile çözümü anlatılmıştır. Proje sonucunda kalitesiz FRP malzemeye uygulanan komple tamir oranı %59'dan %0'a, bölgesel tamir oranı %39'dan %7'ye düşmüştür. Yapılan uygulama sonucunda görülmüştür ki; şirketlerin kronikleşmiş ve çözümsüz gibi algılanmaya başlamış problemleri, Altı Sigma yaklaşımının sistematik, proselere odaklanan ve problemin kaynağına inip yok etmeyi hedefleyen yaklaşımı ile ortadan kaldırılabilen ve Altı Sigma yaklaşımı şirketlere büyük faydalar sağlamaktadır.

# **THE SIX SIGMA APPROACH AND AN APPLICATION AT AUTOMOTIVE INDUSTRY**

## **SUMMARY**

Key Words: Six Sigma, DMAIC, Black Belt, Green Belt, Automotive

Today, the companies have to compete at an environment that the high expectations of customers should be ensured. Six Sigma is a very important methodology that is used by the companies of which wants to preserve and improve their competition capability at this environment. By the implimention of Six Sigma, companies acquire important savings and the systematization of it, not only provide permanent savings but also brings structural company reforms by acting the culture of the company.

By this study, it is explained how the chronic problems of companies may be solved by the Six Sigma methodology which is consist of define, measure, analyse, improve and control phases. At the study; first, the Six Sigma approach and basic terms are explained. After than, it's given detailed information about the Six Sigma organization and methodology. The application of the Six Sigma methodology, it's integration to the other manufacturing and project management systems is explained by an application project at an automotive factory and it's supplier. At the application project, first of all, the project management and the organization of Six Sigma at the automotive factory is explained. Then the quality problems of the fiberglass product (FRP), bought from the supplier, solved by a Six Sigma project by the participation of the supplier. After the project the complete reworks decreased from %59 to %0 and regional reworks decreased from %39 to %7. At the result of application project, it's seen that cronic and hard problems can be solved and companies may get important savings by the systematic and process oriented approach of Six Sigma.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Araştırmanın Tanımı ve Amacı

Kainatta hiçbir şey birbirinin tamamen aynısı değildir. Bu farklılık kimi zaman çok kolay gözle ayırt edilebileceği gibi kimi zaman da bu farklılığın anlaşılabilmesi için çok daha yakından bakmak ve baktığımız şeyleri detaylı incelemek gerekmektedir. Örneğin iki ağacın birbirine benzemediğini gözle çok rahat ayırt edebilirken, aynı zamanda aynı yere yağan iki kar tanesinin farklılıklarını görebilmek için moleküler yapılarını incelemek gerekmektedir.

Bir şeyi iki kez aynı şekilde yapmak da mümkün değildir. Elle ya da tamamen otomatik bir sistemle bir topu aynı uzaklığa atamayacağınız gibi arabayla giderken fren mesafeniz hiçbir zaman aynı olmayacaktır. Yine bir tahta parçasını tamamen aynı boyutlarda kesmeniz imkansızdır.

Yukarıda verilen örnekler ile aynı paralellikle, üretim süreçlerinin çıktısı olan mamüller de hiçbir zaman birbirlerinin tamamen aynısı olamazlar. Yani bir mamülü tamamen aynı özelliklerde, aynı partide olsa dahi, birden fazla üretmek mümkün değildir. Spifikasyonlarında ölçebildiğiniz ya da ölçemediğiniz farklılıklar mutlaka vardır. Üretilenin bir vida ya da bir otomobil motoru olması, karmaşık ya da basit süreçlerden geçmesi bu sonucu değiştirmemektedir.

Şirketlerin en büyük problemlerinden birini oluşturan değişkenlik, müşteriler için istenmeyen bir durumdur. Aslında müşteri belirlediği sadece bir değer için ürün/hizmet talep etmektedir. Bu değerden sapmalar içinse bir toleransı vardır. Bu değerden sapma arttıkça memnuniyetsizliği artar. Bundan dolayıdır ki Taguchi bu değerden sapmaların tamamını kalite kaybı olarak tanımlamıştır [11]. Kalite kaybının olduğu her yerde bir iyileştirme fırsatı vardır ve mutlaka ele alınmalıdır.

Rekabetin sınır tanımadığı, aynı ürünü/hizmeti üreten firmaların çoğaldığı günümüzde, müşteri istekleri en önemli kriter olmuştur. Müşteri beklentisi ise, çok boyutlu müşteri beklenti uzayında tek bir noktadır. Müşteriler artık talep ettiğinden farklı bir ürün/hizmet satın almak istemediği gibi şirketlerin israf ettikleri kaynakları için de bedel ödemek istememektedir. Örneğin bir şirket ürettiği ürününün maliyetlerini hesaplarken, bu üretim esnasında ortaya çıkan hurda, yeniden işleme, son kontrol, fazla mesai, verimsizlik gibi sonuçları dikkate alırken, müşteri bu kalite kayıplarına ödeme yapmak istememektedir. Bununla beraber artık müşterinin önünde çok fazla alternatifi vardır ve beklentisini en iyi karşılayacak ürüne yönelmektedir.

Basit bir süreçten geçen üründe müşterinin beklentisinin tamamen aynısını üretmenin olanaksız olduğu ve mutlak sapmanın olacağı bir ortamda, binlerce parçadan oluşan ve karmaşık süreçlerden geçen ürünlerde müşteri beklentilerini karşılamak çok kuvvetli bir alt yapının olmasını da zorunlu kılmaktadır. Hem tedarikçilerde üretilen ve son mamulde kullanılan parçalardaki değişkenlikle savaşılmalı, hem de şirket içindeki değişkenliklere önlem alınmalıdır. Şirketler büyüdükçe girdilerin birbiri ile olan etkileşimi artmakta; küçük bir şirkette kolay tespit edilip, çözülebilecek problemler büyük şirketlerde anlaşılması ve müdahale edilmesi çok daha zor karmaşık sorunlar haline gelmektedir.

Müşteri beklentilerinin arttığı, rekabetin yoğun olduğu, karlılığın ve ciroların maliyetlerin düşürülüp kalitenin artırılmasına bağlı olduğu, şirketlerin ise büyüyüp problemlerinin karmaşıklaştığı bu ortamda sistematik yönetim biçimlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Geliştirdiği yaklaşım ile Altı Sigma, bu sistemlerden en kuvvetli olanların başında gelmektedir. İzlediği yöntemler ile şirketlerin problemlerine kalıcı çözümler getirmekte, karmaşık yapılara müdahale ederken etkin araçlar kullanmaktadır. Altı Sigma, üretimin odağına müşteriyi yerleştirmeyi, tüm kararları somut verilere dayandırmayı, süreçleri iyileştirmeyi, başarıyı ve sonuçların kalıcılığını sistemli bir yaklaşımla elde etmeyi öngören bir çalışma metodolojisi kullandığı için, uygulandığı şirketlere büyük rekabet avantajı getirmektedir.

Yapılan bu çalışmada şirketlerin kronikleşmiş problemlerine Altı Sigma yaklaşımı ile nasıl müdahale edilip çözüm getirileceği açıklanırken, Altı Sigma'nın sadece şirket içinde değil tedarikçi işbirliği ile de uygulanabileceği gösterilmiştir.

Unutulmamalıdır ki tedarikçi kalitesi, ana sanayisinde kalitesini artırmakta ve müşteri memnuniyeti sağlamaktadır.

Çalışma beş bölümden meydana gelmektedir. İlk üç bölüm teorik bilgilerden oluşurken, dördüncü bölümde bir Altı Sigma uygulaması anlatılmış, son bölüm ise elde edilen sonuçlara ayrılmıştır.

Birinci bölümde değişkenlikten, kalite kaybından, müşteri beklentilerinden, rekabetten bahsedilerek Altı Sigma'nın bahsedilen bu kavramlar ile ilişkisine değinilmiş ve genel bir açıklama yapılmıştır. Bu bölümde ayrıca literatürde daha önce yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

İkinci bölümde Altı Sigma yaklaşımı tanıtarak, tarihçesi hakkında kısa bilgi verilmiştir. Değişkenlik, sigma seviyesi, verim oranı, yeterlilik gibi temel kavramlar bu bölümde açıklanırken, yalın yönetim, toplam kalite yönetimi ve kısıtlar teorisi ile mukayesesi yapılmıştır.

Üçüncü bölümde Altı Sigma yaklaşımının tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol fazları detaylı şekilde açıklanmış ayrıca Altı Sigma yaklaşımının uygulanabilmesi için nasıl bir organizasyonel yapılanma gerektiği anlatılmıştır. Organizasyon yapısı içinde yer alan kalite konseyi, şampiyon, süreç sahibi, uzman kara kuşak, kara kuşak, yeşil kuşak ve takım üyesi kavramları tanımlanmıştır. Altı Sigma uygulamasında şirketlerin karşılaştıkları zorluklara ve Altı Sigma uygulanırken dikkat edilmesi gereken hususlara da bu bölümde değinilmiştir.

Dördüncü bölümde ise, bir otomotiv ana sanayindeki proje yönetim şeklinden bahsedilmiş ve Altı Sigma'nın bu proje yönetim sistemi içindeki yeri anlatılarak bu firma ve bu firmaya ait bir yan sanayisi şirketinde ortaklaşa yürütülen bir Altı Sigma uygulaması gerçekleştirilmiş ve anlatılmıştır.

Son bölüm olan beşinci bölümde, elde edilen sonuçlar ve öneriler açıklanmıştır.



## 1.2. Literatür Taraması

Çalışmaya öncelikle bir dizi makale inlemesi ile başlanmış ve Altı Sigma yaklaşımı konusunda yapılan çalışmalar hakkında veri toplanmıştır.

Immaneni ve ark., bir bankanın süreç iyileştirme ve gelişim tekniği olarak, Altı Sigma'yı kullanmışlardır. Bu uygulama "Capital One Direct" Bankasının stratejisinde büyük olumsuzluk olduğu zaman ortaya çıkmıştır. Bankanın ana iş süreçleri yeniden tanımlanmış, müşteri odaklılık ve sürekli iyileştirme esas alınmıştır [22].

Saleh ve ark., ISO kalite sisteminin gelişim çalışmalarında, Altı Sigma basamaklarını kullanmışlardır. Bu çalışma bilgi servislerinin genel çevre güvenliğinin geliştirilmesi amacıyla, ISO 17799:2005 bilgi güvenlik yönetim standartlarının desteklenmesiyle ilgili olup standardın çeşitli evrelerinde Altı Sigma yaklaşımını kullanmışlardır [41].

Tang ve ark., yöneylem araştırması ve yönetim bilimi tekniklerini bütünleştirerek, Altı Sigma'nın etkinliğini ve kullanımını arttıran olanakları açıklamışlardır. Tipik bir yöneylem araştırması ve yönetim bilimi yöntemlerinin uygulanması için pratik bir çalışma çerçevesi gösterilmiştir [46].

Mehdi ve Nabi, Altı Sigma'nın bir üretim sistemine nasıl uygulanabileceğini göstermek üzere pratik bir uygulama gerçekleştirmişler ve başarılı bir Altı Sigma yaklaşımının hangi prensiplere dayanması gerektiği üzerinde durmuşlardır [31].

French ve Duplancic, "Honeywell" in Altı Sigma yaklaşımı ve uygulamalarından bahsetmektedirler. "Honeywell"; toplam süreç maliyetlerinin ve çevresel riskin azaltılması, veri kalitesinde köklü bir değişikliğin elde edilmesi amacıyla, karışık, yüksek derecede heterojen ve kritik görev süreci olan, düzeltici, çevresel veri yönetimine, Altı Sigma kalite geliştirme yaklaşımını uygulamıştır [14].

Clark ve ark.; hastane ortamında da Altı Sigma'nın bir model olabileceğini öne sürmüşlerdir. Yazarlara göre, "New York Presbiteryen" Hastanesi, kalite konusunda bir model olmuştur. Bu hastane, kara kuşak liderlerini dikkatlice seçmiş ve

desteklemiştir. Stratejik nesnelere bağlantılı olarak projelerini seçmiştir. Bunun sonucunda ise kliniksel ve operasyonel gelişimi sayesinde ve servislerinin mükemmelere yakın olmaya başarısıyla, yatırımlarının geri dönüşü tüm endüstriler içerisinde, kıskanılacak bir yer elde edilmesini sağlamıştır. Asıl önemli olan, Altı Sigma yaklaşımının sürekli gelişim ve yenilik kültürü oluşturmada katalizör görevi görmüş olmasıdır. Altı Sigma, tüm bu oluşumların başlangıcı ve tetikleyicisi olarak görev yaparak bir hastanede büyük gelirler elde edilmesini sağlamıştır. Bu çalışma, Altı Sigma yaklaşımının sadece sanayi ortamında değil hizmet sektöründe de uygulanabileceğini ve başarılı olabileceğini göstermektedir [10].

Stewart ve ark., araştırmacıların Altı Sigma yaklaşımını nasıl uyguladığını ve bu uygulamanın potansiyel yararlarını herkese tanıtmak için, Londra'daki tren yolu istasyonu yapısında uygulanan, Altı Sigma süreç geliştirme projesini tanımlamışlardır. Kalitesizliğin sonucunda ortaya çıkan israflar Altı Sigma yaklaşımı ile sınırlandırılmıştır [45].

Bendel, yalın düşünce ile Altı Sigma uygulamalarını karşılaştırarak birbiri ile uyumlu bütünsel bir yaklaşım getirmeyi hedeflemiştir [7].

Frings ve Grant., bir hastanede, operasyon odalarının hazırlanması, cerrahi müdahalelerin iptali veya yeniden planlanması, sağlık sigorta işlemleri ve uygunluğunun belirlenmesi ve hasta çıkış süreçlerine Altı Sigma'yı uygulamışlardır. Bu çalışmada, Altı Sigma yaklaşımının ilk üç basamağı olan problemin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi basamakları kullanılmıştır [15].

Montgomery ve ark., Arizona Eyalet Üniversitesi'nde, Altı Sigma ile ilgili düzenlenen program için gerekli kurs çalışmaları ve proje aktivitelerini tanımlamışlardır. Arizona Eyalet Üniversitesinde, Altı Sigma kara kuşak becerileri ve tecrübeleri esasını sağlayan bir eğitim programını yerine getirmişlerdir [33].

Antony ve ark., Altı Sigma'nın ürün, proses ve hizmetlerin geliştirilmesini sağlayan bir disiplin olduğunu belirtmiş ve literatür çalışması yapmışlardır. Çalışma sonuçları Altı Sigma yaklaşımının, pareto analizi, ölçüm sistemleri analizi, deney tasarımı, regresyon analizi gibi uygulama sonuçlarına dayandırılmıştır [3].

Guinane ve Davis., Altı Sigma yaklaşımını, hastane süreçlerine ve hizmetlerine uygulanmasının önemli ilerlemelere, mükemmel yakın sonuçlara ve sıfır hataya yol gösterebileceği konusunu ele almışlardır. Toplam kalite yönetim programının bir parçası olan, kalite bilimini dikkate almanın akıllıca olacağını ifade etmişlerdir. Üst yönetimin desteği ve katkısı, bu stratejinin başarılı olması için kritik öneme sahiptir. Altı Sigma yaklaşımının başarılı olabilmesinde kritik bir etkenin, üst yönetimin tam güvenini ve tam desteğinin alınması olduğunu ifade etmişlerdir. Altı Sigmanın bir grup çalışması ve tüm işletmeye hakim olan bir kültür olduğundan bahsetmişlerdir. Üst yönetimden başlayarak tabanda çalışanlara kadar herkesin katılımı ve istekli çalışmasının önemine değinmişlerdir [18].

Brady ve Allen bir çok sektörde uygulanan Altı Sigma yaklaşımının literatürdeki gelişimini; yazılan makale sayılarını, yayınlanan dergileri, ve ele aldıkları konuları sınıflandırarak incelemişler ve “Altı Sigma nedir?”, “Operasyonel Performansı artırmada nasıl rol oynar?” ve “Akademik çalışmalar Altı Sigmanın gelişiminde nasıl rol oynar?” sorularının cevaplarını aramışlardır [8].

Linderman ve ark., Altı Sigma felsefesinin amaç-teori perspektifi ile anlaşılmasını hedeflemektedirler. Çalışmada, Altı Sigma yaklaşımının genel bir tanımı verilmiş ve daha sonra Altı Sigma'nın amaç teorisiyle nasıl bir bağlantı içerisinde olduğunu göstermek amacıyla çeşitli öneriler sunulmuştur [29].

Goh, Altı Sigma yaklaşımının son zamanlarda kullanılan bir geliştirme yapısı olduğuna değinmiştir. Altı Sigma'nın, gerçek olmayan beklentilere bile cevap verebileceğini, konuyu detaylı olarak araştırmaya gerek kalmaksızın, firmaların projelerinde yol gösterici olabileceğini ifade etmiştir [17].

Henderson ve Evans, Altı Sigma yaklaşımının, performans ve etkinliklerini yükseltme çabası içerisinde olan firmalar için toplam kalite yönetimini takip eden en etkili yönetim sistemi olduğunu belirtmiştir [21].

Kai Yang, çok değişkenli istatistik, Altı Sigma uygulamalarında nadiren kullanılan bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Bilgi teknolojilerindeki gelişmelerin çok

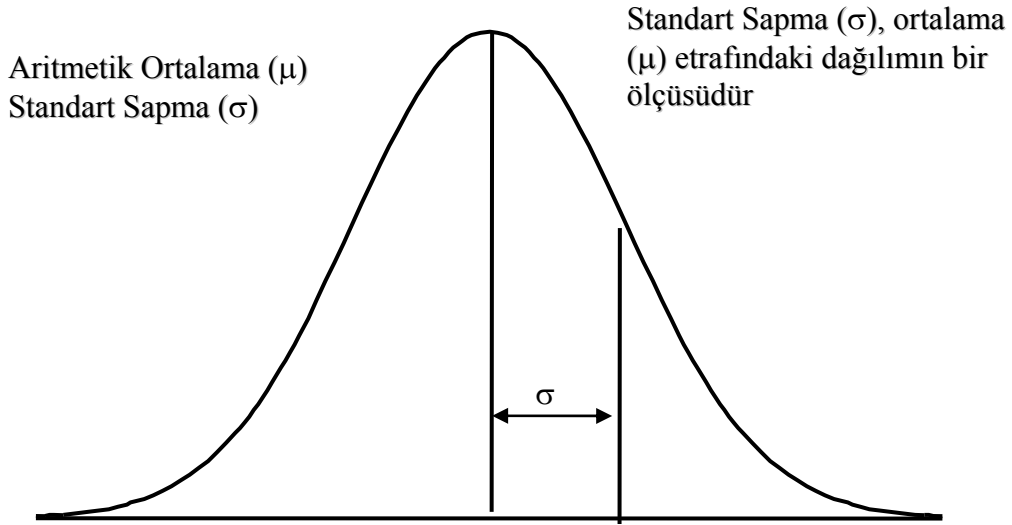
değişkenliği istatistik uygulamalarındaki zorlukları ortadan kaldırdığına değinip bu yöntemin Altı Sigma yaklaşımında uygulanmasının sağlayacağı faydaları aktarmıştır [49].

Aksoy ve Dinçmen, Altı Sigma programını hayata geçirmeye karar veren kuruluşların, programın başarısı için gerekli bilgiyi elde etme ve içselleştirme ihtiyaç duyduklarını belirtip, Altı Sigma için belirlenen kritik başarı faktörlerinin yanı sıra bilgi yönetimi prensiplerinin göz önünde bulundurulduğu sistematik bir uygulama, programın başarısına katkıda bulunacağını söylemişlerdir ve yayılım, iyileştirme ve içselleştirme kriterlerini içeren Bilgi Odaklı Altı Sigma (BOAS) metodolojisi ortaya çıkmıştır [2].

## BÖLÜM 2. ALTI SİGMA YAKLAŞIMI

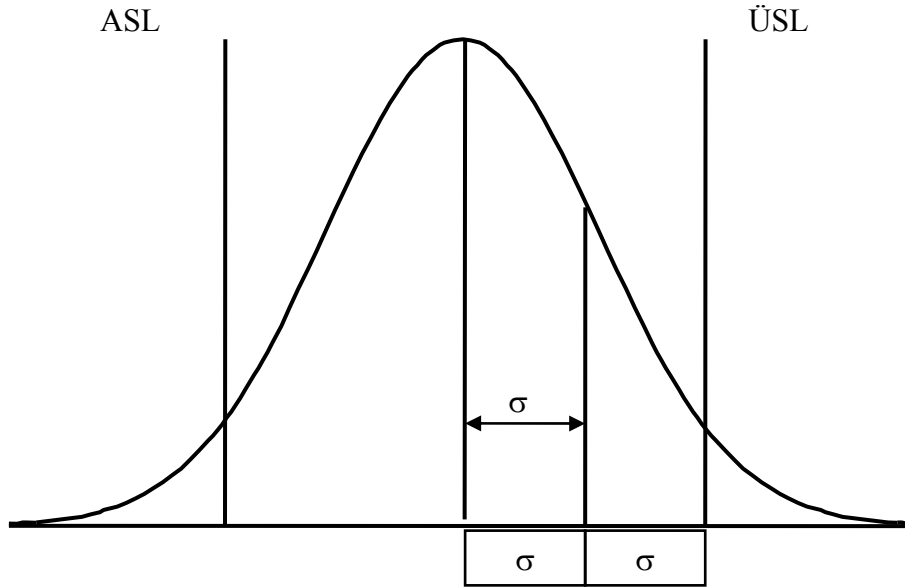
### 2.1. Altı Sigma Kavramı

Yunan alfabesinde bir harf olan sigma ( $\sigma$ ), istatistikte standart sapmanın ifadesi olarak kullanılan bir işarettir. Altı Sigma yaklaşımında ise proses değişkenliğini ifade etmektedir. Sigmaya dayalı ölçüm sistemi “parça başına hata miktarı (DPU)”, “milyonda hata miktarı” ya da “hata olasılığı” gibi kavramlar ile korelasyon sağlamaktadır [36].

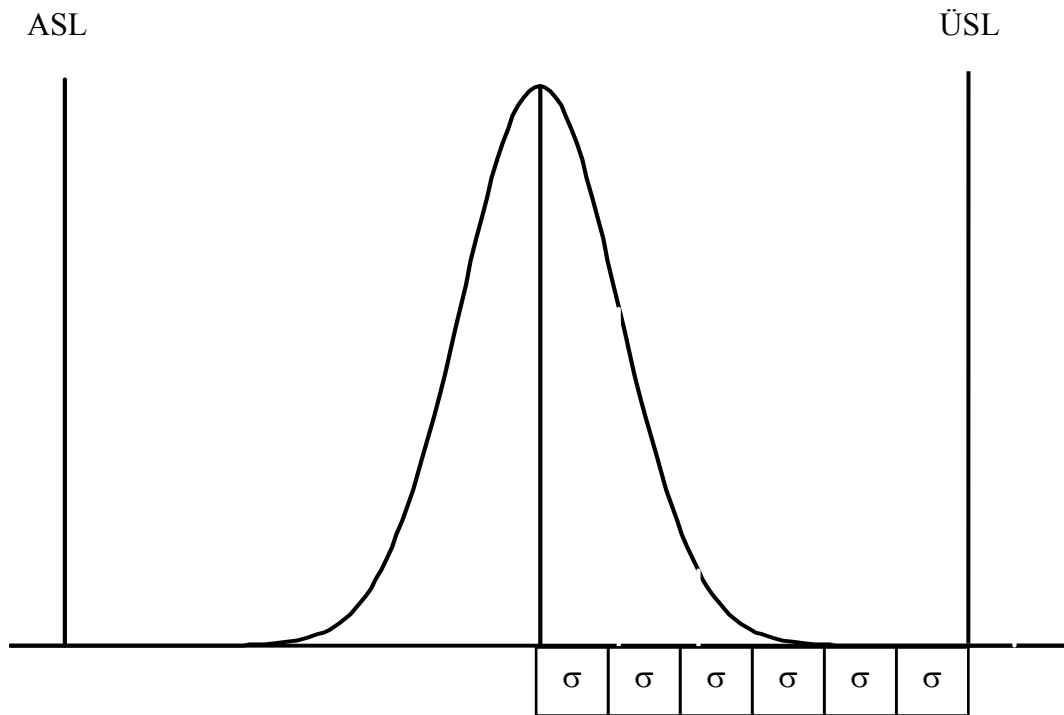


Şekil 2.1. Aritmetik ortalama ve standart sapma

Altı Sigma milyonda hata miktarının 3,4 olması anlamına gelmektedir. Bir başka ifade ile müşterinin kabul edebileceği alt ve üst sınır limitleri arasına altı adet sigmanın sığmasıdır.



Şekil 2.2. Sigma cinsinden performans düzeyi ( $2\sigma$  düzeyi)



Şekil 2.3. Sigma cinsinden performans düzeyi ( $6\sigma$  düzeyi)

Sistemlerde her zaman iyileştirme fırsatları vardır. Asıl olan bu fırsatların fark edilmesi ve bu fırsatları değerlendirecek sistemlerin kurulmasıdır. Altı Sigma yaklaşımı, sanayide kayıpları azaltmak, maliyetleri düşürmek, verimliliği artırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Sorunların kaynağını oluşturan değişkenliği ortadan kaldıran, hedefler ile yönetimi

benimseyen, sistematik, tam katılımı gerektiren ve sürekli iyileştirme esasına dayanan bilimsel bir yaklaşım olan Altı Sigma; uzun dönemli, kalıcı çözümler geliştirir ve sürekli iyileştirme sağlar. Yukarıdaki açıklamalar ışığında; Işığın (2005), Altı Sigma'nın tanımını şu şekilde yapmaktadır. "Altı Sigma; prosesleri ve ürünleri, sistematik ve bilimsel yaklaşımlar kullanarak müşteri gereksinimlerine göre iyileştirmek ve verimliliği artırarak sürekli kılmak için, verileri ve istatistiksel araçlar kullanan ve kritik başarı faktörlerine göre kaliteye ve verimliliğe projeler ile odaklanan bir yöntemdir [23]." Ravichandran'a göre ise amaç " Varyasyonların azaltılmasıyla kalite gelişimi elde etmektir [40]." Altı Sigma, kaliteye ve verimliliğe odaklanmak ile beraber, organizasyonun tüm proseslerinin ölçümünü, proses davranışlarının kararlılığını, analizini, iyileştirilmesini ve kontrolünü sağlayan bir yapıya sahiptir.

Altı Sigma literatürde çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Tomkins (1997) Altı Sigma'yı " Tüm ürün, proses ve işlemlerde hataların yok edilmesini amaçlayan bir program" olarak tarif etmektedir. Harry (1998) ise " Karlılığı, pazar payını, ve müşteri memnuniyetini; kalitede ciddi kazanımlar sağlayacak istatistiksel araçlar kullanarak artırmak" şeklinde bir tarif kullanmıştır.

## 2.2. Altı Sigma Yaklaşımının Tarihçesi

Bugün bir yönetim felsefesi olarak karşımıza çıkan Altı Sigma kısa geçmişinde aşağıda verilen aşamalardan geçmiştir.

- 80'lerin sonu ve 90'ların başı : Altı Sigma'nın metodoloji olarak kabul edilmesi. TÖAİK: Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir, Sürdür (Kontrol et) modelinin ortaya çıkması
- 90'ların ortasından sonuna : Hedefe götüren metodolojiyi tanımlayan, kapsamlı bir süreç iyileştirme sistemi
- Bugün : İş ve süreçte mükemmelliğe ulaşmak için bir yönetim felsefesi.
- Altı Sigma'nın tarihindeki önemli kilometre taşları aşağıdaki gibi sıralanabilir.
- 1987 : Motorola başkanı 1992 yılı sonuna kadar Motorola'nın  $6\sigma$ 'ya ulaşacağını deklare etti (5 yıllık hedef) [11]. Bu çerçevede öncelikle, firma içinde "yaygın hata azaltma ve birim başına hata sayısı" kavramları tanımlandı. Bu tanım bütün

birimlerde hatalara ilişkin veri ölçme ve toplamaya odaklanılmasını sağladı. Böylece, George Fisher tarafından yönetilen Motorola iletişim grubundan yeni bir düşünce doğdu ve bu yenilikçi iyileştirme kavramına Altı Sigma adı verildi. Daha sonra, telefon kalitelerinin artması ve gelişmesini sağlamak için Altı Sigma teknikleri iç eğitimlerde kullanılmaya başlandı [23].

- 1988: İlk Altı Sigma Konsorsiyumu Oluşturuldu [11].
- Motorola, Raytheon, ABB, Kodak şirketleri.
- 1989/1990 : IBM ve DEC şirketleri Altı Sigma uygulamasında başarısız oldular [11].
- 1993: Allied Signal (veya 1999'da gerçekleşen birleşmeden sonraki adıyla Honeywell)'dan Larry Bossidy Altı Sigma'ya yeni bir yaklaşım getirdi.
- Destekleyen Alt yapı ve Adanmış Kara Kuşaklar [11].
- GE (General Electric), Altı Sigma'yı 1995'te uygulamaya başladı ve 1996-1999 döneminde dört yıllık süreçte 2,2 milyar dolar kâr elde etti [23].
- 1996/1997: Allied Signal ve GE'nin başarısının ardından 6 Sigma uygulamaları büyük artış gösterdi.
- Siebe, Bombardier, Whirlpool, Navistar, Gencorp, Lockheed Martin, Sony, Nokia, John Deer Altı Sigma uygulamaya başladı [11].
- 1997/1999 yılları arasında artış üstel olarak devam etti.
- Siemens, Seagate, Compaq, Toshiba, McKesson, AmEx, Johnson&Johnson, Airproducts, Maytag, Dow Chemical, Dupont, Honeywell, praxair, Ford, BMW, Samsung, Johnson Control Altı Sigma uygulayan şirketler arasında yerlerini aldılar [11].

### 2.3. Proseslerin İki Temel Problemi

Firmalardaki proseslerin iki temel problemi vardır :

- Ortalamadan kayma (hedeften sapma)
- Değişkenlik

Snee ve Hoerl'e (2007) göre Altı Sigma'nın hedefi, süreç ortalamasını değiştirerek ve süreç değişkenliğini azaltarak müşteri beklentisini sağlamaktır.



### 2.3.1. Ortalamadan kayma

Ortalamadan kayma veya aynı anlama gelmek üzere hedeften sapma, prosesin ortalamasının zaman içerisinde hedef değerden uzaklaşmasıdır.

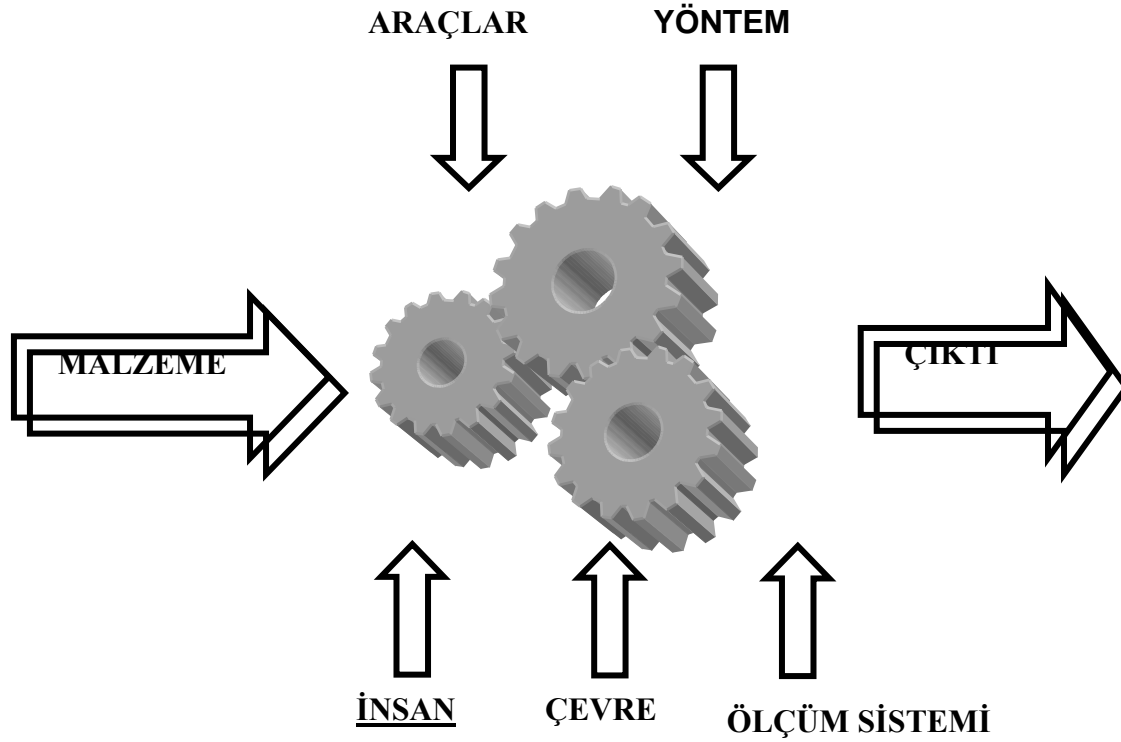
### 2.3.2. Değişkenlik

Bir prosesten elde edilen ürünler, aynı yöntem ve makineler kullanılmasına rağmen kalite özellikleri açısından birbirinin tıpa tıpa aynı olmayıp her zaman birbirinden az da olsa farklılık gösterir. Bu farklılık “değişkenlik”, “değişim” veya “varyasyon” olarak adlandırılır [24]. Bu çalışmada “değişkenlik” terimi kullanılacaktır.

Proseslere ortalama ölçüsü ile bakmanın gerekli ancak yeterli olmadığını söyleyebiliriz. Örneğin ortalama maliyet, ortalama stok miktarı, ortalama kargo teslim süresi, vb. gibi sadece hesaplanmış ortalama değerleri baz almak, değişkenlik parametresinin göz ardı edilmesine ve yanlış çıkarımlara gidilmesine yol açabilir.

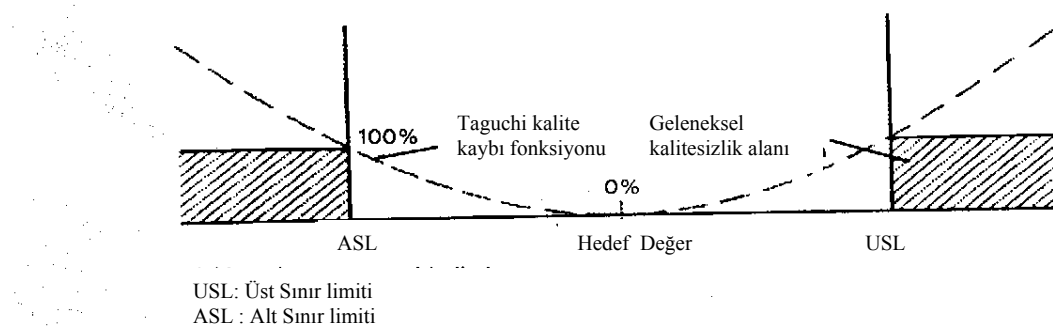
Bir örnek verilecek olursa müşterinize sipariş üzerine yapılan ürünlerin, sipariş verildikten sonraki altı iş günü içinde bitirilebileceğini söylüyorsanız, sipariş-teslimat performansınızın ortalama 4,2 gün olduğunu öğrenmek sizin için sevindirici olabilir. Ancak proseslerinizdeki değişkenlik nedeniyle, bu ortalama değer siparişlerin %15'den fazlasının teslimatının altı günden uzun sürdüğü (yani geç kaldığı) gerçeğini görmenizi engelleyebilir. Toplam değişkenliği azaltmadığınız sürece, ortalama teslim süresini iki güne indirmeniz gerekir ki, bütün siparişleriniz söz verdiğiniz gibi altı gün içinde teslim edilebilsin. Bunun dışında, değişkenliği önemli ölçüde azaltarak, ortalama teslimat süresini beş güne de çıkartabilirsiniz [23].

Bütün prosesler; makine, malzeme, yöntem, operatör, ölçüm ve çevre koşulları olmak üzere altı temel faktörden dolayı değişime uğrarlar. Bu nedenle, üretilen ürünlerin kalite özellikleri hiçbir zaman aynı olamaz ve iki ürünün kalite özelliği arasında az da olsa değişkenlik bulunur. Bu değişkenliğin büyüklüğü müşterinin bu ürünü kabul edip etmemesinde rol oynar. Işığışık (2007) müşterinin kabul sınırlarını ifade eden Alt Limit Sınırı (ASL), Üst Limit Sınırı (ÜSL) arasındaki alanı müşterinin hoşgörüsü alanı olarak tanımlamıştır.



Şekil 2.4. Bir üretim sürecini etkileyen faktörler [11]

Taguchi'ye göre ise müşterinin hoşgörüsü diye ifade edilen, aslında müşterinin tahammül sınırlarıdır. Müşterinin istediği tek değer vardır ve bu değerden her türlü sapma kalite kaybıdır [11].



Şekil 2.5. Geleneksel felsefeye ve Taguchi Felsefesine göre kalite kaybı (Roy 1990)

Bir sistem, yukarıdaki altı temel faktörden oluşan ve birbirlerini takip eden süreçlerden oluşur. Bu temel faktörler süreçlerin değişken olmasına sebep olur ve değişkenlikte oluşturulan bir azalma iyileştirme olanakları sunar.

Şekil 2.6’da iki prosesten soldaki ortalamadan kayma probleminin, sağdaki ise değişkenlik probleminin olduğu proseslere örnektir [24]. Şekilden de görülebileceği gibi her iki proseste istenmeyen bir durumdur. Soldaki proseste ortalamalar alındığında hedef değerden oldukça farklı bir değer çıkacak olmakla beraber, prosesin değişkenliği oldukça azdır. Ortalamadan sapmaya neden olan değişkenin kolay tespit edilebileceği ve iyileştirmenin daha kolay yapılabileceği söylenebilir. Sağdaki proseste ise, çıktılarının ortalaması hedef değere çok yakın olmakla beraber sapma çok yüksektir. Geleneksel kalite anlayışına göre kalitesizlik düşük olmakla beraber Taguchi’nin fonksiyonuna göre gözüken kalitesizliğin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu prosesin kontrol altına alınması ve değişkenliğin azaltılması görece olarak daha zordur.

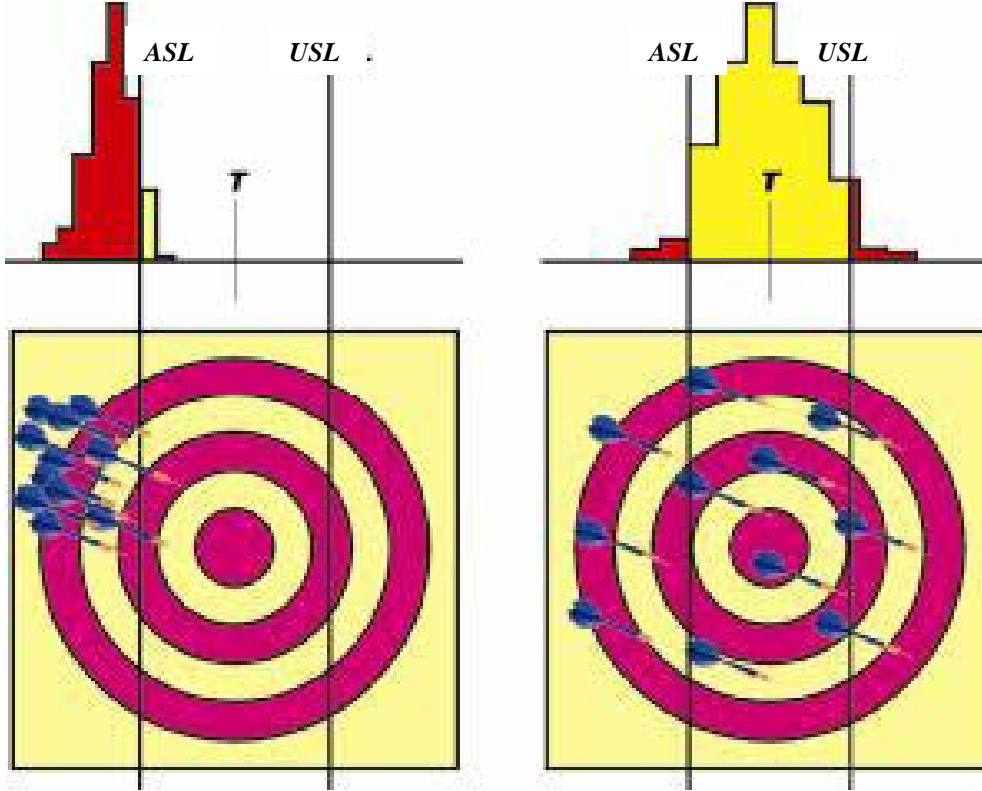
Değişkenliğin sıfıra yakın olması gözlem değerlerinin birbirine yakın olmasını, değişkenliğin sıfır olması ise gözlem değerlerinin birbirine eşit olmasını ifade eder. Ancak, sanayide ve iş dünyasında değişkenlik kaçınılmaz olarak var olduğundan, gözlem değerlerinin birbirine eşit olması mümkün değildir. Altı Sigma yaklaşımının esası, proseslerdeki değişkenliği azaltmak ve ortalamadan kaymaları önlemek suretiyle, hata veya başarısızlık oranlarını düşürmektir.

Shewhart, prosesteki değişkenliği şu iki kaynağa bağlamıştır

- Genel nedenler
- Özel nedenler

Montgomery’e göre proses değişiminin oluşumunu sağlayan genel neden; bir veya birden fazla kaynağın etkisiyle rassal olarak çeşitli derecelerde

- Her zaman ortaya çıkabilen,
  - Önceden tahmin edilebilen ve
  - Birbirinden bağımsız değişimler
- olarak kabul edilir [32].



Şekil 2.6. Proseste ortalamadan kayma ve değişkenlik problemleri (Işığışok 2007)

Genel nedenler; üretim faktörlerinin tümünde rassal olarak ortaya çıkan, tek başlarına etkileri zayıf olan ve küçük farklılıklar yaratan ortak nedenlerdir. Genel nedenlerin etkisindeki bir proses, istenen özelliklerde ve spesifikasyonlarda ürün elde ettiği sürece istatistiksel olarak kontrol altında demektir [16].

Özel nedenler ise,

- Üretim faktörlerinin bir kısmında olan (insan, makine, malzeme, yöntem, çevre),
- Tek başlarına önemli derecede etkileri olan,
- Bazı özel durumlarda ve az sayıda ortaya çıkan
- Giderilmesi mümkün olan nedenlerdir [24].

Değişkenliğin özel nedenleri, belirsiz bir kaynaktan oluşur. Önceden tahmin edilemeyen düzensiz nedenlerdir. Özel nedenlerin varlığı prosesin “kontrol dışında” olduğuna işaret eder. Kontrol dışında olan bir prosesin kontrol altına alınabilmesi için bu duruma yol açan özel nedenlerin belirlenip ortadan kaldırılması gerekir

Özel nedenler ortadan kaldırıldıktan sonra, zamanla genel nedenler de kararlı bir dağılım gösterirler ve genel nedenlerin de azaltılması yoluna gidilebilir. Önlem alınmaması durumunda ise, özel nedenler ortadan kalkmaz. Bu amaçla, özel nedenlerin ne zaman ortaya çıktığı istatistiksel olarak kolayca belirlenebilir ve böylece önlem alma yoluna gidilebilir. Genel nedenler, öngörülebilir sınırlar içinde değişkenliklerin kaynağı iken, özel nedenler öngörülemeyen değişkenliklerin kaynağıdır. Değişkenliğin genel nedenlerine örnek olarak; titreşim, sıcaklık, nem, gerilim dalgalanması, vb. gösterilebilir. Aynı mantıkla, değişimin özel nedenlerine örnek olarak da takım veya makine aşınması, takım kırılması, malzeme veya kesici takım bağlantı noktalarının gevşekliği, makine boşlukları, malzeme sertlikleri, vasıfsız elemanlar, çalışanların dikkatsizliği, vb. verilebilir [24].

### 2.3.2.1. Süreç değişkenliği

Süreç değişkenliğini anlamak süreci anlamayı sağlar ve anlamadığınız bir süreci kontrol edemezsiniz. Snee ve Hoerl'e göre  $Y = f(X)$  formunda modeller geliştirmek süreci anlamada oldukça etkili bir yoldur [43].

Burada kullanılan "X" ve "Y"lerin açılımı aşağıdaki gibidir [34].

X:

- Stratejik amaca ulaşmak için gerekli hareketler
- Yapılan işin kalitesi
- Müşteri memnuniyetini etkileyen faktörler
- Süreç değişkenleri
- Süreç için gerekli girdilerin kalitesi

Y:

- Stratejik amaç
- Müşteri istekleri
- Karlılık
- Müşteri memnuniyeti
- Genel işin performansı

Yine Snee ve Hoerl'e göre süreci anlamak için aşağıdaki bilgilere ihtiyaç vardır [43].

- Sürecin dayandığı kritik değişkenlerin (X'lerin) bilinmesi

- Süreç çıktılarını (Y'leri) etkileyen kritik kontrol edilemeyen değişkenlerin (gürültü) bilinmesi
- Sürecin bu kontrol edilemeyen değişkenlere karşı duyarsız olması (sağlamlık)
- Ölçüm sistemlerinin yeri ve ölçümün değişkenlik miktarının bilinmesi.
- Süreç yeterliliğinin bilinmesi
- Etkili süreç kontrol prosedürleri ve kontrol planları olması
- Sürecin performansının zaman içinde güvenilir bir şekilde tahmin edilebilir olması

#### **2.4. Altı Sigma'nın İlkeleri ve Yararları**

Altı Sigma'nın dört farklı boyutu vardır [4].

- Disiplindir.
- Yönetim Felsefesidir
- İstatistiksel araçlar kullanır, tekniktir.
- Süreç verimliliğini ölçebilmek için kriter sağlar.

Altı Sigma prosesi üç ana alan üzerine odaklanır,

Bunlar;

- Çevrim zamanının azaltılması
- Kusurların/Hataların azaltılması
- Müşteri memnuniyeti

Bir işletmede Altı Sigma uygulanabilmesi için işletmede stratejik iyileştirmeler, kültür değişimi ve sorun çözme yeteneğinin geliştirilmesi sağlanmalıdır. Bu ise tepe yönetimin desteğine bağlıdır. Altı Sigma öğrenen organizasyon özelliğindedir ve sistemli, projeye dayalı olarak çalışmaktadır. Temel felsefesi müşteri odaklılıktır. Müşteri beklentileri şirketin tüm süreçlerinde dikkate alınmalıdır. Ürün kalitesinden çok süreç kalitesindeki yeterlilikler artırılmalıdır. Altı Sigma bir firma stratejisi olarak kullanıldığında rekabet avantajı sağlamaktadır. Çünkü sürecin sigma seviyesi yükseldikçe, ürün kalitesi artar ve maliyetimiz düşer. Sonuçta yüksek müşteri memnuniyeti sağlanmış olur. Tüm bu özellikleri sayesinde Altı Sigma, işlem sürelerinin kısaltılmasına, hataların azaltılmasına, maliyetlerin küçülmesine, verimliliğin

yükselmeye, sadık müşteri sayısının artmasına, pazar payının büyümesine, firmalarda kültür değişiminin yaşanmasına sebep olmaktadır. Altı Sigma'yı uygulayan birçok firma verimlilik etkenlik, kalite, müşteri tatminin de birçok artış sağlamanın yanı sıra pek çok tasarruf sağlayabilmişlerdir. Yalnız büyük firmalar da değil küçük ve orta ölçekli pek çok firmada da uygulanabilmesi mümkün olan bir yaklaşımdır.

Altı Sigma yaklaşımının aşağıdaki belirtilen yararları, günümüz rekabet koşulları açısından son derece önemlidir.

- Maliyetleri azaltmak,
- Verimliliği arttırmak,
- Pazar payını arttırmak,
- Müşteri sürekliliğini sağlamak,
- Çevrim zamanını düşürmek,
- Hata oranını azaltmak,
- Kültür değişimini sağlamak
- Ürün veya hizmet geliştirmek.

Altı Sigma'nın yararları bir başka açıdan aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

- İş sonuçlarına etkisi olan her performans çıktısının ölçülerek izlendiği, kararların ölçüm sonuçlarına ve veriye dayandığı kurumsal kültür kazandırır.
- Mevcut süreçleri, özellikle de iş sonuçlarına önemli etkisi olanları mükemmel/hatasız hale getirme becerisine sahip kurumsal davranış biçimi ve alışkanlığı sağlar.
- Yeni süreçleri mükemmel/hatasız şekilde devreye alma becerisine sahip kurumsal davranış biçimi ve alışkanlığını oluşturur.
- Bu davranış biçimlerinin ve alışkanlıklarının ortaya çıkardığı parasal kazançların ve iş sonuçlarının (karlılığın ve satışların artması) getirdiği inanç, güven ve moral artışı.

Tüm bu bilgilerin ışığında, Altı Sigma'nın temel ilkeleri toplu olarak şöyle özetlenebilir.

- Müşteri odaklılık,

- Verilere ve gerçeklere dayalı yönetim.
- Proses odaklılık,
- Yönetimin katılımcılığı ve iyileştirmeye olan inancı,
- Proaktif (olaylardan önce harekete geçen) yönetim,
- Sınırsız işbirliği
- Mükemmele yöneliş

## 2.5. Sigma Seviyeleri, Hata Sayıları ve Verim Oranları

Altı Sigma kavramındaki sigma, herhangi bir procese ilişkin ölçülebilir gözlem değerlerinin değişkenliğini veya birbirlerinden uzaklığını ortalama olarak ölçen bir istatistiksel araçtır. Değişkenlik, standart sapma adı verilen bir ölçü (kriter) ile belirlenir ve sigma ( $\sigma$ ) sembolü ile gösterilir.

Gözlem değerlerinden elde edilen sigma değeri ile Altı Sigma yaklaşımındaki sigma seviyesi arasında ilişki olmakla birlikte, bu iki kavram birbirinden farklıdır. Nitekim, iş dünyasında bir prosesin sigma seviyesi, prosesin ne kadar iyi çalıştığını ve hatanın hangi sıklıkla ortaya çıktığını gösteren bir ölçümdür [4].

Altı Sigma, bir prosesin veya ürünün kalitesini ölçmek için ölçüm aracı olarak "birim parça başına hata miktarını (DPU)" kullanır. Ayrıca, hata (D), birim/parça (U), fırsat (OP), toplam fırsat (TOP), fırsat başına hata oranı (DPO), milyonda (olası) hata sayısı (DPMO) ile gösterilmek üzere şu formüller yazılabilir [23].

$$DPU = D / U$$

$$TOP = U * OP$$

$$DPO = D / TOP$$

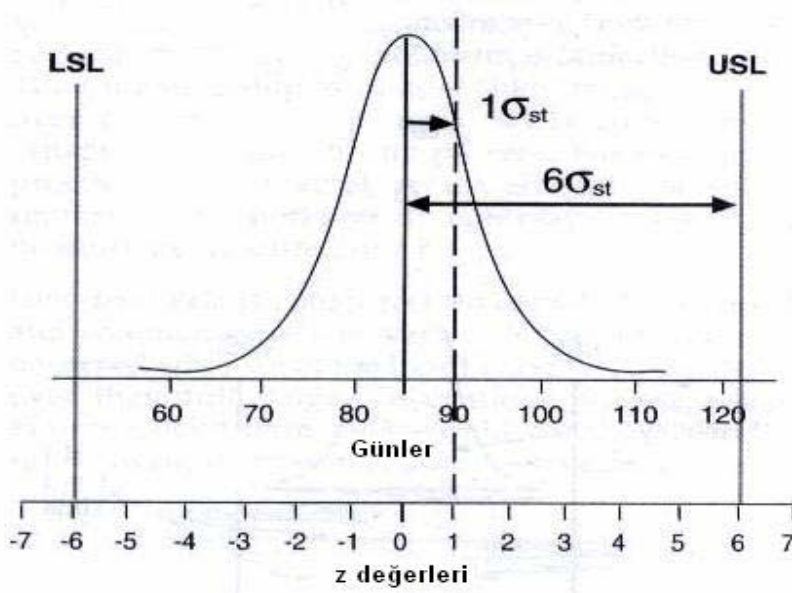
$$DPMO = DPO * 1.000.000$$

Altı Sigma'da, müşteri memnuniyetsizliğinin göstergesi olan hataların sıklığı, sigma değeri ile belirtilir. Sigma seviyesi arttıkça, proses değişkenliği ile milyonda hata sayısı düşmekte ve verimlilik (veya başarı) oranı artmaktadır. Altı Sigma, milyonda sadece 3,4 olasılıklı hata mükemmeliyetinin bir standardıdır. Kuşkusuz, hata sayısının düşmesinin i) Maliyetlerin düşmesine, ii) Çevrim zamanının azalmasına ve buna bağlı olarak iii) Müşteri memnuniyetinin artmasına neden olacaktır [23].



Bir Altı Sigma prosesi, kısa dönem yeterlilik çalışması için ortalama ile spesifikasyon sınırları arasındaki altı standart sapmaya sahiptir

Şekil 2.7’de Altı Sigma felsefesi için  $z$  değeri ilişkisini (standart değişken ile Altı Sigma yaklaşımı arasındaki ilişkiyi) açık olarak görülmektedir.



Şekil 2.7. Proses ortalamasından sapmalar (Sheehy ve ark. 2002)

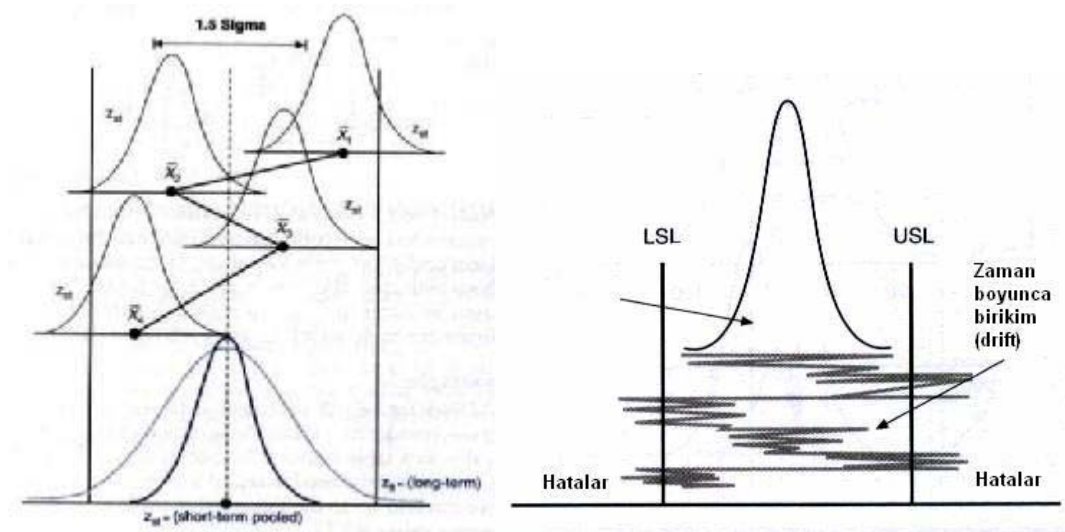
### 2.5.1. Altı Sigma prosesinde kısa ve uzun dönem

Herhangi bir prosese ilişkin kısa dönem verileri, procesten kısa zaman döneminde çekilen örneklemelere dayanır. Prosesin kısa zaman dilimindeki anlık fotoğrafını gösteren kısa dönem verileri, normal şartlarda daha çok değişkenliğin genel nedenlerinin etkisinde kalır. Örneğin bir parti üretimi içerisindeki değişkenlik kısa dönem değişkenliğini ifade edebilir [23].

Uzun dönem verileri ise, değişkenliğin hem genel nedenlerinin hem de özel nedenlerinin etkisinde kalır. İki parti üretimi arasındaki değişkenlik uzun döneme örnek verilebilir. Burada hem partilerin kendi içindeki değişkenliği hem de partiler arası değişkenlik söz konusudur Şekil 2.8’de görüleceği gibi, uzun dönem proses

değişkenliği, kısa dönem izi ve bu değişkenliklerin birikimini (izlerini) içerir. Bu nedenle, uzun dönem proses değişkenliğinin daha fazla olacağı açıktır [23]

Altı Sigma prosesinde müşteri tatmini ve iş hedefleri, proses veya ürün değişkenliği nedeniyle kayma gösterir. Kısa dönemde hesaplanan sigma seviyesi, uzun dönem için daha düşük çıkar. Literatürde uzun dönem sigma seviyesi, kısa dönem sigma seviyesinden  $1,5\sigma$  daha düşük alınır. Yani kısa dönemde  $6\sigma$  olarak hesaplanan bir sürecin uzun dönemde sigma seviyesi  $4,5\sigma$  olarak hesaplanır.



Şekil 2.8. Prosesin ortalamadan kayması ve uzun dönemdeki birikimi (Işığışok 2007)

Merkezlenmemiş (uzun dönem) prosesin merkezden  $1,5\sigma$ 'lık kayma göstermesi sonucunda,  $3\sigma$  seviyesinde milyonda 66807 hata ile karşılaşılır iken,  $6\sigma$  seviyesinde milyonda 3,4 hata ile karşılaşılmaktadır [23].

Tablo 2.1.a ve Tablo 2.1.b'de merkezlenmiş ve merkezlenmemiş bir normal eğriye ilişkin çeşitli sigma seviyelerine karşı gelen milyonda olası hata sayısı ve verim/başarı oranları yer görülebilir. Tablo 2.1.a'daki kısa döneme ilişkin  $6\sigma$  seviyesi, merkezlenmiş bir normal eğrinin ortalamasından sola ve sağa  $\mu \pm 6\sigma$  şeklinde olmak üzere toplam  $12\sigma$  genişliğini ifade eder. Oysa, uzun dönemde prosesin merkezlenmesi mümkün olmayıp, ortalamadan sola veya sağa kayması kaçınılmazdır [24].

Söz konusu tablodaki uzun döneme ilişkin  $6\sigma$  seviyesi, merkezlenmemiş bir normal eğrinin ortalamasından sola ve sağa  $-6\sigma < \mu < 4,5\sigma$  veya  $-4,5\sigma < m < 6\sigma$  şeklinde olmak üzere, simetrik olmayan toplam  $10,5\sigma$  genişliğini ifade eder. Kısa dönem ile uzun dönem sigma seviyelerindeki bu farklılık, prosesin zaman içinde çeşitli nedenlerin etkisiyle değişkenlik göstermesi ve ortalamadan kaymasıdır [24]. Altı Sigma çalışmalarında prosesin uzun dönemde  $1,5\sigma$  kayacağı kabul edilir. Bu durum, proses ortalamasından  $1,5\sigma$  sola veya sağa kaymaya izin verilmesi anlamına gelir.

Tablo 2.1.a. Kısa Dönem Sigma Seviyeleri, DPMO(PPM) ve Verim Oranları (Merkezlenmiş Bir Normal Eğriye İlişkin)

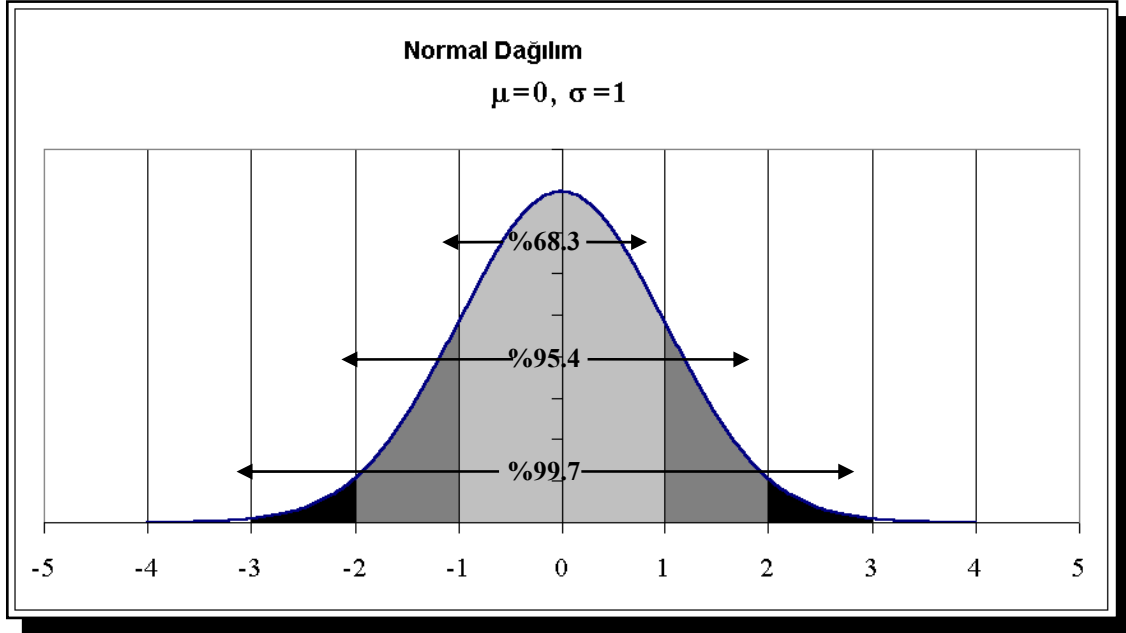
Sigma Seviyesi	Milyonda hata sayısı (DPMO)	Verim (Başarı) (%)
$1\sigma$	317.311	68,2689
$2\sigma$	45.500	95,4500
$3\sigma$	2.700	99,7300
$4\sigma$	63	99,9937
$5\sigma$	0,57	99,99994
$6\sigma$	0,00197	99,9999998

Tablo 2.1.b. Uzun Dönem Sigma Seviyeleri, DPMO(PPM) ve Verim Oranları (Merkezlenmemiş Bir Normal Eğriye İlişkin)

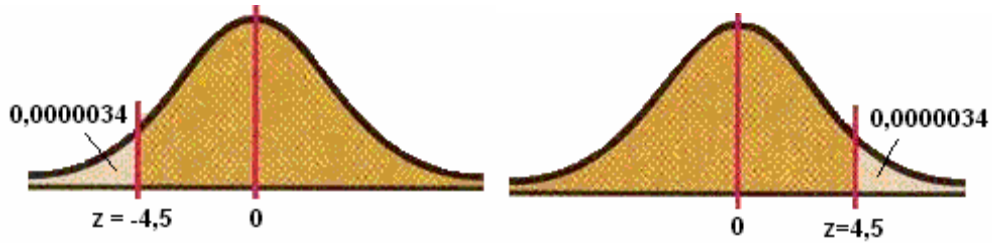
Sigma Seviyesi	Milyonda hata sayısı (DPMO)	Verim (Başarı) (%)
$1\sigma$	691.462	30,8538
$2\sigma$	308.538	69,1462
$3\sigma$	66.807	93,3193
$4\sigma$	6.210	99,3790
$5\sigma$	233	99,9767
$6\sigma$	3,4	99,99966

Böylece, merkezlenmeyen prosese ulaşılır. O halde, uzun dönem sigma seviyelerine ilişkin alanları hesaplamak için sigma seviyesinden  $1,5\sigma$  değeri çıkarılır. Örneğin, uzun dönem  $6\sigma$  seviyesi için,  $z = 6\sigma - 1,5\sigma = 4,5\sigma = 4,5$  değeri kullanılır ve bu değer normal dağılımda karşılık gelen değer  $P(z < 4,5) = 0,9999966$  olarak bulunur [23]. Kısa dönem sigma seviyesinden  $1,5\sigma$  çıkarıldığında elde edilecek sigma seviyesi,  $z$  değeri olarak dikkate alınmak suretiyle, normal eğri alanları tablosuna bakılır ve  $-z$ 'den büyük veya  $z$ 'den küçük alan, verimi veya başarıyı ifade ederken,  $-z$ 'den

küçük veya  $z$ 'den büyük alanın 1.000.000 ile çarpımı ise milyon başına hata sayısını (DPMO) gösterir. Bu mantıkla hesaplanan bazı sigma seviyeleri, milyon başına hata sayısı ve verim/başarı oranları ise Tablo 2.2'deki gibidir.



Şekil 2.9. Normal dağılım olasılıkları (Köksal 1995)



Şekil 2.10. Altı Sigma seviyesinde hata oranı (Işığışçok 2007)

Tablo 2.2. Kısa ve uzun dönem sigma seviyeleri, DPMO ve verim oranları

Kısa Dönem	Uzun Dönem	(DPMO)	Verim/Başarı(%)
0,2 $\sigma$	-1,3 $\sigma$	903.200	9,68
0,5 $\sigma$	-1,0 $\sigma$	841.345	15,8655
0,7 $\sigma$	-0,8 $\sigma$	788.145	21,1855
1,0 $\sigma$	-0,5 $\sigma$	691.462	30,8538
1,2 $\sigma$	-0,3 $\sigma$	617.911	38,2089
1,5 $\sigma$	0,0 $\sigma$	500.000	50

Tablo 2.2.Devam

1,7 $\sigma$	0,2 $\sigma$	420.740	57,926
2,0 $\sigma$	0,5 $\sigma$	308.538	69,1462
2,2 $\sigma$	0,7 $\sigma$	241.964	75,8036
2,5 $\sigma$	1,0 $\sigma$	158.655	84,1345
2,7 $\sigma$	1,2 $\sigma$	115.070	88,493
3,0 $\sigma$	1,5 $\sigma$	66.807	93,3193
3,2 $\sigma$	1,7 $\sigma$	44.565	95,5435
3,5 $\sigma$	2,0 $\sigma$	22.750	97,725
3,7 $\sigma$	2,2 $\sigma$	13.903	98,6097
4,0 $\sigma$	2,5 $\sigma$	6.210	99,379
4,2 $\sigma$	2,7 $\sigma$	3.467	99,6533
4,5 $\sigma$	3,0 $\sigma$	1.350	99,865
4,7 $\sigma$	3,2 $\sigma$	687	99,9313
5,0 $\sigma$	3,5 $\sigma$	233	99,9767
5,2 $\sigma$	3,7 $\sigma$	108	99,9892
5,5 $\sigma$	4,0 $\sigma$	32	99,9968
5,7 $\sigma$	4,2 $\sigma$	13	99,9987
6,0 $\sigma$	4,5 $\sigma$	3,4	99,99966

Tablo 2.2 incelendiğinde; örneğin, iki sigma seviyesinden üç sigma seviyesine iyileşme gösteren bir proseste, milyon fırsatta hata sayısı 308.538'den 66.807'ye düşecektir. Sigma seviyesi dörde yükseldiğinde ise milyon fırsatta hata sayısı 6210'a kadar gerileyecektir.. Hedef değer olan altı sigmaya ulaşılması durumunda ise milyon fırsatta hata sayısının 3,4'e kadar düşeceği görülür.

### 2.5.2. %99 ve %99,99966 yeterlilik

Aslında yüksek bir yeterlilik seviyesi gibi gözükten %99 değeri bir işletme için kısa dönemde 3,83 $\sigma$ 'ya karşılık gelir.

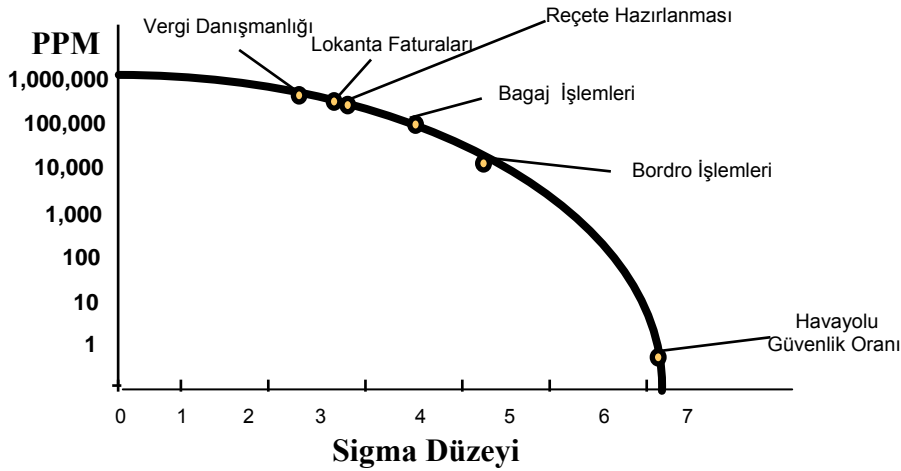
Bu değer ile çalışan bir sistem için aşağıdaki istatistiki sonuçlar ise %99 yeterliliğin aslında ne kadar düşük bir yeterlilik olduğunu göstermektedir.

- Saatte 20.000 adet kayıp posta gönderisi
- Hergün yaklaşık onbeş dakika boyunca niteliksiz içme suyu
- Haftada 5.000 hatalı cerrahi operasyon
- Büyük hava limanlarının pek çoğunda günde iki erken ya da geç teker koyma
- Her yıl 200.000 yanlış ilaç reçetesi

- Her ay yaklaşık yedi saatlik elektrik kesintisi [11].

Bu sistemler ile  $6\sigma$  seviyesi yakalandığında ise hata seviyeleri aşağıdaki gibi değişmektedir.

- Saatte yedi gönderi kaybı
- Yedi ayda bir dakika niteliksiz su
- Haftada 1.7 hatalı cerrahi operasyon
- Her beş yılda bir erken ya da geç teker koyma
- Yılda altmış sekiz yanlış reçete
- Her otuz dört yılda, bir saatlik kesinti [11].

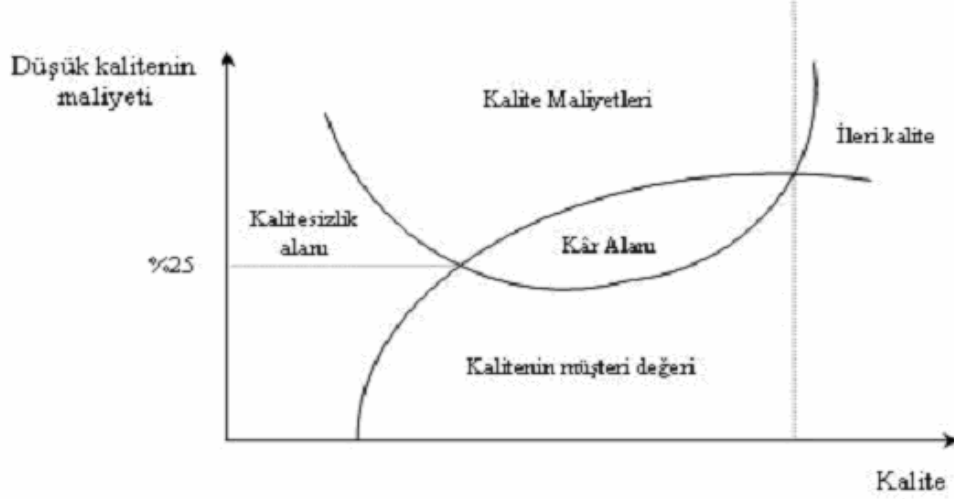


Şekil 2.11. Bazı sektörlere ait iş performansları [11]

### 2.5.3. Altı Sigma'nın değeri ( $3\sigma$ - $6\sigma$ karşılaştırılması)

Pyzdek'e göre geleneksel  $3\sigma$  şirketi gibi işleyen bir işletme düşük kalite yüzünden sürekli müşteri kaybeder ve rakipleri işletmeyi fiyat yönlü rekabette sürekli geride bırakırlar. Kalite problemleri test ve muayeneleri arttırarak çözülmeye çalışılır. Sonuçta kusurlarda bir düşüş gözlenebilir fakat bu sürecin doğal sonucu maliyetler artar. Kalitede müşteri yerleri kesin bir değere sahiptir, kalite düşük olduğunda müşteriler ürünleri almaz, kalite iyileştirildiğinde maliyetler artar dolayısı ile müşteriler uygulamak zorunda olunan yüksek fiyatları ödeyemezler. Tipik bir  $3\sigma$  işletmesi için düşük kalitenin toplam maliyetinin satışların %25'i olduğu durumda

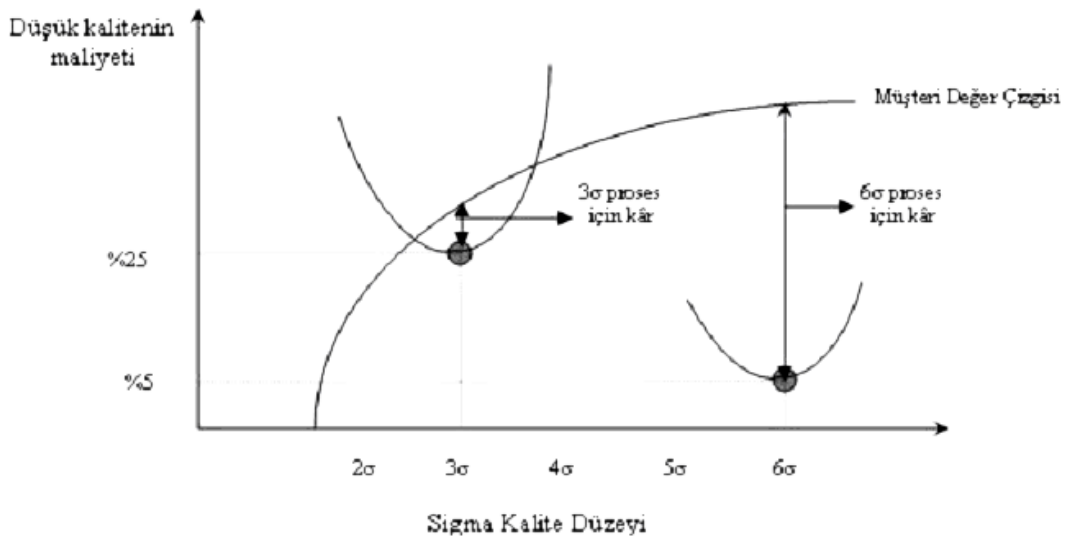
kârlılık maksimum olur, fakat bu maliyet düzeyinde elde edilen kâr çok düşüktür [38].



Şekil 2.12. Kalitenin değeri ve maliyeti (Pyzdek 1999)

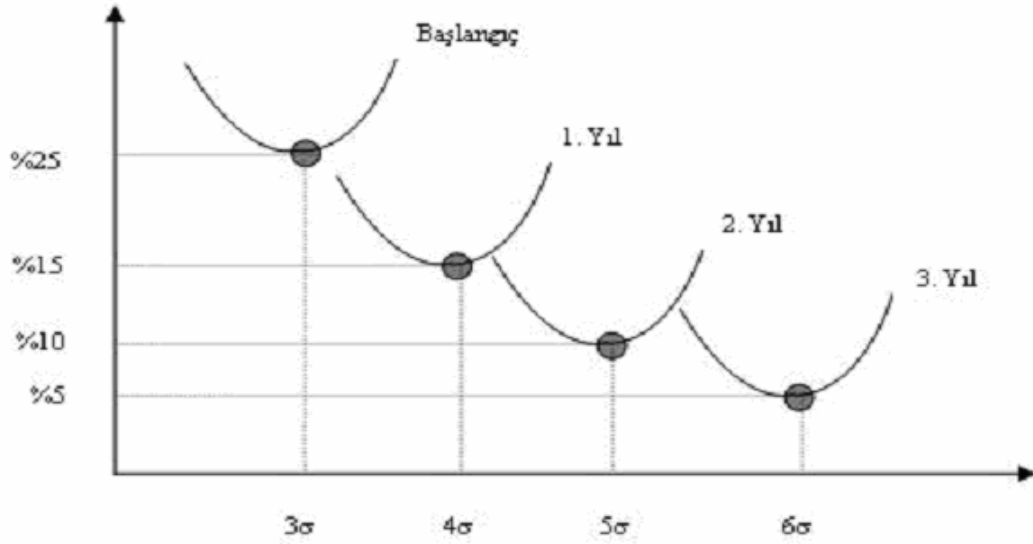
$3\sigma$  kalite düzeyinde işleyen bir işletme, satışlarından elde ettiği gelirin %25'ini düşük kalite için harcarken,  $6\sigma$  kalite düzeyinde işleyen bir işletme için bu oran %5'tir.

$3\sigma$  kalite düzeyini işletebilecek düzeyde olan bir işletme, varolan sisteminin dışında daha iyi kalite düzeyine ulaşmayı denerse; bu, o işletme için maliyet artışına sebep olur. Aynı zamanda hem daha iyi kalite hem de düşük maliyetlere ulaşılacak yeni sistemler geliştirilmelidir. Bu aşamada Altı Sigma sistemine ihtiyaç duyulur. Tabii ki



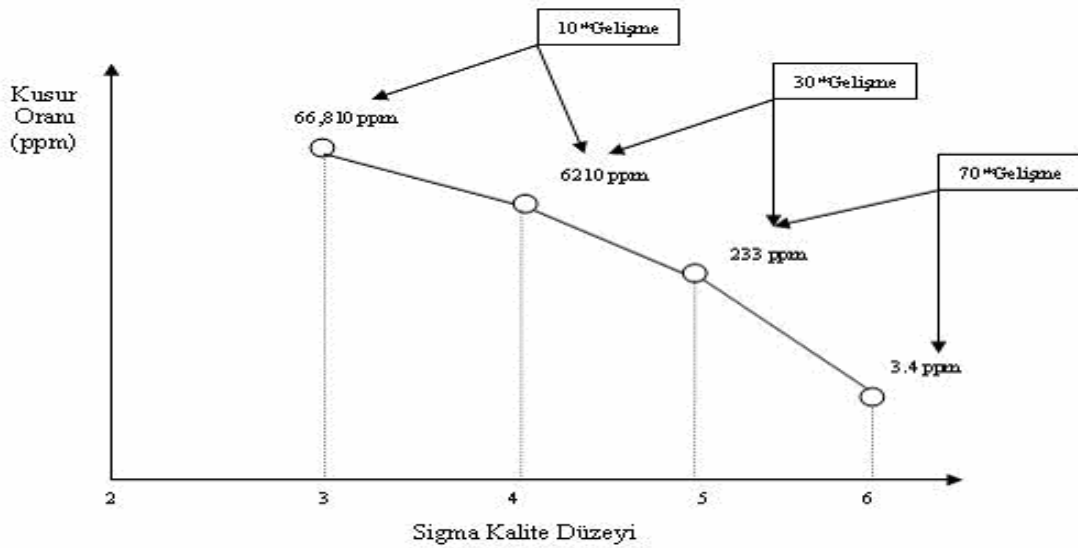
Şekil 2.13.  $3\sigma$  ile  $6\sigma$  kârları (Pyzdek 1999)

hiçbir işletme  $3\sigma$ 'dan  $6\sigma$ 'ya büyük bir atlama ile geçemez. Bunun yerine, genel performans önce  $3\sigma$ 'dan  $4\sigma$ 'ya, daha sonra  $5\sigma$ 'ya ve bunun gibi artan şekilde, insanların eğitimi ve sistemlerin yeniden tasarımı ve geliştirilmesi ile gelişecektir. Şekil 2.14,  $6\sigma$ 'ya doğru beklenen gelişimi göstermektedir [38].



Şekil 2.14.  $6\sigma$ 'ya doğru beklenen gelişim (Pyzdek 1999)

Altı Sigma dikkat edilmesi gereken bir konu ise sigma seviyesi ile milyonda kusur sayısının doğrusal olmadığıdır. Gelişme  $3\sigma$ 'dan  $4\sigma$ 'ya on kat,  $4\sigma$ 'dan  $5\sigma$ 'ya otuz kat kat,  $5\sigma$ 'dan  $6\sigma$ 'ya yetmiş kat olmaktadır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15.  $3\sigma$ 'dan  $6\sigma$ 'ya PPM değerlerinde meydana gelen değişim (Breyfogle 2000)



## 2.6. Altı Sigma, Yalın ve Kısıtlar Teorisinin Mukayesesi

Şirketlerin büyüyüp, süreçlerin karmaşıklaşp, problemlerinin fazlaştığı günümüz ortamında; bu problemlerin çözülerek karlılıkların artırılması ve maliyetlerin azaltılması için bir çok metodoloji geliştirilmiştir.

Tablo 2.3’de bu metodolojilerin yöntem, uygulama ve odakları verilmiştir.

Tablo 2.3. Sistem iyileştirme metotları [12]

Metot	Altı Sigma	Yalın	Kısıtlar Teorisi
Amaç	Değişkenliği Azaltmak	İsraf’ı azaltmak	Kısıtları yönetmek
Uygulama Adımları	Tanımla	Değeri tanımla	Kısıtı Tanımla
	Ölç	Değer Akışını oluştur	Kısıt verimini artır
	Analiz Et	Akışa dayalı sistem	Bağlı prosesleri yönet
	İyileştir	Çekme Sistemini kur	Kısıtı yok et
	Kontrol Et	Mükemmellik	Çevrimi tekrarla
Odak	Problem Odaklı	Akış Odaklı	Sistem kısıtı Odaklı

Altı Sigma, istatistiksel araçları kullanan bir metot olup değişkenliğin azaltılması üzerine kurulmuş bir yöntemdir. Problem çözmedeki adımları önce problemin tanımlanmasına, sonra ölçülmesi bu ölçümlere dayalı analizlere yaparak sistemin iyileştirilmesi ve son olarak iyileştirmenin kontrol edilmesine dayanır. Sayılara dayalı bir sistem olup, tüm sistemin sayılar ile ifade edilebilirliğine dayanır ve prosesin değişkenliğinin azalmasının tüm organizasyonun yararına olacağını üzerine kurulmuştur. Eğitimli ve analitik düşünebilen çalışanlara ihtiyaç duyar [12].

Yalın düşünce, Toyota üretim sistemi olarak da bilinen bir metodolojidir. Amaç “israf” olarak tanımlanan, üretim aşamasında gereksiz olan tüm süreç ve girdilerin yok edilmesidir. Öncelikle “Değer” tanımlanır ve bu değeri yaratan aktivitelerin değer akış haritası çıkarılır. Bu aktivitelerin içindeki gereksiz olanlar elenirken akış tipine ve çekme yöntemine dayalı bir sistem kurulur. Görsel yönetim yalın düşünce de oldukça önemlidir. İsraf, karlılığın önündeki en büyük engeldir. Bir çok küçük ve hızlı iyileştirme uzun analitik incelemelere dayanan çözümlerden daha faydalıdır. Geniş katılım gerektirir [12].

Kısıtlar Teorisi, bir sistemdeki kısıtlara odaklanan ve dar boğazı yok etmeye çalışan bir metottur. Bir sistemdeki en zayıf halkanın sistemin performansını belirlemesi

üzerine kurulmuştur. Önce darboğaz tanımlanır. Sonra bu kısıttan en iyi verimi almayı sağlayacak düzenlemelere gidilir. Kısıtın verimi artırılmış haline göre, yan/bağlı süreçlerin yönetimi yapılır. Bunlardan sonra sistemin sonucundan menmün kalınmazsa, kısıtı yok edecek yatırımlara gidilir ve dar boğaz yok edilir. Bu aşamadan sonra başka bir süreç dar boğaz haline gelecektir ve çevrim bu kısıt için yeniden işletilir. Geniş katılım gerektirmez [12].

Tablo 2.4’de analiz edilen üç metodolojinin özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.4. Altı Sigma, Yalın Düşünce ve Kısıtlar Teorisinin özellikleri [12]

Metot	Altı Sigma	Yalın	Kısıtlar Teorisi
Varsayımları	Problemler sayılar ile ifade edilebilir. Proses değişkenliği azaltılırsa, sistem verimi artar	Sistem verimini artırmak için israf yok edilmelidir. Hızlı küçük iyileştirmeler uzun analizlerden daha iyidir.	Prosesler birbirine bağımlıdır. Üretim hızı ve hacmi önemlidir.
Birincil Etki	Standartlaşmış proses çıktısı	Azaltılmış akış süresi	Dengelenmiş sistem
İkincil Etki	İsrafta azalma	Azalan değişkenlik	Düşük envanter
	Düşük envanter	Standartlaşmış çıktı	İsrafta azalma
	Kalite iyileşmesi	Düşük envanter	Kalite iyileşmesi
	Dalgalanmanın azalması	Kalite iyileşmesi	
Zayıf Noktaları	Sistem etkileşimi göz ardı edilmiştir.	İstatistiksel analiz düşük düzeyde.	İstatistiksel analiz düşük düzeyde.
	Süreçler tek başlarına analiz edilir		İşgücü katılımı düşük düzeyde

Verilen metodolojilerden hangisi organizasyonunuz için daha uygun? Bunu belirlemek için öncelikli olarak öncelikli olarak amacın ve problemin net olarak tariflenmesi gerekmektedir. Standartlaşmamış ve değişken bir süreç ile mi uğraşılıyor yoksa israfın ve değer katkısının az olduğu bir süreçle mi? Yoksa problem bunlardan farklı olarak bir darboğazın ortadan kaldırılması mı? Sonrasında kaldırılacak probleme uygun mu? Eğer Altı Sigma bir metot olarak seçilecekse değişkenliğin azaltılması ve standart bir süreç hedef olmalı. Yalın yönetim için ise hedef israfın azaltılması değer akışının iyileştirilmesi olacaktır. Son olarak kısıtlar teorisinde hedefin darboğazları ortadan kaldırmak olacağı açıktır. Ancak bu metodların ikincil etkileri de gözönüne alındığında görülecektir ki, sonuçta her metot aynı sonuçlara farklı yöntemler ile ulaşabilmektedir. Dolayısıyla birincil amaçlara

ulaşmaya çalışılırken uygulanacak metodolojinin şirket kültür ve entelektüel sermayesine uygunluğunu da gözönüne almak gerekmektedir [12].

Aşağıda hangi kültür ve şirket yapısının hangi metoda daha uygun olduğu belirtilmiştir [12].

Altı Sigma: Analitik yapıdaki, grafik kullanımının yoğun ve veri madenciliğinin iyi olduğu, çalışanlarının istatistiki verileri yorumlamakta kuvvetli olduğu organizasyonlarda.

Yalın düşünce: Stokların çok fazla olduğu, görsel yönetimin önemli olduğu organizasyonlarda.

Kısıtlar teorisi: Tüm şirketin katılımının istenmediği yapılarda.

## **2.7. Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma Yaklaşımının Farkları**

Altı Sigma, toplam kalite yönetiminin (TKY) uyguladığı bir çok doğru aracı uygulamaktadır. Hem TKY hem de Altı Sigma; şirket çalışanlarının ve st yönetiminin desteğine ve liderliğe önem verir. PUKO döngüsü ile TAIK yöntemi birbirinden tamamen farklı yapıda değildir ve her iki anlayışta sürekli iyileşmenin uzun dönemli şirket başarısı için çok önemli olduğuna vurgu yapar [39]. Bu benzerlikler zaman zaman Altı Sigma ile TKY arasında bir fark yokmuş ve Altı Sigma yeni bir yaklaşım getirmiyormuş gibi kanı oluşmasına sebep olabilir. Ancak bu iki yöntem arasında ciddi farklılıklar vardır ve bu farklılıklardan dolayı Altı Sigma yaklaşımının poplatiresi her geçen gün artmaktadır.

Farklılık esas itibari ile “yönetim” kelimesinde saklıdır. TKY çok geniş ve genel kavramlar ortaya koyar [39] ve somutlaştırılması zordur. Uygulamadaki bu zorluklar bir çok şirketin ISO 9000 standartlarına yönlenmesine sebep olmuştur. Çünkü ISO 9000 ancak standart şirketlerin uyması gereken kuralları belirlemekle beraber kriterleri TKY sistemine göre çok daha açık tariflenmiştir [39]. ISO 9000’e uyulduğu denetlemelerde ispat edilebilirken TKY’nin hedeflerine ulaştığının ispatlanmasına olanak yoktur [39].

Bununla beraber Altı Sigma, TKY'nin aksine, Amerika'da Motorola, AlliedSignal, General Elektrik gibi büyük şirketlerin başarılı CEO'ları Bob Galvin, Larry Bossidy, Jack Welch tarafından, işlerinin en iyi şekilde yapabilmek için geliştirilmiş bir yöntemdir [39].

TKY; kalite anlayışının sadece üretimde değil, satınalma ve mühendislik gibi şirketin diğer faaliyetlerine de genişlemesi ile kalitenin gelişebileceğine odaklanmıştı. Ancak bu anlayış ile ilgili olarak aşağıda belirtilen hususları açık kalmıştır [39].

- Sadece kaliteye, ürün kalitesine odaklanılmış ancak diğer iş kriterleri göz ardı edilmişti. Bu ise kimi şirketlerin kalitelerini geliştirmelerine rağmen başarısız olmaları sonucunu beraberinde getirmişti.
- Performansın sürekli geliştirilmesi yerine, yakalanması gereken minimum standartlar ön plana çıkmıştır.
- İş süreçlerinin iyileştirilmesi ve bir alt yapının geliştirilmesi için çapa sarf edilmemiştir.
- TKY, kalite departmanının, diğer şirket fonksiyonları üzerinde bilirkişi rolü üstlenmesine sebep oldu. Bu durum kalitenin gelişmesinde bariyer oluşturdu [39].
- TKY projelerinde, finansal getiriler net olarak tarifli değildir [37].

TKY'deki bu açıkların görülmesi üzerine Altı Sigma yaklaşımı geliştirildi [39].

- Altı Sigma, geliştirme araçlarının çevrim zamanı, maliyet, hurda gibi konularda da kullanılmasını sağladı [39] ve daha ucuz, daha verimli ve daha hızlı olmayı da hedeflerine ekledi [37].
- Altı Sigma eğitimleri teori yerine tamamen uygulama odaklıdır.
- Altı Sigma organizasyonun tamamının gelişimini hedefler. Altı Sigma'ya göre, kalite diğer şirket aktivitelerinden bağımsız olarak düşünülemez.
- Altı Sigma, kalite departmanı dışında bir iyileştirme organizasyonu kurarak, tüm departmanların bu organizasyon için temsilini sağlar. Bu organizasyona katılan çalışanların, zamanlarının belli bir süresini mutlaka bu iyileştirme projelerine ayırması şarttır [39].
- Altı Sigma, TKY'nin araçlarından olan ISO 9000 standartlarına, bu yöntemi çok prosedürel bulduğu için eleştirel yaklaşır [37].
- Altı Sigma yol haritası gayet net olarak tanımlıdır. Finansal hedefler, kazanımlar, kilometre taşları net olarak belirtilir [37].

- Altı Sigma, verilere dayanan, sonuç odaklı, ölçülebilir bir sistem öngörür [37].
- Altı Sigma hedeflerinin şirket stratejileri ile bağı net olarak tanımlıdır [37].
- Altı Sigma, kendine has, kuvvetli bir organizasyonel yapı geliştirmiştir ve bu organizasyonel yapıyı eğitimler ile destekler.

Yukarıda belirtilenlerin haricinde TKY, genelde ortalama üzerinden karar verirken, Altı Sigma müşteri talebinden sapmaya bakar ve bu sapmayı sigma ile ifade eder. Yani, Altı Sigma ortalama ile beraber sapmayı da göznüne aldığı için daha iyi ölçen ve karar veren bir sistem olma avantajına sahiptir.

Aşağıdaki Tablo 2.5’de TKY’nin darboğaza girdiği konularda Altı Sigma’nın getirdiği çözümlerin özeti verilmiştir.

Tablo 2.5. Altı Sigma yaklaşımı ile TKY’nin karşılaştırılması [35]

<b>TKY Hatası:</b> Kalite sık sık, şirket stratejisi ve performansın temel konularından farklı bir yan etkinlik gibi görülmüştür.	<b>Altı Sigma Çözümü:</b> Altı Sigma kuruluşları süreç yönetimini, iyileştirmeyi ve ölçümü özellikle işletmeden sorumlu müdürlerin günlük işlerinin bir parçası olarak uygulamaya koyar.
<b>TKY Hatası:</b> TKY, değişimin çok sayıda küçük iyileşmeden oluştuğunu vurgular. Yani adım adım iyileşmeyi savunur.	<b>Altı Sigma Çözümü:</b> Hem küçük iyileşmelerin hem de büyük değişimlerin, 21. yüzyılda iş dünyası açısından ayakta kalmanın bir şartıdır.
<b>TKY Hatası:</b> Sadece ürün kalitesine önem verir. Hizmet, lojistik, Pazarlama ya da eşdeğer öneme sahip diğer hayatsal alanlara gereken önemi vermez.	<b>Altı Sigma Çözümü:</b> Bütün iş süreçlerine önem verir. Yalnızca hizmet ve işlemsel süreçleri ele almakla kalmaz, üretime kıyasla bu alanlara daha fazla önem verir.
<b>TKY Hatası:</b> Etkisiz bir eğitim vardır. İnsanlar TKY araçlarının ne olduğunu biliyor. Fakat onları nasıl, ne zaman uygulayacaklarını bilmiyor. Özellikle iyileştirmenin nasıl hayata geçirileceği konusunda belirgin bir içerik sunmaktan çok eğitim araçlarına odaklanmıştır.	<b>Altı Sigma Çözümü:</b> Altı Sigma kuruluşları eğitim konusunda çok yüksek standartlar koyar ve çalışanlarının bu standartlara ulaşmasını sağlamak için gerekli zamanı ayırır ve parasal yatırımı yapar. Eğitimcilerine kurslar düzenleyip sertifikalar verir. Uzman Kara Kuşak, Kara Kuşak, Yeşil Kuşak gibi.
<b>TKY Hatası:</b> Belirsiz bir hedefi vardır. Pek çok şirket kulağa hoş gibi gelen kavramlarla kalite kavramını daha da bulanık hale getirmişlerdir. Çünkü hedeflere doğru ilerlemeyi değerlendirecek gereçleri oluşturamamışlar. Bu da TKY’yi açık uçlu bir çevrim olmaya mahkum etmektedir. TKY’yi uygulayan bazı şirketler belirli bir hedefi tutturamadıkları için onlar için sonuç hüsran olmuştur.	<b>Altı Sigma Çözümü:</b> Anlamlı ve net bir hedefi vardır. Özellikle anlaşılır bir hedef Altı Sigma’nın belkemiğidir. Bu hedef çok iddialı olmakla birlikte “sıfır hata” kampanyalarının tersine inandırıcı bir hedefdir. Hedefte başarı oranıyla %99,99966 mükemmellik, milyon fırsatta 3.4 hata gibi sonuçlar vardır. İyileşmeler para ile de ifade edilebiliyor.

## **BÖLÜM 3. ALTI SİGMANIN ORGANİZASYONEL YAPISI VE UYGULAMA AŞAMALARI**

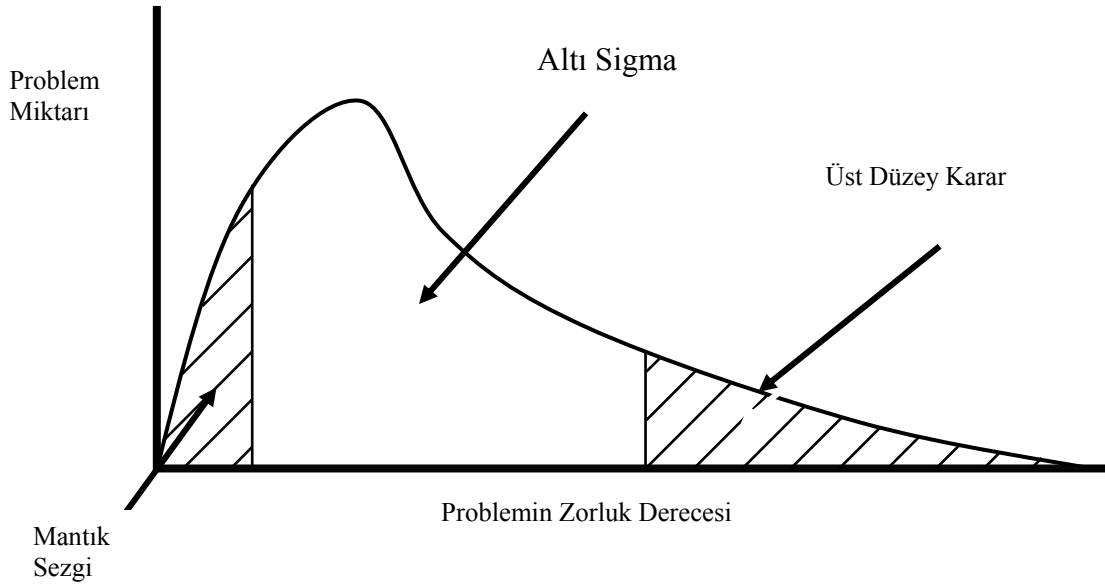
### **3.1. Altı Sigmanın Kullanım Alanları**

Altı Sigma; bir çok firmada sadece ürün gerçekleştirme aşamasında uygulamaya alınan bir sistem olsa da, aslında müşteriye teslimatı sağlayan satış, finans, satınalma, tasarım, üretim, sevkiyat ve servis proses ve hizmetlerinin tamamında uygulanabilecek ve büyük iyileştirmeler sağlayacak bir sistemdir.

Üretim sürecinin mevcut olduğu her ekonomik birim, süreç yeterliliğini geliştirme fırsatına sahiptir ve bu yönde Altı Sigma'dan yararlanabilir. Toplam Kalite felsefesine inanmış, başarının kültürel değişimden geçtiğini kavrayan, detaylı bir yol haritasına ve danışmanlığa inanmış tüm firmalar, Altı Sigma yaklaşımı için potansiyel adaylardır. Altı Sigma genellikle orta ve büyük ölçekli firmaları kapsayan bir yaklaşımdır. Çünkü Altı Sigma değişim ve gelişimi sağlamanın yanında bilgi ve deneyimi de gerektirmektedir. Bunun için firmaların bugünkü ve gelecekteki durumu, mevcut performansların değerlendirilmesi ve değişim, iyileşme için gerekli sistem ve kapasitenin bulunması gerekmektedir. Altı Sigma programı temel olarak üç farklı seviyede konulara çözüm arayan firmalara faydalı olabilmektedir [13].

Bunlar:

- Kuruluşun çalışma tarzında temel bir değişiklik yaratacak bir dönüşüm ihtiyacı.
- Temel stratejik veya operasyonel zayıflıkları ya da fırsatları hedefleyen stratejik iyileştirme.
- Yüksek maliyet, tekrarlanan işler ya da gecikmeler gibi sorunları çözümlenme ya da problem çözme.



Şekil 3.1. Altı Sigma'nın odaklandığı problemler

### 3.2. Altı Sigma Organizasyonu

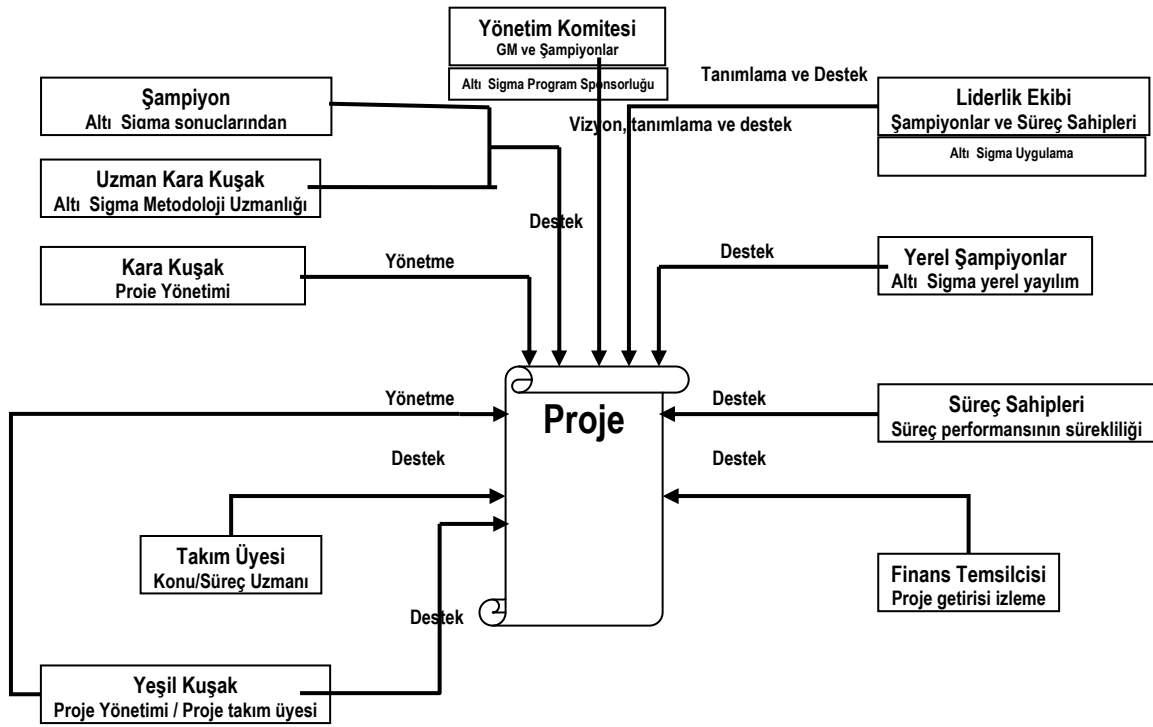
Altı Sigma'nın başarısı, herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle Altı Sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitiminin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir [6].

#### 3.2.1. Üst kalite konseyi

Altı Sigma'da projeler organizasyonun orta kademesinde yer alan kara ve yeşil kuşaklar tarafından yürütülür. Ancak üst yönetim bu projeleri yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir ifade ile eğer üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa kara ve yeşil kuşakların başarı şansı olmaz. Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlıdır. Bu konseyin başlıca görevleri [6];

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek.
- Altı Sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek.

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını değişen ihtiyaçlara ve işletmenin Altı Sigma konusunda ulaştığı olgunluk düzeyine göre genişletmek ve organizasyon yapısında buna uygun düzenlemeler yapmak.
- Altı Sigma projeleri için gerekli kaynakları sağlamak, proje takımlarının karşılaştıkları büyük problemleri çözmek.
- Altı Sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak.
- Elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm şirkette yaygınlaşmasını sağlamak.



Şekil 3.2. Altı Sigma organizasyonu (Matris danışmanlık 2008)

### 3.2.2. Şampiyon

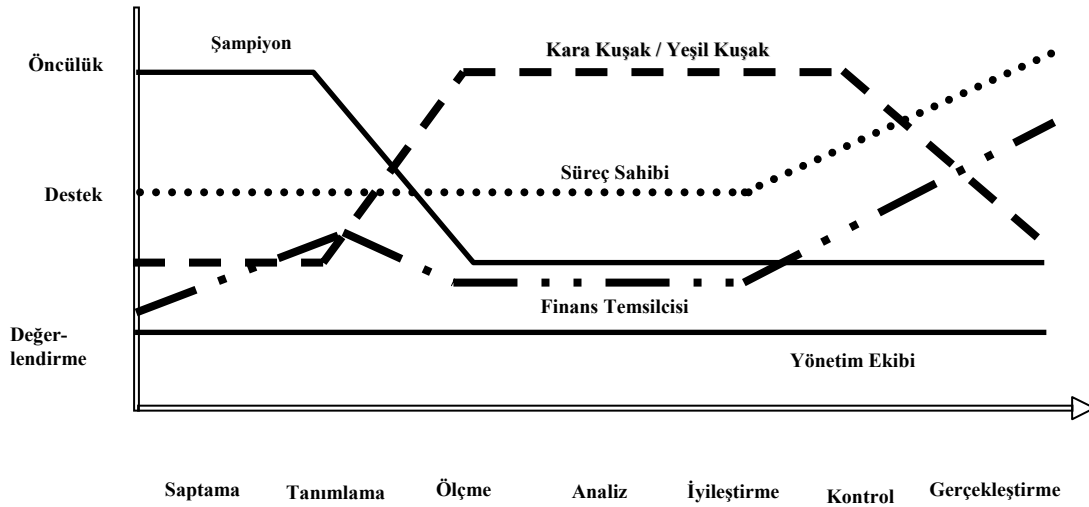
Altı Sigma şampiyonu, iyileştirme projelerini üst kalite konseyi adına gözlemleyen kişi/kişilerdir.

Başlıca görevleri [6];

- İyileştirme projelerinin işletme amaçları ile uyumlu olmasını sağlamak.
- İyileştirme takımlarının kaynak ihtiyaçlarını karşılamak.



- İyileştirme takımları arasında koordineyi sağlamak.
- Hızını yitiren çalışmalara müdahale etmek. Gerekğinde kapsam değişikliği, yeni personel görevlendirmesi vb. tedbirler almak.
- Projelerin genel hedeflerini belirlemek.
- İyileştirme projelerinin tamamlanma sürelerini belirlemek.
- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini onaylamak.



Şekil 3.3. Proje fazlarına göre rollerin etkinliği (Matris danışmanlık 2008)

### 3.2.3. Süreç sahibi/Proje sahibi

Firmada varsa üst düzey yöneticilerden birisi "proje sahibi" olarak belirlenir. Proje sahibinin görevleri; tepe yönetiminin proje seçimi ve değerlendirmesi konusunda yardımcı olmak, önemli görevleri üstlenecek ekip üyelerini belirlemeye yardımcı olmak, eğitim planlarını hazırlamak ve gerçekleştirmek, şampiyona ve ekiplere yardımcı olmaktır [23].

### 3.2.4. Uzman kara kuşak

Altı Sigma ile ilgili her konuda en üst düzey teknik bilgiye sahip uzmandır. Bu görev, Altı Sigma çalışmalarının başlangıcında dış kuruluşlardan kiralanan bir danışman tarafından yürütülebilir. Uzman Kara Kuşağın başlıca görevleri [23];

- İyileştirme takımlarına başta istatistik yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her konuda teknik destek sağlamak.
- Altı Sigma Şampiyonlarına projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak.
- İyileştirme projelerinden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için bir araya getirmek ve özetlemek.
- Altı Sigma konusunda eğitim vermek.
- Çalışanları bilgilendirmek suretiyle Altı Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkı sağlamak.

### 3.2.5. Kara kuşak/ Yeşil kuşak

İyileştirme takımının lideridirler. İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Altı Sigma araçlarını etkin bir şekilde kullanarak, işletme sorunlarına hızlı ve kalıcı çözümler getirebilecek yeterlilikte olmalıdırlar.

Kara kuşaklar ve yeşil kuşaklar, proje lideri olacak yetkinlikte kişiler olmakla beraber, aralarındaki temel fark; kara kuşakların “Kavramsal Tasarım” konusunda eğitim almış olmaları ve Proje için ayırdıkları zamandır. Kara Kuşaklar vakitlerinin yaklaşık %70'ini projelere ayırırken, Yeşil kuşaklar vakitlerinin %30'unu Altı Sigma projesine ayırmaktadırlar.

Kara kuşakların ve yeşil kuşakların başlıca görevleri [6];

- İyileştirme projesini belirleyerek Altı Sigma şampiyonuna teklif etmek.
- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini Altı Sigma şampiyonuna teklif etmek.
- Takım üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde Altı Sigma şampiyonuna yardımcı olmak.
- Takım üyeleri arasında iş/görev dağılımını yapmak.
- İyileştirme projesini yönetmek ve projenin miadında tamamlanmasını sağlamak.
- Bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirlemek ve bu talepleri Altı Sigma şampiyonuna bildirmek.

- Takım üyelerine Altı Sigma araçlarını kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamak.

### 3.2.6. Takım üyeleri

Altı Sigma projelerinde görev alan ve projelerin yürütülmesi için gerekli desteği sağlayan kişilerdir. Projelere destek verirken, operasyonel görevlerine devam ederler. Altı Sigma felsefesi, araçları, temel ölçüm ve analiz yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmaları gerekir.

Aşağıdaki tabloda Altı Sigma organizasyonu ile uygulama aşamaları arasındaki ilişki matris yapıda gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Altı Sigma organizasyonun uygulama aşamalarındaki rolü

	Tanımla	Ölç	Analiz Et	İyileştir	Kontrol Et
Üst Yönetim	◆				
Şampiyon	◆				◆
Süreç Sahibi	◆	◆	◆	◆	◆
Kara Kuşak	◆	◆	◆	◆	◆
Yeşik Kuşak	◆	◆	◆	◆	◆
Takım Üyesi	◆	◆	◆	◆	◆

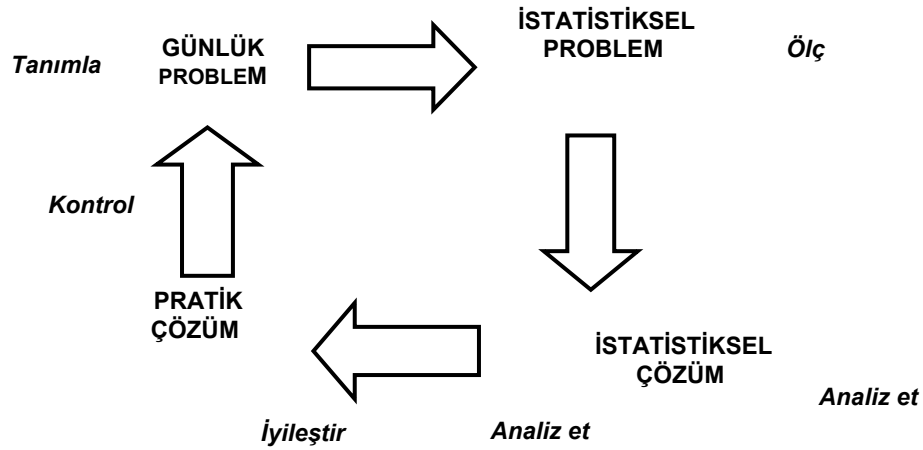
### 3.3. Altı Sigma Yol Haritası: TÖAİK Modeli

Altı Sigma yaklaşımının uygulanmasında, öncelikle firmanın stratejik ve kritik basan faktörlerine yönelik olarak doğru projeler ile kendisini bu projeye adayacak kişilerden oluşan bir ekip seçilir. Söz konusu ekipte bulunanlar yeşil kuşak veya kara kuşak eğitiminden geçirilir. Daha sonra, Altı Sigma iyileştirme planı veya Altı Sigma yol haritası olarak adlandırılan ve Şekil 3.4’de görülen TÖAİK aşamaları uygulanır [23].

Altı Sigma yol haritası, birbirini sırasıyla izleyen ve beş fazdan oluşan proje odaklı döngüsel bir yaklaşımdır. Bu fazlar şunlardır.

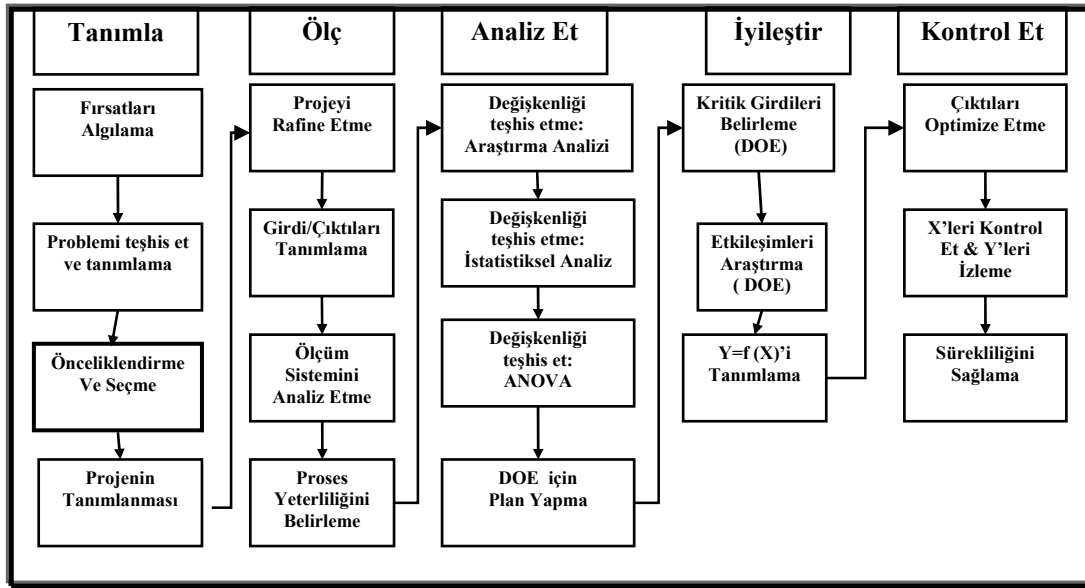
- Tanımlama (T)
- Ölçme (Ö)

- Analiz (A)
- İyileştirme (İ)
- Kontrol (K)



Şekil 3.4. Altı Sigma yaklaşımı (Akın 2003)

Altı Sigma metodolojisi (TÖAİK modeli), temel uygunsuzluk nedenlerinin tanımlanıp ortadan kaldırılması için prosesin nasıl tanımlanacağını, ölçüleceğini, iyileştirileceğini, analiz edileceğini ve kontrol edileceğini belirli bir sistem doğrultusunda tarif eder. Kalite akımının ortaya çıkmasından bu yana prosesler üzerinde birçok iyileştirme modelleri uygulanmıştır. Diğer iyileştirme modelleri gibi TÖAİK döngüsü de, W. Edwards Deming tarafından geliştirilen dört aşamalı PUKÖ (Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al) döngüsüne dayanır. Ancak, PUKÖ döngüsü proses iyileştirme döngüsü iken, TÖAİK döngüsü hem proses iyileştirme hem de proses tasarım döngüsüdür [23].



Şekil 3.5. Altı Sigma yol haritası (Matris Danışmanlı 2008)

Tablo 3.2’de Altı Sigma’nın tüm fazları, bu fazlarda nelerin yapılacağı, kullanılacak araçlar ve uygulamalar verilmiştir.

Tablo 3.2. Altı Sigma aşamalarının açılımı ve araçları (Nesipoğlu 2003)

AŞAMALAR	AÇILIM	ARAÇLAR VE UYGULAMALAR
1. TANIMLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğru projenin seçimi</li> <li>İyileşecek ürün/özellik?</li> <li>İyileştirilecek süreç?</li> <li>Kriterler:</li> <li>Müşteri için yararı?</li> <li>İşletmeye yararı?</li> <li>Sürecin karmaşıklığı?</li> <li>Maliyet iyileştirme?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altı Sigma Ölçme sistemi,</li> <li>Müşteri yakınmaları,</li> <li>Müşteri anketleri,</li> <li>İşletme içi öneri sistemi,</li> <li>Günlük veriler/veri tabanı,</li> <li>İstatistiksel değerlendirmeler,</li> <li>Pareto analizi,</li> <li>Sebeup-Sonuç diyagramları,</li> </ul>
2. ÖLÇ	<ul style="list-style-type: none"> <li>İlgili ürün/süreçte etkili faktör ve özellikler?</li> <li>Özellik ve etmenlere ilişkin verilerle,</li> <li>Veri tipi,</li> <li>Ölçme gereç.duyarlılığı,</li> <li>Örnek büyüklüğü,</li> <li>Ölçüm aralığı ve süresi.</li> <li>Ölçme duyarlılığı yüksek?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sürekli oluşan veriler, veri tabanlarının analizi yoluyla değişkenlik, etki, hata ölçümleri,</li> <li>(DOE)Planlanmış deneyler yoluyla yapılan yüksek duyarlılıkta ölçüm,</li> <li>Benchmarking,</li> <li>Beyin fırtınası,</li> <li>FMEA,...</li> </ul>
3. ÇÖZÜMLE/ ANALİZ ET	<ul style="list-style-type: none"> <li>Değişik etmenlerin ilgilenilen özellik (değişken) üzerindeki etkilerine ilişkin ölçümler değerlendirilir(analiz edilir).</li> </ul> $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k, e)$ $y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + e$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Milyonda kusur,</li> <li>Sigma değerleri,</li> <li>KK.Şemaları - y'nin kestirilmesi,</li> <li>Yetenek-verimlilik değerlerinin hesabı ve bunların işletmedeki / başka işletmelerdeki benzer ürün ve süreçlerle kıyaslanması,</li> <li>İyileştirme hedefinin belirlenmesi.</li> </ul>

Tablo 3.2 (Devam).

4. İYİLEŞTİR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ölçülen y değerlerinin iyileştirilmesi gerekir mi? Evet:</li> <li>• Öngörülebilirlik mi?</li> <li>• Değişkenlik mi?</li> <li>• Ortalama(Merkez) mi?</li> <li>• Hangi etmenler ne kadar etkili-etmenleri aramak?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kolay İyileştirme olanakları?</li> <li>• Ortalama (merkez) açısından iyileştirmeler daha kolaydır.</li> <li>• Değişik istatistiksel teknikler,</li> <li>• 7 Basit yöntem,</li> <li>• Zor olan değişkenliğe dönük keşif ve önlemlerdir.</li> <li>• Deneysel planlaması(DoE)-ANOVA</li> </ul>
5.DENETLE / KONTROL ET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İyileştirme çalışmaları gerçekleştirildikten sonra,</li> <li>• İlgili değişkene ilişkin planlanmış olan iyileştirmeler gerçekten başarılı mı? Anlamında kontrolü / denetlemesi,</li> <li>• Sonuçların kurumsallaştırılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Öngörülebilirliğin denetlenmesi ve iyileştirmelerin uzun dönemli etkilerinin izlenmesi -K.K.şemaları,</li> <li>• Sonuçların kurumsallaştırılması açısından,</li> <li>• Akış şemaları, ürün resimleri,</li> <li>• Gelecek dönem için sağlanacak maliyet iyileşmesi öngörülere (malzeme ve işçilik açısından),</li> <li>• Sonuçların kurum içinde paylaşılması.</li> </ul>

Ek B'de Altı Sigma TÖAİK Rehberi verilmiştir.

### 3.3.1. Tanımlama

Tanımlama aşamasında projeler seçilir ve çalışma alanından, faaliyetlerden, tüketici gereksinimlerinden ve onların idari stratejilerine ilişkin bağlantılardan hareketle, geliştirilecek ürünler ve prosesler tanımlanır. Bu aşamada, tanımlama formunda yer alan projenin adı, sahibi, başlama ve bitiş tarihi, proje ekip üyeleri, problemin tanımı, müşteri, kalite öncelikli parametreler, uyumsuzluklar veya değişkenlikler, iyileştirme öncesi sigma seviyesi, hedeflenen iyileştirme oranı, iyileştirme alanları ve hedeflenen kazanç gibi konular net olarak tanımlanır. Bu şekilde yazılı olarak tanımlanan proje; proje sahibi, şampiyon ve üst yönetim tarafından onaylanır [23]. Ek A'da örnek bir proje tanımlama belgesi verilmiştir. Kara/yeşil kuşaklar, tanımlama aşaması sırasında, projeye ilişkin olarak öncelikle basit problem çözme tekniklerinden yararlanabilirler. Problem çözümede doğru yaklaşım, problemi doğuran kök nedenleri ortadan kaldıracak doğru çözümlerin uygulanmasıdır.

Bu aşamada performans standartlarının tanımlanmasında ise performans ölçümleri, finansal analiz ve prosesin işleyişine ilişkin ayrıntılı mevcut proses haritası çıkarılır. Ayrıca, hatalara ilişkin Pareto analizi uygulanarak önemli hata türleri öncelik sırasına konur, beyin fırtınası ile hataların nedenleri belirlenir ve elde edilen sonuçlar balık

kılıcığı diyagramına aktarılır. Kuşkusuz, bu aşamada uygulanabilecek bir diğer problem çözüme tekniği de hata türü ve etkileri (FMEA) analizidir [23].

### 3.3.2. Ölçme

Ölçme aşamasında, ölçüm sisteminin geçerliliğini sağlamak (doğrulamak) ve prosesi tanımlamak için araçlar uygulanır. Bu aşama, prosesin hedef performansını ve temel çizgisini belirler, prosesin girdi ve çıktı değişkenlerini tanımlar ve ölçüm sistemini doğrular. Ölçme aşamasında öncelikle prosesin anlaşılması ve ölçüm sisteminin doğrulanması gerekir. Bu amaçla, proses haritasından yararlanılır. Proses girdi ve çıktıları belirlenir, veriler toplanır ve proses çıktılarının ölçüm sistemi (Gage R&R, Attribute R&R) değerlendirilir. Böylece, ayrıntılı proses haritası, ayrıntılı proses girdi ve çıktı değişkenleri ve ölçüm değerleri belirlenmiş, proses verileri belirlenmiş, performans verileri doğrulanmış, çıktı değişkenlerine ilişkin ölçüm sistemi yeterliliği ve örnekleme planı belirlenmiş olur [23].

Tanımlama aşamasındaki sebep sonuç diyagramındaki kök nedenler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen kök nedenler (değişkenler) olarak ayrılır. Kontrol edilemeyen değişkenlere yönelik düzeltici ve önleyici faaliyetler uygulanır, kontrol edilebilen değişkenlere ilişkin ise veri toplanır. O halde; ölçme aşaması, ölçüm sisteminin doğrulanmasından sonra proses girdi ve çıktılarına ilişkin verilerin toplandığı ve güvenilirliğinin izlendiği aşamadır.

Ölçme aşamasındaki amaçlardan bir tanesi de prosesin mevcut yeterliliğinin belirlenmesidir. Kontrol grafikleri, yeterlilik analizi ve grafiksel tekniklerden (araçlardan) yararlanılır. Prosesle temel oluşturacak kontrol grafikleri, yeterlilik analizi, DPMO ve z değerleri de elde edilmiş olur [23].

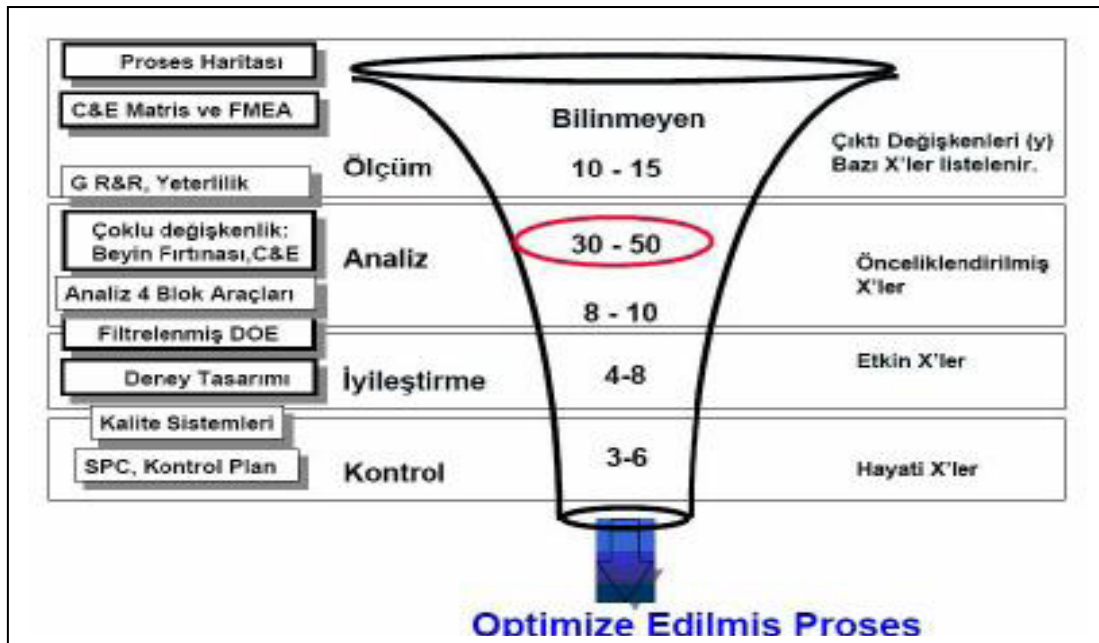
### 3.3.3. Analiz

Analiz aşamasında, proses çıktıların etkileyen anahtar proses girdilerinin belirlenmesi için veriler kullanılarak, değişkenlik kaynakları veya kritik değişkenler belirlenir. Bu amaçla, ayrıntılı proses haritası, beyin fırtınası, sebep-sonuç matrisi,

FMEA analizi, girdi ve çıktılara ilişkin istatistiksel proses kontrol (SPC), girdilere ilişkin ölçüm sistemleri analizi (MSA), vb. araçlardan yararlanır. Bu analizler, hangi girdinin uyumu daha fazla etkilediği, ne kadar etkilediği, faktörler bir arada iken farklı etki olup olmadığı, faktörler değiştiğinde çıktıda (uyumda) değişkenlik olup olmadığı vb. değişkenlik kaynaklarının ortaya konmasını ve sonucu etkileyen kritik ve potansiyel değişkenlerin belirlenmesini sağlar. Bu belirleme sonucunda gerekirse proses haritası ile FMEA güncelleştirilir [24].

Analiz aşamasında ayrıca, ortaya konan potansiyel nedenler elemeyen geçirilir ve süzülür. Bu amaçla; grafiksel analiz, proses parametrelerine ilişkin tahmin (güven aralıkları), parametrik ve/veya parametrik olmayan hipotez testleri (t testi, z testi, F testi, Ki-kare testi, ANOVA), regresyon ve korelasyon analizi, çok değişkenli analiz, vb. araçlardan yararlanır. Bir çok değişken arasından proses performansını etkileyen kritik ve potansiyel girdi değişkenler ile iyileştirme fırsatlarına ilişkin sonuçlar belirlenmiş olur. Ayrıca, potansiyel değişkenlere ilişkin veriler ve verilerin istatistiksel analiz sonuçları elde edilmiş olur. Ek H'de İstatistiksel Analizin yapılmasına yönelik Matris danışmanlık tarafından kullanılan "Hipotez testi Yol Haritası" verilmiştir.

Analiz aşamasında değişkenlerin süzülmesi Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6 : Prosesin oluşumunu etkileyen önemli değişkenlerin süzülmesi (Işığışık 2007)



### 3.3.4. İyileştirme

Altı Sigma iyileştirme aşaması, bir önceki analiz aşaması ile uyumu daha fazla etkilediği belirlenen faktörler ve bu faktörlerdeki değişkenliğin azaltılmasına odaklanır. İyileştirme faaliyetlerinin etkisi analiz aşamasındaki istatistiksel tekniklerle tekrar incelenir. Böylece, hataların ve değişkenliğin azaltılması ve çıktıların en uygun optimum) hale getirilmesi için iyileştirmeler tanımlanır. Bu aşamada, girdi değişkenleri ile çıktı değişkeni arasındaki  $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$  ilişki belirlenir [24].

Bu ilişkinin ortaya konmasında “regresyon analizi”, “deney tasarımı”, “tam faktöriyel deneyler”, “ $2^k$  faktöriyel deneyler”, “kesirli faktöriyel deneyler”, “ANOVA”, vb. araçlardan yararlanılır. Böylece, girdiler ile çıktı arasındaki fonksiyonel ilişki belirlenir. Ayrıca; çıktı değişkenindeki minimum değişkenlik, en uygun proses çıktıları için potansiyel değişkenlerin değerleri elde edilmiş olur. Kuşkusuz, k tane girdiden (X’ler) hangilerinin çıktı (Y) değişkeni üzerinde daha etkili olduğunun belirlenmesi de önemlidir. Ayrıca, yeni prosese ilişkin koşulların istatistiksel olarak doğrulanması da sağlanmış olur. İyileştirme aşamasında ayrıca işlem toleranslarının doğruluğu kanıtlanır. Girdi değişkenlerine ilişkin en uygun (optimum) değerler belirlenir, yeni proses yeterliliği hesaplanır ve maliyet/fayda analizi yapılır. Böylece, girdi değişkenlerinin toleranslar dahilindeki ayarları ortaya konmuş, proje planının güncelleştirilmesi yapılmış ve gerçekleştirme planı doğrulanmış olur. İyileştirme aşamasında son olarak, elde edilen sonuçlar ve iyileştirmeler doğrulanır.

### 3.3.5. Kontrol

Altı Sigma yönteminde yakalanılan başarının nasıl korunacağı önemlidir. Bir çok proje ilk önce istenilen hedefleri yakalasa da sürekliliği sağlanamadığından başarısız olabilmektedir. Bu yüzden son aşama olan kontrol aşamasında, iyileştirmenin sürekliliğinin izlenmesi için dokümantasyon ve kontrol planları oluşturulmalı ve istatistiksel açıdan metriklerin sürekli izleneceği bir yapı kurulmalıdır.

Bu aşamada öncelikle girdi ve çıktı değişkenlerinin proses yeterlilikleri yeniden belirlenir. Bu amaçla, kontrol planından, girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin kontrol grafiklerinden (SPC) ve proses yeterlilik analizinden yararlanır. Böylece, procese ilişkin kontrol planı, kontrol grafikleri, DPMO ve z değerleri elde edilmiş olur [23].

Kontrol aşamasında ulaşılan noktanın korunması, kontrol planının hazırlanması ve sorumluların belirlenmesi ve temel değişkenlik nedenlerinin belirlenmesi ile sağlanır. Kontrol aşamasında ayrıca, proses kontrolü yerine getirilir ve tamamlanır. Bu amaçla; hata kanıtlama, standart prosedürler, sorumlu denetimleri, proje sahibinin projeye son şeklini vermesi, FMEA, önleyici bakım, ölçüm ayar planı, vb. faaliyetlerden veya araçlardan yararlanır [23]

Kontrol aşamasında son olarak, projenin tamamlanması ve kapanması sağlanır. Bu amaçla, finansal doğrulama yapılır, kazanımlar ve müşterilere yönelik takım toplantısı düzenlenir, projenin izlenmesi tamamlanır ve proje sonuç fırsatlarının kopyası çıkarılır. Böylece, en iyi pratikler ve uygulamalar öğrenilmiş deneyimler kazanılmış, projenin başarısı açıklanmış, proje raporu ve özeti düzenlenmiş, sunumu yapılmış ve tüketici geri bildirimi sağlanmış olur. Proje artık proje liderinin takibinden çıkmış ve iyileştirme yapılan prosesin sorumlularına veya çalışanlarına devredilebilir. Projenin devrinden sonra, proje liderinin projeye uygun olarak belirlenecek periyotlarda (kontrol planına bağlı kalarak) tetkikler yapması gereklidir [23].

### **3.4. Altı Sigma Uygulamasında Şirketlerin Karşılaştıkları Zorluklar**

Bir şirket, Altı Sigma yolculuğunda bazı engeller ile karşılaşabilir. Yöneticilerin bir görevi de, çıkabilecek bu engelleri bertaraf etmektir. Aşağıda Altı Sigma yolculuğu esnasında çıkabilecek engeller verilmiştir [19].

- “Altı Sigma’ya hazır değiliz” düşüncesi.
- Yarı-Zamanlı Kara Kuşaklar.
- Kara Kuşaklara projeleri devam ederken günlük operasyonel iş yüklenmesi.
- Anahtar çıktı sonuçlarına gereken önemin verilmemesi. Altı Sigma sonuçlarının performans değerlendirmede yeterince dikkate alınmaması.

- Çalışanların Kara/Yeşil Kuşak olmak için zorlanması.
- Hedefin yapılacak proje sayısı olarak verilmesi.
- Proje sonuçlarının hemen görülmek istenmesi.
- Proje ödüllendirme ve onaylama maliyetlerinin yüksek olduğu düşüncesi.
- Projelerin kapsamlarının geniş tutulması.
- Gözden geçirmelerin ertelenmesi.
- Proje şampiyonlarına yeterince önem verilmemesi.
- Öğrenilen istatistiksel araçların, iş uygulamasına dökülememesi.
- Gündelik rutin işlerin Altı Sigma projesi yapılması.
- Ekip üyelerinin projeye tam katkı vermemesi
- Altı Sigma'nın kimi fonksiyonlarda işe yaramayacağını düşünülmesi.
- Proje gözden geçirme sunumlarının verilere dayanmaması.
- Çözümleri, önyargı ve beyin fırtınasına göre oluşturmak.
- Proje beyanının değiştirilmesi.
- Projenin iş sürecinin tamamını ele almaması.
- Kara Kuşak olmak için başarılı elemanlar yerine, iş yoğunluğu az olan personelin önerilmesi
- Altı Sigma'ya, felsefesine inanmadan, deneme amaçlı başlamak.
- Şirket yöneticilerinin Altı Sigma'ya önem vermemesi/ şirket önceliklerine dahil etmemesi.
- Altı Sigma'nın şirketin tüm süreçlerinde kelimesi kelimesine uygulanmaya çalışılması.
- Altı Sigma'ya başlamak için tepe yönetiminin oy birliğini beklemek.
- Altı Sigma'yı, kalite departmanının işi olarak görmek.
- Sadece Altı Sigma üzerine yetiştirilen personel sayısına bakmak, uygulama sayısını göz ardı etmek.
- Proje tamalandıktan sonra kalite kriterlerinin ölçümünün durdurulması.
- İyi bir danışman şirketle anlaşmanın, başarılı olmaya yeteceğini düşünmek.
- Altı Sigma'nın hizmet sektöründe işe yaramayacağını düşünülmesi.
- Müşteri beklentisinin yanlış anlaşılması/ Proje belirlenirken müşterinin göz ardı edilmesi.
- Altı Sigma'nın tek başına her şeyi çözeceğini düşünmek.

- Hatanın yanlış tanımlanması.
- Zeki alaycılar.

### 3.5. Altı Sigma Uygulanırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Şirketlerin Altı Sigma uygulamaya başladıklarında, yöntemin başarıya ulaşması için dikkat etmesi gereken bir çok konu vardır. Aşağıda bunlardan bazıları sıralanmıştır.

- Hedef, Karakuşak ve Yeşil Kuşaklara sahip olmaktan çok, şirketin ihtiyacı olan projeleri ve süreç iyileştirmelerini başarmak olmalıdır.
- Eğitim olarak değil, kısa sürede geri dönecek bir yatırım olarak yönetilmelidir.
- Çalışanların gelişimi, süreçlerin iyileştirilmesi ve müşteri beklentilerine hizmet eden projeleri yaparken, finansal olarak şirket para da kazanmalıdır.
- En tepe yönetim bu işi sahiplenmeli ve liderlik sorumluluğunu devretmemelidir.
- İlk eğitimler ve uygulamalar çok önemli olduğu için, Altı Sigma danışmanı mutlaka Uzman Karakuşak sertifikasına sahip olmalıdır.
- Tamamen standart bir eğitim modülünü kullanmak yerine, şirket süreçlerine uygun bir eğitim modülü belirlenmelidir.
- Yayılım tasarımına ve proje belirlemeye çok önem verilmeli. Yayılım planları yapılırken, organizasyonda çalışanların olası tepkileri göz önüne alınarak, ihtiyaca ve şirket kültürüne uygun bir planlama yapılmalıdır.
- Asla Karakuşak ve Yeşilkuşakları önce belirleyip, sonradan onlar için proje seçilmemeli. Önemli olan şirket stratejilerine hizmet edecek doğru projeyi belirlemek ve bu projeyi yürütebilecek kişileri de Karakuşak ve Yeşilkuşak olarak belirlemektir.
- Sürdürülebilirliğe dikkat edilmelidir.
- Mutlak suretle uygulamaların etkinliğinin izlenebileceği yönetim gösterge kriterleri belirlenmeli ve bunlar düzenli olarak gözden geçirilmelidir.
- Proje hedefleri sorgulanmalıdır.

## **BÖLÜM 4. ABC A.Ş.'DE ALTI SİGMA YAKLAŞIMI İLE KÜÇÜK OTOBÜS (KOTO) ARAÇLARINDAKİ ARKA DUVAR YÜZEY HATALARININ AZALTILMASI**

Projenin uygulama kısmı otomotiv ana sanayi ve bağlı yan sanayisinde ortaklaşa yürütülen bir proje olarak ele alınmıştır. Ana sanayindeki proje yönetim süreçleri, Altı Sigma'nın bu süreç içerisindeki yeri ve yapısı anlatıldıktan sonra kotolarda kullanılan Fiber Takviyeli Plastik (FRP) arka duvarların üzerindeki delik sayılarının azaltılması için bir Altı Sigma projesi yapılmıştır.

### **4.1. Firma Bilgileri**

#### **4.1.1. ABC A.Ş.**

Türkiye'nin büyük topluluklarından birinin bünyesinde yer alan ABC A.Ş., 1963'ten bu yana kendi teknoloji, tasarım ve uygulamaları ile müşterilerinin ihtiyaçlarına uygun özel çözümler sunmaktadır. Toplu taşımacılık alanında minibüs, küçük otobüs ve otobüs ürünlerinin yanı sıra savunma sanayi için taktik tekerlekli zırhlı araçlar, lojistik ve nakliye sektörü için de treyler ve semi treyler üretmektedir. Tüm faaliyet alanlarında ürettiği ürünleri sadece yurtiçine değil Avrupa dahil yurtdışında bir çok bölgeye ihraç etmektedir. 169.000 m<sup>2</sup>'lik alana kurulu fabrikasında 1200'e yakın çalışanıyla faaliyet göstermektedir.

#### **4.1.2. XYZ A.Ş**

XYZ A.Ş., 1987 senesinde Bursa'da kurulmuştur. Nilüfer Organize Sanayi Bölgesinde, toplam 7500 m<sup>2</sup> kapalı alanda faaliyetlerine başlayan firma,. kapasitenin artırılması amacı ile 2004 yılında Adapazarı Organize Sanayi Bölgesinde 6600 m<sup>2</sup> kapalı alanın inşaatına bitirerek devreye sokmuştur. Firma, imalatının % 18 sini

ihracata, % 82 ini ise yurt içi piyasada faaliyet gösteren ana sanayilere sunmaktadır. Fiberglas (CTP) parça imalatı (El Yatırması, RTM, Soğuk Pres) PVC/ABS vakum kaplama işleri, ABS parça imalatı, sac parça imalatı (genellikle ürünlere komple edilen detay parçalar), fiberglas kalıp imalatı, tasarım/model çalışmaları ana konularıdır. Sektör bazında satışları genellikle otomotiv, raylı sistem ve iş makinaları sektörleri üzerine yoğunlaşmıştır.

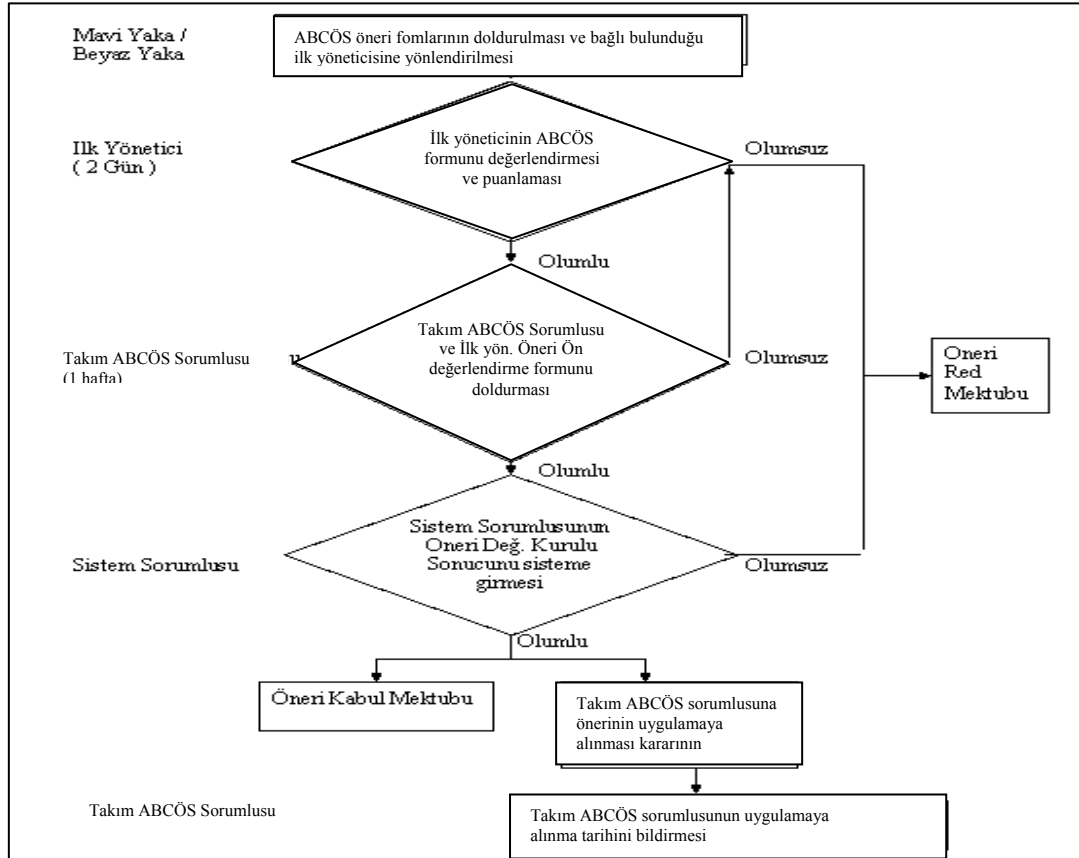
## **4.2. ABC A.Ş.'de İyileştirme Çalışmaları ve Proje Yönetim Sistemi**

Sürekli iyileştirmenin çok çok önemli olduğu ABC A.Ş.'de, verimliliği artırılmasını, israfın azaltılıp maliyetlerin düşürülmesini, müşteri memnuniyetinin artırılması ve bunların sonucunda da rekabet gücünün artırılmasını destekleyecek önemli sistemler kurulmuş durumdadır ve tüm bu sistemler, ABC 1000 üretim yönetim sistemi adı altında takip edilmektedir.

### **4.2.1. ABC A.Ş. öneri sistemi (ABCÖS)**

ABC A.Ş. sürekli iyileştirme çalışmalarından birisini oluşturan ABCÖS, ödüllendirme sistemi ile desteklemiş, tüm çalışanların sisteme ve çözüme katılımı ile iyileştirme fırsatlarını yakalamayı hedefleyen çalışanların proses bilgisine ve iyileştirme fikirlerine odaklanmış bir sistemdir. Her ay, ayın önerisinin seçilip ödüllendirildiği bu sistem ABC A.Ş. iyileştirme çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Öneri sisteminin süreci Şekil 4.1'de verilmiştir.

Mavi ya da beyaz yakalı çalışan tarafından ABCÖS öneri formu ile bağlı bulunduğu yöneticisine iletilen öneri, ilk kademe yönetici tarafından 2 günden uzun olmayacak bir sürede puanlama yöntemi ile değerlendirilir. Yapılan puanlama sonucunda öneri olumsuz olursa çalışana bilgi verilir. Sonuç olumlu çıkarsa önerinin ilgili olduğu müdürlüğün ABCÖS sorumlusuna yönlendirme yapılır. İlgili müdürlüğün ABCÖS sorumlusu en fazla 1 hafta süre içinde öneri ön değerlendirme formunu doldurarak, öneri hakkında olumlu ya da olumsuz karar verir. Olumsuz sonuçta öneri sahibine



Şekil 4.1. ABC A.Ş. öneri sistemi süreci

bilgi verilirken, olumlu sonuçta öneri ABCÖS sorumlusuna iletilir. ABCÖS sorumlusunun öneri değerlendirme kurulu ile yapacağı değerlendirme sonucunda olumlu bir sonuç çıkarsa öneri sahibine, önerisinin kabul edildiğini bildirirken aynı zamanda birim müdürlüğüne uygulamanın devreye alınması kararı bildirir. İlgili müdürlükten bildirilen öneri devreye alınma tarihi kayıt altına alınır.

ABCÖS puanlaması yapılırken aşağıdaki değerlere göre hareket edilir.

Mükerrer öneri	0 puan
Çözüm önerisi belirtilmeyen konular	0 puan
Olumlu fakat maddi getirisi yok	5 puan
Maddi getiri 5.000 TL'den az ise	10 puan
Maddi getirisi 5.000 TL'den fazla ise	$(\text{Maddi getiri}/1.000)+5$

Projelerin maddi getirisi hesaplanırken dikkate alınan kriterler aşağıda verilmiştir. Bu kriterlerden birimi TL olmayanlar için muhasebe tarafından verilen birim kazanç değerleri dikkate alınarak maddi değerlerine ulaşılır.

- İşçilik Kazancı (saat/yıl)
- Malzeme Kazancı (TL/yıl)
- Alan Kazancı (m<sup>2</sup>)
- Enerji Kazancı (TL/yıl)
- Hurda/Fire Kazancı (TL/yıl)
- Kalitesizlik Maliyeti Azaltma (TL/yıl)
- Nakliye Kazancı (TL/yıl)
- Stok Maliyeti Azaltma (TL/yıl)
- Çevresel Kazanç (TL/yıl)
- Garanti Gideri Azaltma (TL/yıl)
- Diğer Kazançlar (TL/yıl)

#### **4.2.2. ABC A.Ş.'de proje yönetimi**

ABC A.Ş.'de yapılan tüm proje ve iyileştirme faaliyetleri ABC 1000 isimli üretim yönetim sistemi altında gerçekleştirilmektedir. ABC 1000 genel olarak dört modülde yürütülmektedir.

- 1- Mevcut durum analizi ve gelecek durum haritası
- 2- Akışın sağlanması ve karışık üretime geçilmesi
- 3- Yeni Ürün devreye alma süreci
- 4- Müşteri ihtiyaçları- ürün-tasarım--satış arası sürecin iyileştirilmesi ve yan-sanayilere yalın desteği

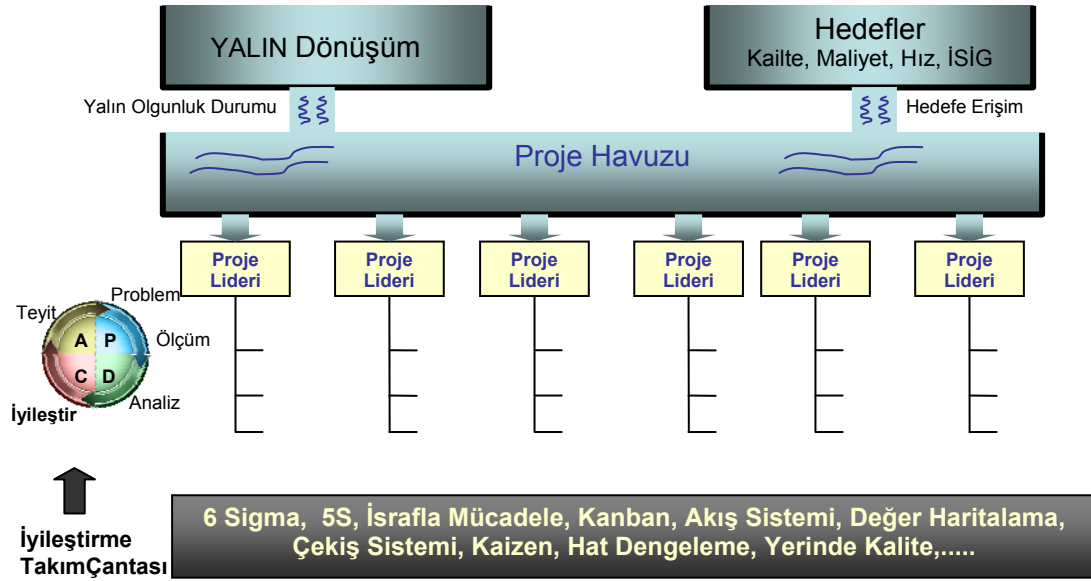
ABC 1000 üretim yönetim sisteminin iki temel hedef üzerine kurulmuştur.

- 1- Yalın dönüşümün sağlanması.
- 2- Kalite, maliyet, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği (ISIG), verimlilik, satış gibi hedeflerin yakalanabilmesi.



Bu doğrultuda yalın olgunluğun yakalanabilmesi ve belirlenen hedeflere erişebilmek için gereken tüm projeler, ABC 1000 üretim yönetim sistemi proje havuzuna alınır. Daha sonrasında bu projeler, proje liderlerine atanarak, Altı Sigma, 5S, neden-neden analizi, kanban, akış istemi, değer haritalama, çekiş sistemi, kaizen, hat dengeleme, yerinde kalite gibi araçlar kullanılarak sonuca ulaştırılır.

Şekil 4.2’de ABC 1000 üretim yönetim sisteminin işleyişi görülmektedir.



Şekil 4.2. ABC 1000 Üretim Yönetim Sistemi

#### 4.2.2.1. ABC A.Ş. problem havuzu yönetimi

Hangi iyileştirme methodu ile takip edilecek olursa olsun, ABC A.Ş.’de; tüm projeler öncelikle bir havuzda toplanmakta, sonrasında bu havuzdan proje liderlerine atanmaktadır. Kalite departmanı tarafından yönetilen proje havuzu sürekli beslenmekte, sonuçlanan projeler ise havuzdan çıkarılmaktadır. Proje havuzunu besleyen altı kaynak olup bu kaynaklar aşağıda sıralanmışlardır.

- 1- İmalat Sorunları: İmalat aşamasında karşılaşılan kalite, üretim, lojistik sorunlarını içermektedir.
- 2- Son İşlem Sorunları: Hattan çıkan araçların son kontrolleri esnasında karşılaşılan problemler
- 3- Kalite Analiz Sonuçları: Müşteri gözü ile yapılan bitmiş mamul kontrolünde tespit edilen müşteriye rahatsız edebilecek bulgular.

4- Teslimat Sorunları: Ürünlerin teslimatı esnasında karşılaşılan problemleri içermektedir.

5- Satış Sonrası Sorunları: Satış sonrası ekibine bildirilen talep ve problemler ile servislerde müdahale edilen problemleri kaynak alan sorunlardır.

6- Üst Yönetim İstekleri: Stratejik hedefler doğrultusunda üst yönetim tarafından talep edilen iyileştirme ve geliştirmeleri sağlayacak projeler.

Yukarıdaki kaynaklardan gelen öneri, istek ya da sorun bildirimleri proje komisyonu tarafından değerlendirilir. Eğer bu gelen öneri, istek ya da sorun bildirimini karşılayacak bir proje daha önce problem havuzuna dahil edildi ise öneri sahibine bilgi verilir. Bu yönde bir proje havuzda yoksa, proje komisyonu tarafından havuza eklenir ve önceliklendirmesi için karar verilir.

Projelerin çözümünü sağlayacak proje liderlikleri ve bağlı ekipleri üç ana gruptan oluşur.

#### Problem Çözme Takımı (PÇT)

Beyaz yakalı bir çalışanın rehberlik ettiği ve mavi yakalı çalışanlardan oluşan, ağırlıklı olarak imalat sorunlarına çözüm üretmeyi amaçlayan sabit ekip.

#### Altı Sigma Grubu

Rehberliğini kara kuşak veya yeşil kuşakların yaptığı ve ağırlıklı olarak beyaz yakalı çalışanlardan oluşan, zorluk derecesi yüksek, yoğun istatistikî bilgi ve proje yönetimi yaklaşımı gerektiren sorunlarla uğraşan ekipler.

#### Kalite İyileştirme Ekibi (KİE)

Bir beyaz yakalı çalışanın rehberlik ettiği, ağırlıklı olarak kalite departmanına bağlı beyaz yakalı çalışanlardan oluşan, zorluk derecesi Altı Sigma problemlerine göre düşük ve proje yönetimi yaklaşımı gerektiren sorunlarla uğraşan ekipler.

Proje havuzundaki projeler durumları her ay sonunda değerlendirilir ve statüleri belirlenerek raporlamalar yapılır. Proje havuzundaki projelerin statüleri ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

- Kuyruktaki projeler: Henüz bir proje grubuna ataması yapılmamış projelerdir.
- “Çalışılıyor” statüsündeki projeler: Tarifleme ve mevcut durumunu çıkarma aşamasındaki projelerdir. İyileştirme safhasına henüz geçmemişlerdir.
- “Bekleme” statusundaki projeler: İyileştirme safhası tanımlanmış ancak iyileştirmelerin fiilen devreye alınmadığı projelerdir.
- “İzleme” aşamasındaki projeler: İyileştirmeleri fiilen devreye sokulmuş ancak sonuçları alınmamış/hesaplanmamış projelerdir.
- Kapanan projeler: Fiilen iyileştirme safhası bitmiş olan ve iyileştirme sonuçlarının ölçüldüğü projelerdir.
- İptal Projeler: Değişen hedefler, prosesler, ürün çeşitliliği vb. sebeplerden dolayı iptal edilmiş projelerdir.

#### **4.2.3. ABC A.Ş.’de Altı Sigma çalışmaları**

ABC A.Ş., 2004 yılında altı sigma metodolojisini kullanmaya başlamış ve 2004 yılında ilk kara kuşaklarını yetiştirmiştir. 2004 yılında yetiştirilen iki kara kuşağın elde ettiği çarpıcı sonuçlar beraberinde ABC A.Ş.’de Altı Sigma uygulamalarına devam edilmesi kararını getirmiştir.

2005 yılında; genel müdür dahil tüm üst yönetim, kararlılığın göstergesi olarak bir günlük “Altı Sigma Yönetici Eğitimi” almıştır. Yine 2005 yılında, tüm orta ve üst yönetim ekibi üç günlük “Altı Sigma Yönetici ve Süreç Sahipleri Eğitimi”ne dahil olmuştur. 2008 yılı sonunda toplam beş kara kuşak, yirmidokuz yeşil kuşak yetiştirilmiş olup bunlardan üç kara kuşak ve yirmidört yeşil kuşak aktif olarak proje yapmaya devam etmektedir. 2008 yılı sonuna kadar bitirilen otuzdört adet proje ile 3.650.000 TL.lik kazanç elde edilmiştir.

ABC A.Ş.’nin Altı Sigma vizyonu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

- Altı Sigma ile müşteri memnuniyeti, mali performans, ürün/hizmet kalitesi, yeni ürün geliştirme konularına odaklanılacaktır.
- Müşteri gereksinimlerini ön planda tutan, mükemmelliğe ulaşmak için tüm süreçlerinin performansını daha yüksek seviyelere çıkarmayı kendine amaç edinen,

bunu sağlamak için, değişimi şirket kültürü olarak benimseyen bir firma olmak yolunda Altı Sigma'dan yararlanılacaktır.

– Çalışanlara, her seviyede planlanacak eğitimlerle, problem çözme yetenekleri arttırılmış, müşteri odaklı bir anlayışa sahip bir ekip olmak için Altı Sigma'dan yararlanılacaktır.

#### 4.2.3.1. ABC A.Ş.'de Altı Sigma alt yapısı

2004 yılında Altı Sigma uygulamaya karar veren ABC A.Ş.'nin Altı Sigma alt yapısı aşağıda detaylı şekilde açıklanmıştır.

Altı Sigma organizasyonu

Proje şampiyonu: Üretim genel müdür yardımcısı

Koordinatör: Kalite birimi müdürü

Liderlik ekibi: Genel müdür, üretim genel müdür yardımcısı ve bağlı tüm müdürlükler.

Liderlik ekibine yüklenen sorumluluklar:

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek
- Altı Sigma organizasyonunu, görev ve sorumlulukları tayin etmek
- Kaynak ihtiyacını temin etmek
- Periyodik olarak projeleri gözden geçirmek
- Elde edilen kazançları takip etmek
- Altı Sigma'nın yayılımını sağlamak.

Yayılmın sağlanamadığı hiçbir sistemin başarılı olma şansı yoktur. Bir sistemin başarılı olabilmesi için tüm kademelerden çalışanlara ulaşılan, anlatılan, desteklenmesi sağlanan bir yapıya ulaşması gerekmektedir. Altı Sigma'nın ABC A.Ş. içinde yayılımının sağlanması için aşağıdaki yöntemler takip edilmektedir.

- Kara kuşak ve Yeşil kuşak eğitimleri, Altı Sigma'nın tüm şirkete yayılımını sağlayacak şekilde planlanmaktadır.
- Oluşturulacak proje ekipleri vasıtasıyla Altı Sigma'nın yayılımı hedeflenmektedir.
- Periyodik olarak tekrarlanacak bilinçlendirme eğitimleri yapılmaktadır

- Altı Sigma Panosunun ve ABC A.Ş. intranet ağı etkin şekilde kullanılmaktadır.

#### Kara Kuşaklar

İyileştirme ekip liderliği rolünü üstlenirler ve toplam çalışma zamanlarının %30-50'sini bu role ayırırlar. Altı Sigma yaklaşımının şirket içerisinde yayılımında rol oynar ve yeşil kuşak projelerine danışmanlık desteği verirler. Kara kuşak rolü süreli bir rol değildir. Kara kuşak rolü bir terfi adımı olmamakla birlikte iyi bir hazırlık süreci olarak ele alınmaktadır. Yönetim, kara kuşağın yetersiz olduğuna karar verirse, yeni proje verilmez ve eski görevlerine iade edilir. ABC A.Ş.'de toplam beyaz yakalı çalışan sayısının %2'si oranında aktif kara kuşak bulundurulması hedeflenmektedir. Kara kuşak sertifikasyon şartı, danışman kuruluştan alınacak eğitimden başarı ile mezun olmak ve 2 adet proje tamamlamak olarak belirlenmiştir. Kara kuşaklar şampiyona raporlar ve kara kuşakların bütçesinden şampiyon sorumludur. Bir kara kuşak projesinden beklenen ortalama doğrudan ve toplam yıllık kazanç, 30.000 € olarak belirlenmiştir ve ortalama dört ayda tamamlanmaları beklenir. Bir kara kuşak yılda minimum iki proje tamamlamalıdır.

#### Yeşil Kuşaklar

Yeşil Kuşaklar, iyileştirme ekip liderliği rolünü üstlenirler ve toplam çalışma zamanlarının %20-30'unu bu role ayırırlar. yeşil kuşaklara ağırlıklı olarak kendi süreçleri ile ilgili projeler verilir. Yönetim, yeşil kuşağın yetersiz olduğuna karar verirse, ilgili yeşil kuşağa yeni proje verilmez ve eski görevlerine iade edilir. Toplam beyaz yakalı çalışan sayısının %5'i oranında aktif yeşil kuşak bulundurulması hedeflenmiştir. Yeşil kuşak sertifikasyon şartı, danışman kuruluştan alınacak eğitimden başarı ile mezun olmak ve iki adet proje tamamlamak olarak belirlenmiştir. Bir yeşil kuşak projesinden beklenen ortalama doğrudan ve toplam yıllık kazanç 10.000 € olarak belirlenmiştir ve ortalama dört ayda tamamlanmaları beklenir. Bir yeşil kuşak yılda minimum iki proje tamamlamalıdır.

#### Kara ve Yeşil Kuşaklar Seçim Kriterleri

Uzun süreli eğitimlere gönderilen ve sonrasında da etkin şekilde proje yapması beklenen kara ve yeşil kuşakların seçilmesinde önemli kriterler göz önüne

alınmaktadır. Aşağıda verilen bu kriterlere uymayan çalışanlar kara ya da yeşil kuşak olamazlar.

- İşletmede deneyimli,
- Sürekli yüksek performans gösteren,
- Üniversite mezunu,
- İletişim ve sunuş becerileri yüksek,
- Liderlik nitelikleri olan,

çalışanların arasından, ilgili kişilerin yöneticilerinin de görüşü alınarak liderlik ekibi tarafından kara ve yeşil kuşak adayları belirlenir. Adayların belirlenmesinde gönüllülük durumu belirleyicidir.

#### 4.2.3.2. ABC A.Ş.’de Altı Sigma projeleri yönetim sistemi

ABC A.Ş.’de Altı Sigma projeleri, ABC 1000 üretim yönetim sistemi faaliyetleri altında yönetilmekte olup, proje seçimleri proje havuzundan yapılmaktadır. Seçilen projelerin yoğun istatistik bilgiye ve proje yönetimine ihtiyaç duymasına dikkat edilir. Proje liderinin yeşil ya da kara kuşak olacağı bu projelerin ekip üyelerinde beyaz yakalı çalışan sayısı fazladır.

Problem havuzuna dahil edilip sonrasında proje liderlerine ataması yapılan projelerin devamlı izlemesi ve raporlaması yapılır. Aşağıda Altı Sigma projelerin havuza dahil edilmesi, önceliklendirilerek atanması ve sonrasında takip edilmesi için izlenecek yol haritası verilmiştir.

1. Problemlerin “ham problem (ön problem)” ifadeleri şeklinde listelenmesi
2. Ham problem ifadelerinin problem tanımlarına dönüştürülmesi.

Altı Sigma projeleri tanımlanırken aşağıdaki sorulara mutlaka cevap veren bir tanımlama olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Ne?	Problem nedir?
Nerede?	Problem nerede yaşanmıştır/yaşanmaktadır?
Ne Zaman?	Problem ne zaman (ne zamandan beri) yaşanmaktadır?
Ne Kadar?	Problemin boyutu (miktarı) nedir?
Nasıl Biliyoruz?	Problem olduğunu nasıl (nereden) biliyoruz?

Tablo 4.1’de ABC A.Ş.’de kullanılan problem tanımlama matrisi görülmektedir.

Tablo 4.1. Altı Sigma Projeleri - Problem Tanımlama Matrisi

Altı Sigma Projeleri - Problem Tanımlama Matrisi								
Bölüm / Birim / Departman / Fonksiyon	Problem Fikri (Ön Problem İfadesi)	Ne?	Nerede?	Ne Zaman?	Ne Kadar?	Nasıl Biliyoruz?	Problem Tanımı (Problem İfadesi)	Amaç Tanımı (Amaç İfadesi)

### 3. Tanımlanan problemler için proje ana metriklerinin belirlenmesi

Her problem mutlaka ana metrikler ile takip edilmelidir. Ana metrik iyileştirmesi yapılacak konuyu tanımlar ve projenin hedefine ulaşip ulaşmadığının belirlenmesinde belirleyicidir.

### 4. Tanımlanan problemler için amaçların (hedeflerin) ve tahmini çözüm sürelerinin belirlenmesi

Problemlerin tahmini çözüm süreleri projelerin önceliklendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Sağlayacağı faydaya göre göreceli olmakla beraber, hiçbir yönetim yönetim kaynaklarını çok uzun süre bir projeye ayırmak istemez.

### 5. Problemleri önceliklendirilmesi ve proje başlatılacak problemlere karar verilmesi

Altı Sigma projeleri seçilirken ve önceliklendirilirken gerçek kazanç, potansiyel kazanç, çözüm süresi, müşteri memnuniyetine etkisi, stratejik etki, zorluk derecesi, veri erişimi olmak üzere toplam yedi adet kriter göz önüne alınır. Bu etkilerde kullanılacak puanlamalar aşağıdaki gibidir.

#### Gerçek kazanç

- 0: 5.000 €'den düşük
- 1: 5.000 € - 30.000 € arası
- 3: 30.000 € - 60.000 € arası
- 5: 60.000 €'den yüksek

#### Çözüm süresi

- 0: 8 aydan uzun
- 1: 6 - 8 ay arası
- 3: 4 - 6 ay arası
- 5: 4 ay veya daha kısa

#### Potansiyel kazanç

- 0: 5.000 €'den düşük
- 1: 5.000 € - 30.000 € arası

3: 30.000 € - 60.000 € arası

5: 60.000 €'den yüksek

Müşteri memnuniyetine etkisi

0: Yok

1: Düşük

3: Orta

5: Yüksek

Stratejik etki

0: Yok

1: Düşük

3: Orta

5: Yüksek

Zorluk derecesi

0: Çok zor

1: Zor

3: Orta

5: Kolay

Veri erişimi

0: Çok zor

1: Zor

3: Orta

5: Kolay

Puanlaması yukarıda verilen bu kriterlere ait ağırlıklar ise aşağıdadır.

Gerçek kazanç %30

Çözüm süresi %20

Potansiyel kazanç %10

Müşteri memnuniyetine etkisi %15

Stratejik etki %5

Zorluk derecesi %10

Veri erişimi %10



Ağırlık ve puanlarına göre değerlendirilen projeler aşağıdaki Tablo 4.2’de verilen “Altı Sigma Projeleri - Proje Değerlendirme ve Seçim Matrisi” ne göre değerlendirilerek en çok puan alan projeden en aza göre sıralanarak önceliklendirilir ve proje atamaları bu öncelik gözetilerek yapılır.

Tablo 4.2 Altı Sigma Projeleri - Proje Değerlendirme ve Seçim Matrisi

Bölüm / Birim / Departman / Fonksiyon	PROBLEM	AMAÇ	Proje Önceliklendirme Kriterleri							TOPLAM PUAN	Proje No.
			Gerçek Kazanç	Çözüm Süresi	Potansiyel Kazanç	Müş. Mem. Etkisi	Stratejik Etki	Zorluk Derecesi	Veri Erişimi		
			Proje Önceliklendirme Kriterlerinin Ağırlıkları (%)								
			30	20	10	15	5	10	10		

#### 6. Proje liderinin atanması (Kara Kuşak veya Yeşil Kuşak)

Tablo 4.3’de verilen projeler listesi üzerinden proje liderinin ataması yapılır.

Tablo 4.3. Altı Sigma Projeleri Listesi

Altı Sigma Projeleri Listesi										
Sıra No.	Kayıt Tarihi	Proje No.	Proje Adı	Departman / Fonksiyon	PROBLEM TANIMI	PROJE HEDEFİ	PROJE SÜRESİ	Yıllık Kazanç Ön Tahmini (TL)	Proje Lideri	
									Adı Soyadı	KK / YK

#### 7. Proje takım üyelerinin belirlenmesi ve proje planlarının hazırlanması

Ek F’de verilen proje planı kullanılarak proje planları hazırlanır.

8. Her bir problem için hedeflere uygun şekilde çözülmesi halinde elde edilecek tahmini yıllık gelirin hesaplanması

Ek G’de verilen Finansal çalışma sayfası ile elde edilecek getirilere detaylı şekilde tanımlanır.

#### 9. Proje tanımlama belgesinin doldurulması

Ek A’da verilen proje tanımlama belgesi eksiksiz olarak doldurulur ve imzalatılır.

10. Proje lideriyle birlikte proje tanımlama belgesini gözden geçirilmesi ve eksiklerin tamamlanmasının sağlanması

11. Proje tanımlama belgesini onaylanması, tüm ilgililere resmi olarak duyurulması ve projenin başlatılması

12. Projelerin durumlarının ve sonuçlarının izlenmesi

13. Projelerin durumlarının ve sonuçlarının raporlanması

Projeler Tablo 4.4’de verilen forma göre değerlendirilirler. “Kara/Yeşil Kuşak Başarı Sertifikası”na hak kazanmak için gerekli olan proje performansı notu en az 70/100'dür

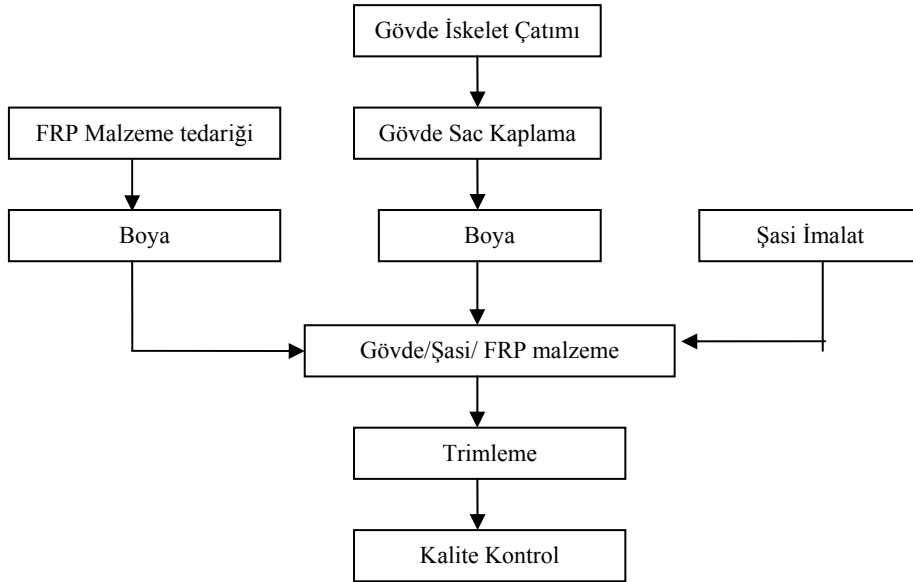
Tablo 4.4. Proje değerlendirme formu

<b>Kara/Yeşil Kuşak Proje Performansı Değerlendirme Raporu</b>					
Adı Soyadı	:				
Kuruluş	:				
		0	25	50	75
		Çok Kötü	Kötü	Orta	İyi
		100			Çok İyi
Proje Performansı					
1. Liderlik		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Takım Çalışması		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Sonuç Odaklılık		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Müşteri Odaklılık		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Metod Uygulama ve Araçların Kullanımı		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Yaratıcılık		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Hata Kaynaklarının Tespiti		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Çözümlerin Geliştirilmesi ve Uygulanması		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Raporlama		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Sunuş - Bilgilerin Sergilenmesi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PROJE NOTU					.....
Değerlendiren	:				
İmza	:			Tarih	

### 4.3. KOTO Üretim Süreci

ABC A.Ş.’deki Koto üretim süreci Şekil 4.3’de verilmiştir. Bu sürece göre önce KOTO’nun iskelet yapısı çatılarak oluşturulmakta, sonrasında bu iskeletler sac kaplanarak gövde komponenti oluşturulmaktadır. Gövde komponenti boya sürecine girerken, yine boyanmak üzere XYZ tedarikçisinden FRP malzemeler tedarik edilerek boyahaneye alınmaktadır. Bu işlemlere paralel olarak KOTO’nun yürür aksamını ve güç aksamalarını oluşturan şasi komponenti montaja alınmaktadır. Boyahaneden çıkan gövde, FRP malzemeler ve montajı tamamlanan şasi komponenti birleştirildikten sonra aracın trimlemesine geçilmektedir. Trimleme; iç döşemeler,

koltuklar, tutunma boruları, aydınlatma grupları, enselasyon grupları, ayna grupları, cam grubu gibi tüm detay malzemelerin montajını içermektedir. Trimlemesi biten araçlar son kontrollerinin yapılarak sevke hazır hale getirilmesi için kalite kontrole gönderilir ve buradan onay alan araçlar sevk sahasına gönderilirler.



Şekil 4.3. KOTO Üretim Ana Süreci

Altı Sigma ile yapılacak iyileştirme projede FRP malzeme tedarik süreci ele alınacak olup; amaç, boya ve FRP malzeme montajında ortaya çıkan kalite problemleri ve bu problemlerden kaynaklanan verimsizliği yok etmektir.

#### 4.3.1. KOTO üzerindeki FRP malzemeler

Bir KOTO aracının montajında aşağıda listesi verilmiş olan FRP malzemeler bulunur.

- Arka Duvar
- Klima Kabuğu
- Ön Tampon
- Arka Tampon
- Arka Klape
- Ön Klape

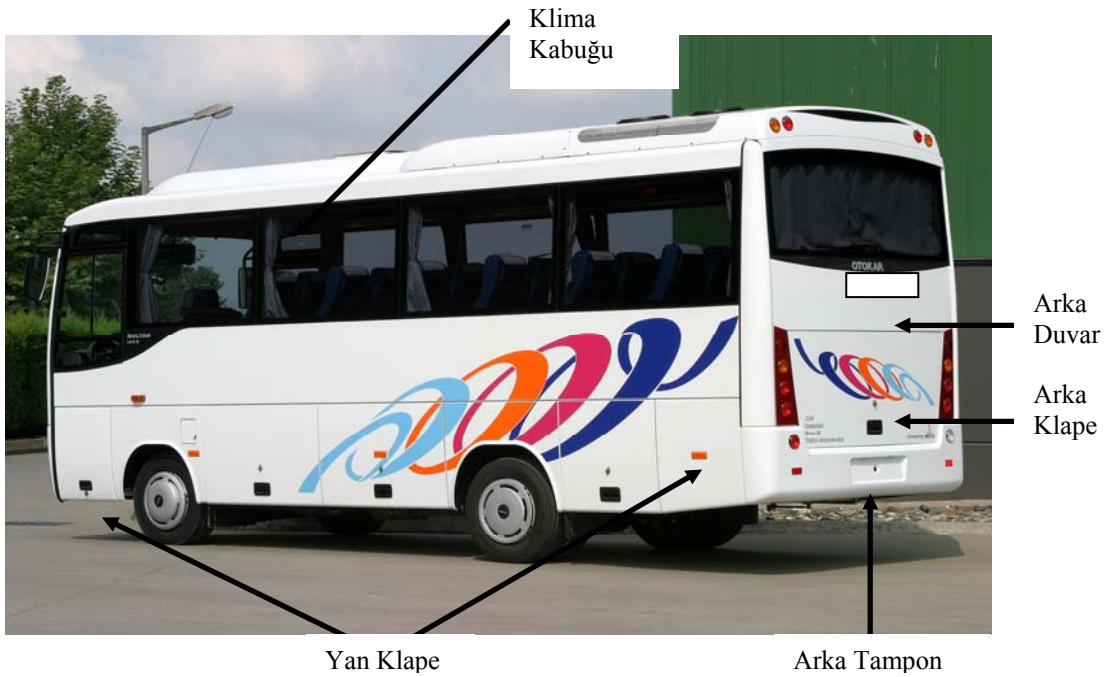
– Yan Klape

Bu malzemeler ABC A.Ş.'nin tedarikçisinde üretilerek, ABC A.Ş.'ye sevk edilir. ABC A.Ş.'de üretilen aracın rengine uygun olarak boyanan malzemeler, gövde ile birleştirilmek üzere montaj istasyonlarına sevk edilirler

Şekil 4.4'de bir KOTO üzerindeki ön klape ve ön tampon gösterilmiştir.



Şekil 4.4. KOTO üzerindeki ön klape ve ön tampon



Şekil 4.5. KOTO üzerindeki arka duvar, klima kabuğu, arka tampon, arka klape ve yan klape

Şekil 4.5’de ise bir KOTO üzerindeki arka duvar, klima kabuğu, arka tampon, arka klape ve yan klapele gösterilmektedir.

#### 4.4 FRP Malzemeler

Plastik malzemelerden büyük yüklere dayanımları beklendiğinde, bu malzemelere yüksek mekanik dayanıma sahip fiber takviyesi ile güçlendirme yapılır. Böylece yüksek mukavemete sahip olan FRP malzemeler elde edilir.

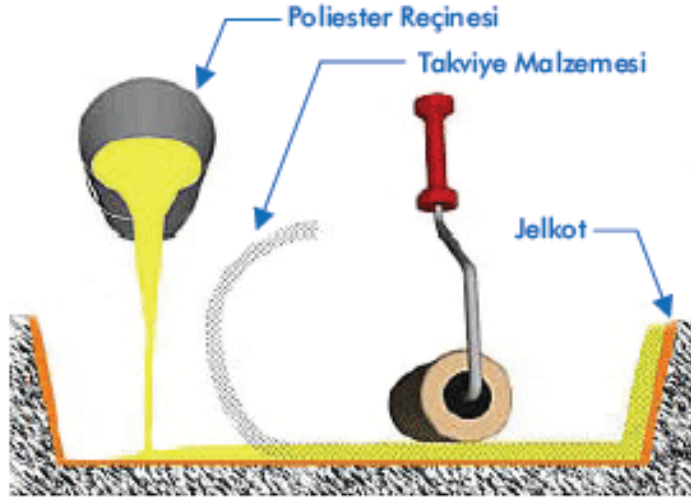
FRP malzemedeki temel olarak iki yapı bulunur. Polymer yani plastik matris yapı (örn: polyester, polistiren) ve fiber takviye (örn: cam elyaf, karbon). Bu malzemelere ilave olarak çeşitli katkı malzemeleri de bu yapının içine eklenebilir.

FRP malzemelerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir[28].

- Yüksek özgül mukavemet ve ısı özellikler
- Yüksek elastikiyet
- Hafiflik
- Yüksek korozyon dayanımı
- Üstün boyutsal stabilite
- Tasarım esnekliği
- Kalıplama esnekliği (değişik metodlarla üretilebilme esnekliği )
- Bakım gerektirmeme
- Çalınmazlık (hurda değeri yoktur)
- Kolay tamir edilebilirlik
- Yüksek kimyasal dayanım
- Kendinden renklendirilebilme olanağı
- Alev geciktirici katkıları ile alev direnci niteliği
- İstenildiğinde ışık geçirgenlik özelliği sağlanması
- Düşük araç-gereç maliyeti
- Yüksek amortisman süreleri
- Su absorpsiyonunda düşüklük
- Düşük ısı geçirgenliği

- Düşük termel genleşme
- Di –elektrik (yalıtkanlık özelliği)

Şekil 4.6’da FRP malzemenin el yatırması yöntemi ile hazırlanması verilmiştir.



Şekil 4.6. El yatırması yöntemi ile FRP malzeme hazırlanması

## 4.5. Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılarak FRP Arka Duvarlardaki Kalite Problemlerinin Düzeltilmesi

### 4.5.1. Projenin özeti

ABC firması, FRP Tedarikçisi XYZ Firmasında temin ettiği FRP Arka Duvarda özellikle deliklenme hatalarının giderilmesi için son kat boya sonrası tamir işlemi yapmaktadır. Bu durum hem boyahanede işçilik ve malzeme kayıplarına neden olmakta hem de montaj aşamasında malzeme gecikmelerinden dolayı hat durmasına sebep olmaktadır. Yapılan incelemede üretilen KOTO araçlarının ~%65’inin arka duvarının tamamen, geri kalanı ise bölgesel olarak tamir edildiği tespit edilmiştir.

Projenin hedefi, deliklenme başta olmak üzere FRP arka duvardaki yüzey hatalarının azaltılması, dolayısıyla tamir oranlarının düşürülerek işçilik, malzeme kayıplarını düşürülmesidir.

Projenin tahmini finansal kazancı yaklaşık “9,5 € / araç adet” olarak hedeflenmektedir.

Ölçme fazında, yüzey hatalarına sebep olabilecek tüm girdiler tespit edilmiştir. Prosesin mevcut durumunu ortaya koymak ve önemli girdilerin Gaz Çıkış Fırını sonrası yüzeyde oluşan delik sayılarına (GF) etkilerini görmek amacıyla prosesten veriler toplanmıştır.

Analiz fazında yapılan istatistiksel analizler sonucunda, ölçme fazında belirlenen girdilerin değişkenliğinin çok az olduğu ve sonuç üzerinde önemli etkisinin olmadığı görülmesi üzerine Deney tasarımı (DOE ) yapılmasına karar verilmiştir.

İyileştirme fazında, XYZ firmasının tedarik ettiği yeni tip polyester ve jelkot hammaddeleri ile operatör değişkenliğinin etkisinin görülebileceği bir deney tasarlanmış ve DOE analizi sonucunda, geliştirilmiş malzemeler ve deneyimli operatörler ile imal edilen arka duvarların, deliklenme problemini azalttığı tespit edilmiştir.

XYZ Firması, tüm FRP imalatında, yeni Polyester ve yeni Jelkot kullanımını başlatmış ve operatörleri için eğitim planlaması yapılmıştır.

Bunlara ilave olarak, XYZ A.Ş.’den ABC A.Ş.’ye sevkiyat öncesinde son kontrol prosesi iyileştirilmiş. Selülozik boya ve rapid macun uygulaması ile, hatalı parça gönderimi engellenmiştir.

#### **4.5.2. Proje için Altı Sigma yaklaşımının kullanılmasının sebepleri**

ABC firmesinde üretilen KOTO araçlarında arka duvar olarak FRP malzeme kullanılmaktadır. Arka duvarlarda kalite problemi olduğu bilinmekle beraber problem net olarak tarifli değildir. Problem ile karşılaşma sıklığı, hangi tip hataların olduğu bu hataların sebep olduğu kayıplar net olarak tanımlı değildir. Ayrıca bu hatalara sebep olabilecek etmenler bilinmekle beraber hangisinin daha baskın olduğu üzerinde bir araştırma yapılmamıştır. Zorluk derecesi yüksek olan bu soruna ait detaylı veri tutulmadığı gibi, problem ve sebepleri verilere dayalı tariflenmemiştir. Daha önce uygulanan çözüm yöntemleri sorunun sebebini ortadan kaldırmaktan

ziyade üretimin durmasını engelleyecek önlemlerin alınması ile sınırlı kalmıştır. Ayrıca kalite araçları entegre olarak kullanılamamış ve net tarifli bir metodolojinin eksikliği hissedilmiştir. Sorunu kalite ve satınalma departmanları birbirlerinden bağımsız olarak çözmeye çalışsa da tedarik edilen arka duvarlarda kalite değişkenliği azaltılamamış, prosesin standartlaşması sağlanamamıştır.

Bu durumda öncelikle problemin net olarak tariflenmesi, proseste ölçümlerin yapılması ve veri elde edilmesi, sonrasında bu verilerin detaylı şekilde analiz edilerek kök nedenlerin ortaya çıkarılması gerekmektedir. İyileştirme, ancak detaylı analizler ile oraya çıkarılacak kök nedenlerin ortadan kaldırılması ile mümkün olabilecektir. Kök nedenlerin tespitinde ise istatistiksel araçların kullanılması gerekmektedir.

Yine ABC ve XYZ firmalarının çalışan yapısına bakıldığında, analize ve sayısal veri ile çalışmaya yatkın mühendis kadrosunun oldukça fazla olduğu görülmektedir. Firmalar problemlerinin sayısal olarak tarifine ve iyileştirme sonrasında sağlanan kazanımların sayısal olarak tariflenmesine önem vermektedir. ABC firması Altı Sigma'yı bir iyileştirme metodolojisi olarak fiilen uygulamakta ve bu metodolojinin firma içinde yaygınlaşması için kara ve yeşil kuşaklar yetiştirmektedir.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında bakıldığında; proje amacının değişkenliği azaltarak proses standartlaşmasını sağlamak olduğu, bunun da Altı Sigma yaklaşımının amacı ile uyum içinde olduğu görülebilir. Yine Altı Sigma yaklaşımının net olarak tanımlanmış olan tanımlama, ölçme, analiz etme, iyileştirme ve kontrol fazları ile çözümü çok zor gözükken bu problemin, kapsamında sapmadan belirlenen amaçlar doğrultusunda ilerlemesi daha etkin sağlanabilecektir. Altı Sigma'yı diğer kalite araçlarından ayıran önemli özelliklerinden biri olan iş süreçlerine odaklanma, bu problemin çözümünde temel alınması gereken bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca ABC ve XYZ firmalarının kültür ve çalışan yapısı Altı Sigma yöntemini kullanmak için uygunluk göstermektedir. Özellikle ABC firması Altı Sigma'yı bir yönetim felsefesi olarak da benimsemiş ve çalışanlarını eğitimlerden geçirerek bunu şirket içerisinde yaygınlaştırmıştır.



### 4.5.3. Projenin diğer projeler içinden seçilmesi

Tablo 4.5. FRP arka duvar projesi için proje önceliklendirme kriterleri

Bölüm / Birim / Departman / Fonksiyon	PROBLEM	AMAÇ	Proje Önceliklendirme Kriterleri						TOPLAM PUAN	
			Gerçek Kazanç	Çöz. Süresi	Potan. Kazanç	Müş. Mem. Etkisi	Strateji k Etki	Zorluk Derece.		Veri Erişim
			Proje Önceliklendirme Kriterlerinin Ağırlıkları (%)							
30	20	10	15	5	10	10				
Üretim	FRP Tedarikçisinden temin edilen FRP Arka Duvarda Deliklenme, Kabarma, Jelkot Çatlağı, Dalgalanma ve Çizgi İzler gibi yüzey hataları görülmektedir ve bu hatanın giderilmesi için son kat boya sonrası tamir işlemi yapılmaktadır. Üretilen araçların ~%65' inin arka duvarı komple, geri kalanı da bölgesel olarak tamir edildiği tespit edilmiştir	FRP arka duvarlarının tamir edilmesinden kaynaklanan malzeme ve işçilik maliyetlerinin minimize edilmesi	5	3	3	5	3	3	5	410
Planlama	Üretilen araç çeşitlerinin artışı ile birlikte yüksek hacimli parçaların sayısında da artış gözlemlenmektedir . Buna bağlı olarak stok yeri gereksinimi artmış, firma sorumlularının sevkiyat takiplerindeki güçlük artmıştır.	Yüksek hacimli parçalardan başlayarak tüm yerli kaynaklı parça gruplarında ortalama stok miktarının optimize edilerek, stok yeri ve stok maliyeti avantajının sağlanması	5	3	1	1	5	3	3	320
Planlama	Üretim alanı için forklift/çekici ihtiyaçlarının tam karşılanamaması	Forklift/çekicilerin üretim birimlerince talep edilmeden istenen malzemenin yerinde olması, olamıyorsa en geç 30 dak içinde ihtiyacın karşılanmasının sağlanması.	1	3	3	1	3	1	1	170
Planlama	Yeni parça devreye girişinde mevcut olan sistem(treyler birimi hariç), kurulduğundan beri etkin kullanılmamaktadır	Sistemin 3 ay içinde etkin olarak kullanımının sağlanması.	1	3	3	3	3	3	3	240

Daha önce de bahsedildiği üzere ABC firmasındaki Altı Sigma projeleri seçilirken ve önceliklendirilirken gerçek kazanç, potansiyel kazanç, çözüm süresi, müşteri memnuniyetine etkisi, stratejik etki, zorluk derecesi, veri erişimi olmak üzere toplam yedi adet kriter göz önüne alınmaktadır. FRP arka duvar iyileştirme projesi devreye alınmadan önce havuzdaki problemlerin bu kriterlere göre değerlendirilmesi Tablo 4.5’de verilmiştir.

Gerçek kazançtan “5”, çözüm süresinden “3”, potansiyel kazançtan “3”, müşteri memnuniyet etkisinden “5”, stratejik etkiden “3, zorluk derecesinden “3” ve veri erişiminden “5” puan alan FRP arka duvar iyileştirme projesi, bu kriterlerin ağırlıklandırılması ile toplamda 410 puan alarak birinci öncelikli proje olarak ele alınmasına karar verilmiştir.

#### **4.5.4. Proje fazları**

##### **4.5.4.1. Tanımlama fazı**

###### **Problem**

ABC Firmasının, FRP malzeme Tedarikçisi olan XYZ Firmasından temin edilen FRP Arka Duvarlarda yüzey hataları görülmektedir ve bu hatanın giderilmesi için son kat boya sonrası tamir işlemi yapılmaktadır. Yapılan tamirler iki tipe ayrılmıştır.

- 1- Komple Tadilat. Tüm yüzeyde görülen kalite problemlerine karşılık FRP arka duvarın tamamen tamir edilmesi
- 2- Bölgesel tadilat. FRP arka duvarın bazı bölgelerinde görülen kalite problemleri için, tüm arka duvar yerine hatanın görüldüğü bölgelerin tamir edilmesi.

Bir FRP arka duvar üzerinde 5 çeşit hata vardır.

- 1- Deliklenme
- 2- Kabarma
- 3- Dalgalanma
- 4- Jelkot Çatlağı
- 5- Çizgi/İz oluşumu

ABC A.Ş. kalite kayıtları incelenmiş ve 2008 yılı şubat ayında üretilen araçlardan 23 adet halk, 7 adet yüksek tavan tipi olmak üzere toplam 30 araç için aşağıdaki veriler tespit edilmiştir.

23 adet halk otobüsünün 14 adedi komple, 9 adedi bölgesel olarak tamir edilmiştir.

7 adet yüksek tavanlı aracın 6 adedi komple, 1 adedi bölgesel tamir edilmiştir.

Toplamda arka duvarların %65'inin komple, %35'inin ise bölgesel tamir edildiği görülmüştür. Bölgesel ya da komple tadilat gören FRP arka duvar oranı %100 dür.

Araç tipine göre tadilat dağılımı Tablo 4.6'de görülmektedir.

Tablo 4.6. Araç tipine göre tadilat dağılımı tablosu

Araç Tipi/Hat tipi	Komple Tadilat	Bölgesel Tadilat	Toplam
Halk Otobüsü	14	9	23
Yüksek Tavan	6	1	7
Toplam	20	10	30

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda proje ana metriği KOTO FRP Arka Duvar Tamir Oranı seçilmiştir.

#### Proje Hedefi

XYZ firmasından tedarik edilen FRP arka duvardaki yüzey hatalarının minimize edilerek, FRP arka duvarlarının tamir edilmesinden kaynaklanan malzeme ve işçilik maliyetlerinin minimize edilmesi ve montaja boyalı arka duvar akışındaki gecikmeleri yok etmek projenin hedefi olarak belirlenmiştir

Kayıpların hesabında ve yapılacak iyileştirmede sağlanacak finansal getiride kullanılan bilgiler aşağıda verilmiştir.

Komple arka duvar tamiri için kullanılan malzemeler ~3 €.

Komple Halk Otobüsü Komple arka duvar tamiri için harcanan işçilik 0,75 a\*s,

Komple Yüksek Tavan KOTO arka duvar tamiri harcanan işçilik 0,50 a\*s

Bölgesel tamiratlara harcanan işçilik ~0,25 Adam \* Saat (a\*s)

1 a\*s maliyeti : 20 €

Bu veriler kullanılarak hesaplanan tamir maliyetleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}
\text{Halk Otobüsü Komple Arka Duvar Tamir Maliyeti} &= \text{tamir işçiliği} * \text{işçilik maliyeti} \\
&+ \text{malzeme maliyeti} \\
&= 0,75 (a*s) * 20 \text{ €} / (a*s) + 3\text{€}. \\
&= 18 \text{ €}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Yüksek Tavan Komple Arka Duvar Tamir Maliyeti} &= \text{tamir işçiliği} * \text{işçilik maliyeti} \\
&+ \text{malzeme maliyeti} \\
&= 0,50 (a*s) * 20 \text{ €} / (a*s) + 3\text{€}. \\
&= 13 \text{ €}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Arka Duvar Bölgesel Tamir Maliyeti} &= \text{tamir işçiliği} * \text{işçilik maliyeti} \\
&+ \text{malzeme maliyeti} \\
&= 0,50 (a*s) * 20 \text{ €} / (a*s) + 3\text{€}. \\
&= 13 \text{ €}.
\end{aligned}$$

Bu proje ile, tamir oranlarını en az %70 azaltılarak, “~9,5 € / araç adet” tasarruf edilecektir.

Aşağıdaki Şekil 4.7’de ABC firmasının XYZ tedarikçisinden temin ettiği FRP arka duvar görülmektedir.



Şekil 4.7. KOTO araçlarına monte edilen FRP arka duvar

Şekil 4.8’de ise araç üzerine uygulanmış olan boyalı bir FRP arka duvar görülmektedir.



Şekil 4.8: Araç üzerine monte edilmiş boyalı FRP arka duvar

Projenin başlama ve bitiş tarihleri belirlendikten sonra proje lideri ve ekip üyeleri saptanmıştır. Ekip üyeleri seçilirken proses bilgisi dikkate alınmış ve proses ile ilgili her departmanın temsil edilmesine gayret gösterilmiştir.

#### 4.5.4.2. Ölçme fazı

Ölçme fazında; 22 adet halk otobüsü, 19 adet Yüksek Tavan otobüs (YT) olmak üzere toplam 41 araç için deliklenme, kabarma, dalgalanma, jelkot çatlağı ve çizgi/iz oluşumu olarak tanımlanmış 5 tip hata için veri toplanmıştır. Toplanan veriler Tablo 4.7’de verilmiştir.

Her bir satırın bir adet FRP arka tavanı gösterdiği tabloda, hata tipleri için binominal kodlama sistemi kullanılmıştır. “0” hata yok anlamına gelirken, “1” ilgili FRP arka tavanda belirtilen hata tipine rastlandığı anlamına gelmektedir. Tamir sütununda üç notasyon kullanılmış olup; “K” arka duvarın komple, “B” ise bölgesel olarak tadil edildiğini göstermektedir. “OK”, ilgili arka duvarda herhangi bir tadilat yapılmadığını göstermektedir.

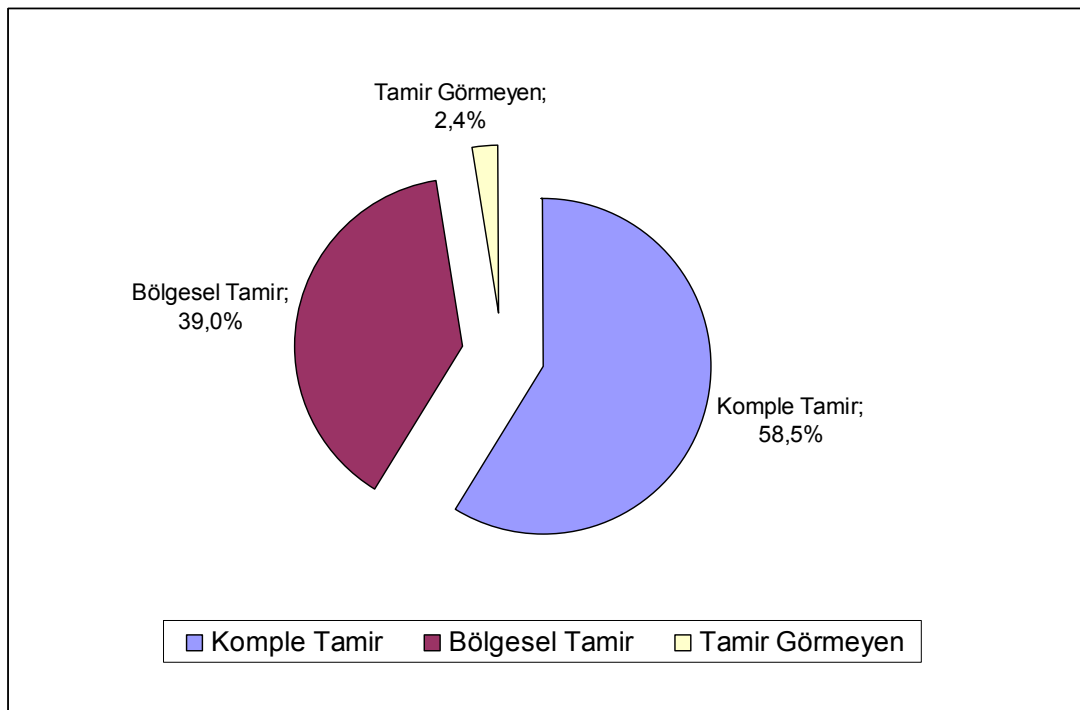
Tablo 4.7. 41 adet araca ait hata ve tamir tipleri

DELİK	KABARMA	JELKOT	DALGA	ÇİZGİ İZ	TAMİR	HATA SAYI	HATALI	TİP
1	1	0	0	1	B	3	1	YT
1	0	0	0	1	B	2	1	YT
1	1	0	0	0	K	2	1	YT
1	1	0	1	1	K	4	1	YT
1	0	0	1	1	K	3	1	Halk
1	1	0	0	1	B	3	1	Halk
1	1	0	1	0	K	3	1	Halk
1	0	0	0	0	B	1	1	Halk
1	1	0	0	1	K	3	1	YT
1	1	0	0	0	K	2	1	Halk
1	1	1	0	1	K	4	1	Halk
1	1	0	0	1	K	3	1	Halk
1	1	0	0	0	K	2	1	Halk
1	0	1	0	0	K	2	1	YT
1	0	0	1	0	K	2	1	Halk
1	0	1	1	0	K	3	1	Halk
1	1	1	0	1	K	4	1	Halk
1	0	1	0	1	K	3	1	Halk
1	1	0	0	0	K	2	1	YT
1	1	1	0	0	B	3	1	YT
1	1	0	0	0	B	2	1	Halk
1	0	1	1	1	K	4	1	Halk
1	0	0	1	0	K	2	1	Halk
1	0	1	0	0	B	2	1	Halk
1	1	0	0	0	B	2	1	YT
1	0	1	1	0	K	3	1	YT
1	0	0	0	0	B	1	1	YT
1	1	1	0	1	K	4	1	YT
1	1	1	0	1	K	4	1	YT
0	0	0	0	0	OK	0	0	Halk
1	1	0	0	0	B	2	1	Halk
1	1	0	0	1	K	3	1	Halk
1	1	0	0	1	K	3	1	YT
1	0	1	0	0	B	2	1	YT
1	1	0	0	0	B	2	1	YT
1	1	0	0	1	K	3	1	YT
1	1	0	0	0	B	2	1	Halk
1	1	0	0	0	K	2	1	Halk
1	0	0	0	0	B	1	1	Halk
1	1	0	0	0	B	2	1	YT
1	0	1	0	0	B	2	1	YT

“Tip” isimli sütununda arka duvarın halk otobüsümü mü yoksa YT araca mı ait olduğu belirtilmiş iken, “hatalı” isimli sütun, ilgili arka duvarda herhangi bir tip hatadan en az bir tanesinden hata tespit edildi ise “1”, aksi halde “0” değerini almıştır.

“Hata Say” sutunu, bulunan hata tipi sayısını vermektedir.

Yukarıda verilen 41 örnek incelendiğinde arka duvarların % 58,5’i komple, % 39’u bölgesel olarak tamir edildiği görülmektedir. Hiç bir extra işçilik yapılmadan montaja verilen araç oranı % 2,4’tür (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Arka duvar yüzey hata oranları

Süreç yeterliliği, tamir edilen ve edilmeyen arka duvarlar üzerinden binomial olarak hesaplanmıştır. Minitab programında yapılan analiz sonucunda, sürecin sigma seviyesi  $-1,97$  olarak tespit edilmiştir. Hesaplanan sigma seviyesi, Proses z değerine karşılık gelmektedir. Proses z ise yeterlilik indeksidir. Proses z değeri ne kadar büyükse süreç o kadar iyi demektir. Proses z, değeri, ortalama P değerinin standart normal dağılıma karşılık gelen alan hesabından bulunur.

Ortalama P: Yapılan örnekleme dayalı hatalı parça olasılığını vermektedir.

Ortalama P = Hatalı parça sayısı / Toplam parça sayısı

Ortalama P = 40 / 41 = 0,975

Proses z = -1 \*  $\theta^{-1}$  (ortalama P)

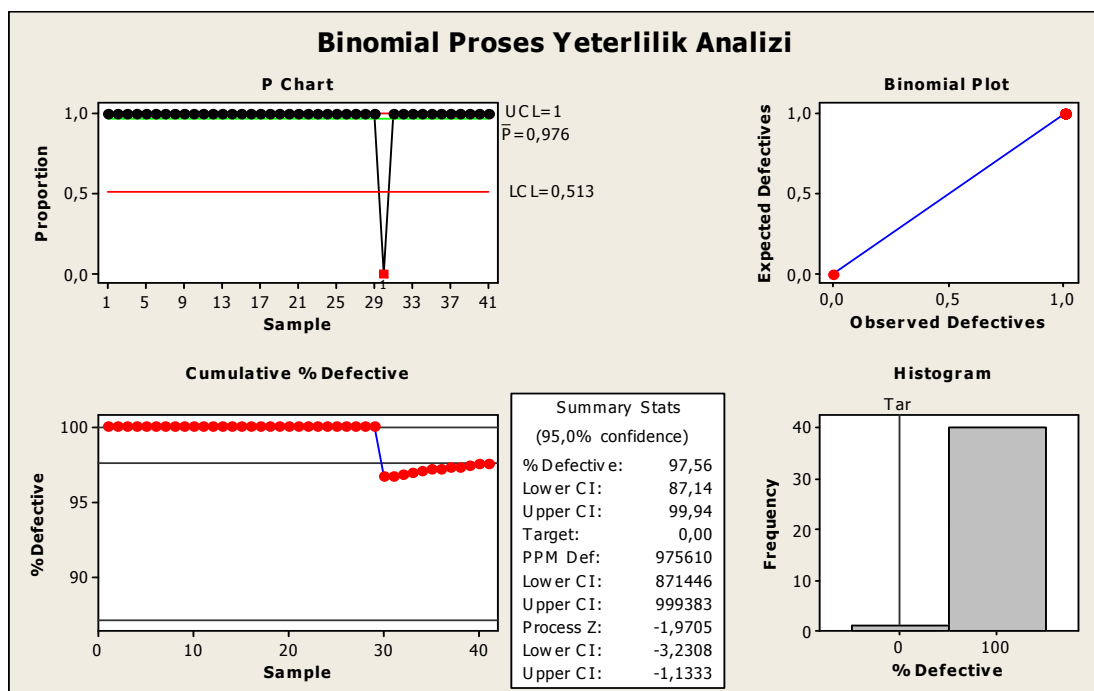
$\theta^{-1}$  → standart normal dağılımın ters dağılım fonksiyonudur.

P( X <= x )      x

0,976      1,97737

$\theta^{-1} = 1,97$

Proses z = -1 \* 1,97 = -1,97

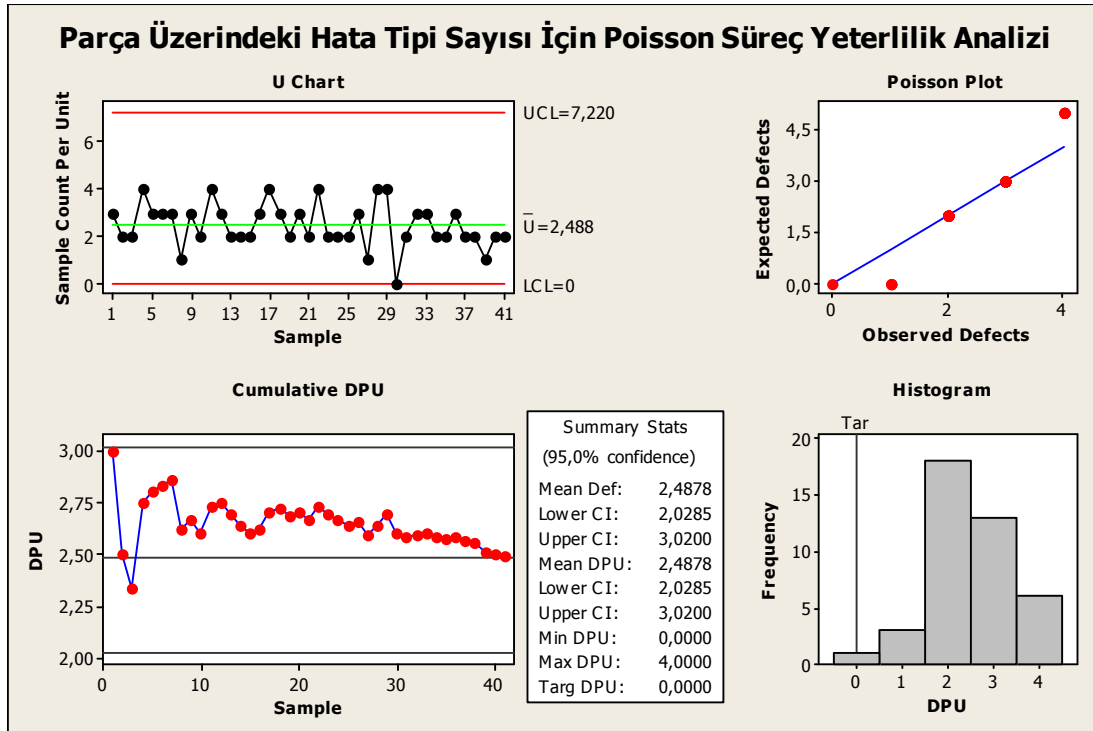


Şekil 4.10. Mevcut durum binomial süreç yeterlilik analizi

Şekil 4.10'da Minitab programında elde edilen sonuçlar görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, bir arka duvarın tadilat görme olasılığı %97,56 olarak görülmektedir. Sürecin PPM'i 975610 olarak hesaplanmıştır.

Bir arka duvar üzerinde görülen hata sayısı üzerinden poisson analizi yapıldığında ise ortalama hata tipi sayısının 2,48 olduğu ve bir parça üzerinde görülebilen hata tipi sayısının 4'e kadar yükselebildiği görülmüştür. Minitab'de yapılan süreç yeterliliği analizi sonuçları Şekil 4.11'de verilmiştir.

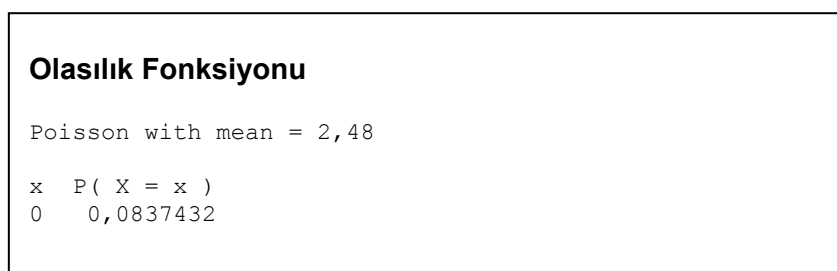




Şekil 4.11. Mevcut durum poisson süreç yeterlilik analizi

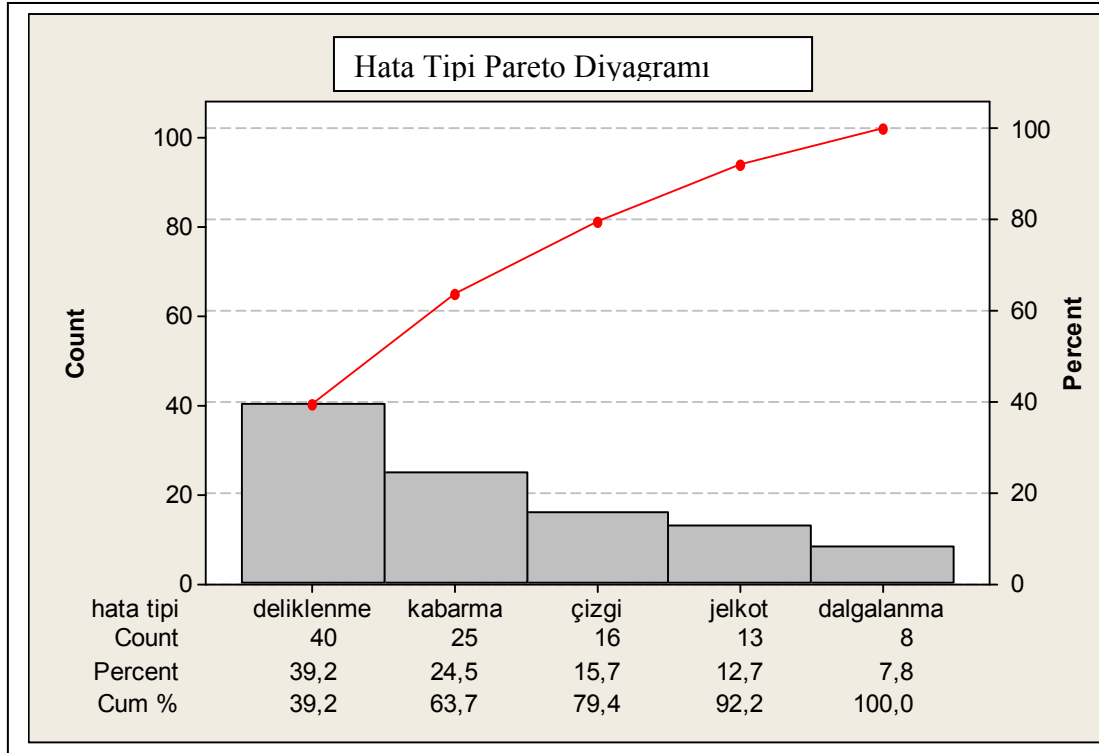
Minitab programında, 2,48 hata tipi ortalaması olan bir süreçte XYZ şirketinden ABC'ye 0 hatalı parça sevk edilme olasılığı hesaplatıldığında bulunan oran %8,3 olmuştur.

İlgili minitab çıktısı Şekil 4.12'de verilmiştir



Şekil 4.12 Poisson olasılık hesabına göre 0 hatalı parça üretme olasılığı

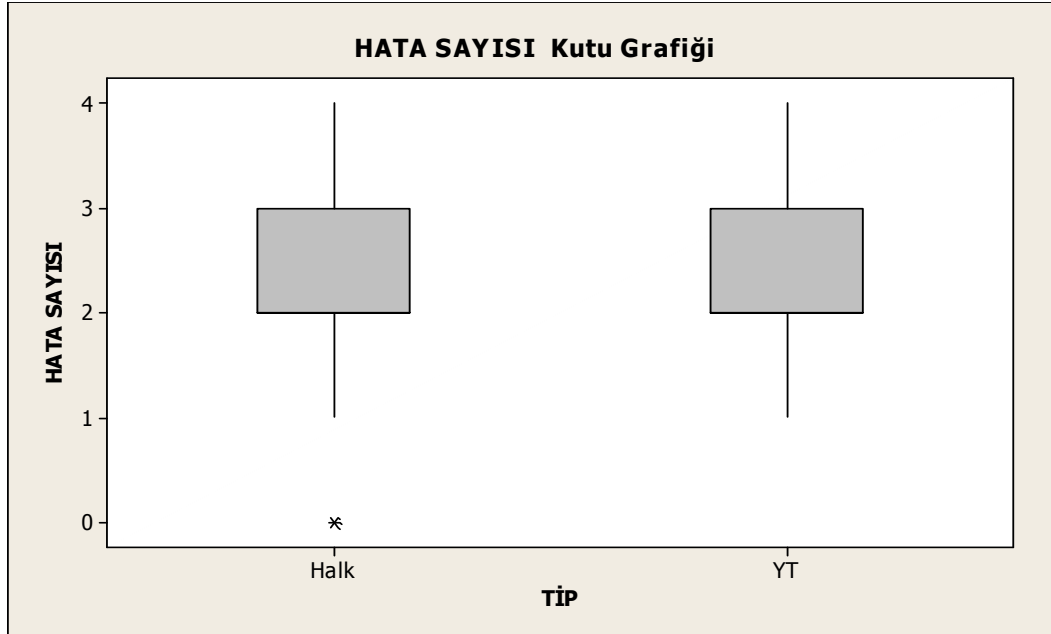
İyileştirme çalışmalarına hata tiplerinin hangisinden başlanması gerektiğinin tespiti için ilgili veriler için pareto analizi yapılmıştır. Bulunan sonuçlar Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13 Hata tipleri için pareto analizi

Pareto diyagramı incelendiğinde deliklenme, kabarma ve çizgi/ iz problemlerinin toplam hata miktarının %80'ini oluşturduğu ve en yüksek hata miktarını deliklenme sorununun oluşturduğu görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında öncelikli olarak deliklenme sorunun üzerine gidilmesine sonrasında ise kabarma ve çizgi problemlerinin ele alınmasına karar verilmiştir.

Yine toplanan verilerden FRP arka duvar hata sayısı açısından halk otobüsü ile YT araç arasında herhangi bir fark olup olmadığı Minitab'de kutu grafiği ile incelenmiş ve her iki tip araç arasında hata sayıları açısından bir fark olmadığı görülmüştür. Kutu grafiğinin sonuçları aşağıdaki Şekil 4.14'de verilmiştir.



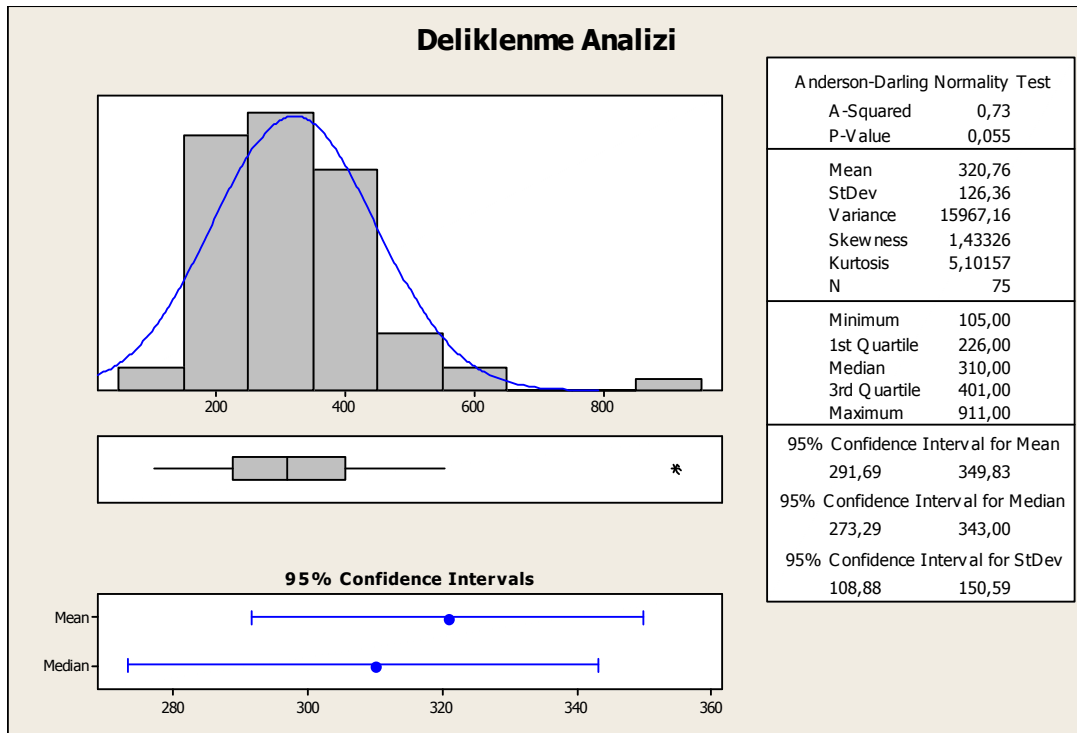
Şekil 4.14. YT ve Halk Otobüsü tipleri için FRP arka duvara ait hata sayıları

Tablo 4.8. FRP arka duvarlar ve üzerlerindeki GF sayıları

Arka Duvar No	Delik Sayısı	Arka Duvar No	Delik Sayısı	Arka Duvar No	Delik Sayısı
1	344	26	291	51	329
2	333	27	354	52	403
3	414	28	395	53	219
4	377	29	427	54	163
5	332	30	401	55	254
6	451	31	275	56	301
7	351	32	360	57	221
8	337	33	411	58	189
9	423	34	390	59	250
10	391	35	223	60	238
11	404	36	310	61	268
12	504	37	302	62	161
13	441	38	226	63	238
14	446	39	285	64	121
15	553	40	186	65	105
16	360	41	911	66	152
17	462	42	343	67	161
18	293	43	340	68	176
19	494	44	282	69	221
20	550	45	206	70	221
21	237	46	323	71	195
22	437	47	437	72	252
23	332	48	271	73	194
24	241	49	537	74	163
25	243	50	343	75	283

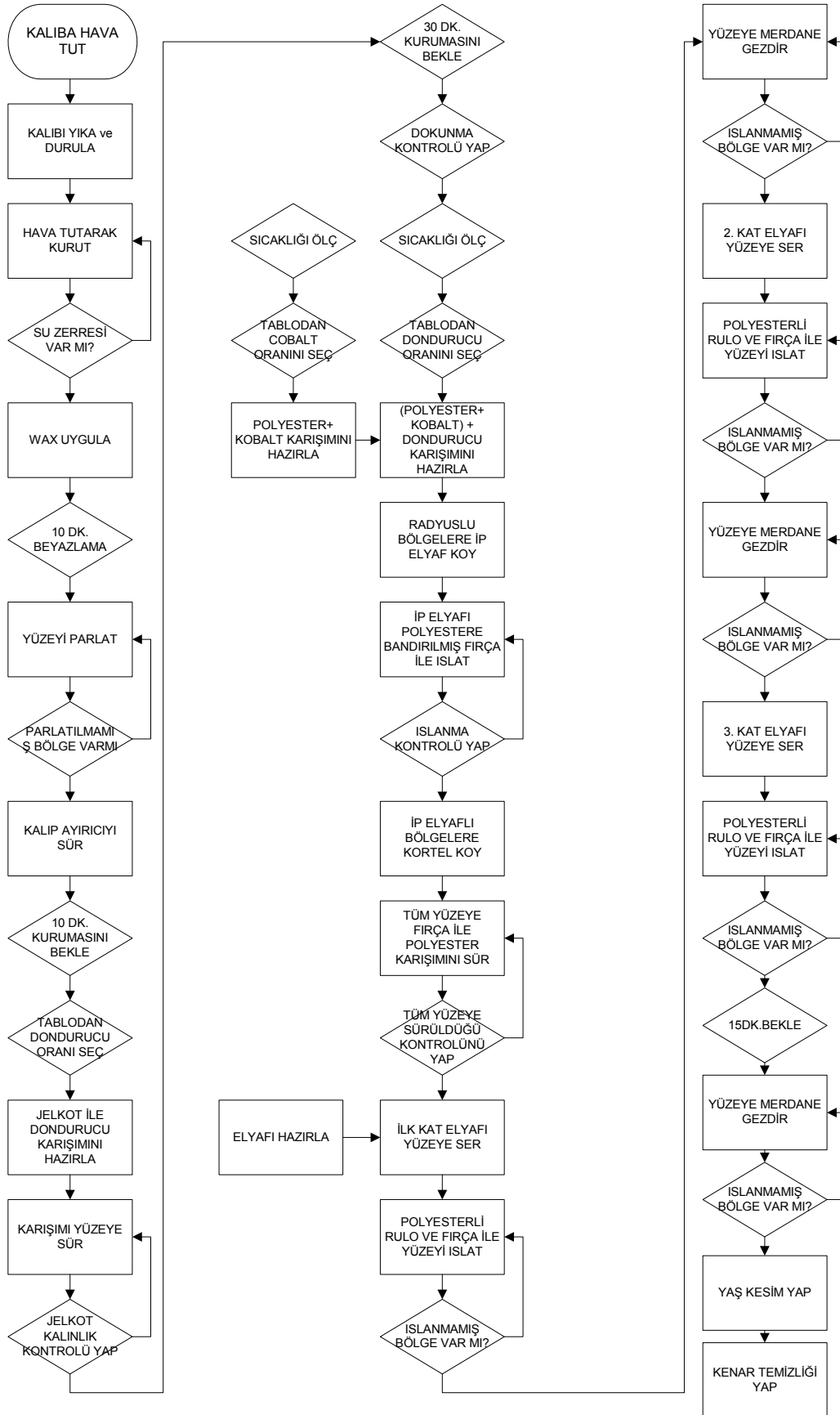
En fazla görülen hata tipi olan deliklenme problemini sayısal olarak ifade edebilmek için 75 adet arka duvarda delik adetleri sayılmış ve bulunan sonuçlar Tablo 4.8’de verilmiştir.

75 adet arka duvar üzerinde görülen delik sayıları için minitabde analiz yapılmıştır. %95 güven aralığında deliklenmenin ortalaması ( $\mu$ ) 320, standart sapması ( $\sigma$ ) 126 olan normal dağılıma uyduğu bulunmuştur.

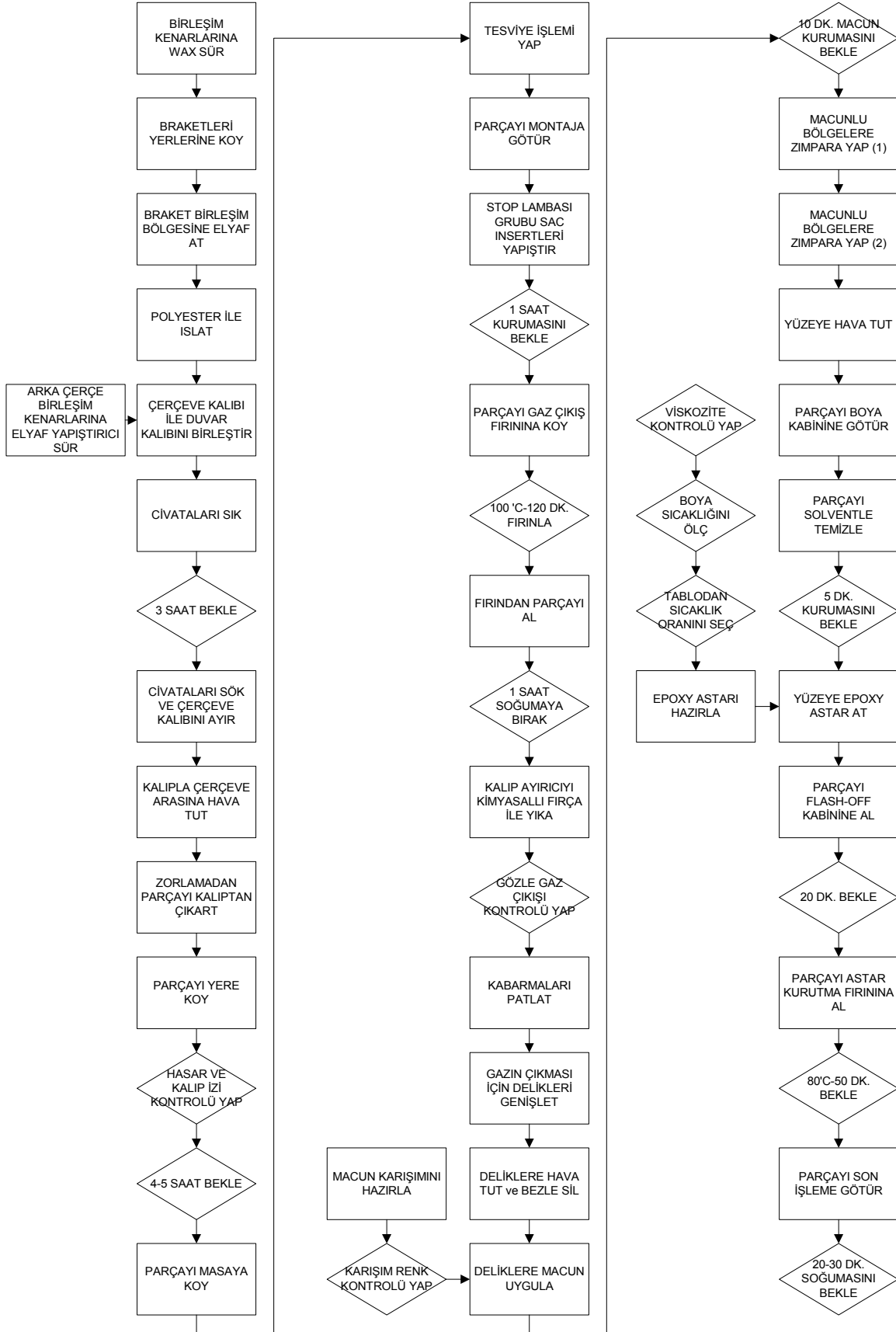


Şekil 4.15. Arka duvar üzerindeki deliklenmenin dağılımı

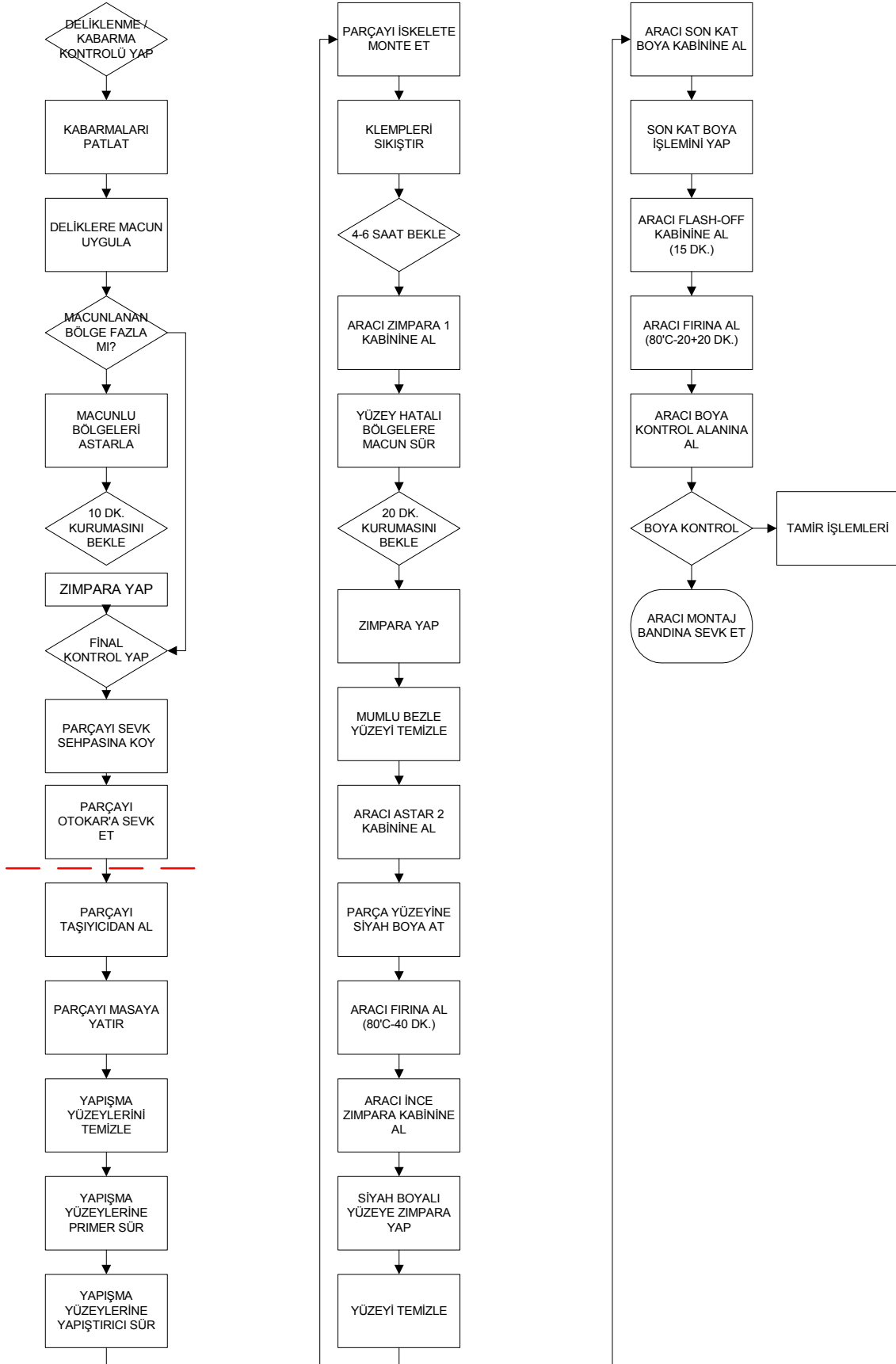
Yapılan sayısal analizlerden sonra prosesin adımlarını anlamak ve süreçlerdeki olası değişkenlik kaynaklarını ve süreç girdilerini tespit etmek ve için Koto arka duvar üretimi süreç akış şeması çıkarılmıştır. Süreci detaylı olarak tarif eden süreç akış şeması Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.16. Koto arka duvar üretimi süreç akış şeması



Şekil 4.16 (Devam). Koto arka duvar üretimi süreci akış şeması



Şekil 4.16 (Devam). Koto arka duvar üretimi süreç akış şeması

Şekil 4.17’de XYZ firmasındaki jelkot uygulaması görülmektedir.



Şekil 4.17. Arka duvar üretiminde jelkot uygulaması

Şekil 4.18’de ise jelkot uygulaması yapılan kalıbın üzerine Elyaf ve polyester uygulaması görülmektedir.



Şekil 4.18. Arka duvar üretiminde elyaf ve polyester uygulaması



Girdi değişkenlerinin yüzey hatalarına olan etkilerini belirlemek amacıyla her bir süreç adımı ile girdileri listelenmiş ve bir sebep sonuç matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan sebep sonuç matrisi Tablo 4.9'de verilmiştir. Puanlamaya ekip üyeleri katılmış ve verdikleri puanları aynı zamanda açıklamalar ile desteklemiştir. Tüm proje üyeleri diğer üyelerin açıklamalarına rağmen ortak bir puanlamada mutabık kalamazlarsa, verilen puanların ortalaması alınarak yuvarlama yapılmıştır. Bu analizin sonucunda yüzey kalitesine etki eden önemli girdiler aşağıdaki tabloda işaretlenmiştir.

Tablo 4.9. FRP arka duvar yüzey hataları için sebep sonuç matrisi

Süreç Adımı	Süreç Girdisi	DELİKLENME	KABARMA	JELKOT ÇATL.	ÇİZGİ İZ	DALGALANMA	Toplam
Kalıba hava tut	Hava	4	0	0	2	0	6
	Opr.	4	0	0	0	0	4
WAX uygula	WAX	0	0	4	0	0	4
Kalıp ayırıcıyı sür	Kalıp ayırıcı	0	0	4	0	0	4
	Metod	0	0	4	0	0	4
Kurumasını bekle	Zaman	4	0	0	0	0	4
Tablodan dondurucu oranını seç	Opr.	4	4	3	0	1	12
	Ortam sic.	5	5	0	0	2	12
	Nem oranı	5	5	0	0	2	12
	Termometre	3	4	3	0	1	11
Jelkot ile dondurucu karışımını hazırla	Opr.	5	5	3	0	1	14
	Kobaltlı Jelkot	5	5	4	0	1	15
	Dondurucu MEK-P	5	5	4	0	1	15
	Çubuk temizliği	0	0	0	5	0	5
	Jelkot viskozitesi	5	5	4	0	1	15
	Karıştırma kabı temiz olmalı	4	3	3	0	1	11
Karışımı yüzeye sür	Opr.	4	2	0	0	4	10
	Sürülen karışım miktarı	4	2	3	0	2	11
Jelkot kalınlık kontrolü yap	Sürülen jelkot miktarı	4	5	5	0	3	17
Tablodan kobalt oranını seç	Kontrolör	0	4	0	0	0	4

Tablo 4.9 (Devam).

	Kobalt miktarı	4	3	2	0	2	11
	Polyester						
Tablodan dondurucu oranını seç	Opr.	4	4	4	0	4	16
Polyester - dondurucu karışımını hazırla	Opr.	4	5	0	0	3	12
	Dondurucu miktarı	4	5	0	0	3	12
	Ortam sic.	4	5	0	0	0	9
	Nem oranı	5	5	3	0	0	13
İlk kat elyafı yüzeye sür	Elyaf kalitesi	4	5	3	0	0	12
Polyesterli rulo ve fırça ile yüzeyi ıslat	Opr.	5	5	0	0	5	15
Yüzeye merdane gezdir	Merdane temizliği	2	4	0	0	5	11
2. kat elyafı yüzeye sür	Elyaf kalitesi	4	5	3	0	0	12
Polyesterli rulo ve fırça ile yüzeyi ıslat	Opr.	5	5	0	0	5	15
Yüzeye merdane gezdir	Merdane temizliği	2	4	0	0	5	11
3. kat elyafı yüzeye sür	Elyaf kalitesi	4	5	3	0	0	12
Polyesterli rulo ve fırça ile yüzeyi ıslat	Opr.	5	5	0	0	5	15
Yüzeye merdane gezdir	Merdane temizliği	2	4	0	0	5	11
3 saat kurumasını bekle	Zaman	5	5	0	0	1	11
Zorlamadan parçayı kalıptan çıkar	Opr.	0	0	5	0	4	9
Parçayı yere koy	Yer	0	0	0	0	4	4
Parçayı gaz çıkış fırınına koy	Metod (duvara dayama)	0	0	0	0	4	4
100°C 120 dk. Fırınla	Zaman	4	3	0	0	4	11
	Sic.	4	3	0	0	4	11
Kabarmaları patlat	Opr.	5	5	0	0	0	10
Deliklere hava tut	Opr.	5	5	0	0	0	10
Deliklere macun uygula	Opr.	4	4	0	0	3	11
Parçayı solventle temizle	Opr.	5	4	0	0	0	9
	Solvent	0	4	0	0	0	4
80°C 50 Dk. Fırınla	Zaman	5	3	0	0	3	11
	Sic.	4	4	0	0	3	11
Deliklere macun uygula	Dolgu macun	4	4	0	0	0	8
Astar fırın	Zaman	5	3	0	0	3	11
Yoklama macun uygula	Macun	4	4	0	0	0	8
Sonkat boya fırın	Zaman	4	4	0	0	3	11
	Sic.	4	4	0	0	3	11

Sebepler sonuç matrisine göre aşağıda verilen girdi değişkenlerinin başta deliklenme olmak üzere yüzey hatalarına sebep olabileceği belirlenmiştir.

- Operatör : Arka duvar imalatını gerçekleştiren işçi.
- Ortam Sıcaklığı: Üretimin yapıldığı ortamın sıcaklığı
- Nem Oranı:
- Cam Elyaf Parti: Kovan deliklerinden akan her bir cam lifine filament denir. Filament yapıdaki malzemelerin genel adı elyafdır.
- Polyester Parti: Polyester reçineler, takviyeli plastikler içinde termoset grubunda yer alan bir reçinedir
- Jelkot Parti: Kalıp yüzeyine uygulanan ve keçenin kalıp üzerine yatırılmasından önce jelleşen bir reçinedir. Kalıplanan ürünle bir bütün oluşturan bu reçine, özellikle düzgün bir yüzey istendiğinde uygulanır
- Jelkot Kalınlığı
- Mek-P Parti : Mek Peroksitin kısaltmasıdır. Sertleştirici malzemedir.
- Mek Oranı
- Fırınlama süresi

Yukarıdaki bu değişkenler ile ilgili olarak karşılıklarında belirtilen şekilde ölçüm yapılmasına karar verilmiştir.

- Operatör: Operatör ismi kayıt edilecek.
- Ortam sıcaklığı: Ölçülerek kayıt edilecek
- Nem oranı: Ölçülerek kayıt edilecek
- Elyaf parti: Üretimde kullanılan parti no kayıt altına alınacak.
- Polyester parti: Üretimde kullanılan parti no kayıt altına alınacak.
- Jelkot parti: Üretimde kullanılan parti no kayıt altına alınacak.
- Jelkot kalınlığı: Ölçülerek kayıt edilecek
- Mek-p parti: Üretimde kullanılan parti no kayıt altına alınacak
- Mek-p oranı: Ölçülerek kayıt edilecek

Yukarıdaki girdiler için veri toplama planı yapılmış veri toplama formu örneği Ek C’de verilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonrasında analiz fazına geçilmiştir.

#### **4.5.4.3. Analiz fazı**

Yüzey kalitesi ile ilgili belirlenen beş tip hatadan, öncelikli olarak en sık görülen hata tipi olan deliklenme probleminin analizleri ve çözümü hedeflenmiştir. Süreç

analizinde deliklenmenin gaz çıkış fırınlanmasından sonra çıkan gazlardan oluştuğu görülmüştür. Fırından çıkan parça üzerinde, parça içinde kalan gazların çıkması ile oluşan delik çıktı değişkeni, el yatırması sürecinin ana çıktısı olarak analizlerde kullanılmıştır. Parça üzerinde gaz çıkışı ile oluşan delik sayısı bundan sonra GF notasyonu ile gösterilecektir.

Ek C’de verilen veri toplama formu kullanılarak her bir FRP arka duvar için GF miktarı sayılarak, girdi değişkenleri ile beraber kayıt altına alınmıştır.

Aşağıdaki tabloda 41 adet FRP arka duvara ait veriler listelenmiştir.

Tablo 4.10. 41 adet FRP arka duvar için girdi değişkenleri ve GF miktarları

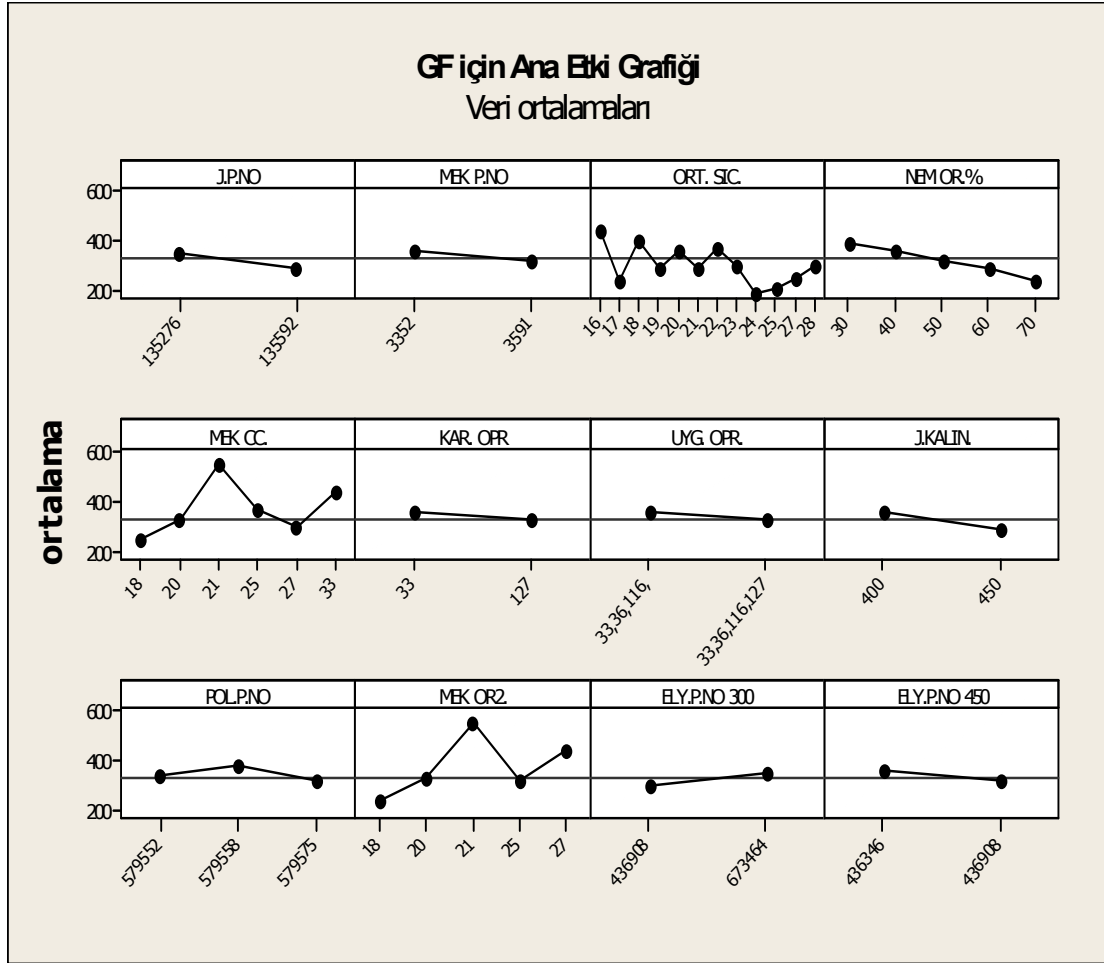
IML. P.NO	J.P. NO	MEK P.NO	OR T. SIC	NEM OR.%	ME CC	KAR. OPR	UYG. OPR.	J. KALIN	POL.P. NO	MEK OR2.	KAR. OPR2.	ELY.P. NO 300	ELY.P. NO 450	GF
030508/47	135276	3352	22	30	21	127	33,36,116,127	450	579552	21	127	673464	436346	550
030508/49	135276	3352	19	40	25	127	33,36,116,127	450	579552	25	127	673464	436346	237
040508/141	135276	3352	16	50	33	127	33,36,116,127	400	579552	27	127	673464	436346	437
040508/140	135276	3352	21	40	20	127	33,36,116,127	400	579552	20	127	673464	436346	332
050508/112	135276	3352	17	50	27	127	33,36,116,127	450	579552	25	127	673464	436346	241
050508/114	135276	3352	22	40	20	127	33,36,116,127	450	579552	20	127	673464	436346	243
050508/111	135276	3352	23	30	20	127	33,36,116,127	400	579552	20	127	673464	436346	291
080508/10	135276	3352	20	40	25	33	33,36,116,	400	579552	25	33	673464	436346	354
080508/49	135276	3352	20	40	25	127	33,36,116,127	450	579558	25	33	673464	436346	395
080508/144	135276	3352	20	40	25	127	33,36,116,127	400	579558	20	127	673464	436346	427
080508/51	135276	3352	22	30	20	127	33,36,116,127	400	579558	20	127	673464	436346	401
090508/143	135276	3352	19	40	25	127	33,36,116,127	450	579558	25	127	673464	436346	275
090508/134	135276	3352	22	50	20	127	33,36,116,127	400	579558	20	127	673464	436346	360
090508/144	135276	3352	21	40	20	127	33,36,116,127	400	579558	20	127	673464	436346	411
100508/14	135276	3591	21	50	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	673464	436908	390
100508/15	135276	3591	21	40	20	127	33,36,116,127	450	579575	20	127	673464	436908	223
100508/17	135276	3591	23	30	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	673464	436908	310
110508/109	135276	3591	22	40	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	673464	436908	302
110508/118	135276	3591	22	40	20	127	33,36,116,127	450	579575	20	127	673464	436908	226
110508/136	135276	3591	22	40	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	673464	436908	285
120508/49	135276	3591	21	50	20	127	33,36,116,127	450	579575	20	127	673464	436908	186
120508/50	135276	3591	22	40	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	673464	436908	911

Tablo 4.10 (Devam).

130508/136	135276	3591	19	60	27	127	33,36,116,127	400	579575	25	127	673464	436908	340
150508/127	135592	3591	19	60	27	127	33,36,116,127	400	579575	25	127	673464	436908	282
150508/128	135592	3591	21	60	20	127	33,36,116,127	450	579575	20	127	673464	436908	206
150508/138	135592	3591	22	60	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	673464	436908	323
160508/123	135592	3591	20	60	25	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	436908	436908	437
160508/124	135592	3591	22	50	20	127	33,36,116,127	450	579575	20	127	436908	436908	271
160508/125	135592	3591	22	50	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	436908	436908	537
170508/59	135592	3591	20	50	25	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	436908	436908	343
170508/60	135592	3591	22	50	20	127	33,36,116,127	450	579575	20	127	436908	436908	329
180508/64	135592	3591	18	50	25	127	33,36,116,127	400	579575	25	127	436908	436908	403
180508/65	135592	3591	20	50	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	436908	436908	219
220508/112	135592	3591	25	50	18	127	33,36,116,127	400	579575	18	127	436908	436908	163
220508/111	135592	3591	25	50	18	127	33,36,116,127	450	579575	18	127	436908	436908	254
220508/109	135592	3591	28	50	18	127	33,36,116,127	400	579575	18	127	436908	436908	301
230508/44	135592	3591	22	60	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	436908	436908	221
230508/43	135592	3591	24	60	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	436908	436908	189
230508/52	135592	3591	27	50	18	127	33,36,116,127	450	579575	18	127	436908	436908	250
240508/113	135592	3591	22	70	20	127	33,36,116,127	400	579575	20	127	436908	436908	238

Sebeup-sonuç matrisine göre belirlenen bu girdiler için toplanan veriler Minitab'de analiz edilerek, GF sayısına olan etkileri belirlenmiştir.

İlk olarak her bir girdinin GF ortalamasına yaptığı etkiyi göstermek için değişken'e göre GF ortalaması grafikleri çizdirilmiştir. Bulunan sonuçlar Şekil 4.19'da verilmiştir. Şekilde verilen grafikler incelendiğinde Jelkot parti, Mek-P, karıştırma operatörü, uyulama operatörü, jelkot kalınlığı, polyester parti ve elyaf partilerindeki değişkenliğin GF sayılarında anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.19. Girdi değişkeni GF ortalaması ilişkisi

Mek cc., ortam sıcaklığı ve nem oranı %, Mek.Or2 girdilerinin ise GF sayılarında anlamlı bir değişikliğe sebep olup olmadığı grafiklerden net olarak söylenemeyeceği için bu değişkenler için ayrıca ANOVA analizleri yapılmıştır.

Aşağıdaki yapılan analizlerin sonuçları verilmiştir.

Analizler sonucunda elde edilen “P” değerlerine bakıldığında hepsi için “P” değerinin 0,05’den büyük olduğu görülmektedir ki bu ilgili girdi değişkenlerine göre GF sayısının değiştiğini söyleyebilmek için yeterli delilin olmadığı anlamına gelmektedir.

**Tek değişkenli ANOVA: GF versus MEK CC.**

Source	DF	SS	MS	F	P
MEK CC.	5	103903	20781	1.27	0.299
Error	35	573232	16378		
Total	40	677134			

S = 128.0    R-Sq = 15.34%    R-Sq(adj) = 3.25%

**Tek değişkenli ANOVA: GF versus ORT. SIC.**

Source	DF	SS	MS	F	P
ORT. SIC.	11	130034	11821	0.63	0.791
Error	29	547100	18866		
Total	40	677134			

S = 137.4    R-Sq = 19.20%    R-Sq(adj) = 0.00%

**Tek değişkenli ANOVA: GF versus NEM OR.%**

Source	DF	SS	MS	F	P
NEM OR.%	4	48039	12010	0.69	0.605
Error	36	629095	17475		
Total	40	677134			

S = 132.2    R-Sq = 7.09%    R-Sq(adj) = 0.00%

**Tek değişkenli ANOVA: GF versus MEK OR2.**

Source	DF	SS	MS	F	P
MEK OR2.	4	92277	23069	1,42	0,247
Error	36	584857	16246		
Total	40	677134			

S = 127,5    R-Sq = 13,63%    R-Sq(adj) = 4,03%

Şekil 4.20. GF sayısındaki değişkenliğin MEK CC, ORT. SIC, NEM OR.% MEK.OR2 değişkenlerine göre ANOVA analizi

**4.5.4.4. İyileştirme fazı**

Sebeup sonuç matrisinde önemli girdi olarak ortaya çıkan operatör ile polyester ve jelkot malzemeleri ile ilgili yapılan analizlerde bu girdilerin deliklenme problemi ile ilişkisi olduğunun ispatı için yeterli delil bulunmamakla beraber hem alınan

örneklerde bu değişkenlerin fazla çeşitliliğinin olmaması hem de süreç bilgisine göre bu girdilerde yapılacak iyileştirmenin etkisinin fazla olacağı yönündeki veri sebebiyle, operatör deneyim farkı ile FRP malzemenin hammaddeleri olan Polyester ve Jelkot malzemesinin ortalamaya etkisinin görülebilmesi için analiz fazının son aşamasında hammadde tedarikçilerinin geliştirdiği ve ürettiği, ilave bazı katkı maddeleri içeren polyester ve jelkotun mevcut kullanılanlardan farklı olup olmadığının ve operatör etkisinin görülebileceği bir deney tasarlanmıştır.

Tasarlanan deneye ait detay bilgiler aşağıda verilmiştir.

Faktörler: Polyester, Jelkot, Operatör olmak üzere üç faktör

Seviyeler:

Operatör: Bursa fabrika operatörleri (Bur), Adapazarı fabrika operatörleri (Adp)

Polyester: Polikor marka, Boytek marka

Jelkot: Eski jelkot, Yeni Jelkot

Toplamda  $2^3 = 8$  adet deney tasarlanmıştır.

Tasarlanan deney kombinasyonları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. DOE kombinasyonları

<b>Operatör</b>	<b>Polyester</b>	<b>Jelkot</b>
Bur	Polikor	Yeni Jel
Bur	Polikor	Eski Jel
Bur	Boytek	Yeni Jel
Bur	Boytek	Eski Jel
Adp	Polikor	Yeni Jel
Adp	Polikor	Eski Jel
Adp	Boytek	Yeni Jel
Adp	Boytek	Eski Jel

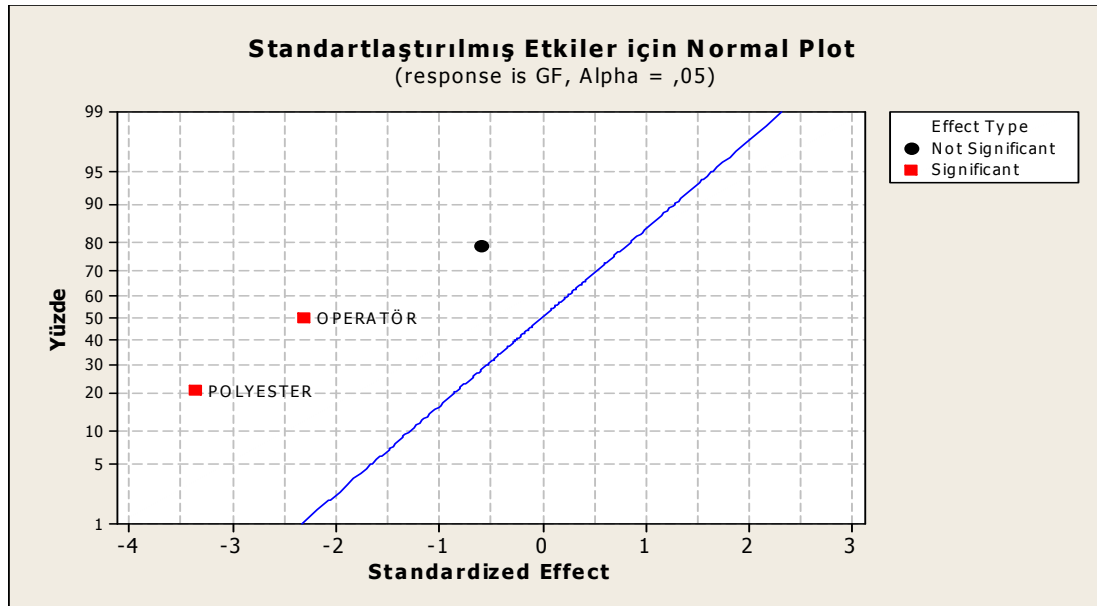
Her bir deney tipi için iki adet olmak üzere toplamda 16 adet arka duvar üretilmiş ve GF sayısı kayıt altına alınmıştır. Aşağıdaki tabloda toplam 16 adet parça için elde edilen deney sonuçları verilmiştir.



Tablo 4.12. On altı adet arka duvara at deney sonuçları

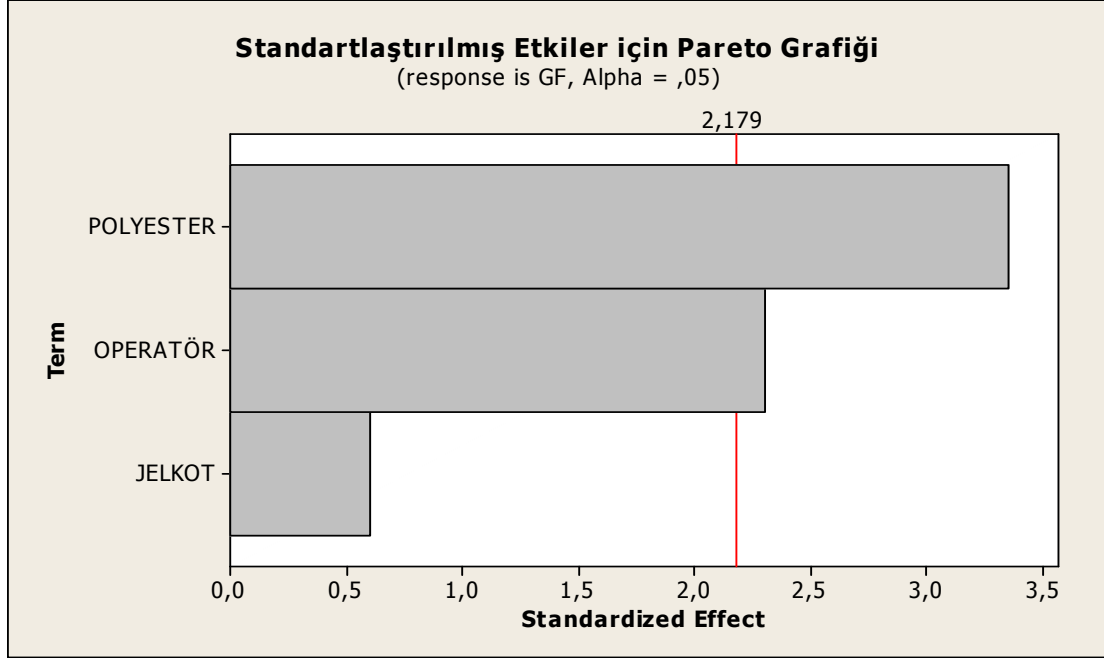
PARÇA NO	POLYESTER	JELKOT	OPERATÖR	GF
1	polikor	yeni jel	Adp	286
2	boytek	eski jel	Adp	461
3	boytek	yeni jel	Adp	473
4	polikor	eski jel	Adp	270
5	boytek	eski jel	bur	265
6	polikor	yeni jel	bur	198
7	boytek	yeni jel	bur	140
8	polikor	eski jel	bur	156
9	polikor	yeni jel	Adp	138
10	boytek	eski jel	Adp	414
11	boytek	yeni jel	Adp	268
12	polikor	eski jel	Adp	161
13	boytek	eski jel	bur	304
14	polikor	yeni jel	bur	198
15	boytek	yeni jel	bur	311
16	polikor	eski jel	bur	171

Elde edilen deney sonuçları Minitab'da Faktoriyel Tasarım Analizi ile incelendiğinde aşağıdaki şekillerde verilen sonuçlar elde edilmiştir.



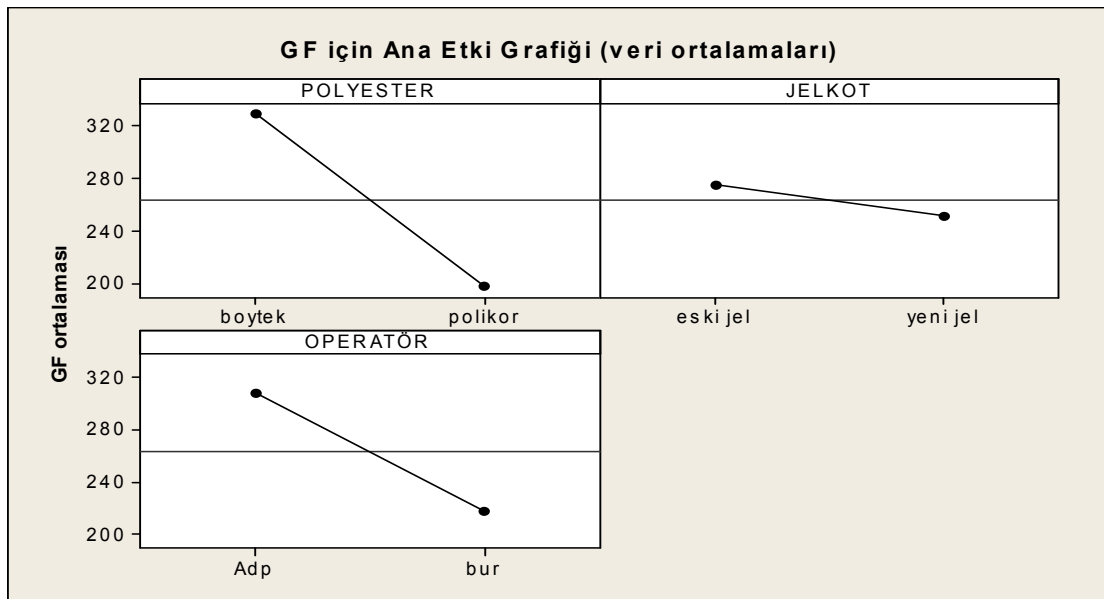
Şekil 4.21. DOE analizi sonuçlarına göre GF sayısına etki eden ve etmeyen değişkenler

Yukarıdaki Şekil 4.21’de görüleceği üzere operatör ve polyesterin delik sayısına istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu, Jelkot’ta yapılan iyileştirmenin sonuca önemli etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Aynı sonuca aşağıda verilen grafik yoluyla da erişilmiştir.



Şekil 4.22. Polyester, operatör ve jelkot girdilerinin GF sayılarına etkilerinin pareto analizi

Şekil 4.22’de standart etkilere ait pareto analizi görülmektedir ve dikey çizginin kestiği polyester ve operatör değişkenleri GF üzerindeki etkiyi oluşturmaktadır.



Şekil 4.23. Polyester, operatör ve jelkot girdilerinin GF ortalamalarına etkisi

Yine deneyde elde edilen sonuçların girdilere göre ortalamaları analiz edildiğinde Şekil 4.23'de de görüleceği üzere boytek ve polikor marka polyesterler ile Adp ve bur operatörlerinin GF ortalamaları oldukça farklı iken eski jelkot ile yeni jelkote ait ortalamaların birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

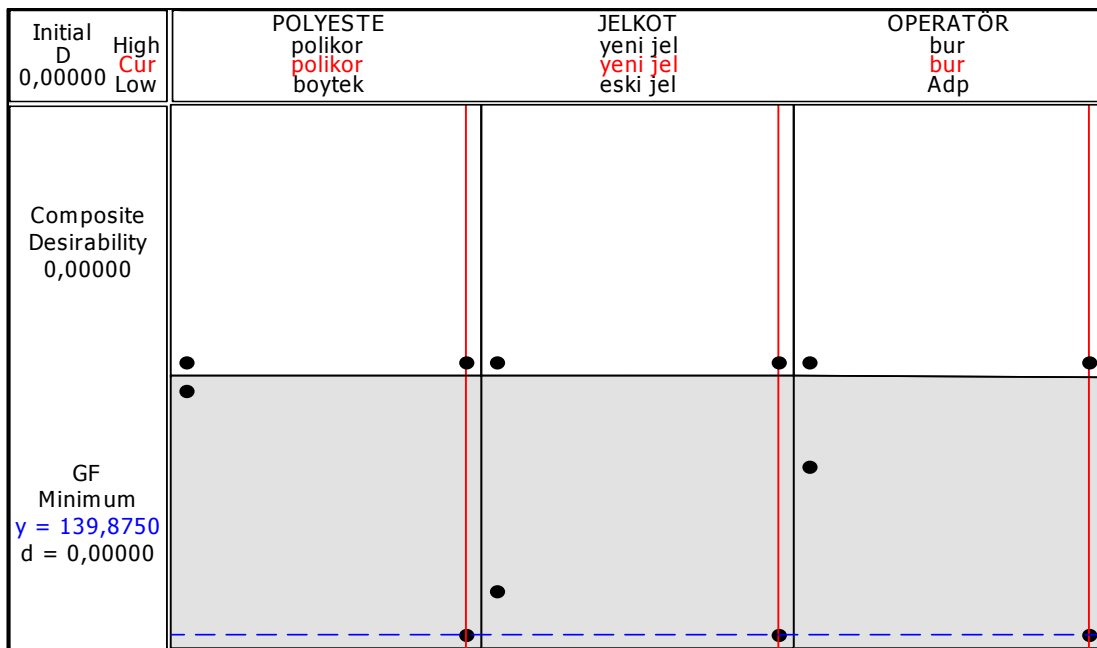
Şekil 4.24'de ise elde edilen deney sonuçlarının Minitab programında analizi sonucu elde edilen optimal girdi kombinasyonu görülmektedir. Buna göre GF sayısını en azlayacak girdi kombinasyonu aşağıda verilmiştir.

Polyester: Polikor

Operatör: Bursa

Jelkot: Yeni jel

Bu kombinasyonla yapılacak üretimde FRP arka duvar üzerindeki GF sayısının ortalamasının 140 seviyelerine düşebileceği görülmektedir.



Şekil 4.24. GF sayısını en azlayacak kombinasyon için Minitab sonucu.

Yukarıda detaylı şekilde anlatılan sonuçlar doğrultusunda polyesterde politek marka kullanımına geçilmesine karar verildi. Ayrıca operatör tecrübesinin delik sayısına etkisinin istatistiksel olarak da tespiti üzerine Bursa'daki operatörlerin Adapazarı operatörlerine eğitim vermesi belli bir süre proseslerde beraber çalışmalarını, şehirler

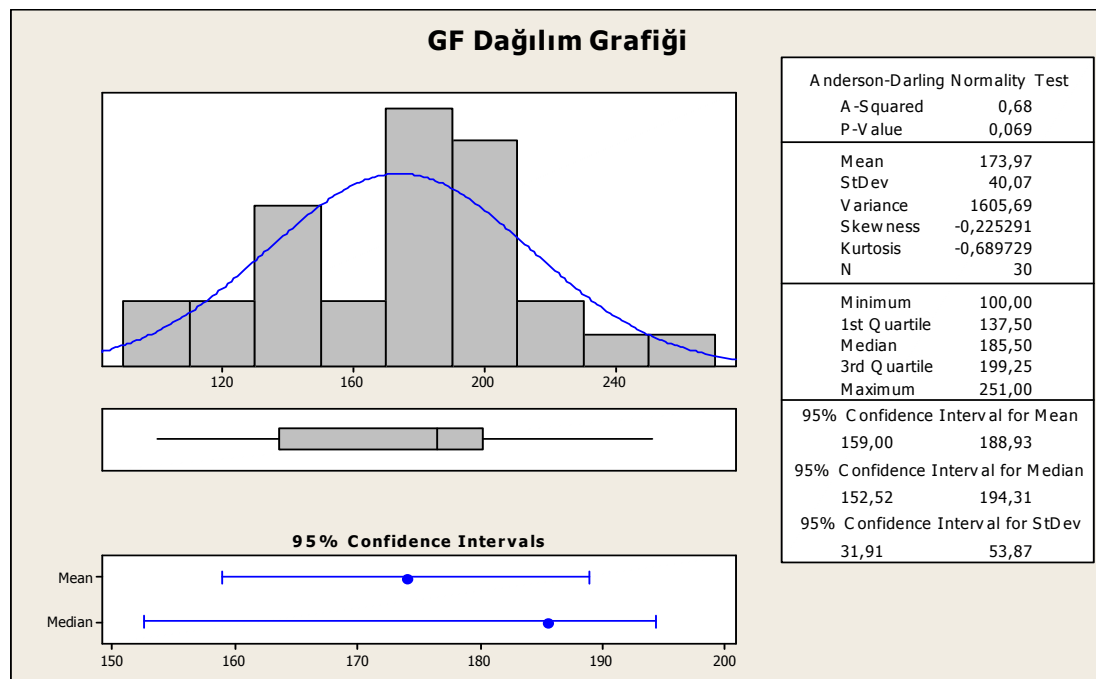
arasında uzun süreli olmayan ancak deneyim paylaşımına fırsat verecek operatör değişimi planlamaları yapıldı.

Tablo 4.13. İyileştirme sonrası 30 adet Arka duvara ait GF sayıları

Arka Duvar No	GF sayısı	Arka Duvar No	GF sayısı	Arka Duvar No	GF sayısı
1	188	11	110	21	180
2	196	12	100	22	150
3	130	13	188	23	199
4	140	14	186	24	195
5	227	15	180	25	105
6	239	16	182	26	208
7	192	17	140	27	186
8	251	18	200	28	161
9	130	19	185	29	120
10	220	20	201	30	130

Yapılan bu iyileştirmeler sonunda 30 adet arka duvar için GF sayısı kayıt altına alındı. Elde edilen değerler Tablo 4.13’de verilmiştir.

Bulunan bu değerler için ortalama ve standart sapma değerleri minitabde hesaplatılmış ve bulunan sonuçlar Şekil 4.24’de verilmiştir.



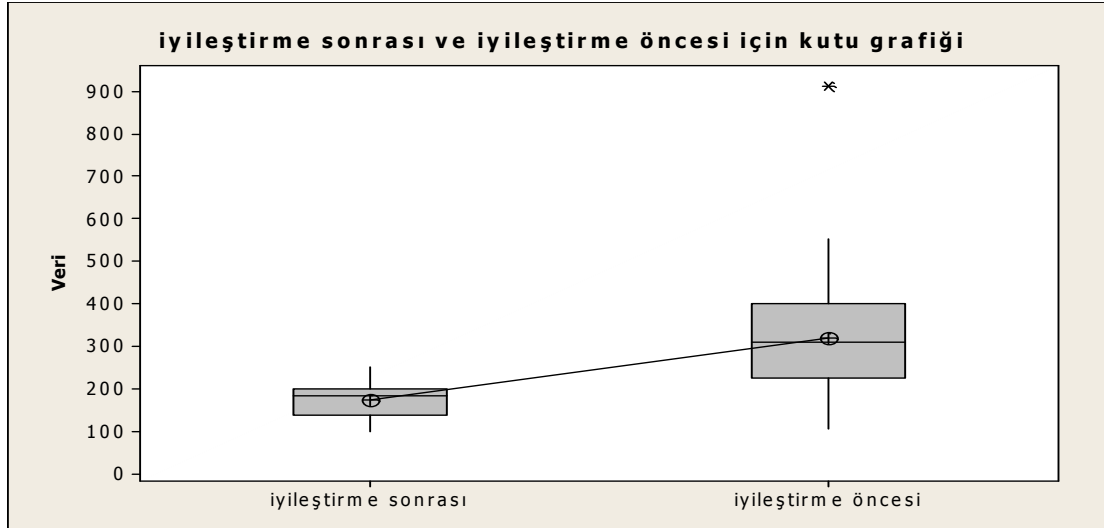
Şekil 4.25. İyileştirmeler sonucunda ortaya çıkan GF sayılarının dağılımı.

Şekil 4.25’de de görüleceği üzere GF sayısı ortalaması 173.97’e standart sapması ise 40’a düşmüştür. İyileştirme öncesi 320 olan ortalama GF sayısı %46 oranında düşürülmüş ayrıca ortalama etrafındaki dağılım düzenli hale gelmiştir. İyileştirme öncesi ile sonrasındaki değerlerin istatistiksel olarak anlam taşıyıp taşımadığını test edebilmek için Minitab programında t testi yapılmıştır. Bulunan sonuçlar Şekil 4.26’da verilmiştir.

Two-sample T for iyileştirme sonrası vs iyileştirme öncesi					
	N	Mean	StDev	SE Mean	
iyileştirme sonrası	30	174,0	40,1	7,3	
iyileştirme öncesi	75	321	126	15	
Difference = mu (iyileştirme sonrası) - mu (iyileştirme öncesi)					
Estimate for difference: -146,8					
95% upper bound for difference: -119,7					
T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -8.99 P-Value = 0.0000 DF =					

Şekil 4.26. İyileştirme öncesi ve sonrası GF sayıları için t testi sonuçları

H0 hipotezine göre iyileştirme öncesi ve sonrası GF dağılımında istatistiksel olarak bir farklılık yoktur. Alternatif hipoteze göre ise iyileştirme sonrası GF sayısı iyileştirme öncesinden daha küçüktür. Buna göre Minitab’de elde edilen sonuçlar incelenip P-Value değerine bakıldığında 0,05’den küçük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla H0 hipoteza red edilmekte ve alternatif hipotez kabul edilmektedir. İyileştirme sonrası elde edilen GF değerleri iyileştirme öncesine göre daha küçüktür. İyileştirme öncesi ve sonrasına ait Box-plot grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 4.27. İyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrası için GF sayılarına ait Box-plot grafiği

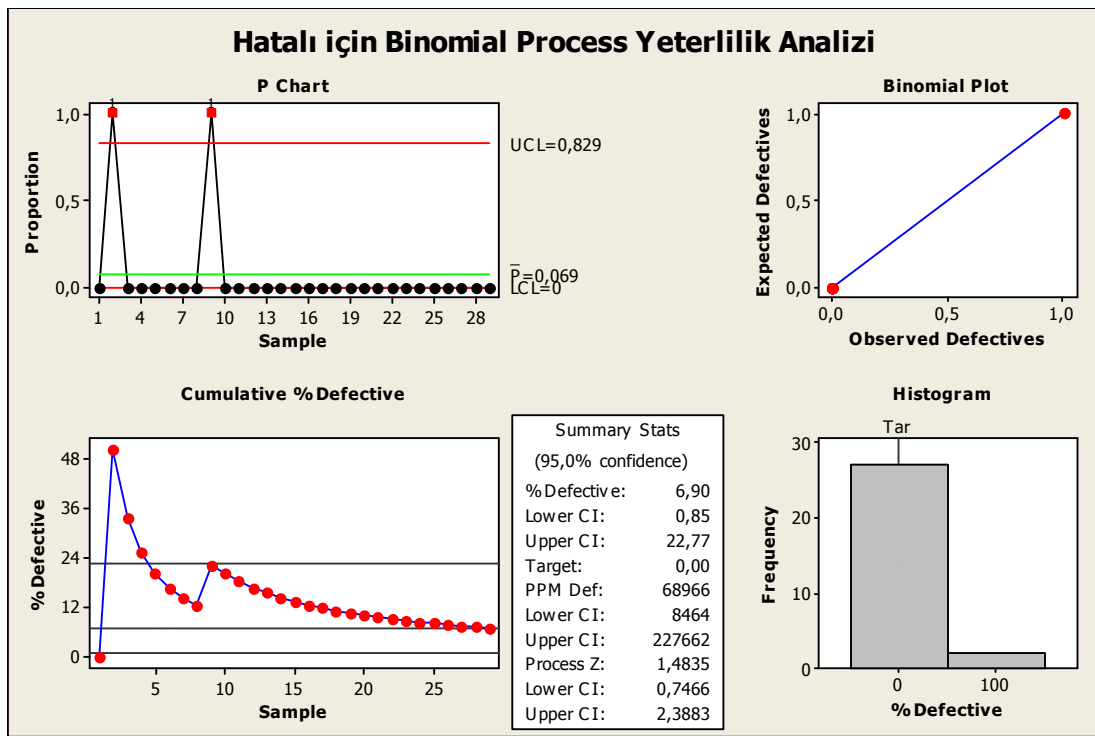
Yukarıda bahsedilen iyileştirmelere ilave olarak XYZ A.Ş'deki son kontrol prosesinde de iyileştirme yapılmış ve deliklenme tespit edildiğinde bunların rapid macun ile kapatılarak ABC A.Ş'ye hatalı arka duvar gelişinin önüne geçilmiştir.

Arka duvar hazırlama prosesi talimatlaştırılarak değişkenliğin önüne geçilmiştir. Hazırlanan talimat Ek D'de verilmiştir. Yapılan bu iyileştirmelerden sonra ABC A.Ş tarafında, XYZ'den sevk edilen arka duvarlar için hatalı arka duvar adetlerinin kayıtları incelenmiştir. Hatalı arka duvar sayılarına ait değerler Tablo 4.14'de gösterilmektedir. "1" hatalı arka duvarı, "0" ise hatasız arka duvarı göstermektedir.

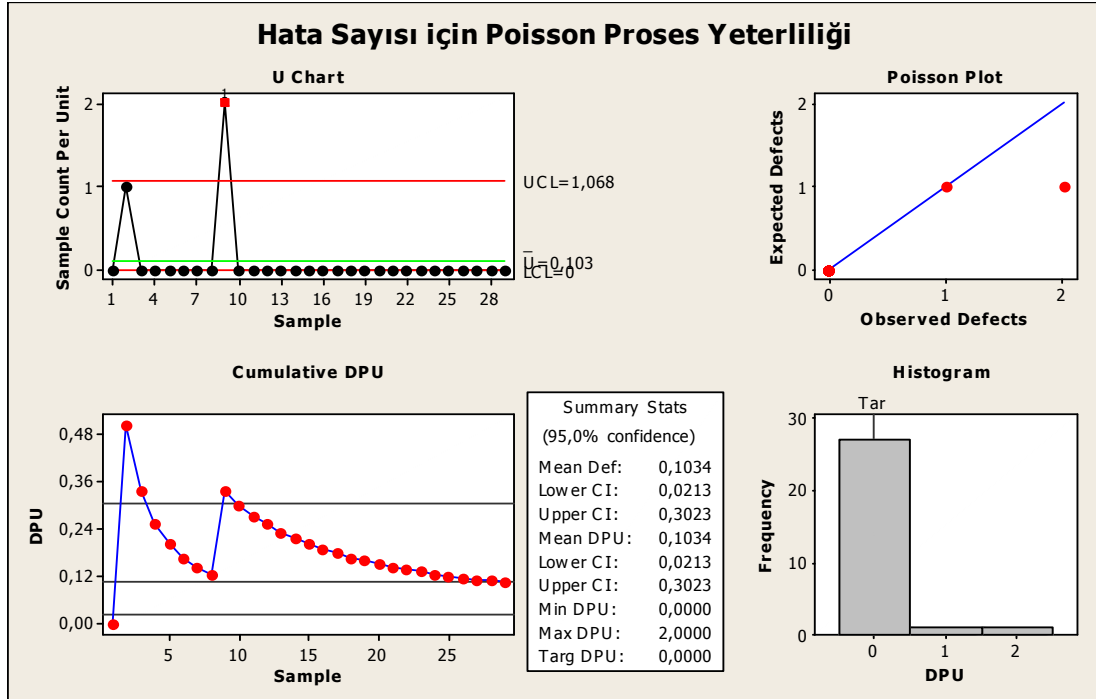
Tablo 4.14. İyileştirme sonrası hatalı/hatasız arka duvarlar

Arka Duvar No	Hatalı	Hata sayısı	Arka Duvar No	Hatalı	Hata sayısı
1	0	0	16	0	0
2	1	1	17	0	0
3	0	0	18	0	0
4	0	0	19	0	0
5	0	0	20	0	0
6	0	0	21	0	0
7	0	0	22	0	0
8	0	0	23	0	0
9	1	2	24	0	0
10	0	0	25	0	0
11	0	0	26	0	0
12	0	0	27	0	0
13	0	0	28	0	0
14	0	0	29	0	0
15	0				

Bulunan bu değerlere göre yapılan binomial süreç yeterliliği sonucunda proses Z değeri 1,48 olarak tespit edilmiştir. İyileştirme öncesi -1,97 olan proses z değerinin 1,48'e çıkması ile yaklaşık olarak 3,5 sigmalık bir iyileştirme sağlanmıştır. Ayrıca görülmüştür ki deliklenme hata tipi için yapılan iyileştirmeler diğer hata tipleri olan kabarma, dalgalanma, jelkot çatlağı ve çizgi/iz oluşumunda önüne geçmiş ve bu hata tiplerinde de iyileşme olmuştur. Minitab programında iyileştirme sonrası elde edilen değerler ile yapılan binomial süreç yeterliliği analizinin sonuçları Şekil 4.28'de verilmiştir.



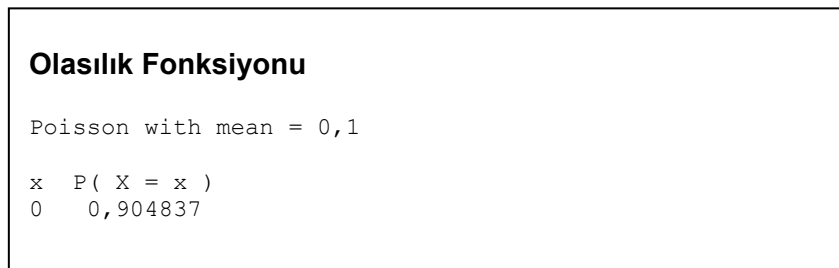
Şekil 4.28. İyileştirme sonrası binomial süreç yeterliliği analizi.



Şekil 4.29. İyileştirme sonrası Poisson süreç yeterliliği analizi.

Ayrıca iyileştirme sonrası, bir arka duvar üzerinde görülen hata sayısı üzerinden poisson analizi yapıldığında ortalama hata sayısının 0,1'e düştüğü görülmüştür. İyileştirme öncesi aynı değer 2,48 olarak tespit edilmişti. Minitab'de yapılan süreç yeterliliği analizi sonuçları şekil 4.29'da verilmiştir.

Bu sonuca göre ABC A.Ş.'ye XYZ şirketinden hatasız parça gelme olasılığı %90'a yükselmiştir. Minitab'de yapılan olasılık hesabı Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. İyileştirme sonrası ABC A.Ş.'ye hatasız parça gelme olasılığı

Elde edilen sonuçlar proje ana metriğine göre yorumlandığında, iyileştirme öncesinde %59 olan komple tamir oranının iyileştirme sonrasında %0'a düştüğü, %39 olan bölgesel tamir oranının ise %7'ye düştüğü görülmüştür.



~%59 Komple Tamir => ~%0 (~%100 iyileşme)

~%39 Bölgesel Tamir => ~%7 (~%82 iyileşme)

Projenin finansal getirisi hesaplandığında;

Komple tamir oranı %59'dan %0'a düşürülerek  $15,5 \text{ €} * 0,59 = 9,14 \text{ €}$  getiri elde edilmiştir.

Bölgesel tamir oranı %39'dan %0'a düşürülerek  $13 \text{ €} * 0,32 = 4,16 \text{ €}$  getiri elde edilmiştir.

Toplamda araç başına 13,3 € iyileştirme sağlanmıştır.

#### 4.5.4.5. Kontrol fazı

ABC A.Ş son kat boya sonrası, kalite enspektörü tarafından kontrol edilen arka duvar ile ilgili tamir kararı, Ek E'da verilen Tamir Oranı Takip Formuna işlenecek ve tamir oranlarındaki gidişat izlenecektir. Süreçte oluşacak herhangi bir farklılık hemen analiz edilmek üzere sorumlu mühendise bildirilecektir. Böylece süreçte oluşabilecek bir değişimin hemen tespit edilmesi ve müdahale edilmesi sağlanacaktır.

XYZ A.Ş. proseslerinde, kalite kontrol kayıtları tutmaya devam edilecek GF sayıları kayıt edilmeye devam edilecektir.

Operatör eğitimlerine devam edilecek, işe yeni girecek operatörlerin mutlaka eğitimden geçmesi sağlanarak operatöre dayalı hataların önüne geçilmesi sağlanacaktır.

XYZ A.Ş., analizler sonucunda elde edilen verilere göre hazırlanmış olan ve Ek D ile verilen FRP parça yüzey hazırlama ve astarlama talimatına uyuma azami dikkati gösterecektir.

## BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

FRP arka duvarlarındaki bölgesel ve komple tamirler ABC A.Ş.'nin süreçlerinde kronikleşmiş bir sorun olarak sürekli gündeme gelmekte, üretimin aksamasına ve verim kayıplarına neden olan önemli problemlerden biri olarak çözüm araştırılmaktaydı. Ancak bu çözümler araştırılırken sorunun ilk kaynağına gidilmesinden ziyade, firma içerisinde üretimi aksatmayacak yöntemler araştırılmakta, ABC A.Ş.'deki boya süreçleri iyileştirilmesi, fazla stok tutularak red oranlarından etkilenmeme, macunlama prosesinde değişiklik gibi yöntemler ile sonuç elde edilmeye çalışılmakta bu sırada da XYZ firmasından iyileştirme talep edilmekteydi.

Kronikleşmiş bir problemin varlığı bilinmekle beraber, problemin tanımı netleştirilmemişti. Bu projeye kadar, deliklenme problemi için kullanılan sezgisel sebep ve çözümler sonuç vermemişti. Harcanan kaynakların boşa gitmesi motivasyonu bozmuş, bu problemin çözülemeyeceği gibi bir düşünce yavaş yavaş kendini hissettirmeye başlamıştı.

Bu çalışma ile öncelikle problemin tanımı ve büyüklüğü net olarak ortaya konmuş ve hedefler belirlenmiştir. Süreç ile ilgili somut verilerin toplanması için çalışmalar yapılmış, bu verilerden problemin kök nedenleri tespit edilmiştir. Süreç, XYZ tedarikçisinden itibaren bir bütün olarak ele alınmış, XYZ firma çalışanları proje içerisine dahil edilerek sinerji yaratılmıştır.

Problemin Altı Sigma yaklaşımı ile ele alınmasıyla, öncelikle izlenecek adımlar tüm proje ekibinin aklında net olarak tanımlı hale gelmiştir. Kök nedenlere odaklanma ve bu nedenleri sayısal veriler ile destekleme; problemden alakasız alanlara kaymanın ve boşa enerji harcamanın, dolayısıyla problemin çözümsüz hale gelmesinin önüne geçmiştir. Altı Sigma'nın kendine özgü organizasyonel yapısı gereksiz sürtüşmelerin

önüne geçtiği gibi proje ekibine dışarıdan destek gerektiğinde ya da proje çıkmaza girdiğinde; sponsor, süreç sahibi ve kara kuşak destekleri ile bu kısıtların, projenin hedefine ulaşmasına engel olmasının önüne geçilmiştir. Sonuç olarak Altı Sigma yaklaşımı ile, kronikleşmiş ve çok zor gibi gözüken bir problem başarı ile çözülmüştür. Aşağıdaki tabloda proje sonrasında sağlanan iyileştirmeler verilmiştir.

Tablo 5.1. Uygulama projesi sonrasında sağlanan iyileştirmeler

Proses Parametresi	Projesi Öncesi Değer	Proje Sonrası Değer
Ortalama Bölgesel Tamir Maliyeti	5,07 € / araç	0,91 € / araç
Ortalama Komple Tamir Maliyeti	9,14 € / araç	-
Komple Tamir Oranı	%59	%0
Bölgesel Tamir Oranı	%39	%7
GF Ortalaması ( $\mu$ )	320	174
GF Standart Sapması ( $\sigma$ )	126	40
Binomial Süreç Yeterliliği	-1,97	1,48
Parça Üzerinde Ortalama Hata Sayısı	2,48	0,01
Hatasız Parça Tedarik olasılığı	%8,3	%90

Yapılan bu uygulama ile bir şirketteki Altı Sigma yaklaşımının uygulaması tüm adımları ile gösterilmiş, teorik bilgilerin uygulama aşamasında nasıl kullanılacağı, her fazın uygulamasında nelere dikkat edileceği, verilerin nasıl toplanıp Altı Sigma süreci içinde değerlendirilerek çözüme ulaşılacağı anlatılmıştır. Yine bu uygulama ile bir şirketin proje yönetimi tüm adımları ile analiz edilmiştir.

Uygulama aşamasında karşılaşılan zorlukların, Altı Sigma felsefesinin başarılı olmasının önünde ciddi problemler oluşturacağı tespit edilmiş ancak çalışmaya bu konu dahil edilmemiştir. Uygulama öncesinde yapılan literatür çalışması da gözönüne alındığında, Altı Sigma'nın başarılı olmasının önündeki engelleri analiz eden ve engelleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çalışmaların çok az olduğu görülmüştür. Bu projenin devamı olabilecek çalışmalarda, uygulama sürecinde karşılaşılan tüm engellerin ortaya konması, analiz edilmeleri ve bu engelleri aşacak çözümlerin ortaya konulması gerekmektedir.

Günümüzde, firmalar Altı Sigma yaklaşımına büyük ilgi duymaktadırlar. Bu metodolojiyi şirket bünyelerine dahil edebilmek için büyük insan kaynağı yatırımı yapmaktadırlar. Şirket yöneticileri için, Altı Sigma yaklaşımına hakim kişiler hem işe alım hem de terfi süreçlerinde fark yaratmaktadırlar. Şirketlerin insan kaynağı

ihtiyacını karşılayan en önemli kurumlar olan üniversiteler, bu yönde ortaya çıkmış talebi değerlendirerek öğrenim planlamalarında Altı Sigma'ya çok daha fazla yer ayırmalıdır. Ayrıca her yöntem gibi Altı Sigma felsefesi de sürekli gelişmekte, diğer sistemler ile entegre edilmesinde yeni yaklaşımlar geliştirilmektedir. Üniversitelerin bu yeniliklere öncülük ederek sanayi şirketlerini yönlendirmeleri, ülkemizde endüstrinin gelişmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] AKIN, B., Altı Sigma, Altı Sigma Deneyim Paylaşım Sempozyumu, Boğaziçi Üniversitesi, 2003
- [2] AKSOY, E., DİNÇMEN, M., Süreç Mükemmelliği İçin bilginin Yönetilmesi: Bilgi Odaklı Altı Sigma, itüdergisi, 7, 5, p.p.97-106, 2008
- [3] ANTHONY, J., KUMAR, M., MADU, C. N., Winning Customer Loyalty In An Automotive Company Through Six Sigma: A Case Study, Quality and Reliability Engineering International, 23, 7, p.p. 849-866, 2005
- [4] ARITÜRK, T., Başarıyı gösteren en önemli metrik elde edilen kazançlar ve sürdürülebilirliğin sağlanması, Altı Sigma Forum , 2, 7, 2006
- [5] ATIL, H., ÜNVER, Y., A Different Approach of Experimental Design. Taguchi Method, Pakistan Journal of Biological Sciences, 3, 9, pp.1538-1540, 2000
- [6] BAŞ, T., Altı Sigma, Kaliteofisi Yayınları, 2003
- [7] BENDELL, T., A review and comparison of six sigma and the lean organisations, The TQM Magazine, 18, 3, p.p.255-262, 2006
- [8] BRADY, J.E., ALLEN, T., Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research, Quality and Reliability Engineering International., 22, 3, pp. 335-367, 2006
- [9] BREYFOGLE, F.W., Implementing Six sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods, Wiley, John & Sons, Incorporated, 2003
- [10] CLARK, J., CRAVEN,E. D., CRAMER, M., CORWIN, S. J., COOPER, M. R. , Newyork Presbyterian Hospital Uses Six Sigma to Build A Culture of Quality and Innovation, Journal of Organizational Excellence, 25,4, pp. 11-19.,2006
- [11] ÇEVİK, O., Kara Kuşaklar İçin 6 Sigma Şirket Eğitim Notları, Matrsi Danışmanlık, 2008, İstanbul
- [12] DAVE, N., How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints, Quality Progress, 2002

- [13] DOĞAN, Ü., Kalite Yönetimi ve Kontrolü, İstiklal Matbaası, sf.65, İzmir, 1991
- [14] FRENCH,C. M., DUPLANCIC, N., Ground Water Monitoring & Remediation, Journal of the Association of Ground water scientist and Engineers, 26, 2, p.p 58-61, 2006
- [15] FRINGS, G. W., GRANT, L., Who Moved My Sigma -Effective Implementation of the Six Sigma Methodology to Hospitals, Quality and Reliability Engineering International, 21, 3, p.p. 311- 328, 2005
- [16] GRANT E.L., LEAVENWORTH R.S., Statistical Quality Control, McGraw-Hill Companies, USA, 1996.
- [17] GOH,T.N., A Strategic Assessment of Six Sigma, Quality and Reliability Engineering International, 18,5, p.p. 403- 410, 2002
- [18] GUINANE, C. S., DAVIS, N. H., The science of six sigma in Hospitals, The American Heart Hospital Journal, 2,1, p.p 42- 48, 2004
- [19] HARIHARAN, A., CEO's Guide to Six Sigma Success, Six Sigma Forum Magazine, 5, 3, 2006
- [20] HARRY, M. J., Six Sigma: A Breakthrough Strategy for Profitability, Quality Progress, 31, 5, pp. 60-64, 1998
- [21] HENDERSON, K.M., EAVNS J.R., Successful implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company. Benchmarking: An International Journal, 7, 4, p.p. 260-281.,2000
- [22] IMMANENI, A., MCCOMBS, A., CHEATHAM, ANDREWS, G., R., Capital one Banks on Six Sigma for Strategy Execution and Culture Transformation, Global Business and Organizational Excellence, 26, 6, p.p. 43-54, 2007
- [23] IŞIĞIÇOK, E., Altı Sigma Kara Kuşaklar İçin Hipotez Testleri Yol Haritası, Sigma Center Yönetim Sistemleri, Bursa, 2005
- [24] IŞIĞIÇOK, E., Mükemmelliğe Giden Yolda Altı Sigma TOAIK (DMAIC) Modeli, Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, İnönü Üniversitesi, Malatya, 2007
- [25] KAI, Y., Multivariate statistical methods and Six-Sigma, International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, 1, 1, pp. 76-96, 2004
- [26] KÖKSAL, B.A., İstatistik: Analiz Metodları, Çağlayan Kitabevi, 2003

- [27] KUMAR, A., MADU, M., Winning Customer Loyalty In An Automotive Company Through Six Sigma: A Case Study, *Quality and Reliability Engineering International*, 23, 7, pp. 849-866, 2005
- [28] KUT, T.A., CTP'den Neler Yapılıyor? Uygulama Örnekleri, *Bülten, CTP-SANDER*, 1, Ek-1, p.p. 1-1, 2005
- [29] LINDERMAN, K., SCHRODER, R. G., ZAHEER, S., CHOO, A. S. , Six Sigma: a goaltheoretic Perspective, *Journal of Operations Management, Elsavier Science*, 21, p.p. 193-203, 2003
- [30] LOVE, F., Six Sigma: What Does It Really Mean, *Informed Outlook*, 3, 19, pp. 12-23, 1999
- [31] MEHDİ, M.A., NABİ, A., Six Sigma Implementation In A Manufacturing Organization, *Technical Journal, University of Engineering and Technology Taxila*, , 58-63, 2007
- [32] MONTGOMERY, D.C, *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons. Inc., Singapore, 1991
- [33] MONTGOMERY, D. C., BURDICK, R., LAWSON, C.A., MOLNAU, W. E., A University-based Six Sigma Program, *Quality and Reliability Engineering International*, 21, 3, 243-248, 2005
- [34] NESİPOĞLU, D., *Altı Sigma Yaklaşımı, Lisans Tezi, YTÜ*, 2003
- [35] PANDE, P.S., NEUMAN, R.P., CAVANAGH, R.R., *Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul*, 2004
- [36] PARK, S.H., *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, Asian Productivity Organization*, pp. 1, Tokyo, Japan, 2003
- [37] PETERKA, P., *Why Six Sigma Will Outlast Total Quality Management*, [http://EzineArticles.com/?expert=Peter\\_Peterka](http://EzineArticles.com/?expert=Peter_Peterka), 15/05/2009, 2005
- [38] PYZDEK, T., *The Value of Six Sigma*, qualitydigest, 1999
- [39] PYZDEK, T., *Why Six Sigma is not TQM*, [www.pyzdek.com/six\\_sigma\\_vs\\_tqm.htm](http://www.pyzdek.com/six_sigma_vs_tqm.htm), 15/05/2009, 2001
- [40] RAVICHANDRAN, J., *Setting Up a Quality Specification*, *Six Sigma Forum Magazine*, 5, 2, pp. 26-30, 2006
- [41] SALEH, M. S., ALRABIAH, A., BAKRY, S. H., *Using ISO 17799 2005 Information Security Management: A STOPE View with Six Sigma Approach*, *International Journal of Network Management*, 17,1, p.p. 85-97, 2007

- [42] SHEEHY, P., NAVARRO, D., SILVERS, R., KEYES, V., DIXON, D., The Black Belt Memory Jogger: A Pocket Guide for Six Sigma Success, Goal/QPC and Six Sigma Academy, USA, 2002
- [43] SNEE, R.D., HOERL, R.W., Integrating Lean and Six Sigma - a Holistic Approach, Six Sigma Forum Magazine, 6, 3, pp. 15-21, 2007
- [44] SUNG, H.P., Six Sigma and its Role in Quality Management, Publishing Division of Korean Standards Association, 2002
- [45] STEWART, R. A., SPENCER, C. A., Six-Sigma As A Strategy For Process Improvement On Construction Projects: A Case Study, Construction Management and Economics, 24, 4, p.p. 339-348, 2006
- [46] TANG, L.C., GOH T. N., LAM, S.W., ZHANG ,C.W., Fortification of Six Sigma: Expanding the Dmaic Toolset, Quality and Reliability Engineering International, 23, 1, p.p. 3-18, 2007
- [47] THOMAS, S.T., Does Six Sigma Improve Performance, Quality Management Journal, 14, 4, pp. 7-20, 2007
- [48] TOMKINS, R., GE beats expected 13% rise, Financial Times, pp.22, 1997
- [49] YANG, K., Multivariate Statistical Methods and Six Sigma, International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, 1, 1, pp 76-96, 2004
- [50] YÜCEBAŞ, T., AKSU, B., SEZEN, N., ENGİN, O., Özel Bir Hastane Laboratuvarında Altı Sigma Uygulaması, Yeni İpek Yolu Dergisi, Temmuz 2008



## EKLER

### Ek A Altı Sigma Proje Tanımlama Belgesi

Düzenleme Tar.	:	Son Yenileme Tar.	:	Proje No	:
----------------	---	-------------------	---	----------	---

Proje Adı	
Bölüm	
Stratejik Etki	

Proje Tanımı			
Problem			
Amaç			
Kapsam			
Bitiş Tarihi		Tahmini Parasal Gelir	

Proje Ana Metriği	Tanım	
	Formül	
Bariyerler		

Proje Yöneticisi (KK/YK)	Süreç Sahibi / Bölüm Yön.	Uzman Kara Kuşak	Şampiyon

Takım Üyesi	Bölüm	İmza	Bölüm Yöneticisi	İmza

## Ek B Altı Sigma TÖAİK Rehberi

BECERİ, YÖNTEM ve ARAÇ LİSTESİ		FAZ	FAALİYET / ÇIKTI
<p style="text-align: center;">İLETİŞİM ve SUNUŞ BECERİLERİ VE TEKNİKLERİ LİDERLİK NİTELİKLERİ VE TOPLANTI YÖNETİMİ TEKNİKLERİ MÜŞTERİ ODAKLILIK VE PROJE YÖNETİM ve PLANLAMA TEKNİKLERİ YARATICILIK, BÜTÜNSEL ve ANALİTİK DÜŞÜNME BECERİLERİ VE BEYİN FIRTINASI TEKNİKLERİ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Yakınlık Diyagramları</li> <li>-Veri Toplama Formatları</li> <li>-Pareto Analizleri</li> <li>-Betimsel İstatistik Araçları</li> <li>-Süreç Performans Kriterleri</li> <li>-Finansal Hesaplama Tabloları</li> <li>-Proje Önceliklendirme Kriterleri</li> </ul>	TANIMLAMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problem</li> <li>Amaç</li> <li>Kapsam</li> <li>Ön Veri Toplama ve Analizi</li> <li>Proje Ana Metriği</li> <li>Proje İkincil Metrikleri</li> <li>Makro Süreç Şeması</li> <li>Finansal Tahmin</li> <li>Proje Takımı</li> <li>Sonuçların Sunulması ve Mutabakatın Sağlanması</li> <li>Proje Tanımlama Belgesi Gözden Geçirme ve Onay</li> <li>Proje Planı Gözden Geçirme ve Onay</li> <li>Tanımlama Fazı Raporu</li> </ul>
	<p><b>-SÜREÇ BİLGİSİ VE DENEYİMİ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Süreç Tanımlama Yöntemleri: <ul style="list-style-type: none"> <li>Süreç Akış Şeması</li> <li>Süreç Haritası</li> </ul> </li> <li>-Süreç Analiz Yöntemleri: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sebeup-Sonuç Matrisi</li> <li>Balıklıçığı Diyagramı</li> <li>FMEA</li> </ul> </li> </ul>	ÖLÇME	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detaylı Süreç Akış Şeması</li> <li>Detaylı Süreç Haritası</li> <li>Sebeup-Sonuç Matrisi ve Diğer Sebeup/Sonuç Araçları</li> <li>Önemli Girdi Değişkenlerin Belirlenmesi</li> <li>Ölçüm Sistemi Analizi</li> <li>Süreç Yeterliliği Analizi</li> <li>Proje Referansının Oluşturulması Mutabakatın Sağlanması</li> <li>Ön İstatistik Analizler</li> <li>Diğer Önemli Bulgular</li> <li>Sonuçların Sunulması ve Mutabakatın Sağlanması</li> <li>Proje Tanımlama Belgesi Gözden Geçirme ve Onay</li> <li>Finansal Tahmin Gözden Geçirme Onay</li> <li>Proje Planı Gözden Geçirme ve Onay</li> </ul>
	<p><b>-SÜREÇ BİLGİSİ VE DENEYİMİ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Betimsel İstatistik Araçları</li> <li>-Örnekleme Yöntemleri ve Örnek Sayıları</li> <li>-Hipotez Testleri: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ortalama Testleri</li> <li>Değişkenlik Testleri</li> <li>Oranlık Testleri</li> </ul> </li> <li>-Korelasyon, Regresyon Analizleri</li> <li>-Olumsuzluk Tabloları ve Ki-Kare Testleri</li> <li>-Değişkenlik Analizleri - ANOVA</li> </ul>	ANALİZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>İstatistiksel Analizler</li> <li>Önemli Girdi Değişkenlerin ve Etkilerinin Belirlenmesi</li> <li>Diğer Önemli Bulgular</li> <li>Deney Tasarımı Planlaması</li> <li>Sonuçların Sunulması ve Mutabakatın Sağlanması</li> <li>Proje Tanımlama Belgesi Gözden Geçirme ve Onay</li> <li>Finansal Tahmin Gözden Geçirme Onay</li> <li>Proje Planı Gözden Geçirme ve Onay</li> </ul>
	<p><b>-SÜREÇ BİLGİSİ VE DENEYİMİ</b></p> <p><b>DENEY TASARIMLARI:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Kesirli Faktöriyel Tasarımlar</li> <li>-Tam Faktöriyel Tasarımlar</li> <li>-Merkez Noktalar ve Bloklar</li> <li>-Rastlantsal Blok Tasarımlar</li> <li>-Çoklu Regresyon</li> <li>-Tepki Yüzeyi Tasarımları: <ul style="list-style-type: none"> <li>Merkezi Kompozit</li> <li>Box-Behnken</li> </ul> </li> </ul>	İYİLEŞTİRME	<ul style="list-style-type: none"> <li>İstatistiksel Analizler</li> <li>Deney Tasarımları</li> <li>Önemli Girdilerin ve Etkilerinin Belirlenmesi</li> <li><math>Y = f(x)</math>'in Tanımlanması</li> <li>Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi</li> <li>Çözümlerin Seçimi</li> <li>Çözümlerin Denenmesi ve Doğrulanması</li> <li>Sonuçların Sunulması ve Mutabakatın Sağlanması</li> <li>Yeni Projenin Tanımlanması</li> <li>Proje Tanımlama Belgesi Gözden Geçirme ve Onay</li> <li>Finansal Tahmin Gözden Geçirme Onay</li> <li>Proje Planı Gözden Geçirme ve Onay</li> </ul>
	<p><b>-SÜREÇ BİLGİSİ VE DENEYİMİ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Kontrol Yöntemleri: <ul style="list-style-type: none"> <li>Hatasızlaştırma</li> <li>Bayrak</li> <li>IPK</li> </ul> </li> <li>-Süreç Haritası</li> <li>-Kontrol Planı</li> <li>-FMEA</li> <li>-Proje Devir Planlaması</li> <li>-EVOP/PLEX</li> <li>-Proje Raporlama</li> </ul>	KONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrol Parametrelerinin Belirlenmesi</li> <li>Proses Kontrol Yöntemleri</li> <li>Detaylı Süreç Haritası</li> <li>Kontrol Planı</li> <li>Operasyon Tanımları (Prosedürler, Talimatlar)</li> <li>FMEA</li> <li>Finansal Tahmin Gözden Geçirme Onay</li> <li>Proje Devir Planı</li> <li>Sonuçların Sunulması ve Mutabakatın Sağlanması</li> <li>EVOP - PLEX Planları</li> <li>Uygulamalı Eğitimler</li> <li>Son Rapor</li> </ul>



**Ek D FRP Parça Yüzeyi Hazırlama ve Astarlama Talimatı**

- 1- Fırınlanmış parçayı yüzey hazırlama alanına al.
- 2- Parça yüzeyine 180 kare zımpara ile su zımparası yap.
- 3- Yüzeyi temizle ve kurut.
- 4- Macun uygulanacak bölgeleri tespit et (delikleri aç).
- 5- Macun gerektiren bölgelere %2-3 oranında sertleştirici ilavesi yaparak 5 dak. içinde yüzeye uygula. Macun deliklenmesi yapmaması için çok kalın dolgu gerektiren bölgelere 2 kat halinde uygula.
- 6- Macunun kurummasını bekle.(10 dak.)
- 7- Sadece macunlu bölgelerin yüzeyini P100 dairesel makine zımparası ile tesviye yap.
- 8- Parça yüzeyindeki zımpara tozlarını temizle.
- 9- Tüm yüzeyi macunlu yüzeyde olmak üzere P180 dairesel makine zımpara ile tesviye yap.
- 10- Yüzeye hava tut (yüzeyi temizle) astarlama bölümüne gönder.
- 11- Parçayı astar kabine al.
- 12- Parça yüzeyini temizleme solventi ile temizle. Kesinlikle solventin yüzeyde kurummasına dikkat et.
- 13- Yüzeye epoxy astar uygula.
- 14- Astar üzerine (yaş üstüne yaş yada kuruduktan sonra) 1/9 oranında selülozik tinerle seyreltilmiş, siyah mat selülozik boya uygula.( arka duvar için göz hizasına- arka bagaj bölgesine).Toz kontrol boyası amaçlı atılan bu selülozik boyayı yüzeye bulut şeklinde düşecek yoğunlukta atılmalıdır.Aşırı kalın bir uygulama yapılmamalıdır. Astar kuruduktan sonra uygulanacak ise 3 dak. sonra zımpara yapılabilir.
- 15- Parçayı flash off bölgesine al. 15-20 dak. Bekle.
- 16- Parçayı astar kurutma fırınına uygun şekilde al.
- 17- Fırında parçayı 80 °C de 50 dak. Beklet.
- 18- Fırından çıkan parçayı kontrol alanına al.
- 19- Toz kontrol boyası uygulanmış parça P220 dairesel makine zımpara ile zımparalanacak.Zımparalama esnasında zımpara makinasının yüzeyde dalma yapmaması için makina yüzeye değdikten sonra çalıştırılmasına dikkat edilecek.

- 20- Parçaya hava tut.
- 21- Siyah noktaların kaldığı (delikler) bölgelere, Rapid yoklama macunu (DYO- 565-4283) uygula.
- 22- Macunun kurummasını bekle. (2-3 dk.)
- 23- Macunlu bölgelerden başlayarak tüm yüzeyi P320 dairesel makine zımparası ile zımparala.
- 24- Parçaya hava tut. Kontrol-sevk alanına gönder. (Kontrol alanı: 500 lux aydınlatmalı olmalı)





## Ek G Altı Sigma Finans Çalışma Sayfası

PROJE TANIMI								
Proje Adı :	XXX	Tarih :	XXX					
Şampiyon :	XXX	Proje No :	XXX					
Yerel Şampiyon :	XXX	Uzman Kara Kuşak :	XXX					
Kara Kuşak :	XXX	Finans Temsilcisi :	XXX					
<b>PROJE KAZANÇ / MALİYET TAHMİNİ</b>		<p>Gelecek 12 ayda kazanılacak/harcanacak bin\$</p> <p><b>Koyu kenarlı hücreler veri girişi içindir</b></p> <p>Yeşil gölgeli koyu toplamlar "Proje İzleme Sistemi"ne girilecek değerlerdir</p>						
<b>İŞ GRUBU VEYA FONKSİYONA ETKİSİ</b>								
<b>KAZANÇ/MALİYET KATEGORİSİ</b>	<b>Kod</b>	<b>HARCAMALAR</b>	KAZANÇLAR		MALİYET		NETKAZANÇLAR	
			DOĞRUDAN	DOLAYLI	DOĞRUDAN	DOLAYLI	DOĞRUDAN	DOLAYLI
		<b>HAMMADDE</b>	0	0	0	0	0	0
		Hammadde					0	0
		Hammadde Nakliye					0	0
		<b>İŞÇİLİK</b>	0	0	0	0	0	0
		Maaş ve Ücretler					0	0
		Fazla mesai					0	0
		<b>GENEL ÜRETİM</b>	0	0	0	0	0	0
		Yakıt ve Yardımcı tesisler					0	0
		Elektrik					0	0
		Buhar					0	0
		Hava/Azot					0	0
		Su					0	0
		Bakım onarım giderleri					0	0
		Dışarıdan Sağlanan Hizmetler (Taşaron)					0	0
		Amortismanlar					0	0
		Finansal Kiralama ( Leasing)					0	0
		<b>Pazarlama ve Satış Giderleri</b>	0	0	0	0	0	0
		Ambalaj malzemeleri					0	0
		Nakliye Giderleri					0	0
		Pazarlama Giderleri					0	0
		<b>MALZEME VE EKİPMAN TEDARİK (Yatırım)</b>					0	0
		<b>DİĞER</b>					0	0
		<b>KAR</b>					0	0
		<b>TOPLAM</b>	0	0	0	0	0	0
		<b>SERMAYE</b>	0	0	0	0	0	0
		Sabit Kıymetler					0	0
		Envanter					0	0
		Tahsilatlar					0	0
		<b>FİNANSAL KAZANÇ/KAYIP (Sermaye Etkisi )</b>	0	0	0	0	0	0
		<b>GENEL TOPLAM</b>	0	0	0	0	0	0
<b>KİLİT METRİKLER</b>								
Metrik 1								
Metrik 2								
Metrik 3								
<b>Onaylar</b>								
Yerel Şampiyon:				Tarih:				
Şampiyon:				Tarih:				
Uzman Kara Kuşak:				Tarih:				
Finans Temsilcisi:				Tarih:				





## ÖZGEÇMİŞ

Şefik Sucu, 09.07.1976 da Konya'nın Ereğli ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Ereğli'de tamamladı. Orta ve lise eğitimi için gittiği Ankara'da, Ankara Atatürk Anadolu Lisesinden 1995 yılında mezun oldu. 1996 yılında girdiği İTÜ Endüstri Mühendisliği bölümünü 2000 yılında bitirdi. 2000 – 2001 yılları arasında Mars Uluslararası Nakliyat Şirketinde Toplam Kalite Mühendisi olarak çalıştı. Askerliğini tamamladıktan sonra Obase Mağazacılık Yazılımları Şirketinde altı ay proje uzmanı olarak çalıştı. 2002 yılında %50 yabancı ortaklı Federal Mogul Piston ve Pim İmalat şirketinde Lojistik ve Üretim Planlama Mühendisi olarak işe başlayıp 2005 yılında bu görevinden ayrılarak Pirelli A.Ş.'ye üretim mühendisi olarak geçti. Pirelli A.Ş.'deki iki aylık kısa çalışma döneminden sonra yine 2005 yılında, Otokar A.Ş.'de Üretim ve Sipariş Planlam Mühendisi olarak çalışmaya başladı. Verimlilik ve Yalın Üretim projelerinde aktif liderlik ve üyelik rollerinin yanı sıra, yeşil kuşak eğitimi olarak 2008 yılından bu yana Altı Sigma projelerinde de liderlik görevi üstlenmektedir.

İyi derecede İngilizce bilen Şefik Sucu evlidir.