

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SIX SIGMA VE İLERİ DÜZEYDEKİ SIX SIGMA
ARAÇLARININ UYGULAMALARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Levent YİĞİTALP**

Anabilim Dalı : METALURJİ-MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

Programı : MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2004

**SIX SIGMA VE İLERİ DÜZEYDEKİ SIX SIGMA
ARAÇLARININ UYGULAMALARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Levent YİĞİTALP
(506991080)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Aralık 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Ocak 2004**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yılmaz TAPTIK

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mustafa ÜRGEN

Prof. Dr. Mehmet KOZ (M.Ü.)

OCAK 2004

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca, öneri ve yardımlarını ve yapıcı eleştirilerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Yılmaz TAPTIK'a en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu tezin uygulama aşamasında, beni kalite ve Six Sigma konusunda bilgilendiren ve yardımcı olan tüm S.P.A.C danışmanlık şirketi çalışanlarına da en içten dileklerimle teşekkürü bir borç bilirim.

Manevi desteklerinden dolayı tüm aile fertlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2004

Levent YİĞİTALP

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. SÜREKLİ BAŞARI İÇİN ETKİLİ BİR STRATEJİ	2
2.1 Six Sigma Başarı Öyküleri	
2.2 Six Sigma'nın Yararları	5
2.3 Six Sigma'nın Araç ve Temaları	8
2.4 Six Sigma'nın Altı Teması	9
2.4.1 Müşteri Odaklılık	9
2.4.2 Verilere ve Gerçeklere Dayalı Yönetim	10
2.4.3 Sürece Odaklanma, Yönetim ve İyileştirme	10
2.4.4 Proaktif Yönetim	11
2.4.5 Sınırsız İşbirliği	11
2.4.6 Mükemmele Yöneliş, Başarısızlığa Karşı Hoşgörü	12
3. SIX SIGMA İYİLEŞTİRMESİ VE YÖNETİM STRATEJİLERİ	13
3.1 Süreç İyileştirmesi: Hedefe Odaklanan Çözümler Bulmak	13
3.2 Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarım: Daha İyi Bir İşin Temelleri	14
3.3 Süreç Yönetimi: Six Sigma Liderliği için Gerekli Altyapı	15
3.4 TÖAİK Six Sigma İyileştirme Modeli	16
3.4.1 Tanımla	17
3.4.2 Ölç	19
3.4.3 Analiz	20
3.4.4 İyileştir	22
3.4.5 Kontrol	23
4. SIX SIGMA'NIN HİZMET VE ÜRETİMDE UYGULANMASI	26
4.1 Hizmet Sektöründe Six Sigma	26
4.1.1 Hizmet	26
4.1.2 Üretimin Değişen Rolü	27
4.1.3 Hizmet Sürecindeki Fırsatlar ve Gerçekler	29
4.1.4 Altı Sigma Hizmetleri'ni Daha Zor Yapan Nedenler	29

4.1.4.1	Görünmeyen çalışma süreçleri	29
4.1.4.2	İş akışlarının ve süreçlerin geliştirilmesi	31
4.1.4.3	Bulgu ve veri eksikliği	31
4.1.4.4	Öncü eksikliği	32
4.1.5	Altı Sigma'nın Hizmetlerde Kullanılması	33
4.1.5.1	İşe Süreçle Başlamak	33
4.1.5.2	Sorunu Netleştirmek	34
4.1.5.3	Belirsizliği Önlemek için Bulguların ve Verilerin Doğru Kullanılması	34
4.1.5.4	İstatistikler Abartılmamalı	35
4.2	Üretim Sektöründe Six Sigma	37
4.2.1	Üretim	37
4.2.2	Üretimdeki Zorluklar	37
4.2.2.1	Üretim Sorunu: Daha Geniş Bir Perspektif Benimsemek	37
4.2.2.2	Üretim Sorunu: Serfikalandırmayı Aşıp İyileştirmeye Yönelmek	39
4.2.2.3	Üretim Sorunu: Araçların Üretim Ortamına Uyarlanması	40
5.	SIX SIGMA ORGANİZASYONUNDA ROLLER	41
5.1	Üst Kalite Konseyi	41
5.2	Yönetim Temsilcisi	42
5.3	Kalite Şampiyonu	43
5.4	Uzman Kara Kuşak	44
5.5	Kara Kuşak	45
5.5.1	Karakuşak'ların Bilmesi Gereken 101 Şey	
5.6	Yeşil Kuşak	55
6.	SIX SIGMA YOL HARİTASI	56
6.1	Six Sigma Yol Haritasının Yararları	57
6.2	Adım Adım Yol Haritası	58
6.2.1	Birinci Adım: Temel Süreçlerin ve Kilit Müşterilerin Belirlenmesi	58
6.2.2	İkinci Adım: Müşteri Gereksinimlerinin Tanımlanması	60
6.2.3	Üçüncü Adım: Mevcut Performansın Ölçülmesi	62
6.2.4	Dördüncü Adım: İyileştirmelerin Öncelik Sırasına Konulması, Analiz Edilmesi ve Uygulanması	64
6.2.5	Beşinci Adım: Six Sigma Sisteminin Yayılması ve Entegre Edilmesi	65
6.3	Six Sigma Yol Haritasının Bağlantıları	68
6.3.1	İş Dönüşümü Bağlantısı	69
6.3.2	Stratejik İyileştirme Bağlantısı	69
6.3.3	Problem Çözme Bağlantısı	69
6.4	Yol Haritası ve Firmaların Kuvvetli - Zayıf Noktaları	70
7.	İLERİ SIX SIGMA ARAÇLARI	73
7.1	İstatistiksel Proses Kontrol ve Kontrol Tablolar	74
7.1.1	İPK'da en çok kullanılan gereçler	77

7.1.2	İPK / Kontrol Tablolarının Kullanım Zamanları ve Nedenleri	77
7.1.3	İPK / Kontrol Tablolarındaki “Kontrol” Kelimesinin Anlamı	78
7.1.4	Kontrol Tablosunun Alarmları	78
7.1.5	Kontrol Tabloları ve Müşteri Gereksinimleri	78
7.1.6	Kontrol Tablolarını Kullanmak	79
7.1.7	İPK ve Kontrol Tabloları: Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar	80
7.2	İstatistiksel Anlam Testleri (Chi-kare, t testi, ANOVA)	81
7.2.1	İstatistiksel Belirginlik Testlerini Kullanmak	81
7.2.2	İstatistiksel Analizin Temelleri : Sıfır Hipotezi	82
7.2.3	İstatistiksel Belirginliği Denemeden Geçirmek: Yöntem ve Açıklamalar	82
7.2.4	İstatistiksel Testlerdeki Temel Adımlar	84
7.2.5	Belirginlik Testleri : Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar	85
7.3	Korelasyon ve Regresyon Analizi	86
7.3.1	Korelasyon ve Regresyon Analizini Kullanmak	86
7.3.2	Korelasyon ve Regresyon Analizi Türleri	87
7.3.3	Korelasyon ve Regresyon : Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar	89
7.4	Deney Tasarımı (DT)	90
7.4.1	Deney Tasarımlarının Kullanımı	92
7.4.2	Deney Tasarımlarının Temel Adımları	93
7.4.3	Deney Tasarımı:Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar	94
7.5	Hata Tipleri ve Etkileri Analizi (HTEA)	95
7.5.1	HTEA’nın Uygulama Alanları	95
7.5.2	Proses FMEA Uygulama Adımları	95
7.5.3	Puanlandırma	97
7.5.3.1	Hata ve Sebep Olasılığının derecelendirilmesi	97
7.5.3.2	Şiddet Derecelendirilmesi	97
7.5.3.3	Tespit Edilebilirlik Derecelendirilmesi	98
7.5.3.4	Hatanın Müşteriye Yansıması	99
7.5.4	Risk Öncelik Katsayısının Hesaplanması	100
7.5.5	Bir HTEA Örneği	100
7.6	Hatasızlık (Poke-Yoke)	101
7.6.1	Hatasızlığın Kullanım Alanları	102
7.6.2	Hatasızlığın Temel Adımları	103
7.6.3	Hatasızlık (Poke-Yoke) : Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar	105
7.7	Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD)	106
7.7.1	Kalite Fonksiyon Yayılımının Kullanım Alanları	106
7.7.2	Kalite Fonksiyonu Yayılımının Temelleri	106
7.7.3	Kalite Fonksiyon Yayılımı: Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar	108

8. UYGULAMA	110
8.1 Hizmet Süreçlerinde Altı Sigma Araçları Uygulama Örnekleri	110
8.1.1 Anova	110
8.1.2 Çoklu Değişken Analizi	113
8.1.3 Lojistik Regresyon	118
8.2 Üretim Süreçlerinde Altı Sigma Araçları Uygulama Örnekleri	121
8.2.1 Anova	121
8.2.2 Güvenilirlik	125
8.2.3 Lojistik Regresyon	127
8.2.4 Deneylerin Tasarımı	130
SONUÇLAR	155
KAYNAKLAR	160
EKLER	162
ÖZGEÇMİŞ	164

KISALTMALAR

DT	: Deneylerin Tasarlanması
İPK	: İstatistiksel Proses Kontrol
FMEA	: Failure Mode and Effect Analysis
OHTEA	: Hata Tipleri ve Etkileri Analizi (FMEA'nın türkçe adlandırılması)
QFD	: Quality Function Deployment
KFG	: Kalite Fonksiyonlar Geliştirme (QFD'nin türkçe adlandırılması)
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
KKF	: Kritik Kalite Faktörü
GE	: General Electric
MOHS	: Milyon Olasılıkta Hata Sayısı
TÖAİK	: Tanımlama-Ölçme-Analiz-İyileştirme-Kontrol
RÖS	: Risk Öncelik Katsayısı
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması
CRM	: Müşteri İlişkileri Yönetim Sistemi
PUKY	: Planla, Uygula, Kontrol Et, Yap
TGPÇM	: Tedarikçiler, Girdiler, Prosesler, Çıktılar, Müşteriler
KD	: Kaliteye Duyarlı

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. %99 Kaliteye Karşılık Six Sigma Performansı	6
Tablo 3.1. Süreç İyileştirmesi ve Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarım Akışının TÖAİK Modelinde İncelenmesi	25
Tablo 6.1. Six Sigma Yol Haritasında Birinci Adıma Genel Bakış	59
Tablo 6.2. Six Sigma Yol Haritasında İkinci Adıma Genel Bakış	60
Tablo 6.3. Six Sigma Yol Haritasında Üçüncü Adıma Genel Bakış	62
Tablo 6.4. Six Sigma Yol Haritasında Dördüncü Adıma Genel Bakış	64
Tablo 6.5. Six Sigma Yol Haritasında Beşinci Adıma Genel Bakış	66
Tablo 7.1. İstatistiksel Proses Kontrol Yöntemleri	76
Tablo 7.2. Kolerasyon Testi Örneği	86
Tablo 7.3. Çoklu Regresyon Analiz Örnekleri	88
Tablo 7.4. Olasılık Derecelendirme Tablosu	97
Tablo 7.5. Şiddet Derecelendirme Tablosu	98
Tablo 7.6. Tespit Edilebilirlik Derecelendirme Tablosu	99
Tablo 7.7. Hatanın Müşteriye Yansıma Olasılığı Derecelendirme Tablosu	99
Tablo 8.1. Anova Tablosu	112
Tablo 8.2. Süre Ölçümleri Tablosu (Operatör ve İş Bazında)	114
Tablo 8.3. Detaylandırılmış Veri Tablosu I	115
Tablo 8.4. Detaylandırılmış Veri Tablosu II	116
Tablo 8.5. Operatör-İşlem Etkileşiminin Analiz Sonuçları	116
Tablo 8.6. Yaş Gruplarına Göre Toplanan Veriler	118
Tablo 8.7. Nominal Lojistik Regresyon Analizi	119
Tablo 8.8. Anova Analizi – Minitab Çıktısı	122
Tablo 8.9. Güvenilirlik Analizi Verileri	125
Tablo 8.10. Challenger Mekiği İçin Yapılan İncelemeler I	127
Tablo 8.11. Lojistik Regresyon – Minitab Çıktısı	129
Tablo 8.12. Faktörlerin Tanımlanmaları	132
Tablo 8.13. Faktörlerinin Etki Büyüklüğünün Yorumlanması	141
Tablo 8.14. Ekran 4. Faktör İsimlerinin ve Düzeylerinin Girilmesi	143
Tablo 8.15. Ekran 5. Oluşturulan Tasarımın Görüntülenmesi	144
Tablo 8.16. Ekran 6. Tepki Değişkenlerinin Belirlenmesi	145
Tablo 8.17. Ekran 7. Grafik İletişim Kutusu	146
Tablo 8.18. Ekran 10. Çıktı Penceresi	148
Tablo 8.19. Ekran 15. Düşürülmüş Modelin Çıktı Penceresi	152
Tablo A.1. Sigma Hesaplama Tablosu	162
Tablo A.2. Six Sigma Dönüştürme Tablosu	163

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Ana Six Sigma Metod ve Araçları	9
Şekil 3.1 : Üç Six Sigma Stratejisi	13
Şekil 3.2 : TÖAİK Six Sigma İyileştirme Modeli	17
Şekil 6.1 : Six Sigma Yol Haritası	56
Şekil 6.2 : Six Sigma Yol Haritası Adım 1 ve Alt adımlar	59
Şekil 6.3 : Six Sigma Yol Haritası Adım 2 ve Alt Adımlar	61
Şekil 6.4 : Six Sigma Yol Haritası Adım 3 ve Alt Adımlar	64
Şekil 6.5 : Six Sigma Yol Haritası Adım 4 ve Alt Adımlar	65
Şekil 6.6 : Six Sigma Yol Haritası Adım 5 ve Alt Adımlar	67
Şekil 6.7 : Six Sigma Yol Haritasının Bağlantıları	68
Şekil 7.1 : Örnek : Bir Kalem Tasarımı İçin Sadeleştirilmiş L-Matris	108
Şekil 8.1 : Yeterlilik Analizi (Tüm Bölgeler)	111
Şekil 8.2 : Kutu Grafiği (Tüm Bölgeler)	113
Şekil 8.3 : Pareto Analizi (İşlem Bazında)	115
Şekil 8.4 : Etkileşim Grafiği	117
Şekil 8.5 : Yaş Gruplarına Göre İçecek Seçimleri	120
Şekil 8.6 : Mevcut Durumdaki Hata Oranları	121
Şekil 8.7 : Hatlara Göre Verilerin İncelenmesi	123
Şekil 8.8 : Hata Oranı – İlk Üç Hata	124
Şekil 8.9 : Güvenilirlik Analizi – Minitab Çıktısı	126
Şekil 8.10 : Challenger Mekiği İçin Yapılan İncelemeler	128
Şekil 8.11 : Sızıntı Olasılığı – Sıcaklık İlişkisi Grafiği	129
Şekil 8.12 : Ekran 8. Standartlaştırılmış Etkilerin Normal Olasılık Çizimi	147
Şekil 8.13 : Ekran 9. Standartlaştırılmış Etkilerin Pareto Grafiği	147
Şekil 8.14 : Ekran 11. Artıkların Histogramı	149
Şekil 8.15 : Ekran 12. Artıkların Normal Olasılık Çizimi Grafiği	150
Şekil 8.16 : Ekran 13. Uyum Değerlerine Karşılık Artıklar Grafiği	150
Şekil 8.17 : Ekran 14. Verilerin Sırasına Karşılık Artıklar	151
Şekil 8.18 : Ekran 16. Ana Etkilerin Çizimi	153
Şekil 8.19 : Ekran 17. Etkileşim Çizimi	154

SEMBOL LISTESİ

σ : Sigma

SIX SIGMA VE İLERİ DÜZEYDEKİ SIX SIGMA ARAÇLARININ UYGULAMALARI

ÖZET

Bu tez çalışması, bazı şirketleri (GE, Motorola...) dünyanın en başarılısı konumuna getiren dönüşümün, yani Six Sigma akımının gücü hakkında bir fikir vermek için hazırlanmıştır. Six Sigma'yı uygulayan şirketler, yaptıkları tasarruflar, işlem hızlarındaki inanılmaz artış, daha güçlü müşteri ilişkileri, yani kısacası gözle görülür sonuçlar ve dikkat çeken iyileşmeler sayesinde, milyarlarca doları kasalarına aktarmayı başarmıştır.

Tezin içindeki her bir bölümde aşağıda sorulan sorulara cevaplar verilmiştir:

1. Bölüm: Giriş

Yüksek enflasyon ile geçirilmiş son yirmi yıl ve sık sık yaşanan krizlerin ardından şirketlerin köklü değişim projelerine girmelerinin zamanı gelmiş midir?

2. Bölüm : Sürekli Başarı İçin Etkili Bir Strateji

Six Sigma yeni yüzyılın çalışma yaşamı sorunlarına nasıl uygulanabilir? Six Sigma'yı günümüzün iş dünyasında saygın bir yere getiren sonuç ve başarılarından bazıları nelerdir? Six Sigma'nın vaadettiği önemli kurumsal kazançlardan ve Six Sigma iyileşmesini sırtlayan temalardan bazıları nelerdir?

3. Bölüm: Six Sigma İyileştirmesi ve Yönetim Stratejileri

“Six Sigma”nın ölçülmesi ne demektir? Six Sigma performansının ölçümünde müşterilerin ve hataların rolü nedir? Six Sigma'nın temel iyileştirme ve yönetim metodolojileri nelerdir? “TÖAİK” modeli nedir?

4. Bölüm: Six Sigma'nın Hizmet ve Üretim Alanlarında Uygulanması

Six Sigma, üretimden çok, hizmet süreçleri ve organizasyonlar konusunda, nasıl daha iddialı olabiliyor? Bir hizmet ortamında Six Sigma'nın gereğince işlemlerini ve başarılı sonuçlar vermesini sağlayan etkenler nelerdir? Six Sigma'yı üretim alanında uygularken karşılaşılabileceğiniz özel sorunlar nelerdir ve bunları nasıl çözebilirsiniz?

5. Bölüm: Six Sigma Organizasyonundaki Roller

Six Sigma organizasyonundaki roller ve görevleri nelerdir?

6. Bölüm: Six Sigma Yol Haritası

Six Sigma'nın öz "becerileri"ni uygulamak için en uygun sıra hangisidir? "İdeal" bir Six Sigma yol haritasının sağlayacağı yararlar nelerdir? Taleplere hemen yanıt verebilen, rekabet gücü yüksek bir kuruluş olmaya giden yolda Six Sigma'nın her bir unsurunun sunduğu değerler nelerdir? Six Sigma yol haritasına bize ulaştıracak bağlantılar nelerdir?

7. Bölüm: İleri Six Sigma Araçları

Six Sigma iyileştirmesinin en yaygın "güç araçlarından" bazıları nelerdir? İleri düzey Six Sigma araçları açıklanmıştır. Bunların herbiri, süreçleri ve ürün/hizmetleri anlamak ve iyileştirmede firmalara nasıl yardımcı olur? Bu karmaşık tekniklerin temel adımları nelerdir?

8. Bölüm: Uygulama

Hizmet ve Üretim proses ve organizasyonlarında Six Sigma araçlarının uygulaması yapılmıştır.

SIX SIGMA AND PRACTISING ADVANCED SIX SIGMA TOOLS

SUMMARY

This study of thesis is aimed at giving an idea about the power of Six Sigma current, that is transformation which has made some companies the most successful in the world. Having practised Six Sigma, companies have been able to succeed in transferring billions of dollars, by virtue of the savings they have made the increase in the pace of their transactions, stronger relations with customers, in short , obvious results and developments that attract attention.

In each part of the thesis, following questions are answered:

Chapter 1: Introduction

Is it the time companies underwent radical changing projects after the last decade that was spent with high inflation and frequent crises?

Chapter 2: A Powerful Strategy for Sustained Success

How does Six Sigma apply to the business challenges of the new century? What are some of the results and successes that have brought Six Sigma to the forefront of business leadership today? What are some of the key organisational benefits it offers – and the themes that drive Six Sigma improvement? These questions are answered in this chapter.

Chapter 3: Key Concepts of the Six Sigma System

What does the measure “Six Sigma” means? What role do customers and defects play in measuring Six Sigma performance? What are the core improvement and management methodologies of Six Sigma? What is the “DMAIC” model?

Chapter 4: Applying Six Sigma to Service and Manufacturing

Why does Six Sigma hold as much – if not more – promise in service processes and organizations than in Manufacturing? What are the keys to making Six Sigma work well and provide results in a service environment? What are the unique challenges that can arise in applying Six Sigma in manufacturing functions, and how do you address them?

Chapter 5: The Roles In Six Sigma Organization

What are the roles and their duties in Six Sigma Organization?

Chapter 6: The Six Sigma Roadmap

What's the best sequence for implementing the "core competencies" of Six Sigma? What are the advantages of the "ideal" Six Sigma Roadmap? What is the value provided by each component to a responsive, competitive organization? What are the "on-ramps" to the Six Sigma roadmap?

Chapter 7: Advanced Six Sigma Tools

What are some of the most prevalent "power tools" of Six Sigma improvement? What role does each play in helping you to understand and improve processes and products/services? What are the basic steps to these sophisticated techniques?

Chapter 8: Practice

Advanced Six Sigma tools are practised in Service and Manufacturing processes and organizations.

1. GİRİŞ

Her geçen gün daha globalleşen dünya ekonomisinde, verimlilik kadar bizleri derinden etkileyen, kişisel yaşam standardımızdan ulusal refah seviyemize kadar etkilerini hissettiğimiz başka bir kavrama rastlamak zordur.

Verimlilik, ülkelerin ekonomik kalkınmalarını sürdürebilmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Verimlilikte meydana gelebilecek artışlar, reel gelir seviyesini artıracak, satın alma gücü ve yatırımların artmasını sağlayarak ekonomik kalkınmaya büyük ölçüde katkıda bulunacaktır. Verimlilik ve hayatın kalitesi de birbirleriyle ayrılmaz derecede bağlantılıdır; çünkü verimlilik, uzun dönemde nüfusun ortalama hayat standardını belirleyen ana faktördür. Daha çok çıktıyı daha az girdi kullanarak, hatasız olarak bir seferde üretmek şirketler için daha fazla kazanç, gelecek nesiller için de kullanabilecekleri daha fazla kaynak anlamına gelir.

Gittikçe artan rekabet ortamında, verimliliği arttırmayı temel hedeflerinden biri olarak seçmeyen şirketlerin de uzun vadede ayakta kalabilmeleri ve rekabet etmeleri oldukça zorlaşacaktır. Verimliliğin düşmesi, firmanın pazar payının , satışlarının ve karlılığının azalması sonuçlarını doğuracaktır. Bu nedenle verimlilik, işletme performansının en önemli göstergelerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son 10 yıldır dünyadaki birçok lider kuruluşun uygulamakta olduğu Six Sigma Yönetim Sistemi, üretimden personel yönetimine, finanstan pazarlamaya, şirketlerin her türlü sürecini daha verimli hale getirerek karlılıklarını arttırmalarına ve büyümelerine yardımcı olmuştur. Six Sigma sistemi ülkemizde birçok şirkette ve çalışanlarda kültür değişimi meydana getirmiştir. Bu kültür değişimi türk ekonomisini yavaş yavaş olumlu yönde etkileyecektir. Diğer taraftan, yüksek enflasyon ile geçirilmiş son yirmi yıl ve sık sık yaşanan krizlerin ardından şirketlerin köklü değişim projelerine girişmelerinin zamanının gelmiş olması da Six Sigma'ya olan ihtiyacı teyid etmektedir.

2. SÜREKLİ BAŞARI İÇİN ETKİLİ BİR STRATEJİ

Yeni bin yılda iş dünyası liderlerinin ve yöneticilerinin karşılaşacağı en çetin soru “Nasıl başarılı olabiliriz?” değil, “Başarımızı nasıl koruyabiliriz?” sorusudur. [1]

Günümüzün iş koşulları, bir dizi şirkete, lidere, ürüne ve hatta endüstriye, kendi paylarına düşen çok kısa süreli şöhreti yakalama fırsatı sunmaktadır; daha sonra da bunlar ortadan silinip gitmektedir. IBM’ler, Ford’lar, Apple’lar, Kodak’lar ve iş dünyasının başka birçok kurumsal şirketi bile, iflasın eşiğine ve yeniden canlanmaya kadar uzanan dramatik döngülerden geçmektedir. Bu durum adeta, müşteri beğenilerinin, teknolojilerin, mali koşulların ve rekabetin yaşandığı alanların her zamankinden daha hızlı değiştiği bir ortamda, zoru başarmaya benzemektedir. Risklerin çok yüksek olduğu böyle bir ortamda, bu durumdan nasıl çıkılabileceği, bu çarkın nasıl durdurulabileceği ya da bir sonraki değişim dalgasının nasıl olacağının kestirilmesi konusundaki düşüncelere duyulan gereksinim, giderek bir açlığa dönüşmektedir. Yeni ortaya çıkan başarılı şirket sayısı kadar, yeni ve sağlam yanıtlara rastlanmaktadır.

Başlangıçta, Six Sigma bu yeni sağlam yanıtlardan biriymiş gibi gözükebilir; ancak daha yakından incelendiğinde, çok önemli bir farkı olduğu anlaşılır. Six Sigma, tek bir yöntem ya da strateji üzerine kurulu, gelip geçici bir heyecan değildir; yöneticilik becerisini ve performansı iyileştirmeyi hedefleyen esnek bir sistemdir. Six Sigma, iş dünyasını 21. yüzyılda başarıyla ulaştıracak yeni bir formül ortaya koymak için, geçen yüzyılın en önemli yönetim fikirleri ve en iyi uygulamalarından bazılarını temel alır. Kuram değil, eylemdir. Bazı üst ve orta düzeydeki şirketlerin elde ettiği büyük boyutlu kazançlar, Six Sigma Yolu’nun ne kadar güçlü olduğunun kanıtıdır. En az bunun kadar önemli olan bir başka nokta da, Six Sigma’nın, kalıcı başarıyı garantileyecek yeni yapı ve uygulamaları geliştirmede oynadığı roldür. [1]

2.1 Six Sigma Başarı Öyküleri

General Electric (GE)

GE'nin Lighting birimindeki Six Sigma ekibi, faturalama hatalarını ve ihtilafları %98 oranında azaltarak, ödemeleri hızlandırarak ve her iki şirket için de daha verimli bir çalışma ortamı yaratarak, şirketin en önemli müşterilerinden birinin -Wal-Mart-fatura hazırlamada yaşadığı sorunları çözdü.

GE Capitals'ın hizmet birimlerinden birisinde, şirket avukatının yol gösterdiği yani bir Six Sigma ekip lideri tarafından yönlendirilen bir grup, kontrat değerlendirme sürecini kısalttı; bunun sonucunda da, anlaşmaların daha hızlı tamamlanması bir başka deyişle müşterilere daha hızlı yanıt veren bir hizmet ve yıllık 1 milyon dolarlık bir tasarruf sağlandı.

GE'nin Güç Sistemleri grubu, elektrik şirketinin müşterilerinden birisinin büyük bir memnuniyetsizliğini çözdü; çok basit olarak, müşterilerinin gereksinimlerini daha iyi anlayacak bir yaklaşım oluşturdular ve piyasaya yeni sürülen bir güç ekipmanı ile birlikte sunulan yazılı bilgiyi daha iyi hale getirdiler. Sonuç şöyleydi: Elektrik şirketi artık denetim kurumlarına daha etkin biçimde yanıt verebiliyordu, böylece hem elektrikçiler hem de GE yılda yüzbinlerce dolarlık tasarruf elde etti. [2]

Motorola

Motorola'nın yeniden hayata dönmesi, uzun vadede, GE'in yalnızca bir kaç yıl içinde ulaştığı sonuçlar kadar kayda değerdir. Six Sigma'yı uygulamaya koymasından yalnızca iki yıl sonra Motorola, Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü'ne layık görülüyordu. Şirketin 1980'lerde 71,000 olan çalışan sayısı ise, bugün 130,000'in üzerindedir. Bu arada, Six Sigma'nın başlatıldığı 1987 ile 1997 arasındaki on yıllık dönemde elde edilen başarılar arasında şunlar bulunmaktadır:

- Satışlarda sağlanan beş kat artış ile birlikte, karın yılda yaklaşık % 20 yükselmesi.
- Six Sigma çalışmalarıyla sağlanan toplam 14 milyar dolarlık tasarruf.
- Motorola'nın borsadaki hisselerinden elde edilen kazancın yıllık bileşik %21.3'lük bir orana ulaşması.

Bütün bunlar, 1980'lerin başında varlığı yaşamsal tehlikede olan bir şirkette gerçekleşmiştir. [2]

Yeni Ürünlerin Geliştirilmesi

Bir telekomünikasyon şirketi, büyük üretim tesislerinden birinde daha fazla esnekliğe ve daha yüksek bir üretim hızına ulaşmak için Six Sigma Tasarım tekniklerini kullandı. Bu fabrikada, birden fazla özel ürün, tek bir üretim hattı üzerinde imal edildi. Her bir müşterinin siparişi, birbirinden farklı devre kartlarının yapılmasını gerektirdiği için, yeni alınacak cihaz sayısını olabildiğince düşük tutarak bu işi gerçekleştirmek en önemli noktaydı. Müşteri ihtiyaçlarının, ürün tasarımının ve süreç özelliklerinin yeniden düzenlenmesi sayesinde, yeni alınması gereken cihaz sayısı çarpıcı ölçüde azaltıldı. Bu fabrika, paralel işlem yapma olanağına da sahipti, dolayısıyla üretim hattının bir bölümünde arıza çıktığında, yapılmakta olan iş, çevrim zamanında hiçbir değişiklik olmadan diğer hatta yönlendirilebiliyordu.

Bu yeni fabrika tasarımı sayesinde, tepki verme hızını artırmak için sanal dizayn uygulanırken, müşteri siparişleri de elektronik olarak iletiliyordu. Bu yenilikçi değişiklikler, verimliliği ve kaynak kullanımını iyileştirmenin yanı sıra, toplam çevrim zamanını da günler mertebesinde, saatler mertebesine indirmiştir. [3]

2.2 Six Sigma'nın Yararları

Bu öyküler oldukça etkileyici, ama diyelim ki diğer şirketlerin durumu, mesela Jack Welch'in bu girişimi başlattığı 1995 yılında GE'in de olduğu gibi zaten iyiye, neden Six Sigma bir çok firmada uygulanmaktadır. İster büyük, ister küçük olsun birçok şirketi, bu çalışma yaklaşımına yatırım yapmaya iten nedir? Anlatılan bu başarı öykülerine ve diğer şirketlerin deneyimlerine, ve kazanılan yüksek miktardaki paralara bakarak, Six Sigma Yolu'nun şirketlere çekici gelen yönlerini tanımlayabiliriz. [1] Six Sigma:

1. Kalıcı başarıya götürür. Son on yılın en hızlı büyüyen şirketlerinden biri ve network cihazları alanının devi olan Cisco Systems'in CEO'su John Chambers, pek çok şirketin başarı öyküsünün ardında yatan küçük endişeye yakın geçmişte değindi: "Üç yıl içinde piyasadan silinme riskimiz var." İki haneli büyüme hızını sürdürmenin

ve değişen pazarlardaki payı korumanın tek yolu, sürekli olarak yenilikler getirmek ve yeniden yapılanmaktır.

2. Herkes için bir performans hedefi belirler. Büyüklüğü ne olursa olsun, diyelim ki milyar dolarlık çok uluslu bir şirkette, herkesin aynı doğrultuda çalışmasını ve ortak bir hedefe yönelmesini sağlamak oldukça güçtür. Her bir departman, çalışma birimi ve bireyin farklı beklenti ve hedefleri vardır. Ama herkes için ortak olan şey, ürünlerin, hizmetlerin ya da bilgilerin (şirket dışındaki ya da şirket içindeki) müşteriye sunulmasıdır. Six Sigma kalıcı bir hedef oluşturmak için bu ortak çalışma yapısından süreç ve müşteri yararlanır: Six Sigma performansı ya da pek çok insanın hayal edebileceği mükemmelliğe olabildiğince yaklaşmış bir performans düzeyi. Müşterilerinin beklentilerini kavrayan herkes, % 99.9997 mkemmellikteki Six Sigma performansına ne kadar yaklaştığını değerlendirebilir. Tablo 2.1’de, % 99 kalite hedeflendiğinde ortaya çıkacak sorun sayısı ile Six Sigma performansındaki (% 99.9997) sorun sayısı arasında bir karşılaştırma yapılmaktadır. Aradaki fark oldukça çarpıcıdır.

Tablo 2.1 %99 Kaliteye Karşılık Six Sigma Performansı

PERFORMANS HEDEFLERİ	ELDE EDİLECEKLER
Gönderilen her 300.000 mektupta : %99 ile 3.000 hatalı gönderi	Gönderilen her 300.000 mektupta : Six Sigma ile 1 hatalı gönderi
Açılan her 500.000 bilgisayarda : %99 ile 4.100 kme	Açılan her 500.000 bilgisayarda : Six Sigma ile 2 çökme
500 yıl boyunca yapılan ay sonu hesaplamalarında : %99 ile 60 ay hesap tutmaması	500 yıl boyunca yapılan ay sonu hesaplamalarında : Six Sigma ile 0.018 ay hesap tutmaması
Haftalık TV yayınında (kanal başına) : %99 ile 1.68 saat yayın boşluğu	Haftalık TV yayınında (kanal başına) : Six Sigma ile 1.8 saniye yayın boşluğu

3. Müşteriye sunulan değeri artırır. GE, Six Sigma çalışmalarına başladığında yöneticiler, şirketin ürün kalitesinin olması gerektiğinden düşük olduğunu kabul ediyordu. Her ne kadar ürünlerin kalitesi muhtemelen rakiplerin ürünlerinden daha yüksek olsa da Jack Welch, “Kalitemizi yle özel, müşterimiz için öyle değerli, onların başarısı açısından öyle yaşamsal bir yere getirmek istiyoruz ki, ürünlerimiz onlar için tek seçenek haline gelsin,” diyordu. Her sanayi kolunda giderek güçleşen

rekabet koşulları yüzünden, yalnızca iyi ya da hatasız ürün ya da hizmet sunmak başarı için yeterli olmayacaktır. Six Sigma'nın özünde müşteriye odaklanmanın anlamı, değerin müşteriler ve potansiyel müşteriler için ne anlama geldiğini öğrenmek ve bu değerin onlara karlı biçimde nasıl sunulacağını planlamak demektir.

4. İyileştirme oranını arttırır. Motorola'nın "Dört yılda 100X büyüme" hedefi, heyecanlı ve istekli kuruluşlara örnek olabilecek bir hedeftir. Performans / Maliyet oranını her 18 ayda bir iki katına çıkararak yarışın hızını belirleyen bilişim teknolojisi nedeniyle, müşterinin iyileşme beklentisi her zamankinden daha yüksek olmaktadır. En hızlı iyileşmeyi gerçekleştiren taraf, muhtemelen rakipleri arasında bu yarışı kazanan taraf olacaktır. Six Sigma, pek çok disiplinden bünyesine kattığı araç ve düşünceler sayesinde, bir şirketin yalnızca performansını iyileştirmesini değil, aynı zamanda iyileştirmeyi de iyileştirmesini sağlar.

5.Öğrenmeyi ve bilginin yayılımını destekler. 1990'lar, pek çok kişiye çok cazip gelen ancak uygulaması zor gibi görünen bir kavramın, "Öğrenen Kuruluş"un doğuşuna tanık oldu. Allied-Signal'in yöneticileri bunu, "herkes öğrenmekten söz ediyor, ama pek azımız bunu, bu kadar çok çalışanın günlük yaşamı içine yerleştirebiliyoruz" biçiminde yorumlamaktadır. Six Sigma, gelişmeyi ve yeni düşüncelerin bütün kuruluş tarafından paylaşılmasını artırabilen ve hızlandırabilen bir yaklaşımdır. GE kadar çeşitlilik gösteren bir şirkette bile, Six Sigma'nın bir öğrenme aracı olarak değerine çok önem verilmektedir. Süreçler ve onların nasıl yönetileceği ve geliştirileceği konularında uzmanlaşmış becerikli insanlar, diyelim ki, GE Plastics'ten GE Capital'a aktarılabilir; bu insanların hem başlangıçtaki öğrenme eğrileri daha kısadır, hem de beraberlerinde daha iyi fikirleri ve bunları daha çabuk uygulama becerisini getirirler. Böylece düşüncelerin paylaşılması ve performansın kıyaslanması daha kolay bir biçimde yapılabilir. GE'in Six Sigma başkan yardımcısı Piet van Abeelen, geçmiş dönemlerde, kuruluşun bir şirketindeki yöneticilerin, başka bir alanda çalışan kardeş şirketten gelen katkıların yararını azımsayabileceğini belirtmektedir: "Düşünceleriniz burada işe yaramaz, çünkü ben farklıyım." Van Abeelen, Six Sigma'nın bu türden itirazları ortadan kaldırdığını söylemektedir: "Peki o zaman, bana her şeyi verin. Önemli olan benzerliklerimizdir. Metrikleri uyumlu hale getirebilirseniz konuşabiliriz." diye eklemektedir.

6. Stratejik değişimi gerçekleştirir. Yeni rnler sunmak, yeni risklere girmek, yeni pazarlara açılmak, yeni şirketler satın almak; eskiden arada sırada yapılan bu işler, artık pek çok şirketin günlük yaşamının parçasıdır. şirketlerin süreçlerini ve prosedürlerini daha iyi anlamak, 21. yüzyılın iş dünyasında başarıya götürecek gerek ufak tefek düzenlemeleri, gerek büyük değişiklikleri gerçekleştirirken yönetici ve çalışanlara büyük bir kolaylık sağlayacaktır. [1]

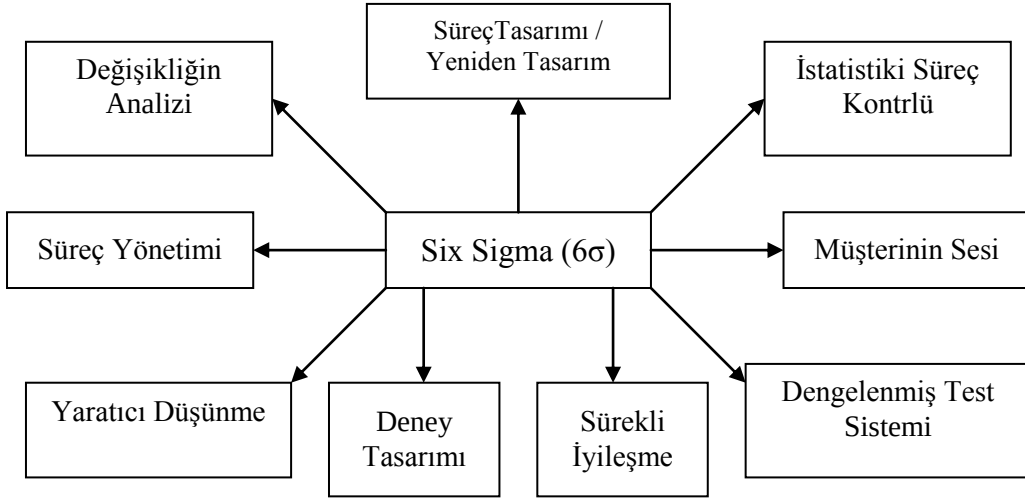
2.3 Six Sigma'nın Araç ve Temaları

Pek çok büyük buluş gibi, Six Sigma da bütünüyle yeni değildir. Six Sigma'nın bazı temaları, yönetim bilimlerinde çok yakın geçmişte gerçekleşen atılımlara dayandığı gibi, bazılarının temeli de sağduyudur. Sağduyu, ender rastlanan bir duyuudur. Buna araçlar açısından bakıldığında, Six Sigma'nın oldukça geniş bir süreç olduğu görülür. şekil 2.1'de en önemli Six Sigma yöntemlerinden bazıları özetlenmektedir. [6]

Yıllardır Six Sigma sistemi hakkında daha çok şey öğrendikçe, onun, günümüz iş dünyasında birbiriyle ilgisi olmayan pek çok düşünce, eğilim ve araç arasında bağlantı kurma ve bunları uygulama yöntemi olduğu gözükmektedir. Doğrudan uygulanabilen ya da Six Sigma girişimlerini tamamlayan önemli konulardan bazıları şunlardır: [6]

- e-ticaret ve hizmetler
- Kurumsal Kaynak Planlaması-ERP
- Yalın retim (Lean Manufacturing)
- Müşteri İlişkileri Yönetim sistemi-CRM
- Stratejik iş ortaklıkları
- Bilgi yönetimi
- Faaliyet esaslı yönetim
- Süreç merkezli kuruluş

- Küreselleşme
- Tam zamanında stok/üretim



Şekil 2.1 Ana Six Sigma Metod ve Araçları

2.4 Six Sigma'nın Altı Teması

2.4.1 Müşteri Odaklılık

1980'lerin ve 1990'ların büyük Toplam Kalite dalgası sırasında onlarca şirket, “müşteri beklentilerinin ve gereksinimlerinin karşılanması ve aşılması” sözünü verdikleri politikalar ve misyon beyanları ile kaleme aldı. Ancak, bu kuruluşlardan pek azı, müşterilerinin beklentilerini ya da gereksinimlerini anlama becerilerini geliştirmek için gerçekten çaba sarf etmiştir. Müşteriden veri toplama, çok tipik bir biçimde, müşteri gereksinimlerinin dinamik yapısını göz ardı eden, bir kereye özgü ya da kısa ömürlü girişimler olarak kalmıştır. Müşterilerilerden kaç tanesi, beş yıl önce istediğini bugün de ister? Ya da iki yıl önce ya da geçen ay istediğini? [2]

Six Sigma'da en büyük önem müşteriye odaklanmaya verilir. Örneğin, Six Sigma performansının ölçümleri müşteriyle başlar. Six Sigma'nın sağladığı iyileşmeler, müşteri memnuniyeti ve değeri üzerinde yaptığı etkiyle tanımlanır.

2.4.2 Verilere ve Gerçeklere Dayalı Yönetim

Six Sigma, “gerçeğe dayalı yönetim” kavramını yeni ve daha güçlü bir konuma taşımaktadır. Ölçmeye, geliştirilmiş bilgi sistemlerine, bilgi yönetimine vb. son yıllarda verilen öneme karşın, iş konusundaki pek çok karar bugün bile yorumlara ve tahminlere dayanarak alınmaktadır. Six Sigma yaklaşımı, iş performansını değerlendirme açısından hangi ölçümlerin kilit konumunda olduğunu netleştirmekle işe başlar; daha sonra kilit değişkenleri tanımlayacak ve sonuçları optimize edecek biçimde veri ve analizlerini uygular. [2]

Six Sigma, yöneticilerin gerçeğe dayalı karar ve çözümleri destekleyecek iki temel soruyu yanıtlamalarına yardımcı olur: [2]

1. Gerçekten gereksinim duyulan veri/bilgiler nelerdir?
2. Bu veri/bilgilerden maksimum fayda nasıl sağlanır?

2.4.3 Sürece Odaklanma, Yönetim ve İyileştirme

Six Sigma’da süreçler, eylemin olduğu yerlerdedir. İster ürünleri ve hizmetleri tasarlarlarken olsun, ister performansı ölçerken, isterse verimi ve müşteri memnuniyetini artırırken ve hatta işi yönetirken Six Sigma, “süreci” başarının birinci aracı olarak görür.

Bugüne kadar Six Sigma çalışmalarının en kayda değer atılımlarından biri, süreçlerde başarılı olmanın yalnızca gerekli bir beceri olmadığına, müşterilere bir değer sunarken rekabet gücünü arttıran bir yapı kurma yöntemi olduğuna, lider ve yöneticileri ikna edebilmesidir. [2]

2.4.4 Proaktif Yönetim

Çok basit anlatımıyla, proaktif olmak, olaylardan önce harekete geçmek demektir, tepkiselın karşıtıdır. Ancak, gerçek hayatta proaktif yönetimin anlamı, çoğunlukla göz ardı edilmiş çalışma uygulamalarını alışkanlık haline getirmek demektir: İddialı hedefler belirlemek ve onları sık sık gözden geçirmek; öncelikleri net olarak belirlemek; sorun çözmekle uğraşmak yerine sorunların ortaya çıkmasına meydan

vermemek; işlerin yürütölme biçimini körü körüne savunmak yerine, bunları niçin yaptığımızı sorgulamak gibi.

Sıkıcı olmadan ya da aşırı analitik davranmadan, gerçekten hazırlıklı olmak, yaratıcılığın ve etkili bir değişimin asıl başlangıcıdır. Tepkisel bir biçimde krizden krize savrulmak firmaları sürekli meşgul eder, bu da kontrolün ellerinde olduğu gibi yanlış bir izlenim uyandırır. Gerçekte ise, bir yöneticinin ya da kuruluşun kontrolü kaybettiğinin göstergesidir.

Six Sigma, tepkisel alışkanlıkların yerine, dinamik, duyarlı ve proaktif yönetme biçimini yerleştirmek için gerekli araç ve uygulamalardan yararlanır. Günümüzün iyice daralan hata marjını göz önüne aldığımızda, hazırlıklı olmak başarının tek yoludur. [2]

2.4.5 Sınırsız İşbirliği

“Sınırsızlık”, Jack Welch’i iş hayatında başarıya götüren ilkeler den biridir. Six Sigma’nın doğuşundan yıllarca önce, GE başkanı engelleri ortadan kaldırmak ve üst, alt ve kurumlar arası düzeylerdeki ekip çalışmasını iyileştirmek için çabalıyordu. Şirketlerin, onların satıcıları ve müşterilerinin arasındaki işbirliğinin iyileştirilmesiyle elde edilecek fırsatlar büyük boyuttadır. Aslında tek bir amaç için, yani müşteriye bir değer sunmak için birlikte çalışması gereken gruplar arasındaki iletişimsizlik ve bariz çekişme yüzünden, masanın üstünde her gün milyarlarca dolar bırakılmaktadır. [4]

İnsanlar rollerini daha iyi kavradıkça ve bir sürecin bütün aşamalarındaki etkinliklerin aslında birbirleriyle içice geçmiş olduğunu ayırımsayıp bunları değerlendirdikçe, Six Sigma da yeni işbirliği olanakları sunmaya başlar. Six Sigma için sınırsız işbirliğinin anlamı, kendini bilinçsizce feda etmek değildir, hem son kullanıcıların gerçek taleplerini, hem de bir süreç ya da üretim zincirindeki iş akışını iyice anlamayı gerektirir. Dahası, müşteri ve süreç hakkındaki bilgileri herkesin yararına kullanmayı hedefleyen bir yaklaşım gerektirir. Böylece, Six Sigma sistemi gerçek bir ekip çalışmasını destekleyecek ortamı ve yönetim yapısını oluşturabilir. [2]

2.4.6 Mükemmele Yöneliş, Başarısızlığa Karşı Hoşgörü

Bu son tema kendi içinde çelişkili gibi görünebilir. Nasıl hem mükemmele ulaşmayı isteyip hem de başarısızlığa karşı hoşgörülü olunabilir. İşin özünde, bu iki düşünce birbirini tamamlamaktadır. Hiçbir şirket, yeni düşünceler ve yaklaşımlar üretmeden Six Sigma'ya yakın bir noktaya ulaşamaz. Daha iyi bir hizmete, daha düşük maliyetlere, yeni becerilere vb. götüren bir yol olduğunu gören kişiler, muhtemel başarısızlığın sonuçlarından da çok korkuyorlarsa, hiçbir zaman bu yeni yolu denemeye kalkışmazlar. Bu durumda sonuç: Durgunluk, gerileme, çöküş.

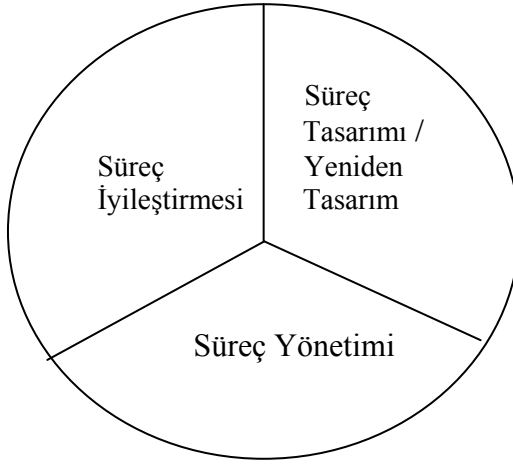
Six Sigma içinde risk yönetimi de bulunmaktadır. Six Sigma'yı hedefleyen her şirket, kendini sürekli olarak daha mükemmel olmaya zorlamalıdır. Çünkü müşterinin mükemmel tanımı daima değişecektir ve arada sırada şirketler karşılaşılacak başarısızlıkları kabullenmeye ve onlarla başetmeye hazırlıklı olmalıdır.

[2]

3. SIX SIGMA İYİLEŞTİRMESİ VE YÖNETİM STRATEJİLERİ

Müşteriyi tanımak ve doğru ölçüm yapmak Six Sigma sisteminin yakıtı gibidir. Bunların çalıştırdıkları motor ise, hepsi de kuruluştaki süreçlere odaklanmış üç temel unsurdan oluşur (Bkz. Şekil 3.1). Bu yaklaşımları birbiriyle ilintili duruma getirmek, Six Sigma'nın ortaya koyduğu en önemli bulgulardan biridir. [5]

Şekil 3.1 Üç Six Sigma Stratejisi



3.1 Süreç İyileştirmesi: Hedefe Odaklanan Çözümler Bulmak

“Süreç iyileştirmesi” terimi, çalışma performansı konusunda sorunlara yol açan temel nedenleri ortadan kaldıracak biçimde, odaklanmış çözümler geliştirme stratejisini ifade eder. Benzer anlama sahip diğer terimler arasında ise, “Sürekli İyileşme”, “Adım Adım İyileşme” ya da “Kaizen” (“Sürekli İyileşme”nin Japoncası) sayılabilir. Aslına bakılırsa, Süreç İyileştirme çabaları bir sorunu, çalışma sürecinin temel yapısına el sürmeden çözmeyi hedefler. Six Sigma terimleriyle ifade edecek olunursa burada, sorun ya da sıkıntıya yol açan birkaç kilit etkeni ortadan kaldırmak için çözüm bulmak ve bunlara odaklanmak önemlidir. Bu nedenle, Six Sigma projelerinin büyük bölümü Süreç iyileştirme girişimleridir.

3.2 Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarım: Daha İyi Bir İşin Temelleri

İş dünyasının pek çok liderinin, 1980'lerdeki kalite girişimlerine karşı sabrının tükenmesinin bir nedeni, ortaya çıkardıkları iyileşme hızının yavaşlığı idi. Bu hoşnutsuzluk yeni bir akımın doğmasına neden oldu: 1990'ların başlarından ortalarına kadar görülen reengineering (yeniden tasarlama) patlaması. Reengineering sonuçta kendi hayal kırıklıklarını doğurmakla birlikte, daha yüksek bir çalışma performansına ulaştıracak önemli bir perspektif sundu: Adım adım iyileşme, teknoloji, müşteri talepleri ve rekabet alanlarında yüksek değişim hızını koruyabilmek için tek başına yeterli değildi.

Six Sigma'nın, kalıcı başarının kaçınılmaz ve tamamlayıcı stratejileri olan Süreç İyileştirmesi ile Tasarım/Yeniden Tasarım bir araya getirmesinin nedeni budur. Tasarım/Yeniden Tasarım modundaki hedef, süreci onarmak değil onu ya da bir bölümünü başka bir süreçle değiştirmektir. Bu da şirketleri, Six Sigma Tasarımı olarak anılan, müşteri taleplerine sıkı sıkıya bağlı, veri ve testlerle kontrol edilen yeni ürünler ve yeni hizmetler üretmek için Six Sigma ilkelerinin kullanıldığı ürün/hizmet tasarımına götürür.

Bu günün iş dünyasında, en azından bazı temel süreçlerini düzenli olarak yenilemeyen bir şirketin uzun süre lider konumda kalması beklenemez. Her şey o kadar hızlı değişmektedir ki, her beş yılda bir temel süreçlerin yeniden tasarlanmasını gerektiren bir kural varmış gibi gözükmemektedir. Sürekli iyileşme ile reengineering zaman içinde birbirini tamamlamaktadır. Süreç önce, yararlı ömrü sona erinceye dek iyileştirilir, bu noktada ise yeniden yapılandırılır. Sonra yeniden zenginleştirme uygulanır ve böylece bütün döngü yeniden başlar. [5]

3.3 Süreç Yönetimi: Six Sigma Liderliği için Gerekli Altyapı

Six Sigma'nın üçüncü stratejisi aynı zamanda en evrimsel olanıdır. Bu strateji dikkatleri, departmanların gözlenmesi ve yönetilmesinden uzaklaştırıp, müşteriler ve hissedarlar için değer üreten iş akışının, yani süreçlerin anlaşılmasına ve yönetilmesine çevirir. Olgun bir Süreç Yönetimi yaklaşımında, Six Sigma'nın temaları ve yöntemleri, işi yürütmenin ayrılmaz bir parçası olarak görülür:

- Süreçler belgelenir ve başından sonuna dek yönetilir ve yaşamsal süreçlerin departmanlar arası yönetimini garantiye alacak biçimde sorumluluklar belirlenir.
- Müşteri gereksinimleri net olarak tanımlanır ve düzenli olarak güncellenir.
- Çıktıların, süreç etkinliklerinin ve girdilerin ölçümleri ayrıntılı ve anlamlıdır.
- Süreç sahipleri de dahil olmak üzere müdürler ve yardımcılar, performansı gerçek zamanlı değerlendirmek için ölçümlerden ve süreç bilgilerinden yararlanır; sorun ve fırsatlara doğru tepkiyi vermek için gerekeni uygular.
- Six Sigma'nın iyileştirme araçlarından yararlanılarak geliştirilmiş olan Süreç İyileştirmesi ve Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarımı, şirketin performans, rekabet gücü ve karlılık düzeyini sürekli yükseltmek için kullanılır.

Süreç Yönetimini, şirketlerin yavaş yavaş öğrenme ve geliştirme eğilimi gösterdiği bir yaklaşım olduğu için evrimseldir. Süreç Yönetimi'nin bir uygulama olarak yerleşmesi, Six Sigma'nın bütün bir yönetim sistemine yayılmasıyla paraleldir. [5]

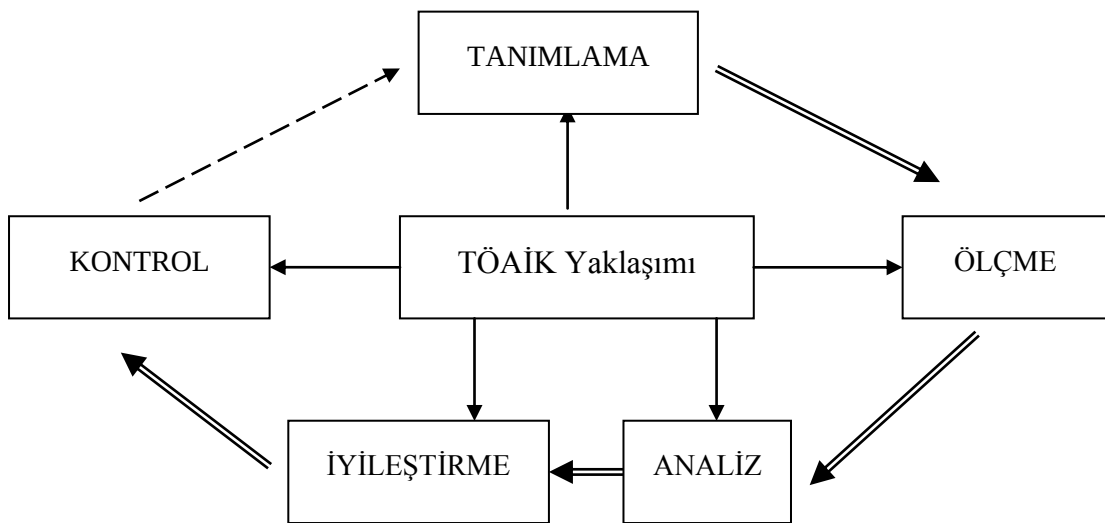
3.4 TÖAİK Six Sigma İyileştirme Modeli

Kalite akımının ortaya çıkışından bu yana süreçler üzerinde birçok iyileştirme modeli uygulanmıştır. Bunların pek çoğu W. Edwards'ın geliştirdiği, veri tabanlı süreç iyileştirmesinin temel mantığını tanımlayan, Planla-Uygula-Kontrol Et-Yap ya da PUKY adımları üzerine kuruludur: [4]

- Planla. Mevcut performansı sorunlar ve boşluklar açısından değerlendir. Temel sorunlar hakkında veri topla. Sorunların temel nedenlerini tanımla ve onlara yönel. Olası çözümleri düşün ve potansiyeli en yüksek çözümün bir denemesini yap.
- Uygula. Planlanan çözümün pilot uygulamasını gerçekleştir.
- Kontrol Et (ya da incele). İstenen noktaya ulaşıp ulaşılmadığını görmek için denemenin sonuçlarını ölç. Eğer sorun çıkıyorsa, iyileştirme çabalarının önüne çıkan engelleri sapt.

- Yap. Denenen çözüm ve değerlendirmeye bağlı olarak çözümü, kalıcı olacak biçimde ayrıntılandır ve geliştir. Bu yeni yaklaşımı mümkün olan her yere uygula.

Six Sigma Yolu'nda, Six Sigma kuruluşlarında giderek yaygınlaşan, beş aşamalı bir iyileştirme çevrimi kullanılmaktadır: Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol ya da TÖAİK (Bkz. Şekil 3.2). Diğer iyileştirme modelleri gibi TÖAİK de, orijinal PUKY çevrimi üzerine kuruludur.



Şekil 3.2 TÖAİK Six Sigma İyileştirme Modeli

Aşağıda Six Sigma Organizasyonlarında yaygın olarak kullanılan TÖAİK – Tanımla, Ölç, Analiz, İyileştir ve Kontrol döngüsü verilmiştir. Temel olarak PUKY modelinden büyük bir farklılık göstermeyen TÖAİK modelinde sadece ölçme ve iyileştirme süreçleri özel olarak vurgulanmış ve bu süreçler ayrı birer aşama olarak ifade edilmiştir. [4]

3.4.1 Tanımla

Bu aşamada projenin amaç ve kapsamı tanımlanır. Süreç ve müşteri hakkında bilgi toplanır. Seçilen ve tanımlanan projenin daha yüksek bir kalite yaratma ve maliyetleri azaltma olasılığının yüksek olması önemlidir. Bu aşamanın çıktısı;

- planlanan iyileştirmenin ayrıntılı tanımı,

- müşteri için önemli olan faktörlerin listesi,
- üzerinde çalışılacak sürecin akış diyagramı yardımı ile detaylı gösterimidir.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar; Proje uyum planı, paydaş analizi, ürün analizi, müşterinin sesi, yakınlık (affinity) diyagramı, kano modeli, kritik kalite faktörleri ağacı, TGPÇM (Tedarikçiler, Girdiler, Prosesler, Çıktılar, ve Müşteriler),

Bu aşamanın amacı projenin amaç ve kapsamı tanımlamasıdır. Bu aşamada dikkat edilecek hususlar;

- seçilen projenin imkan ve kabiliyetlere uygun olması,
- daha yüksek bir kalite yaratma ve maliyetleri azaltma olasılığının yüksek olması
- problemlerin net ve mümkün olduğunca sayısal olarak tanımlanması şeklinde özetlenebilir.

Dolayısıyla ilk olarak tespit edilen problemin eldeki imkan ve kaynaklarla çözülebilecek nitelikte olmasına dikkat edilmelidir.

Ayrıca seçilen problemin şirket için önemli bir sıkıntı kaynağı olduğundan ve düzeltilmesi halinde büyük yarar sağlanacağından emin olunması gerekir. Bunun için özellikle şirkete mali külfet getiren ve müşteri tatminini olumsuz etkileyen alanlarda, Six Sigma terimiyle Kritik Kalite Faktörlerine (KKF) odaklanmak gerekmektedir. Örneğin savaş sırasında bir pastanenin bombalanması sivillerin bir süre güzel tatlılardan mahrum edebilir fakat savaşın kazanılmasına katkı sağlamaz. Bunun için hava alanı, cephanelik, tersane gibi yerlere saldırmak gerekir. Benzer şekilde bir futbol takımı oyuncularının rakip takım ile karşılaştırıldıklarında daha kısa boylu olabilirler. Fakat bu da bir KKF değildir. Futbol takımının performansını arttırmak için öncelikle KKF'ler belirlenmelidir.

İlk iki kriteri karşıladıktan sonra yapması gereken şey problemin daha ayrıntılı ve herkes tarafından anlaşılacak şekilde tanımlanmasıdır. Bunun için yapılacak tanımın açık ve mümkün olduğunca sayısal olmasına özen gösterilmesi gerekir. Problem ne kadar ayrıntılı tanımlanırsa, hedef o kadar kesin olur ve başarı şansı artar.

Eğer doktora gider ve kendinizi iyi hissetmediğinizi söylerseniz ve oda size daha fazla soru sormaz ya da herhangi bir test uygulamazsa sizi iyileştirme konusunda pek de istekli olmadığı söylenebilir. Burada açıklık gerekmektedir. Bu da problemin net bir şekilde tanımlanması ile mümkündür. Etkili ordular savaşta düşman tesislerini ezbere bombalamazlar. Bunun yerine kritik tesisleri koordinatları ile belirleyerek saldırıları buralarda yoğunlaştırırlar. Böylece herkes nereyi vuracağını net olarak bilir.

Problemlerin yazıya dökülmesi, şirketin üzerinde gezinen kara bulutların, düzeltilebilecek açık ve özel maddelere dönüşmesini sağlar. Problemlerin parçalara ayrıldığını, listelendiğini ve müdahale edildiğini görmek herkese güven verir. [15]

3.4.2 Ölç

Bu aşamada mevcut durumu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanır. Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan iyileştirmelerin etkilerini belirlemek mümkün değildir. Bu aşamanın çıktısı;

- sürecin mevcut performansı,
- problemi ya da problemin oluşumunu açıklayan veriler,
- problemin daha özel ve detaylı bir tanımıdır.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

Veri toplama planı, veri toplama formları, kontrol kartları, frekans dağılımları, pareto kartları, önceliklendirme matrisi, FMEA, proses yeteneği, proses sigma, örnekleme, tabakalandırma, zaman serisi diyagramları, tahmin T&T (tekrarlanabilirlik, tekrar üretilebilirlik).

Bu aşamada mevcut durumu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanır. Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan iyileştirmelerin etkilerini belirlemek mümkün değildir.

Bu aşamadaki en kritik faktör ise neyin ya da nelerin ölçüleceğinin doğru belirlenmesidir. Aksi taktirde harcanacak emek ve kaynakların karşılığı, hiçbir kullanım alanı olmayan sayfalarca veri olacaktır.

Örnek vermek amacıyla muayenehaneye geri dönelim. Kendinizi iyi hissetmediğinizi söylediğinizde doktorunuzun size “peki şu testleri yaptırın” demez. Çünkü hangi testlerin yapılması gerektiği hakkında henüz bir fikir edinememiştir ve testlerin bilinçsiz bir şekilde yapılması zaman ve para israfına neden olur. Bu nedenle nerenin ağrıdığı, ağrının ne zaman başladığı gibi sorularla olasılıkları azaltmaya çalışır. Yeterli bilgiyi edindiğinden emin olduktan sonra hangi testlerin yapılması gerektiğine karar verir.

Benzer şekilde belli bir süreçteki hataları –iyileştirme fırsatlarını– belirlemek için yapılacak analizler öncesinde, problem sahaları doğru olarak belirlenmeli ve kullanılacak yöntemler bu bilgilerin ışığında seçilmelidir.

Six Sigma Basamakları içerisinde, verilen önem ve değer, harcanan para ve zaman açısından en fazla göz ardı edilen aşamanın ölçüm olduğu söylenebilir. Ölçüm sırasında somut bir sonuç elde edilmediğinden dolayı bu parlayan bir basamak değildir. Bu nedenle bu basamağı bir an önce geçme eğilimi yaygındır. Fakat bu doğru değildir. Çünkü kantitatif veriler Six Sigma’nın temelini oluşturur. İyi veri olmaksızın iyi kararlar alınamaz. [15]

3.4.3 Analiz

Bu aşamanın amacı problemin asıl nedenlerini tanımlamak ve bunların nedenlerini doğrulamaktır. Dolayısıyla bu aşamanın çıktısı test edilen ve doğrulanan bir hipotez olacaktır.

Bu aşamada doğrulanan neden/nedenler bir sonraki aşamanın girdisini oluşturur.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar; Yakınlık (affinity) diyagramı, beyin fırtınası, sebep-sonuç diyagramı, kontrol kartları, veri toplama formları, veri toplama planı, deney tasarımı, akış diyagramları, frekans dağılımları, hipotez testleri, pareto kartları, regrasyon analizi, tepki alanı metodolojisi, örnekleme, dağılma diyagramları, tabakalandırılmış frekans dağılımları.

Bu aşamayla birlikte problem sahaları doğru olarak belirlenmiş ve problemlerin büyüklüğü sayısal olarak ortaya konmuştur. Bundan sonra elde edilmiş olan veriler yorumlanır ve öncelikli problemler belirlenir.

Bunun için öncelikle her bir problemin işletme karına, müşteri tatminine, performansa ve üretkenliğe olan etkileri belirlenir. Ayrıca rakip firmaların aynı alanlarda yaşadıkları problemlerle yapılan kıyaslamalar (benchmarking) firmaya çok değerli bilgiler sağlayacaktır. Seçilen problemle ilgili olarak rakipler ne gibi önlem almaktalar? Performansları nasıl? Çok sayıda şirket performanslarını sayıya dökmeden önce, kendilerinin alanlarında kalite, etkinlik ve müşteri tatmini konusunda en iyi olduklarını düşünürler. Fakat çevreye baktıktan ve kendilerini rakipleri ile karşılaştırdıktan sonra genellikle düşündükleri kadar istisnai olmadıklarının farkına varırlar.

Eğer mevcut durum ile ideal durum arasındaki fark yeterince büyük değilse ya da kapatılması halinde firmaya önemli bir avantaj sağlamayacaksa bir sonraki probleme geçilmesi mantıklı olacaktır. Diğer yandan problemin, genel performansını ve rekabet gücünü önemli derecede etkilediği fark eden firmaların bu konuda çalışmaları onlara büyük fayda sağlayacaktır.

Burada cevaplanması gereken bir diğer önemli soru da hataların niçin yapıldığı ve bunların nasıl onarılacağıdır. Deney doğru kurulduğunda elde edilecek rakamlar cevapları verecektir.

Hataların ne zaman, nerede, ne kadar sıklıkla oluştuğuna cevap verilebiliyorsa, firmanın ihtiyaç duyduğu bilgilere sahip olduğuda anlaşılır. Fakat yalnız belirtilere odaklanılmamalıdır. Altta yatan nedenlerde bulunmalıdır. Eğer problemi arama yarı yolda bırakılırsa yarım bir çözüm elde edilir. Fakat iş dünyası tabii ki bu kadar basit değildir.

Bu nedenle Kara Kuşaklara verileri mümkün olan en etkin yollarla toplamaları ve değerlendirebilmeleri için diğer konuların yanında istatistik düşünme yeteneği kazandırılır. [15]

3.4.4 İyileştir

Bu basamakta problemin temel nedenlerini ortadan kaldıracağı iddia edilen çözümler denenir ve uygulamaya konulur. Bu çözümler daha iyi bir tahmini, daha iyi bir programlamayı, daha iyi bir prosedürü ya da daha iyi bir ekipmanı içerebilir. Bu aşama problemin ortadan kaldırılacağı ya da etkilerinin azaltılacağı andır.

Bu aşamada ayrıca sonuçların bir sonraki aşamada nasıl değerlendirileceğini açıklayan bir plan oluşturulmalıdır.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

Beyin fırtınası, konsensus, yaratıcılık teknikleri, veri toplama, deney tasarımı, akış diyagramları, FMEA, hipotez testleri, planlama araçları, paydaş analizi.

Hedefler çoğunlukla yöneticilerin içgüdüleri doğrultusunda belirlenir. Genel kurul toplantısında, verimliliği % 5 arttırma kararı alınır ve bu tüm şirkete duyurulur. Fakat bunun nasıl yapılacağı belli değildir. Bu hedefleri tutturmak zorunda olan orta kademe yöneticilerinin tek umutları ise çalışanların daha fazla gayret göstermesidir. Bunun için bazıları bağırma bazıları ise yalvarma yolunu seçer.

Takımının başarısı için iyileştirilmesi geren KKF'lerini belirleyen ve antrenmanlarda bu faktörlerin üzerinde duran bir antrenörü ele alalım. Bir basketbol takımı için top kayıpları bir KKF olabilir. Bu durumda antrenör hücum ve savunma ribauntu, hatalı paslar, top çaldırma yüzdelerini iyileştirmek için ilk üç aşama (tanım, ölçüm, analiz) sonucunda zihninde oluşan çözümleri uygulamaya koyacaktır.

İş dünyasındaki çözümler ise daha iyi bir tahmini, daha iyi bir programlamayı, daha iyi bir prosedürü ya da daha iyi bir ekipmanı içerebilir. [15]

3.4.5 Kontrol

Bu aşamanın amacı uygulanan iyileştirme planını ve elde edilen sonuçları değerlendirmek ve elde edilen kazançların sürdürülmesi ve arttırılması için yapılması gerekenleri ortaya koymaktır. Bu aşamanın çıktıları;

- iyileştirmeye konu olan sürecin son durumu,

- iyileştirme sonucu sağlanan kazançlar,
- iyileştirme sonucu ortaya çıkan fırsatlar ve tavsiyelerdir.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

Kontrol kartları, veri toplama, akış diyagramları, kalite kontrol prosesi kartı, standardizasyon, öncesi ve sonrasını kontrol için frekans dağılımı, pareto kartı vb. kartlar.

Birinci futbol ligindeki şampiyonluk mücadelesini ele alalım. Ankaragücü, Kocaelispor, Gaziantepspor gibi takımların ilk haftalarda lider oldukları hatta bu liderliği sekiz on hafta sürdürdükleri görülür. Ancak belli bir süre sonra meydanı yine dört büyüklere bırakırlar. Peki bu takımların kazandıkları başarıyı sürdürememelerinin sebebi nedir?

Günümüz işletmelerinde de temel problem nasıl başarılı olunacağından ziyade nasıl başarılı kalınacağıdır. Çok sayıda şirkette yıldızların sönmesi parlaması kadar doğal karşılanır. Bu durumun şirketlere faturası büyüktür. Çünkü başarının sürdürülememesi, tüm çaba ve kaynakların boşa gitmesine yol açar. İşte bu nedenle “kontrol”, Six Sigma’nın en önemli aşamasıdır. Bu aşamada özetle; ilk dört aşama sonunda sağlanan kazançlar değerlendirilir, bu kazançların sürdürülmesi ve arttırılması için neler yapılabileceği kararlaştırılır ve Six Sigma’nın güçlü araçları yardımı ile en küçük başarıların dahi kalıcı olması sağlanır. Şekil 3.3’te, başlıca TÖAİK etkinliklerinin, “Süreç İyileştirme” ile “Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarım” akışını karşılaştıran bir diyagram görülmektedir. [15]

Tablo 3.1 Süreç İyileştirmesi ve Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarım Akışının TÖAİK Modelinde İncelenmesi.

SIX SIGMA İYİLEŞTİRME SÜREÇLERİ		
	SÜREÇ İYİLEŞTİRMESİ	SÜREÇ TASARIMI / YENİDEN TASARIM
1. TANIMLAMA	- Sorunu belirleme - Gereksinimleri tanımlama - Hedef belirleme	- Spesifik ya da genel sorunları belirleme - Hedef belirleme / Vizyon değiştirme - Kapsam ve müşteri taleplerini netleştirme
2. ÖLÇME	- Sorunu / Süreci doğrulama - Sorunu / hedefi ayrıntılandırma - Temel adımları / girdileri ölçme	- Taleplere kıyasla performansı ölçme - Süreç verimlilik verilerini toplama
3. ANALİZ	- Nedene ilişkin hipotezler geliştirme “Birkaç kilit” nedeni tanımlama - Hipotezleri doğrulama	“En iyi uygulamaları” saptama - Süreç tasarımını değerlendirme 1. Değer katanlar/katmayanlar 2. Dar boğazlar/kopukluklar 3. Alternatif yollar - Gereksinimleri ayrıntılandırma
4. İYİLEŞTİRME	- Kök nedenleri ortadan kaldırmak için fikir üretme - Çözümleri deneme - Çözümü standartlaştırma / sonuçları ölçme	- Yeni süreç tasarlanması 1. Sorun tahminleri 2. Yaratıcılığın uygulanması 3. İş akış ilkeleri - Yeni süreçlerin, yapıların, sistemlerin uygulanması
5. KONTROL	- Performansı sürdürmek için standart ölçümlerin geliştirilmesi - Gerektiğinde sorunların giderilmesi	- Performansı sürdürmek için ölçüm ve değerlendirmelerin geliştirilmesi - Gerektiğinde sorunların giderilmesi

4. SIX SIGMA’NIN HİZMET VE ÜRETİM ALANLARINDA UYGULANMASI

4.1 Hizmet Sektöründe Six Sigma

4.1.1 Hizmet

Hizmet ya da üretim sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin bir çoğu Six Sigma’nın şirketlerine nasıl uygulanacağı sorusuyla karşı karşıya gelirler. Bu soru çoğunlukla, imalat odaklı olduğunu düşündükleri bu sistemin kendilerine nasıl katkıda bulunacağını merak ediyor olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu bölümde, Six Sigma’nın üretim sektöründe olduğu kadar hizmet sektöründe de ne kadar yararlı olduğu ele alınmıştır. [1]

Bu bölümde kullanılacak olan “Hizmet” ve “Üretim” terimleri aşağıda netleştirilmiştir : [1]

- “Hizmet” süreçleri ve şirketleri. “Hizmetler” ya da “hizmet ve destek” süreçleri, bir şirketin elle tutulur bir ürünün tasarlanması ya da onun imalatında doğrudan rol almayan herhangi bir bölümüdür. Bunlar, satış, mali işler, pazarlama, satın alma, müşteri destek, lojistik ya da insan kaynakları gibi bölümlerdir; bir çelik fabrikasından bir bankaya ya da bir perakendeci mağazaya kadar pek çok kuruluştaki daha başka bölümler de bu örneklerle eklenebilir. Bu tür çalışmaları tanımlamak için kullanılan diğer kavramlar arasında; işlemsel, ticari, teknik olmayan, destek ve idari sayılabilir.
- “Üretim” süreçleri. “Üretim” demekle sadece, elle tutulur bir ürünün geliştirilmesi ve üretilmesiyle ilişkili çalışmalar kastedilir. Kullanılan diğer terimler: fabrika, atölye, ve bazen de mühendislik ve ürün geliştirme olabilir.

Bu kategoriler oldukça geniştir. Hizmet süreçlerinin kendi içinde de birçok farklılıklar bulunur. Örneğin, bir müşteri destek hattı ile danışmanlık şirketi arasındaki fark gibi ya da kahve fincanı üreten bir fabrika ile mikroçip üreten bir başka fabrika arasındaki fark gibi. Six Sigma'yı etkili hale getirmeyi amaçlayan bütün çalışmalar, bu iki kategoride de, yani Hizmet ve Üretim kategorilerinde, sonunda birbirine çok benzer bir noktaya gelir.

4.1.2 Üretimin Değişen Rolü

Günümüzde, sadece üretim yapan bir şirket artık neredeyse kalmamıştır. Tasarlama, üretim ve/veya üretilmiş ürünlerin satışı bir çok şirket için temel faaliyettir. Hatasız (yani istendiği gibi işleyen ve müşteri beklentilerini karşılayan) ürünler elde etmek de artık her zamankinden daha büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, imalat yapan bir kuruluşun, yalnız hatasız mal üretmekle başarılı olabilmesi hemen hemen olanaksızdır. Başarılı bir üretim kolunun, başka birçok beceride de ustalaşmış olması gerekir, örneğin:

- Yeni teknolojilerin takip edilmesi ve bunların hızla güvenilir ürünlere dönüştürülebilmesi.
- Ancak iyileştirilmiş süreçlerle ve/veya yeni/iyileştirilmiş ürünlerle karşılanabilecek olan, mevcut ve yeni ortaya çıkacak müşteri gereksinimlerinin saptanması.
- Tedarikçi ağının, parça ve hammadde sevkinin aksamadan yürümesini sağlayacak biçimde oluşturulması ve yönetilmesi.
- Müşteri siparişlerinin dikkatle ve karlı bir şekilde gerektiğinde kişiye özel alınması, işlenmesi ve teslim edilmesi.
- Değişen pazar koşullarına uyum gösterilmesi. [1]

Giderek artan sayıda iş kolu, üretim sorumluluğunu bir çözüm ortağına devrederek, ürün tasarımı, geliştirmesi ve pazarlamaya odaklanmaya başlamıştır. Bu değişimin örneklerinden biri Qualcomm'daki strateji değişikliğidir. Mobil telefon alanının devlerinden biri olan Qualcomm, 1999'da, imalat ve ürün ile ilgili bütün bölümlerini satışa çıkarma ve bundan sonra (karının büyük bölümünü oluşturan) araştırma,

teknoloji geliştirme, ve lisans alanlarına odaklanma kararını aldığını duyurdu. Wall Street' in buna tepkisi ise hisselerde %1000'in üzerinde bir artış oldu.

Bu örnek, imalat becerisinin uzmanlık gerektiren bir hizmet olarak görüldüğü, yeni ya da gelecekte ortaya çıkacak gereksinimleri karşılayacak ürünleri tasarlama, esnek tedarik ağları oluşturma ve onları doğru ürünlerle besleme becerisinin ise rekabet gücünün gerçek kaynakları haline dönüştüğü bir dünyaya doğru değişimin bir belirtisidir.

Yalnızca tasarım ve pazarlamaya yönelmiş müşterilerinin üretim sistemini oluşturan ve bu alanda uzmanlaşmış kuruluşların bile, üretimin planlanması ve hazırlanması, sipariş akışı ve hacminin yönetilmesi, müşterilerle arada başarılı ara yüzlerin kurulması gibi süreçleri başarıyla yürütmesi gereklidir ve bütün bu sayılanlar da hizmet faaliyetleridir.

ABD'de uzun süreden beri üretimden ağırlıklı olarak hizmet esaslı bir ekonomiye doğru kayış söz konusudur. 1970'lerin başında, Birleşik Devletler'deki toplam çalışan sayısının %65'inden fazlası hizmet alanlarında bulunuyordu. 1990'ların sonunda ise, Çalışma İstatistikleri Bürosu, hizmet esaslı işlerin oranının yaklaşık %80'e ulaştığını ve bu oranın artacağını saptamıştır. [2]

4.1.3 Hizmet Sürecindeki Fırsatlar ve Gerçekler

İş hayatındaki rekabet gücünü destekleyen Hizmetlerin üstlendiği roller arttıkça, bu etkinliklerde değerlendirmeyi bekleyen ne kadar büyük bir potansiyel olduğu da görülmektedir. Bu konuyla ilgili etkenler aşağıda verilmiştir:

- Araştırmalar, hizmet esaslı iş kollarındaki ve süreçlerdeki düşük kalite maliyetinin (tekrarlanan işler, hatalar, vazgeçilen projeler vb.) çok yaygın olarak toplam bütçenin %50'si gibi yüksek bir oranda olduğunu göstermektedir. Üretim işlerinde ise bu oranın hala %10 ila %20 kadar olduğu tahmin edilmektedir.
- Bu maliyet verisi, birçok araştırmacının, idari ve hizmet süreçlerinin iyileştirme öncesindeki performanslarının 1,5 ila 3 sigma aralığında (%50 ila 90 arasındaki bir başarı oranı) seyrettiği şeklindeki bulgularını doğrulamaktadır.

Hizmet süreçlerinin analizi sık sık, toplam süreç çevrim zamanının %10'dan bile daha az bir bölümünün müşterileri memnun etmek için yapılması gereken işlere ayrıldığını göstermektedir. Çabanın ve zamanın geri kalan kısmı ise beklemek, yanlış yapılmış işi yeniden yapmak, oradan oraya koşturmak, hataları bulmaya çalışmak ve hiç gerekli olmayan işler yapmak için harcanmaktadır. [2]

4.1.4 Six Sigma Hizmetleri'ni Daha Zor Yapan Nedenler

Hizmet esaslı süreçlerdeki değerlendirilmemiş fırsatların üretim sürecindekilere kıyasla daha fazla olduğunu düşünmek için bazı çok önemli ve anlaşılır nedenler vardır. Aşağıdakiler gibi: [1]

4.1.4.1 Görünmeyen çalışma süreçleri

Atölye ve fabrikaların hemen hepsinde yapılan iş görülebilir, dokunulabilir hatta üretim sürecinin farklı aşamalarında takip edilebilir. Hamburger yapmak gibi basit bir üretim sürecini ele alalım. Bir hazır yemek restoranında sipariş verildiği zaman siparişin, hamburgerin pişirilmesi ve hazırlanması için gerekenden biraz daha fazla sürede müşteriye ulaşması beklenir. Burger ekmeği, garnitürler, ve diğer malzemeler, burgeri hazırlamak üzere durdukları yerden bir kez alındıktan sonra, tepsiye veya pakete gelene kadar ki hemen her saniyeyi pişerek ya da bir yerden bir yere taşınarak geçirir. Bir burger üretim hattında, ürün müşteriye ulaşıncaya kadar olup bitenleri gözden saklamak çok zordur.

Fabrikada olduğu gibi, burada da engeller, yavaşlamalar, ziyan olan malzemeler, tekrar yapılan işler, çıplak gözle kolaylıkla algılanır.

Bu konuda bazı örnekler: Üretim hattında doldurulamamış bütün şişelerin geri dönüşüm konteynerine boşaltıldığı bir şişeleme tesisinde hatalı her şişe, konteynere düşmesiyle birlikte gürültülü bir şekilde parçalanabilir. Benzer bir biçimde, bir petrol rafinerisi üzerinde yanan bir alev varsa, bu o fabrikada bir şeylerin yolunda gitmediğinin bir işaretidir.

Bu örneklerin tersine, Hizmet süreçlerinin çoğunda işin ürününü çıplak gözle görmek çok daha zordur: Bilgilendirme, talepler, siparişler, teklifler, sunuşlar, toplantılar, imzalar, faturalar, tasarımlar ve fikirler. Giderek daha fazla sayıda Hizmet sürecinin,

bilgisayarlar ve ağılarda işlenen bilgiler üzerine kurulmasıyla, işin ürünü, ekrandan ekrana ya da işlemciden işlemciye aktarılan bir elektron gibi, daha da sanal bir niteliğe bürünmektedir. E-posta, web ve diğer ağlar sayesinde hizmet esaslı süreçler, dünyanın bir yerinden çok uzak bir yerine bile bir anda ulaştırılabilmektedir. Bu durum, küreselleşen ekonomide önemli bir avantaj sağlamaktadır, ancak bir işin nasıl yapıldığının anlaşılmasını daha da zorlaştırdığı kesindir.

Hizmet sektöründe çalışan insanların yaptıkları işler hakkındaki düşünceleri de bunun kadar büyük bir sorundur. Süreçleri elle tutulur olmadığı, kişisel tarz ve koşulların etkisiyle değişebildiği için, satış, pazarlama hatta yazılım geliştirme gibi temel işlevleri üstlenen insanlar süreçlerinin olmadığı yorumunu yaparlar. Bu insanlar süreçlerle o kadar iç içedirler ki, onların bu süreçleri görmesini sağlamak başlı başına bir sorundur. [1]

4.1.4.2 İş akışlarının ve süreçlerin geliştirilmesi

Bir üretim sürecinde bir değişiklik yapmak genellikle fiziksel bir çalışma gerektirir: Araç gereçlerin yerleri değiştirilir, hammaddeler farklı bir yere taşınır, işlemler ve prosedürler değiştirilir. Bu nedenle, üretim süreçlerinde değişiklik yapmak genellikle ciddi düzeyde bir planlama yapmayı gerektirir. Üretim dışında ise, süreçler çabucak değiştirilebilir, özellikle de basit bir değişiklik ise ve insanların alışkanlıklarına fazla bağlı değilse. Sorumluluklar devredilebilir, formlar yeniden düzenlenebilir, yeni adımlar eklenebilir, iş prensipleri değiştirilebilir vb.; bütün bunlar yatırım yapılmadan ya da ayrıntılı bir planlama olmadan gerçekleştirilebilir. Değişikliklerin bir çoğu fazla dallanıp budaklanmadan, bireysel çabayla hatta anlık alınan kararlarla hayata geçirilebilir. Bununla birlikte, bütün kişisel tercihler ve değişiklikler üst üste eklendiğinde ise toplam etki çok büyük olabilir. Bunun sonucunda, pek çok iş kolundaki hizmet süreçleri neredeyse sürekli olarak evrim geçirir, benimsenir ve gelişir. [1]

4.1.4.3 Bulgu ve veri eksikliği

Hizmet süreçlerinin performansı ile ilgili bilgiler genellikle tatmin edici değildir. Var olan veriler de, dar kapsamlı, laftan ibaret ve/veya öznel. Bu süreçlerin

ölçülmesini zorlaştıran kendi doğalarıdır; ama bu ölçümler imkansız değildir. Süreçlerin kendisi bir kez iyi anlaşıldıktan sonra, çok da iyi yapılabilir.

Örneğin, bir fabrika ya da bir üretim tesisinde el değmemiş koca belge yığınlarını görmek zor değildir, birikmiş siparişler, tekrar yapılan işler, gecikmeler ve bunlar için yapılması gereken çalışmaların maliyetini belirlemek ise zordur. Bir departmandaki ya da çalışma grubundaki harcamaları saptamak olanaklıdır, ancak bu maliyetlerle belli süreç etkinlikleri arasında bağlantı kurmak zor bir iştir.

Üretimin ölçümü, milyarlarca dolarlık bir sanayidir. Uygulamada, üretim ölçütleri çok etkileyici olabilir. Örneğin, Texas'ta tıbbi aygıtlar üreten bir fabrikada, birkaç saniyede bir sent mertebesinde güncellenen dakika-başına-maliyet hesabına varıncaya dek, üretim bandının çeşitli özelliklerini gösteren bir ekran bulunmaktadır.

Bilgisayar ağlarındaki ve müşteri destek hatlarındaki yoğunluk ölçümleri dışında, Hizmet süreçlerini yöneten kişilerin, bir aygıtı bağlayıp da kolaylıkla ölçüm yapmaları olanaklı değildir. Örneğin, kredi dosyalarını tamamlama sürecini kısaltmaya çalışan bir firmayı ele alalım. Firma çalışanları, kredi paketleriyle ilgili sorunlarını çözmek için birbirilerinden habersiz kafa patlatırlar; yani gereksiz yere bir sürü zaman harcarlar. Tekrar yapılan işlerin ve boşa harcanan zamanın maliyetini hassas olarak ölçmek zordur; çünkü bu tür işler, birbirinden farklı insanların bir iş günü içinde yaptıklarının göreceli olarak küçük bir bölümünü oluşturur. [1]

4.1.4.4 Öncü eksikliği

Denetçiler, kalite kontrol elemanları, kalite mühendisleri ve süreç iyileştirme guruları, üretim tesislerini on yıllardır aşındırmaktadır. Bundan başka, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonraki yirmi yıl içinde Birleşik Devletler'in dünyada verimlilik lideri olmasını sağlayan da, verimliliği en üst düzeye ulaştırmayı hedefleyen bu disiplin olmuştur. Amerikalı şirket patronlarının uykularının kaçmasına neden olan alarm, verimlilik ya da ürün kalitesi konularında aynı düzeyi yakalayan ve temel sanayi kollarına yayan, dünyadaki diğer ekonomilerdir. "Kalite Çemberleri" 1970'lerde ilk kez görülmeye başlandığında, çoğunlukla üretim tesisleriyle sınırlı kalan bir olguydu. TKY patlaması yaşandığı 1980 ve 1990'larda bile, çalışmaların çoğu hala ürün kalitesi alanında yürütülüyordu. Bugün bile, Amerikan Kalite Derneği'nin (ASQ)

üyelerinin %60'tan fazlası üretim alanında çalışmaktadır; Amerika'da çalışanların %80'i hizmet sektöründe bulunmaktadır.

Hizmet Süreçleri iyileştirilmesi bilinmeyen bir kavram değildir. Örneğin Motorola Six Sigma çalışmaları sırasında, maliyetler, hatalar ve Beyaz Yakalılar'ın yürüttüğü süreçler konusunda önemli tasarruflar elde ettiği onlarca başarı öyküsüne imza atmıştır. Oysa, Süreç Ölçümü ve İyileştirmesi'nin güçlü yöntemleri, Hizmet etkinliklerinin çok büyük bir bölümüne henüz el atmamıştır. Bunun anlamı, bu alanlarda yapılabilecek pek çok iş olduğudur. Bunu gerçekleştirmek için, Six Sigma'nın Hizmet ortamlarının özel koşulları için geliştirdiği yaklaşımlar uygulanmaya başlanmalıdır. [1]

4.1.5 Six Sigma'nın Hizmetlerde Kullanılması [2]

Aşağıda verilen ve Six Sigma'nın Hizmetlerde daha etkin kullanılmasına yönelik ipuçları çok genel fikirlerdir. Bu ipuçlarını, firmaya özgü yapıya, ürüne, müşteriye vb. etkenlere uyarlamak bütünüyle firmanın elindedir. Hepsinden öte bu fikirlerin, firmada önemli bir değişiklik yaratması, muhtemelen yüzleşmek zorunda kalınacak olan “bu bizim işimize yaramaz” diyen kuşkucular tarafından daha kolay benimsenmesi ve hizmet dünyasında daha hızlı sonuca ulaşmayı sağlaması gerekir.

4.1.5.1 İş Süreçle Başlamak

Hizmet kuruluşlarının pek çoğunda süreçleri sorgulamaya başlamak, çalışanları aniden uyandırmaya benzer. Birdenbire uyandırılmanın verdiği keyifsizlik dışında, Six Sigma çalışmalarının süratle başlaması için bir vesilesi oluşmuştur. İnsanlar gerçekten neler olup bittiğini gördüklerinde, bir işin sona ermiş olduğunu ama bir başkasının başlamakta olduğunu da anlayacaklardır.

4.1.5.2 Sorunu Netleştirmek

Hizmet süreçlerini sorgulamaya başladıktan sonra, grubun çevredeki sorunları yeterince anlayabilmesi için bir süre geçmesi gerekecektir. Bu beklenen bir şeydir ve gerçekten net bir görüş açısı yakalamanın tek yolu, süreçlerin ve müşteri beklentilerinin ve bunlar üzerinde belirleyici olan etkenlerin ayrıntılarına inmektir. Ancak burayı düzene sokma konusundaki bulanık vizyon ve aşırı heves, projelerin ya da iyileştirme çalışmalarının gerektiği gibi tanımlanmasına engel olabilir. Büyük ve

baş edilmez sorunlara el atma ya da bir sürü küçük projeyi aynı anda başlatma eğilimi ortaya çıkabilir; sonunda da duyulan hoşnutsuzluk artabilir ve firmanın saygınlığı tehlikeye düşebilir.

Uygun proje seçiminde ve sorun tanımlamasında disiplinli davranmak, üretim alanında da gerekli olan bir özelliktir. Ancak Six Sigma çalışmalarının başlangıcında, Hizmet ortamındaki projelerin seçilmesi ve kapsamının tanımlanmasında zorlanma eğilimi görülür. [2]

4.1.5.3 Belirsizliği Önlemek için Bulguların ve Verilerin Doğru Kullanılması

Sorunları netleştirmek, performansı ölçmek ve Hizmet arenasında iyileşmeyi başlatmak arasındaki en büyük engellerden biri, konuların genellikle iyi tanımlanmamış ya da tarif edilmemiş olmasıdır. Örneğin, imalat alanında ürün spesifikasyonları genellikle çok hassas olarak -tam anlamıyla milisaniye ya da mikron düzeylerinde- ifade edilmiştir; Hizmetlerde ise, bu tür bilgiler mevcut olsa bile genellikle mükemmellikten çok uzaktır. Bunun anlamı, bir Hizmet ortamında süreçlerin ve müşterilerin üzerine ışık tutulduğunda, belirsizliği bütün işlemlerde net performans kriter ve ölçümlerine dönüştürmenin en önemli önceliği olması gerektiğidir. Elle tutulamayan şeyleri, nispeten özel etkenleri tanımlayabilmek ve ölçebilmek, üretim alanında genellikle sözü bile edilmeyen, ancak Hizmet süreçleri için olmazsa olmaz becerilerden biridir. Üretim konusunda son derece becerikli ve deneyimli pek çok Six Sigma ve kalite uzmanının Hizmetlerdeki kavram karışıklığına uyum sağlamada güçlük çektiğide bilinmektedir.

Bazı Hizmet süreçlerindeki düşük işlem hacmi ise bir başka sorundur (üretimde de benzer bir durum söz konusudur) . Bir firmanın aylık hacmi birkaç düzine işlemden ibaretse, ya da samimiyete dayalı bir müşteri tabanı varsa, büyük miktarlarda somut veri toplamak olanaksız değilse bile çok zordur. Yapılması gereken, verileri daha farklı bir biçimde toplamak ve analiz etmektir. Süreçleri iyileştirmek hala mümkündür. [2]

4.1.5.4 İstatistikler Abartılmamalı

Bu başlık, anlatılanlarla çok tersmiş gibi görünmektedir. Bu yüzden, bir örnek olayla başlayarak bu konuyu biraz daha açmak gerekmektedir.

Örnek bir firmada Six Sigma esaslı iyileştirme girişimleri yapılmıştır. Bu şirket hatırı sayılır derecede büyüme sağlamış; işin yönünü değiştirmiş ve çok kısa bir sürede çok sayıda elemanı işe alan bir şirket haline gelmiştir. (Bu genellikle İnternet işlerinin başlangıcında rastlanan bir orandır). Bununla birlikte durumları, iyi haber/kötü haber senaryoları gibi bir hal almıştır: Şirketin üst düzey yönetimi, yeni elemanların büyük bir bölümünün, aslında karmaşık çalışma ortamının yarattığı sorunları çözmek için işe alındığını fark etmiştir.

Six Sigma'yı ve ekip çalışması becerilerini yerleştirip, bir dizi öncelikli iyileştirme projesini başlattıktan sonra bir yıldan kısa bir süre içinde söz konusu şirket, yönetim anlayışını, daha hazırlıklı, veriye dayalı ve iş birliğini arttıran bir çizgiye taşıyarak, önemli ölçüde değiştirmeyi başardı. Verimsiz süreçleri düzelttiler, önemli kazançlar elde ettiler ve şu anda şirketin iddialı büyüme hedeflerine ulaşmak için çok daha iyi bir durumdalar. Hızlı tempolarını ve girişimci ruhlarını korumayı başardılar. Six Sigma becerileri, süreçlere ve sorunlara olan bakışlarını ve şirketin genel atmosferini köklü biçimde iyileştirmiştir.

Aldıkları en isabetli kararlardan birisi, insanları daha başlangıçta ağır istatistiki işlemlerle boğmamak olmuştur. Teknik süreçler ve ölçümler kullanmaya alışkın olmayan insanlar, daha ileri düzeydeki araçlara hazırlıklı değildi ve ellerindeki veriler de, ileri düzeyde analizlere hazır durumda değildi.

Zamanlama her şeydir. Pek çok hizmet grubu da başlangıçta ayrıntılı istatistiklere hazırlıklı değildir.

GE Capital'in deneyimleri de bu bakış açısını desteklemektedir. Kara Kuşaklar burada, GE'in endüstriyel alanlarda çalışan kardeş kuruluşlarına verilenden daha az teknik bir Six Sigma eğitimi aldı. Buna karşın, GE Capital, 1999 sonuna kadar geçen sürede Six Sigma sayesinde toplam 800 milyon dolar net kazanç elde etmeyi başardı. Zaman içinde kavramların dozu arttırıldı ve daha fazla sayıda insan ileri derecede, başka bir deyişle Uzman Kara Kuşak derecesinde eğitime yönlendirildi.

Six Sigma uzmanlarından biri olan ve Motorola'nın eski elemanlarından Dr. Mikel HARRY, bir ara doğadaki her şeyi istatistik ile açıklamaya çalışırken şimdi bu araçların nasıl kullanıldıklarının daha önemli olduğunu düşündüğünü söylemektedir.

Hizmet alanında çalışan insanların başka beceriler edinmesi gerekir; Üretim sürecinde ya da teknik ortamlarda aynı derecede önemli olmayan, elle tutulamayan süreçlerin karmaşıklığıyla baş edebilme becerisi gibi. Bir kez ustalaştıktan sonra ileri düzeydeki araçları Hizmet alanında uygulamak için bir çok fırsat doğacaktır.

İnsanlar, sahip oldukları halde, ileri analiz yöntemlerini kullanamıyorlarsa, bunun üç olası nedeni vardır:

- Eksik analizler üzerine kurulu yanlış sonuçlara varıyorlardır;
- Doğru sonuçlara varıyor ancak bunları istatistiksel sağlamalarla kuvvetlendiremiyorlardır ya da;

Süreç, ürün ya da hizmet tasarım süreçleri konularında optimum kararlar almıyor olabilirler. [2]

4.2 Üretim Sektöründe Six Sigma

4.2.1 Üretim

İmalat alanındaki bir çok yönetici, özellikle pek çok üretim sürecinin bir zamanlar kalite tezgahından zaten geçmiş olduğunu düşünerek, kendi adlarına Six Sigma'nın sağlayabileceklerinden kuşku duymaktadır. Bu yüzden bu bölümde metodolojinin onlara sunabileceklerini gösteren bazı etkileyici kanıtları ve imalat arenasında karşılaşılan güçlüklerin üstesinden gelmek için nasıl bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiği üzerinde durulacaktır. [1]

4.2.2 Üretimdeki Zorluklar

Six Sigma'yı üretim alanında uygulama girişimi de, kendine özgü bazı güçlükleri beraberinde getirecektir. Aşağıda verilenler, dikkatli olmayı gerektiren en yaygın sorunlardan bazılarıdır; bunların üstesinden gelinmesini kolaylaştıracak bazı öneriler de eklenmiştir. [1]

4.2.2.1 Üretim Sorunu: Daha Geniş Bir Perspektif Benimsemek

Fabrika ya da atölye çatısı altında çalışan insanlar nedense işin geri kalan bölümlerinden bir şekilde uzaktadır. Üretim etkinliklerinin, bir iş kolundaki bütün etkinlikler içindeki payı giderek azaldıkça da,(şirket içindeki diğer gruplardan ve kurum dışındaki müşterilerden) yalıtılma riski giderek artar. Ancak Six Sigma sistemi, üretim ile dış dünya arasındaki duvarların yıkılmasının yanı sıra, şirketteki bütün yaşamsal süreçler arasında iletişim ve koordinasyon olmasını da gerektirir. Üretim grupları, işin tamamına entegre olup, bu yeni düzen içinde üzerlerine düşen rolleri anlamaya başladıkça, iki temel mesaj ortaya çıkar.

1. Sorunların çoğu aslında üretim sorunu değildir.

Hem kendilerinin hem de işin diğer alanlarında çalışan insanların, üreticilerin çok önceden duydukları kuşkunun veriler tarafından da doğrulandığını görmeleri, üretimde çalışanlar açısından son derece yararlıdır. Belirgin olmayan siparişler, son dakika değişiklikleri, parça ve eleman yetersizlikleri, mühendislik/tasarım hataları ve diğer etkenlerin müşteriye doğru ürünü zamanında sunma konusunda oynadığı rol, üretim sırasında yapılan hatalara kıyasla çok daha büyüktür.

2. Üretim, bütün süreç içinde aktif bir katılımcı haline gelmelidir.

Six Sigma'nın önündeki engellerin çoğunlukla üretim grubunun hatalarından kaynaklanmaması, iyileştirme konusunda onların sorumluluk üstlenmeyeceği anlamına gelmez. Pek çok kuruluştaki üretim elemanlarının, hem erken aşamalardaki sorunları gidermekteki rolleriyle ilgili, hem de depolama ve müşteri hizmetleri gibi sonraki aşamaların karşılaştığı sorunlarla baş etme konusunda eğitim almaları gerekir.

Üretimin kendine yönelik odaklanmasını değiştirmenin bir yolu da, üretim de dahil olmak üzere, departmanlar arası bir iş birliği gerektiren, Six Sigma iyileştirme projelerine yönelmektir. Örneğin fabrikada çalışan insanların, sipariş doldurma oranının iyileştirilmesi çalışmasına dahil edilmesi, ürünü, satış ve teslimattan çok uzak ve ilgisiz bir çalışmaymış gibi algılama alışkanlıklarını değiştirecektir.

Daha geniş bir perspektif edinmeyi kolaylaştıran bir başka önemli fırsat da, ürün tasarımı ve üretimi daha iyi entegre etmek için Six Sigma yöntemlerini kullanarak

elde edilir. Six Sigma kayıtlarındaki en etkileyici başarı öyküleri arasında, daha gelişmiş ya da bütünüyle yeni ürünler üretmek için önemli müşterilerden yararlanmak, sonra da bu yeni ürünün Six Sigma kalite düzeyinde üretilebilmesini sağlamak için, ileri düzeydeki Six Sigma yöntemlerini kullanmak sayılabilir. [1]

4.2.2.2 Üretim Sorunu: Sertifikalandırmayı Aşıp İyileştirmeye Yönelmek

Bundan birkaç yıl önce, bilgisayar sistemleri üretimindeki bir yöneticinin, yeni üretim ve test cihazlarının kalibrasyonu konusunda sorun yaşamıştı. Cihaz talep süreçlerinin işleyişinde sorunlar vardı. Yeni cihaz iki kez teslim alınmıştı: Önce üreticisinden gelmişti, sonra da, kalibrasyonu yapan şirketten.

Cihaz satıcısı parçaları doğrudan kalibratöre göndermemişti. Kalibrasyonun sorumluluğu satıcıya verilmemişti. Şirket, ISO 9000 sisteminin bu şekilde çalışmalarını gerektirdiğini iddia etmekteydi.

Son yıllarda çeşitli imalat ve denetim sertifikalarına (ISO 9000 en bilinenidir) duyulan ilgi, pek çok şirketin iyileşme çabalarını baltalamıştır. Ama kuşkusuz, verilen örnekteki gibi, sertifikasyonun dolambaçlı (ve doğal sorunlarla dolu) bir süreç gerektirdiği mazereti tamamen gerçek dışıdır. Bununa birlikte, bir süreç bir kez sertifikalı olduktan sonra, kanunmuş gibi kabullenilir. Sertifikalı bir ortamda en sık rastlanan durum ise, bir süreç bir kez yazıya dökülüp onaylandıktan sonra, onu iyileştirmenin bir cehennem azabı olmasıdır. Sertifika alma çalışmaları, Süreç İyileştirme çabaları için gereken kaynaklardan da çalar. Pek çok kuruluşa, sertifika belgelerini hazırlamak ve kurum içindeki uygunluk denetlemelerini yürütmek üzere tam-zamanlı çalışan bir ekip görevlendirilmiştir; ama süreçleri gerçekten iyileştirmek için çalışan ya hiç kimse yoktur ya da yalnızca birkaç kişi vardır. Gerçekleri daha iyi gören şirketler, süreçlerini irdelemek ve iyileştirmek için kendi sertifikasyon çalışmalarını yürütmektedir. Six Sigma ile sertifikasyon çalışmaları arasında bir ilişki kurmak, potansiyeli yüksek iyileştirme sinerjileri yaratır. [1]

4.2.2.3 Üretim Sorunu: Araçların Üretim Ortamına Uyarlanması

Otomobil motor parçaları yapmak, bir arazi aracı monte etmekten çok daha farklı bir süreçtir, içecek şişelemek de bilgisayar monitörü imal etmekten farklıdır. Bu nedenle

Six Sigma tekniklerinin, amaca en uygun biçime getirilmek üzere esnetilmeleri gerektiğinin kavranması gerekmektedir

Bu noktada, bir şirketin yaşadığı deneyimi çok iyi bir örnek olarak verebiliriz. Yarı iletken fabrikaları için dünyadaki en büyük cihaz üreticisi olan Applied Materials'ın Six Sigma ile tanışması, 1980'lerin sonuna kadar uzanmaktadır.

Applied Materials Üretim bölümünün Six Sigma'yı uyarlamada karşılaştığı zorluk, milyon olasılıkta hata sayısı (MOHS) benzeri kavramları kullanmak olmuştur. Applied Materials Kalite Enstitüsü'nün başkanı Dave BOENITZ durumu "Oda büyüklüğünde cihaz parçaları üretiyoruz" diye açıklamıştı. "Burada milyonlarca değil, sadece yüzlerce cihaz söz konusu. Her bir cihaz da sekiz, on, on iki ya da on beş bin parçadan oluşmaktadır. Bu yüzden her bir cihaz için Sigma düzeyine bakılacak olursa, bu durum çok kapsamlı bir çalışma olacaktır. Sistemlerdeki milyon olasılıklar incelenebilir, ama burada sorun hangi milyon olasılığın ölçüleceğinin bilinmesidir.

Applied'in hataları azaltmak için üzerinde yoğunlaştığı yaklaşım, "Hata Önleme" idi; yani bir süreçteki bütün hata ve yanlışlıkları saptamayı ve engellemeyi hedefleyen olağanüstü bir çaba. Sigma ya da MOHS ölçümleri için çaba sarf etmediler, çünkü kendilerine nasıl bir değer kazandıracağını tam olarak bilmiyorlardı. Ama Applied'in elde ettiği iyileşme diğerleri kadar somuttur. [1]

5. SIX SIGMA ORGANİZASYONUNDA ROLLER

Six Sigma'nın başarısı herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu sistemin insan gücü tarafıdır. Örneğin bir futbol takımında görev yapan masörden, takım kaptanına kadar herkesin açıkça tanımlanmış bir görevi vardır. Ayrıca bu görev tanımları içerisinde iyi bir iş çıkaramamanın sonuçları ve başarının sağlayacağı ödüllerde yer alır. Takımın başarısında bu tanımların rolü büyüktür.

Bu nedenle Six Sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitiminin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir. İlk bakışta Uzakdoğu sporlarının yapıldığı bir kulübün organizasyon yapısını andıran bu unvanlar Six Sigma'nın uygulandığı organizasyonun yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bazı şirketler genel kabul gören unvanlara sarı, mavi vb. kuşaklar eklerken, bazıları ise birkaç kuşakla yetinmektedir.

Bu nedenle Six Sigma uygulamalarına geçmeden önce şirket için uygun yapının belirlenmesi gerekir. Şirketin büyüklüğü ve uygulamanın kapsamına göre bu görevler birleştirilebilir ya da ek görevler oluşturulabilir. Ayrıca bu yapı sabit olmayıp değişen ihtiyaçlara göre yenilenebilir. [15]

5.1 Üst Kalite Konseyi

Six Sigma'da projeler organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülür. Eğer üst yönetim bu projelere yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir ifade ile eğer üst yönetim Six Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa Kara Kuşakların başarı şansı olmayacaktır.

Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlı olacaktır. Bu konseyin başlıca görevleri;

- Six Sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek,
- Six Sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek,
- Six Sigma uygulamalarının kapsamını değişen ihtiyaçlara ve işletmenin Six Sigma konusunda ulaştığı olgunluk düzeyine göre genişletmek ve organizasyon yapısında buna uygun düzenlemeler yapmak,
- Six Sigma projeleri için gerekli kaynakları sağlamak, proje takımlarının karşılaştıkları büyük problemleri çözmek,
- Six Sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak,
- Elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm şirkette yaygınlaşmasını sağlamak,

şeklinde özetlenebilir. [16]

5.2 Yönetim Temsilcisi

Alt Sigma gayretleri üst yönetimden etkili bir lider tarafından yönetilmediği sürece başarısızlık şansı yüksektir. Bu tür bir görevlendirme Six Sigma'ya verilen önemi göstermesi ve faaliyetleri kolaylaştırması açısından önemlidir. Yönetim Temsilcisi üst yönetim adına karar verebileceği için proje çalışmaları sırasında çıkan sorunların çözümü için konsey toplantıları beklenmeyecektir. Yönetim Temsilcisinin başlıca görevleri;

- Six Sigma eğitim planlarını hazırlamak ve eğitimin plana uygun olarak icrasını sağlamak,
- Gerektiğinde Six Sigma konusunda, eğitim kuruluşları, danışmalık şirketleri ve diğer ilgili kuruluşlardan yardım almak,

- Six Sigma konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak,
- Proje seçimi ve takımların oluşturulmasında kalite şampiyonu/şampiyonlarına yardımcı olmak,
- Belirlenen projeleri ve bu projeler için oluşturulan takımları onaylamak,
- Takımların ihtiyaçlarını değerlendirmek, uygun gördüklerinden yetkisi dahilinde olanları tedarik etmek, yetkisini aşanları üst kalite konseyine teklif etmek,
- Kalite şampiyonlarına her konuda destek olmak,
- Tüm iyileştirme projelerini takip etmek ve elde edilen sonuçları bir rapor halinde üst kalite konseyine sunmak,

şeklinde özetlenebilir. [18]

5.3 Kalite Şampiyonu

Kalite Şampiyonu, iyileştirme projelerini Üst Kalite Konseyi adına gözlemleyen kişi/kişilerdir. Six Sigma Takımlarını, Toplam Kalite Yönetiminin Çemberlerinden ayıran temel fark da buradadır. Kalite Çemberlerinde iyileştirme konularının seçimi ve projelerin yürütülmesi tamamen çember üyelerinin sorumluluğundayken, Six Sigma'da bir miktar yönlendirme söz konusudur. Ancak bu yönlendirme takımların inisiyatiflerini ve yaratıcılıklarına zarar vermemeli, fakat işletme amaçlarına doğrudan katkı sağlamayan projelerle zaman harcamalarını önlemelidir. [15]

Kalite Şampiyonun başlıca görevleri;

- İyileştirme projelerinin işletme amaçları ile uyumlu olmasını sağlamak,
- İyileştirme takımlarının kaynak ihtiyaçlarını yönetim temsilcisine bildirmek,
- İyileştirme takımları arasında koordineyi sağlamak,
- Hızını yitiren çalışmalara müdahale etmek, gerektiğinde kapsam değişikliği, yeni personel görevlendirmesi gibi tedbirler almak,

- İyileştirme projelerinin tamamlanma sürelerini belirlemek,
- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini onaylamak,

şeklinde özetlenebilir. [16]

5.4 Uzman Kara Kuşak

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

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

şeklinde özetlenebilir. [15]

5.5 Kara Kuşak

İyileştirme Takımının lideridir. İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Kara Kuşak görevini yürüten kişi asli görevini proje tamamlanıncaya kadar bir başkasına devreder. Proje bitiminde ise aynı göreve devam edebileceği gibi daha üst bir göreve terfi edebilir. Kara Kuşaklar, Six Sigma araçlarını etkin bir şekilde kullanarak, işletme sorunlarına hızlı ve kalıcı çözümler getirebilecek yeterlilikte olmalıdırlar. Bunun için Kara Kuşaklar, Uzman Kara Kuşak ya da dış eğitim kuruluşları tarafından ortalama dört ay süreli eğitime

tabii tutulurlar. Ancak eğitim bir hafta ders üç hafta uygulama şeklinde icra edildiğinden, Kara Kuşaklar birinci haftanın sonunda küçük çaplı projelere liderlik edebilirler.

Kara Kuşakların başlıca görevleri;

- İyileştirme projesini belirleyerek kalite şampiyonuna teklif etmek,
- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini kalite şampiyonuna teklif etmek,
- Takım üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde kalite şampiyonuna yardımcı olmak,
- Takım üyeleri arasında iş/görev dağılımını yapmak,
- İyileştirme projesini yönetmek ve projenin zamanında tamamlanmasını sağlamak,
- Bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirlemek ve bu talepleri kalite şampiyonuna bildirmek,
- Takım üyelerine Six Sigma araçlarını kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamak,

şeklinde özetlenebilir. [15]

5.5.1 Karakuşak' ların Bilmesi Gereken 101 Şey

Büyük ölçüde istatistiğe dayanan ve Motorola, General Electric, Allied Signal gibi küresel ölçekli büyük firmalar tarafından uygulanan Six Sigma Metodolojisi, Karakuşaklı uzmanlar aracılığıyla yürütülür.

Thomas Pyzdek, “Kara Kuşakların Bilmesi Gereken 101 Nokta” yı şöyle sıralamıştır.

1. Six Sigma Kara kuşakları nicel düşünmeye yönelik olmalıdır.
2. Bir Six Sigma Karakuşağı, minimum yardım ile genellemeleri eyleme uygun amaçlara dönüştürmede verileri kullanabilmelidir.

3. Bu amaçlara ulaşmak için örnek olaylar oluşturabilmelidir.
4. Amaçlarına ulaşabilmek için ayrıntılı planlar yapabilmelidir.
5. Amaçlara yönelik gelişimi, müşterilere ve liderlere anlamlı gelen ölçülerle ölçmelidir.
6. Six Sigma yolu ile elde edilen kazançları sürdürebilmek için kontrol sistemlerinin nasıl kurulacağını bilmelidir.
7. İlk hedeflere ulaşıldıktan sonra bile sürekli gelişimin mantığını anlamalı ve iletişimini sağlayabilmelidir.
8. Firmaların Six Sigma'dan elde ettikleri faydaları nicelleştirecek araştırmalara yakın olmalıdır.
9. Farklı sigma düzeyleri ile farklı PPM oranları arasındaki ilişkileri bilmeli veya bulabilmelidir.
10. Çeşitli sigma düzeyleri için kötü kalitenin yaklaşık greliliyetini bilmelidir.
11. İşğren ve müşteri taramalarından elde edilen verileri nicel olarak nasıl analiz edebileceğini bilmelidir. Buna güvenirlik ve geçerlilik taramaları ile taramalar arasındaki farklar da dahildir.
12. Değişimle ilgili çeşitli kişilerin rollerini anlamalıdır
13. Müşteri taramaları için testleri tasarlayabilmeli ve analiz edebilmelidir.
14. İki veya daha fazla tarama sonuçları kümesi verildiğinde, onların arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olup olmadığını belirleyebilmelidir.
15. Müşterinin bekleme süresinin değerini niceleştirebilmelidir.
16. Kısmen tamamlanmış bir kalite fonksiyon yayılımı matrisi (QFD) verildiğinde onu tamamlayabilmelidir.
17. Belirli bir süre için tutulan veya yatırılan paranın değerini hesaplayabilmelidir. Buna belirli bir miktarın şimdiki değeri ile gelecekteki değeri de dahildir.

18. Çeşitli dönemler için şimdiki değeri veya gelecekteki değeri hesaplayabilmelidir.
19. Bir projenin başa baş noktasını hesaplayabilmelidir.
20. Nakit akımlarının net şimdiki değerini hesaplayabilmeli ve bu sonuçları proje seçmek amacıyla kullanabilmelidir.
21. Nakit akımların iç getiri oranlarını hesaplayabilmeli ve sonuçları proje seçmek amacıyla kullanabilmelidir.
22. Six Sigma için kötü kalitenin maliyeti mantığını bilmeli diğer bir deyişle, eğer kötü kalitenin maliyeti analizi belirli bir süreç için optimumun Six sigmadan az olduğunu ortaya koyarsa, ne yapılacağını açıklayabilmelidir.
23. Kötü kalitenin maliyetine ilişkin temel kategorileri bilmeli ve maliyetleri doğru kategorilere sınıflandırabilmelidir.
24. Zaman serisi verileri şeklinde bir kötü kalitenin maliyetleri tablosu verildiğinde, istatistiksel trend analizi yapabilmelidir.
25. Zaman serisi verileri şeklinde bir kötü kalitenin maliyetleri tablosu verildiğinde, maliyetlerin çeşitli kategorilere dağılımı konusunda istatistiksel testler yapabilmelidir.
26. Bir proje ile ilgili işler verildiğinde, bitirme zamanları ve ilişkileri verildiğinde projenin en erken tamamlanma zamanları ile en geç tamamlanma zamanlarını ve boş zamanları hesaplayabilmelidir. Aynı zamanda hangi görevlerin kritik patikada olduğunu belirleyebilmelidir.
27. Bir proje görevleri için maliyet ve zaman verileri verildiğinde, minimum toplam maliyet eğrisini hesaplayabilmelidir.
28. Kıyaslamanın temel ilkelerine yakın olmalıdır.
29. Kıyaslamanın kısıtlamalarına yakın olmalıdır.
30. Bir örgüt yapısı ve ekip elemanları, süreç sahipleri ve sponsorlar verildiğinde; düşük başarı olasılıklı projeleri belirleyebilmelidir.

31. Çeşitli lerin sınıflayıcı, sıralayıcı, eşit aralıklı gibi çeşitli  düzeylerini belirleyebilmelidir.
32. Belirli bir te bir  verildiğinde, belirli bir istatistiksel yöntemin analizi için kullanılıp kullanılamayacağını belirleyebilmelidir.
33. Uygun olarak toplanmış bir veri kümesi verildiğinde yanlılığın, tekrarlanabilirliğin, yeniden retilabilirliğin, kararlılığın, doğrusallığın hesaplanması gibi tam bir me sistemi analizi yapabilmelidir.
34. me sistemi matrisi verildiğinde, belirli bir me sisteminin sürecin belirli bir parçasında kullanılıp kullanılmayacağını bilmelidir.
35. Üretim dizisi bilinen bir veri kümesi ile üretim dizisi bilinmeyen bir veri kümesi için sigmaların nasıl farklı hesaplanacağını bilmelidir.
36. Alet tekrarlanabilirlik ve yeniden retilabilirlik incelemesi sonuçları verildiğinde, me sistemlerine ilişkin çeşitli soruları cevaplayabilmelidir.
37. “Bulunduğu durumu” ve “olması istenilen durumu” sözel betimlemeleri verildiğinde, süreç haritalarını hazırlayabilmelidir.
38. Bir ham veriler tablosu verildiğinde, verilerin frekans dağılımını hazırlayabilmeli ve bunu bir histogram oluşturmak için kullanabilmelidir.
39. Bir gruplanmış frekans dağılımından yararlanarak, dağılımın ortalamasını ve standart sapmasını hesaplayabilmelidir.
40. Bir dizi problem verildiğinde, bunların frekansları için Pareto diyagramı izebilmelidir.
41. Bölümlere göre problemleri belirleyen bir liste verildiğinde, bir çapraz tablo oluşturabilmeli ve bu bilgileri bir Ki-Kare analizinde kullanabilmelidir.
42. Bir tabloda x ve y veri çiftleri verildiğinde, ilişkinin doğrusal olup olmadığını belirleyebilmelidir.
43. rnleri ve süreçleri daha dirençli yapabilmek için doğrusal olmama durumlarını nasıl kullanabileceğini bilmelidir.

44. Bir zaman dizisi şeklinde veriler verildiğinde, bir diziler (runs) grafiği oluşturarak nasıl yorumlayabileceğini bilmelidir. Buna dizi uzunluğunu hesaplamak, dizi sayısını hesaplamak ile nicel trend değerlendirmesi de dahildir.
45. Verilerin üstel veya Erlang Dağılımından geldiği söylendiğinde, dizi grafiğinin standart x ortalama grafiğine tercih edilmesi gerektiğini bilmelidir.
46. Bir ham veri kümesi verildiğinde, merkezi eğilim, değişkenlik, ve biçime ilişkin ölçüleri hesaplayıp yorumlayabilmelidir.
47. Bir ham veri kümesi verildiğinde, bir histogram hazırlayabilmelidir.
48. Bir kök-yaprak diyagramı verildiğinde, diyagramın doğruluğunu belirleyebilmelidir.
49. Bir kutu-bıyık diyagramı verildiğinde, birinci ve üçüncü kartiller ile medyayı belirleyebilmelidir.
50. Parametrik olmayan yöntemleri ne zaman uygulayıp uygulamayacağını bilmelidir.
51. Ne zaman analitik istatistiksel yöntemleri uygulayıp uygulamayacağını bilmelidir.
52. Ayrık olaylar gibi, bağımlı ve bağımsız olaylar gibi temel olasılık kavramlarını bilmelidir.
53. Faktöryel, permütasyon ve kombinasyon kavramlarını ve bunları olasılık dağılımlarında nasıl kullanabileceğini bilmelidir.
54. Sürekli ve kesikli rassal değişkenler için beklenen değerlerin nasıl hesaplanacağını bilmelidir.
55. Örneklemelerden elde edilen tek değişkenli istatistikleri hesaplayabilmelidir.
56. Güven aralıklarını hesaplayabilmelidir.
57. Birikimli bir frekans grafiğinden değerleri okuyabilmelidir.

58. Binomial, hipergeometrik, Poisson, normal, üstel, Kİ-Kare, t, F gibi sık kullanılan olasılık dağılımlarına aşina olmalıdır.
59. Bir veri kümesi verildiğinde doğru biçimde hangi dağılımın kullanılması gerektiğini bilmelidir.
60. Örneklemden hesaplanan belirli bir istatistik ile varsayılan bir parametrenin analizi için farklı tekniklerin gerektiğini bilmelidir. Verilere ilişkin yeterli bilgi verildiğinde, bunlara uygun doğru tekniğin seçimi ve uygulamasını yapabilmelidir.
61. Alt gruplara ayrılmış bir veri kümesi verildiğinde, doğru kontrol grafiğini seçmeli, hazırlamalı ve belirli bir sürecin kontrol Sixnda olup olmadığına karar vermelidir.
62. Bu yeterlilik sık kullanılan kontrol grafiklerinin tümü için geçerli olmalıdır.
63. Varyans analizine (ANOVA) ilişkin varsayımları bilmeli ve verilere dönüşüm tekniklerini seçip uygulayabilmelidir.
64. Bir olası nedenler listesinden hangi nedenin en büyük olasılıkla rassal olmayan bir regresyon hataları örüntüsünü açıklayabileceğini belirleyebilmelidir.
65. Kontrol grafikleri gösterildiğinde bunları yorumlayabilmelidir.
66. Ön kontrolün mekaniklerini anlayabilmelidir.
67. Verilerde otokorelasyon olduğunda beklenen ağırlıklı hareketli ortalama grafiği (EWMA) kullanmalıdır.
68. Alt gruplara ayrılmış ve kontrol Sixnda veriler verildiğinde, süreç yeterlilik analizi yapabilmelidir. Buna yeterlilik endekslerinin hesaplanması ve yorumlanması, hata yüzdelerinin tahmin edilmesi ve kontrol limitlerinin hesaplanması dahildir.
69. Süreç yeterlilik endeksleri için gerekli varsayımları bilmelidir.
70. Tekrarlı 2 Tam faktoryal deney verildiğinde bütün ANOVA tablosunu hesaplayabilmelidir.

71. Deney tasarımlarının ilkelerini bilmeli ve deney tasarımı yapabilmelidir.
72. Bir deney tasarımı verildiğinde, arzulanan güce ulaşmak için deneyin doğru tekrar sayısını bulabilmelidir.
73. Çeşitli türden deneysel modeller arasındaki farkları bilmelidir. (Sabit etkiler, rassal etkiler ve karma modeller gibi)
74. Rassallaştırma ve bloklama kavramlarını anlamalıdır.
75. Bir veri kümesi verildiğinde, latin kare analizi yaparak sonuçları yorumlamasını bilmelidir.
76. Tek yönlü ANOVA ve iki yönlü ANOVA' nın tekrarlı ve tekrarsız biçimlerini tam ve kesirli faktoryal tasarımlar ile tepki düzeyini bilmelidir.
77. Uygun deneysel sonuçlar verildiğinde, en dik çıkışın yönünü hesaplayabilmelidir.
78. Bir değişkenler kümesi ve bunların iki düzeyi verildiğinde, doymuş bir tasarım kullanarak perdeleme deneyi için doğru deneysel tasarımı belirleyebilmelidir.
79. Böyle bir deney için veriler verildiğinde, hangi temel etkilerin anlamlı olduğunu belirleyebilmeli ve bu faktörlerin etkilerini ifade edebilmelidir.
80. İki veya daha fazla kategorik değişkenlerden oluşan veri kümesi elimizde olduğunda , Ki-Kare testi uygulayarak örneklemeler arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığını belirleyebilmelidir.
81. Six Sigma Karakuşağı, karışma kavramını bilmeli ve anlamlı temel etkilerle hangi iki faktörün etkileşimlerinin karıştığını belirleyebilmelidir.
82. Deneysel verilerden en dik yükselişin yönünü ifade edebilmelidir.
83. Katlamalı tasarımları anlamalı ve belirli bir karışmayı temizleyen katlamalı tasarımı belirleyebilmelidir.
84. Bir bileşik veya merkezi bileşik tasarım oluşturmak için faktoryal tasarımı nasıl arttırabileceğini bilmelidir.

85. Bir deneyin koyduğu teşhisi değerlendirebilmelidir.
86. Y değişkeni için gerekli dönüşümü belirleyebilmeli ve doğru dönüşümü uygulayabilmelidir.
87. İkinci dereceden bir tepki düzeyi denklemi verildiğinde, durağan noktayı hesaplayabilmelidir.
88. Veriler verildiğinde, durağan noktanın maksimum mu, minimum mu yoksa eğer noktası mı olduğunu belirleyebilmelidir.
89. İkinci dereceden bir kayıp fonksiyonunu kullanarak belirli bir sürecin maliyetini hesaplayabilmelidir.
90. Basit ve çoklu doğrusal regresyon analizi uygulayabilmelidir.
91. Regresyonların artıklarındaki örüntülerden kullanılan regresyon modelinin doğru olup olmadığını belirleyerek, gerektiğinde doğru regresyon modelini uygulayabilmelidir.
92. Regresyon ve korelasyon analizleri arasındaki farkı bilmelidir. failur
93. Kontenjans tablolarına Ki-Kare analizi uygulayabilmelidir.
94. Temel güvenilirlik analizi istatistiklerini hesaplayabilmelidir.
95. Alt sistemler için hata oranları verildiğinde, Six Sigma Karakuşağı, hatalar arası ortalama zaman hedeflerini oluşturmak için güvenilirlik dağılımını yapabilmelidir.
96. Çeşitli sistem konfigürasyonları için sistem güvenilirliğini hesaplayabilmelidir.
97. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) sonuçlarını anlayabilmelidir.
98. Hata ağacı sonuçlarını anlayabilmelidir.
99. Dayanıklılık ve stres dağılımları verildiğinde, hata olasılıklarını hesaplayabilmelidir.

100. İstatistiksel tolerans uygulaması yaparak basit montajlar için tolerans ayarlaması yapabilmelidir. İstatistiksel toleransları en kötü durum toleransları ile nasıl karşılaştıracağını bilmelidir.

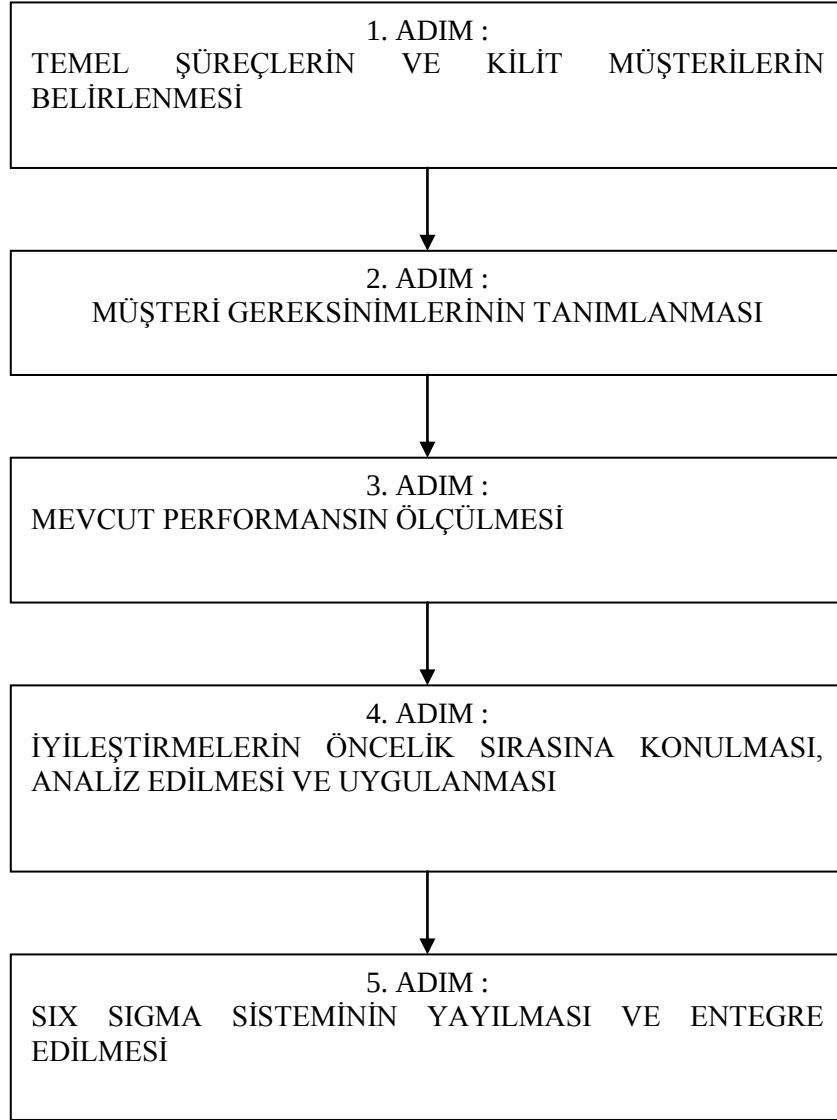
101. Six Sigma yaklaşımının kısıtlarının farkında olmalıdır. [10]

5.6 Yeşil Kuşak

İyileştirme takımı üyelerine verilen addır. İyileştirme faaliyetlerini bizzat yürüten icracı personelden oluşur. Yeşil Kuşakların temel ölçüm ve analiz yöntemlerini iyi derecede bilmeleri ve bilgisayar yazılımları yardımı ile analizleri çok rahat yapabilecek yeterlilikte olmaları gerekmektedir. Bunun için Yeşil Kuşaklar proje takımlarının belirlenmesini müteakip ortalama iki hafta süre ile eğitime tabii tutulurlar. Daha önce Yeşil Kuşak eğitimi almış çalışanlar bu eğitime girmeyebilirler. [15]

6. SIX SIGMA YOL HARİTASI

Bu bölümde, Six Sigma sisteminin oluşturulması ve iyileştirmelerin başlatılması için ideal Yol Haritası incelenmiştir. Şekil 6.1’de gösterilen beş adım, 21. yüzyılda başarıya ulaşmak için gerekli olduğuna inanılan temel becerileri temsil etmektedir:



Şekil 6.1 Six Sigma Yol Haritası [1]

Burada bir örnek verelim: GE'in bir birimi, onlarca Six Sigma iyileştirme projesi başlatmak için yaklaşık iki yıl harcadı; esas olarak işe Yol Haritası'nın 4. Adımından başlamışlardı. Ancak, bu projelerin karşılığını almak için gösterdikleri bütün iyi niyet ve çabalara karşın, başarı oranı beklentilerinden uzakta kalmıştı. Projeler beklenenden daha uzun sürüyor, ekipler dağıldıktan sonra sonuçlar da yavaş yavaş etkisini yitiriyordu. Bir süre sonra kuruluşun üst düzey yöneticileri, ne üzerinde çalışmaları gerektiğini tam olarak bilmediklerini ve diğer şirketler gibi projelerinin çoğunun içeriye odaklanmış olduğunu fark ettiler. Çektiği sıkıntılar sonrasında bu sonuca ulaşan şirket, geri adım atarak, Yol Haritası'nın daha üst sıralarındaki işleri uygulamaya başladı. Örneğin şimdi, gerçek zamanlı "Müşterinin Sesi" verilerini (2. Adım) toplamak, ve "Kaliteye Duyarlı" ya da "KD" (3. Adım) ölçütlerine göre performanslarını ölçmek için gerekli sistem ve süreçleri oturtular. Bundan böyle şirketin iyileştirme çabaları, kesintisiz verilerle beslenen gerçek müşteri gereksinimlerine odaklanmış oldu. [1]

6.1 Six Sigma Yol Haritasının Yararları

Bu Yol Haritası, Six Sigma iyileştirmelerine ulaşmanın tek yolu değildir. Çok büyük olasılıkla şirketlerin bir kısmı yukarıdaki adımların sırasını yeniden düzenleme gereği duyacak, hatta belki birden fazlasını aynı zamanda başlatacaktır. İdeal Yol Haritası, Six Sigma iyileştirmelerini ileride de destekleyecek ve ayakta tutacak altyapının temelini oluşturur. Daha belirgin olarak ifade etmek gerekirse, İdeal Yol Haritası'nın yararları şunlardır: [2]

- Bir şirketin, süreçler ve müşterilerin iç içe geçmiş olduğu bir sistem olduğunu daha iyi anlamak.
- Six Sigma iyileştirmelerinden olabilecek en iyi biçimde yararlanmak için daha doğru kararlar almak ve kaynakları daha verimli kullanmak.
- Daha sağlıklı ön bilgi ve daha iyi proje seçimi sayesinde iyileştirmelerin çevrim sürelerinin kısalması.
- Six Sigma'dan elde edilen kazançların ister para, ister azalan hatalar, isterse müşteri memnuniyeti ya da diğer göstergeler olsun daha somut olarak görülmesi.

- Değişimi destekleyecek ve sonuçları sürekli kılacak daha güçlü bir altyapı.

6.2 Adım Adım Yol Haritası

6.2.1 Birinci Adım: Temel Süreçlerin ve Kilit Müşterilerin Belirlenmesi

Şirketlerin giderek daha yayılması ve küreselleşmesi, müşteri kitlelerinin daralması, ürün ve hizmetlerin çok daha çeşitlenmesiyle birlikte, işin nasıl yapılması gerektiği konusundaki büyük sistemi görmek de giderek zorlaşmaktadır. Birinci Adımı atmakla, önemli etkinlikleri tanımlayıp, yürütülen işin geniş sistemi hakkında daha sağlıklı bir fikir edindikçe, bu büyük sistem biraz daha netleşmiş olur. [2]

Birinci Adıma Genel Bakış : [1]

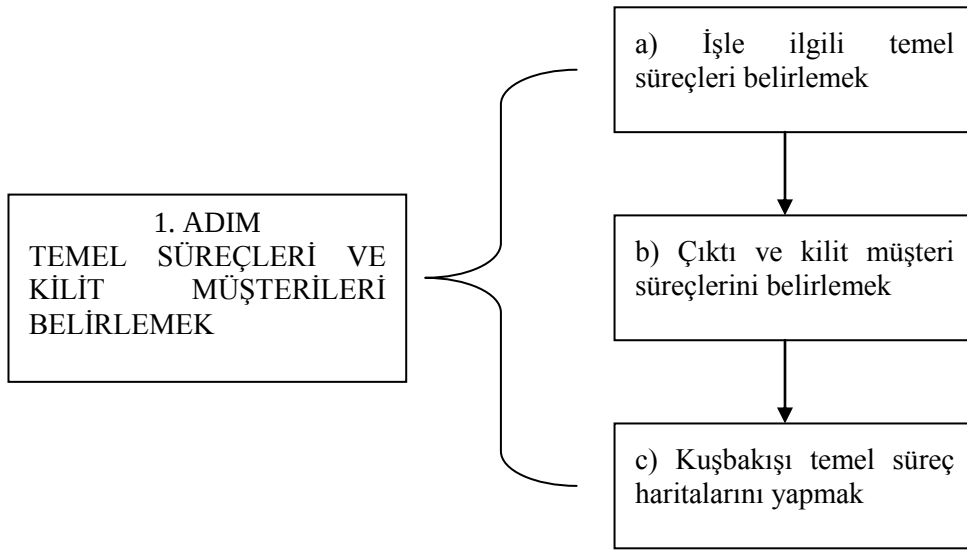
Tablo 6.1’de tanımlanmış olan hedefler, hem bütün bir kuruluştaki hem de onun her hangi bir bölümünde uygulanabilir. Dahili müşterilere hizmet veren bir departmanın bile -örneğin İnsan Kaynakları, Bilgi İşlem ya da İdari İşler- müşterilere bir ürün, hizmet ya da değer sunmasını sağlayan kendine özgü temel süreçleri vardır.

Tablo 6.1 Six Sigma Yol Haritasında Birinci Adıma Genel Bakış

HEDEFLER	ÇIKTILAR
Kuruluştaki en kritik, departmanlar arası çalışmaları daha iyi görmek ve bunların dışarıdaki müşterilerle nasıl bir etkileşim içinde olduğunu anlamayı sağlayacak, net büyük sistemi ortaya çıkarmak.	Aşağıdaki üç soru ile değer üreten etkinliklerin bir harita ya da envanterinin çıkarılması: 1. Yaşamsal olan ya da değer üreten süreçler nelerdir? 2. Müşterilere sunulan ürünler ve/veya hizmetler nelerdir? 3. Süreçlerin, kuruluş içindeki akışı nasıl gerçekleşmektedir?

Birinci Adımın Mantığı : [3]

Birinci Adımdan elde edilecek bilgiler, müşteriler hakkında bilgi toplama çalışmalarının yürütüleceği İkinci Adıma zemin oluşturması açısından önemlidir. Bu kapsamlı envanter çalışmanın daha yararlı bir çıktısı ise, kuruluş hakkında bir bütün olarak yeni ve daha belirgin bir sistem ortaya koymaktır. Bunun neden ve nasıl bu kadar iyi bir düşünce olduğu net ise, doğrudan İkinci Adıma geçilebilir.



Şekil 6.2 Six Sigma Yol Haritası Adım 1 ve alt adımlar

6.2.2 İkinci Adım: Müşteri Gereksinimlerinin Tanımlanması

Six Sigma'ya geçtikten sonra iş liderleri ve yöneticilerin çok sık dile getirdikleri itiraflardan biri şöyledir: “Müşterilerimizi yeterince iyi anlamıyormuşuz.” Şirketin gereksinimleri ve eksikleri konusunda müşterilerden iyi bir katkı sağlamak, belki de Six Sigma yaklaşımının en zorlu aşamalarından biridir. Müşterilerin şu anda aslında şirketten ne istediğini tam olarak anlamak için, arada sırada yapılan araştırmalardan çok daha kapsamlı bir çalışma gerekir.[2]

İkinci Adıma Genel Bakış : [1]

Tablo 6.2'ye bakınız.

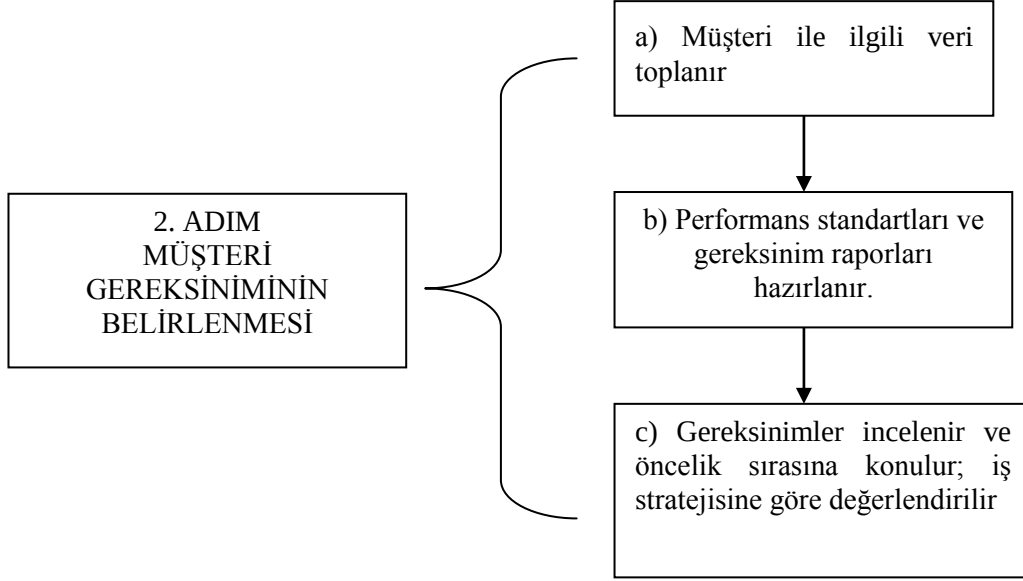
Tablo 6.2 Six Sigma Yol Haritasında İkinci Adıma Genel Bakış

HEDEFLER	ÇIKTILAR
1. Süreç etkinliği/ yeterliliğinin hassas olarak ölçülebileceği ve müşteri memnuniyetinin önceden garantileneceği, gerçek müşteri değerlendirmeleri üzerine kurulu performans standartları oluşturmak. 2. Sürekli uygulanan “Müşterinin Sesi” veri toplama programına hizmet edecek sistem ve stratejileri oluşturmak ve geliştirmek.	Her bir çıktı ve süreç için, müşteri memnuniyetini (“gereksinimler” ya da “spesifikasyon” olarak da bilinir) belirleyen etkenlerin iki ana kategoride açık ve eksiksiz olarak tanımlanması: • Müşterinin işine yarayacak nihai ürün ya da hizmetle doğrudan bağlantılı, (kalite gurularının “kullanıma uygunluk” olarak isimlendirdiği) “çıktı gereksinimleri”. • Kuruluşun müşterisiyle ilişkilerini nasıl yürütmesi gerektiğini tanımlayan “hizmet gereksinimleri”.

İkinci Adımın Mantığı : [3]

Müşterilerin ne istediği bilinmiyorsa, onlara bunun sunulması da neredeyse olanaksızdır. Six Sigma performansına ulaşma çerçevesinde, açık ve net gereksinimler saptamadan, anlamlı ölçümler geliştirilemez. Görece küçük sorunları giderirken veri toplanabilir, ama bu arada, başarısız olunan diğer alanlar tamamen gözden kaçırılabilir.

İkinci Adımın bir diğer mantığı da zihniyettir. Geçmişte birçok şirketi hatta bütün bir sanayi kolunu ciddi sıkıntılara sürükleyen “biz müşteri için en iyisinin ne olduğunu biliyoruz” zihniyetidir. Bunun kadar kötü ve yanıltıcı bir başka saplantı da, aslında değişen taleplerden haberdar olunmadığı halde “kendimizi pazarımızın gereksinimlerine tam olarak uydurduk” düşüncesidir. Küstahlık ya da cehalet 20 yıl öncesinde hoşgörüyle karşılanabilirdi belki, ancak günümüzün rekabet ortamında bunlardan her ikisi de birer sorun kaynağıdır. 21. yüzyılda, uzun vadede ayakta kalacak ve başarıyı yakalayacak şirketlerin çoğu, müşterilerinin sesine gerçekten kulak veren şirketler olacaktır.



Şekil 6.3 Six Sigma Yol Haritası Adım 2 ve alt adımlar

6.2.3 Üçüncü Adım: Mevcut Performansın Ölçülmesi

İkinci Adım müşterilerin ne istediklerini belirlerken, Üçüncü Adım da, mevcut durumla bu taleplerin ne kadar iyi karşılanacağı ve bunun gelecekte nasıl sürdürüleceğinin irdeleneceği aşamadır. Daha geniş bir anlatımla, müşteriye odaklanan performans ölçümleri, daha etkili ölçüm sistemlerinin kurulabilmesi için ön koşuldur. [2]

Üçüncü Adıma Genel Bakış : [1]

Tablo 6.3'e bakınız. Ölçüm sistemlerinin, süreçlerin verimliliği üzerine de bilgi toplanması gerektiğine dikkat edilmedi: Çıktı başına maliyet, enerji ya da malzeme sarfıyatı, tekrarlanan işler vb. Çok mutlu müşteriler, diğer taraftan da aşırı verimsiz süreçler olabilir, bu da karlı bir sistem değildir.

Tablo 6.3 Six Sigma Yol Haritasında Üçüncü Adıma Genel Bakış

HEDEFLER	ÇIKTILAR
Tanımlanabilir müşteri gereksinimlerini dikkate alarak her bir sürecin performansını doğru olarak değerlendirmek, kilit çıktıları ve hizmet özelliklerini ölçmek için bir sistem kurmak.	- Referans Ölçüleri - mevcut süreç performansının niceliksel değerlendirmeleri. - Yeterlilik Ölçüleri - gereksinimleri karşılamak için mevcut süreç/çıktının yeterliliğinin değerlendirilmesi. Bu işlem, birbirinden farklı süreçlerin kıyaslanabilmesi için, her bir sürecin Sigma puanının belirlenmesini de kapsar. - Ölçüm Sistemleri - müşteri odaklı performans standartlarını değerlendirmeye yönelik mevcut ölçüm programları için yeni ya da zenginleştirilmiş yöntem ve kaynaklar.

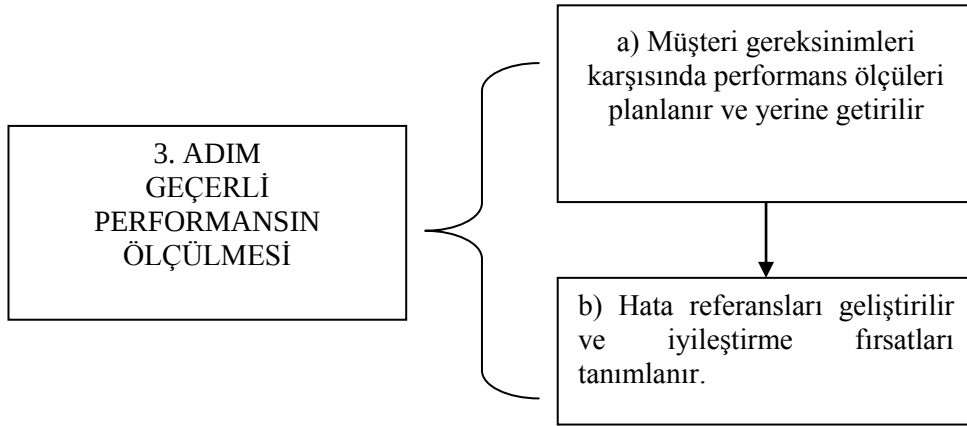
Üçüncü Adımın Mantığı : [3]

Müşteri gereksinimlerine kıyasla performans düzeyini tam olarak bilmenin gerekliliği açıktır. Üçüncü Adımın, kendisini bir rapordan daha değerli hale getiren başka yararları da vardır:

1. Bir ölçüm altyapısının oluşturulması. Bu size, performanstaki -iyi ya da kötü- değişimleri izleme, uyan sinyallerine ya da fırsatlara çabucak yanıt verme gücünü kazandırır. Zamanla bu veriler, hızlı ve sürekli iyileşen bir Six Sigma Kuruluşu olmak için temel girdiler haline gelir.
2. Önceliklerin belirlenmesi ve kaynaklara odaklanması. Kısa vadede, bu ölçümlerden elde edilen bilgi, acil ve/veya potansiyeli yüksek yatırımların nerelere yapılacağı konusundaki kararlarda belirleyici olur. Sonuç, Süreç Tasarımı, Yeniden Tasarım ya da İyileştirme projelerine yapılan yatırımın daha yüksek oranda geri dönüş sağlamasıdır (4. Adım).
3. En iyi iyileştirme stratejilerinin seçilmesi. Süreç yeterliliği ölçümlerini doğru olarak yapmak, performansla ilgili sorunların gerçeğine inmeyi sağlar. Bunlar

geçici ya da önemsiz sorunlar mıdır, yoksa kesinlikle bütün bir üretim hattının ya da sürecin yenilenmesini gerektiren durumlar mıdır?

4. Taahhütlerin ve yeterliliklerin uyumu. Daha iyi iletişim, pek çok kuruluşta en büyük ve en maliyetli sorunlardan biri olan kopukluğu gidermeye tek başına yetmeyecektir. Bu nedenle, Six Sigma yöntemleri sayesinde elde edilen bilginin sağlayacağı olanakları da kullanmak gerekir; hem müşterilerin gerçekten ne istediği konusunda, hem de kuruluşun gerçekten ne sunabileceği konusunda.



Şekil 6.4 Six Sigma Yol Haritası Adım 3 ve alt adımlar

6.2.4 Dördüncü Adım: İyileştirmelerin Öncelik Sırasına Konulması, Analiz Edilmesi ve Uygulanması

İlk üç adım firmalar sonunda bir bulgu ve ölçümlerle de donatılmış durumdadır ve Six Sigma'nın gerçek karşılığını paraya dönüştürmek için 4. Adıma hazırlardır. [2]

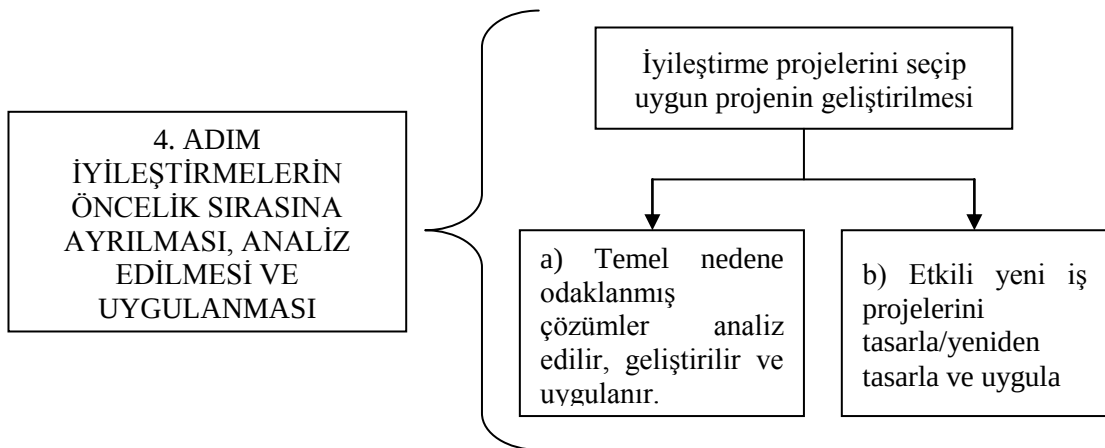
Dördüncü Adıma Genel Bakış : [1]

Tablo 6.4 Six Sigma Yol Haritasında Dördüncü Adıma Genel Bakış

HEDEFLER	ÇIKTILAR
İyileşme potansiyeli yüksek olan alanları belirlemek , gerçek analizler ve yaratıcı düşüncenin de yardımıyla, süreç esaslı çözümler geliştirmek. Bundan başka, yeni çözüm ve süreçleri etkin biçimde uygulamak, ölçülebilir ve sürdürülebilir kazançlar elde etmek.	- İyileştirme Öncelikleri. Potansiyel Six Sigma projelerinin, etki ve olabilirlikleri dikkate alınarak değerlendirilmesi. - Süreç İyileştirmeleri. Belli temel nedenlere yönelik çözümler, (“sürekli” ya da “Adım adım” iyileşme). - Yeni ya da Yeniden Tasarlanmış Süreçler. Yeni talepleri karşılamak, yeni teknolojileri benimsemek, ya da çalışma hızında, hassasiyetinde, maliyet performansında artış sağlamak üzere oluşturulan yeni çalışmalar ve iş akışları.

Dördüncü Adımın Mantığı : [3]

Six Sigma sisteminde başarılı olmanın anahtarlarından biri, kuruluşu, kaldırabileceğinden daha ağır bir yükün altına sokmayacak biçimde, öncelikli olan iyileşme alanlarının seçilmesidir. Dördüncü Adımda uygulanacak iyileştirme çalışmalarının önemi, hataları ortadan kaldırmak, süreç verimliliğini ve kapasitesini arttırmak için en iyi teknikleri içeriyor olmasıdır. Six Sigma teknik ve araçları hem büyük ve karmaşık iş sorunlarının çözümünde, hem de görece basit Süreç İyileştirme fırsatlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir.



Şekil 6.5 Six Sigma Yol Haritası Adım 4 ve alt adımlar

6.2.5 Beşinci Adım: Six Sigma Sisteminin Yayılması ve Entegre Edilmesi

Gerçek Six Sigma Performansı bir dizi iyileştirme projelerinin sonucunda ortaya çıkmayacaktır; bu performans ancak, Six Sigma'nın temel konularına ve yöntemlerine uzun vadeli bir bağlılıkla elde edilebilir. [2]

Beşinci Adıma Genel Bakış : [1]

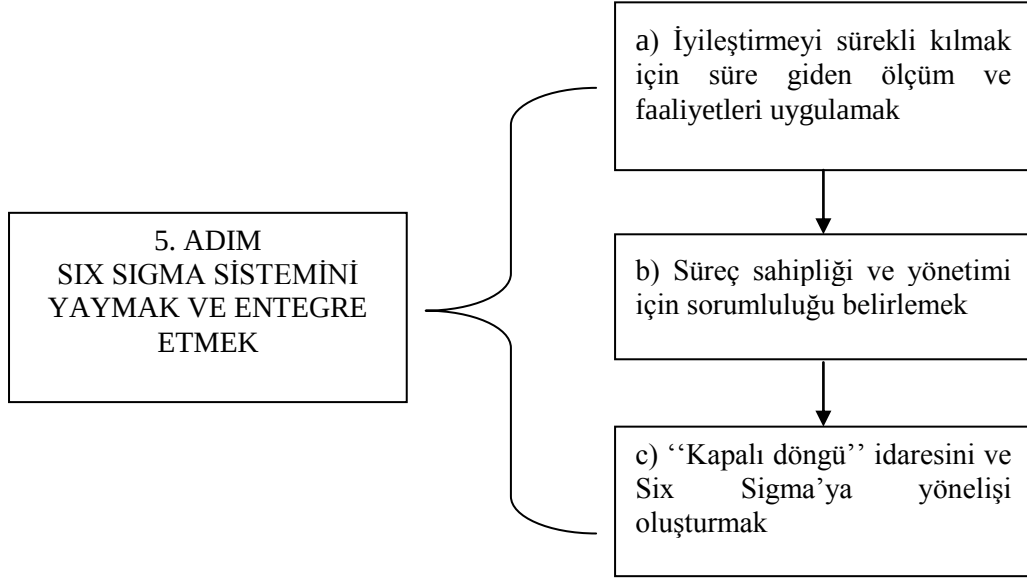
Tablo 6.5'e bakınız.

Beşinci Adımın Mantığı : [3]

Bir Six Sigma kuruluşunun uzun vadedeki vizyonunun belirlendiği aşama olan 5. Adımın en kuvvetli gerekçesi, onu uygulamama olasılığını değerlendirmesidir.

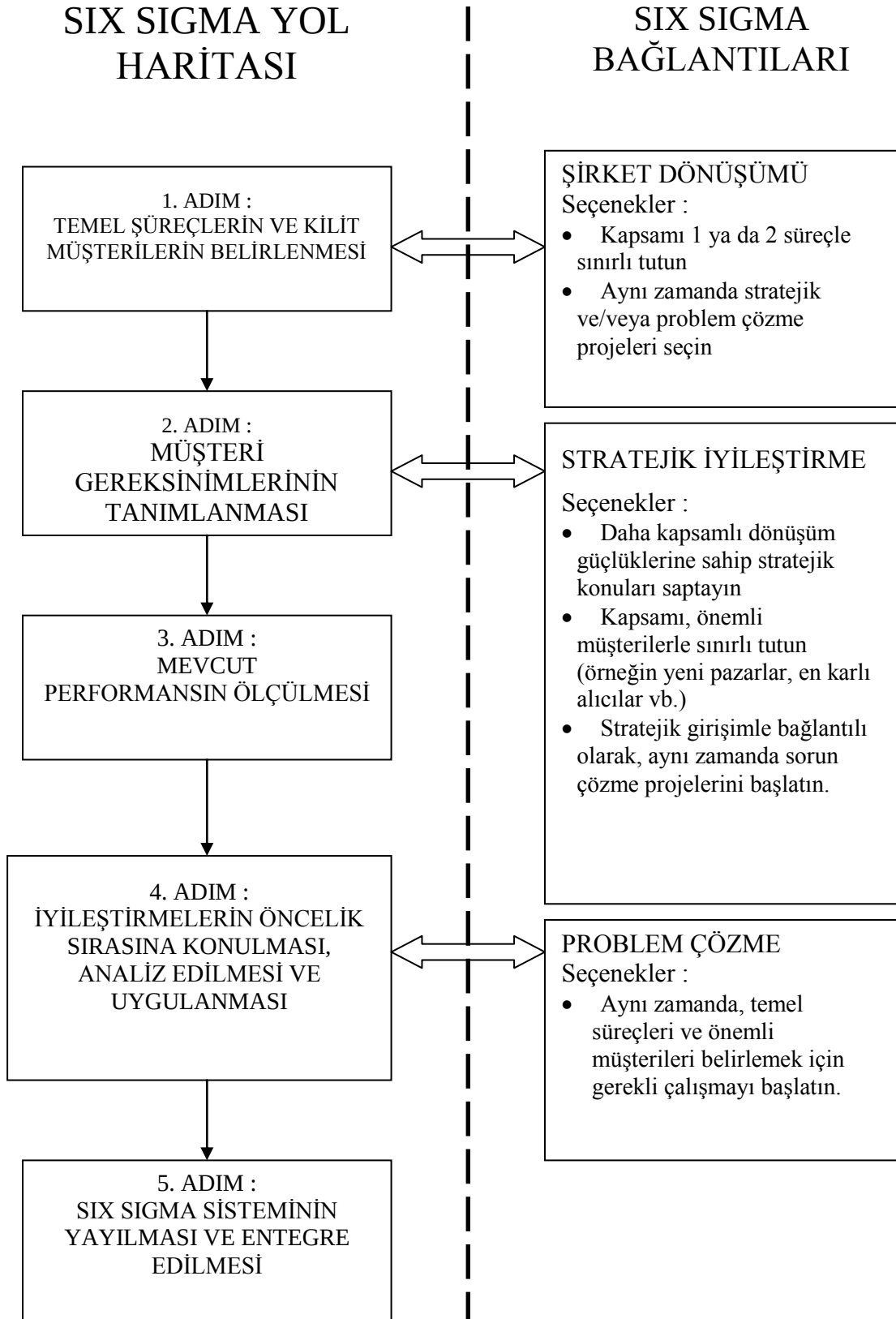
Tablo 6.5 Six Sigma Yol Haritasında Beşinci Adıma Genel Bakış

HEDEFLER	ÇIKTILAR
Performans artışını sağlayan ürünlerin, hizmetlerin, süreçlerin ve prosedürlerin düzenli ölçülmesini, irdelenmesini ve yenilenmesini olanaklı kılan, kalıcı çalışma uygulamalarını ortaya çıkarmak.	• Süreç Kontrolleri. Performans artışını sürekli hale getirmek için ölçme ve izlemeler. • Süreç Sahipliği ve Yönetimi. Müşterinin sesi, pazarın sesi, çalışanların sesi ve süreç ölçüm sistemlerinden elde edilen veriler yardımıyla, destek süreçlerinin departmanlar arası düzeyde izlenmesi. • Eylem Planları. Stratejileri, ürünleri/ hizmetleri ve süreçlerini kuruluşa uyarlamak için, kilit bilgilere dayanarak kurulan eylem mekanizmaları. • Six Sigma Kültürü. Günlük çalışma ortamının ayrılmaz bir parçası olan Six Sigma temaları ve araçlarıyla donatılmış, sürekli yenilenmeye yönelik bir kuruluş.



Şekil 6.6 Six Sigma Yol Haritası Adım 5 ve alt adımlar

6.3 Six Sigma Yol Haritasının Bağlantıları



Şekil 6.7 Six Sigma Yol Haritasının Bağlantıları

Six Sigma çalışmalarındaki hedefe uyan muhtemel başlangıç noktaları, Şekil 6.7’de, Yol Haritasına giden bağlantılar biçiminde gösterilmektedir. Aynı anda birden fazla bağlantıyı kullanmak da olanaklıdır, kaynaklar ve enerji zayıflatmadığı sürece bu iyi bir yöntemdir. [11]

6.3.1 İş Dönüşümü Bağlantısı

Six Sigma yol haritası bağlantısı, Six Sigma’yı tepeden tırnağına bir değışim girişimi olarak uygulama gereksinimi, vizyonu ve sabrı olan şirketler içindir. Başlangıçta bütün süreçleri aynı anda belirleyip tanımlamak yerine, bir kaç temel sürecin haritasını çıkarmaya yoğunlaşmak daha akıllıca olabilir. İş dönüşümü bağlantısını seçmiş olmak, diğere bağlantıları da kullanmaya engel olmamaktadır. Bütün kurumsal değışimleri çok yönlü olarak ele almak akıllıca bir tutumdur. [11,17]

6.3.2 Stratejik İyileştirme Bağlantısı

Stratejik iyileştirme bağlantısı en fazla seçenek sunan bağlantıdır. Bir Stratejik iyileştirme girişimi, bir ya da iki pilot iyileştirme projesiyle sınırlı da olabilir, stratejik bir zayıflığı ortadan kaldırmayı hedefleyerek bütün ekipleri ve eğitimleri içine de alabilir. Daha başarılı bir şirket dönüşüm girişimi için gerekli zemini oluşturabilir ya da başka hiçbir uzun vadeli programda yer almayan belli bir iyileştirme kampanyasına yönelik olabilir. [11]

Stratejik iyileştirme, Six Sigma sisteminin alt yapısını oluşturan unsurlardan ya da temel becerilerinden birini meydana getirmeyi de hedefleyebilir: Ölçüm ya da müşterinin sesi sistemleri gibi. [17]

6.3.3 Problem Çözme Bağlantısı

Hemen bütün Six Sigma projelerinin başlangıcında ortaya çıkan acil sonuç alma zorunluluğı, pek çok kuruluşu ilk etepta problem çözme bağlantısını seçmeye yöneltir. Bu seçim, kazanç bağlayacak en kestirme yol olmakla birlikte, yalnızca problem çözmeyi uygulamak, Six Sigma’ya giden yoldaki en riskli kestirme de olabilir. Tehlike iki grup altında belirir: [11]

1. Yetersiz Proje Seçimi. Yöneticilerin, ellerinde süreç ya da müşteri verileri olmadan, tamamen sezgilerine ya da varsayımlara dayanarak proje seçmesidir. Bunun anlamı, şirket için sıkıntı oluşturan ancak işin yürütülmesi ya da müşteriler açısından aslında pek de önemi olmayan sorunların hedef olarak seçilmesidir. Bundan başka, birçok projeyi aynı anda başlatmak gibi genel bir eğilim de vardır.
2. Sınırlı Kazanç. 4. Adımın -Süreç İyileştirmesi, Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarımı- sorun çözme yöntemleri, daha geniş bir bakış açısı ve daha uzun vadeli bir perspektifle uygulandığında, en etkili sonuçları verir. Daha geniş kapsamlı bir değişimi hedefleyen gerçek bir vizyon, TKY'deki sorun çözme çabalarında genellikle eksik bırakılan bir noktaydı, bu yüzden de pek çok şirket ivmesini yitirmişti.

Six Sigma iyileştirme projelerine (4. Adım) bir an evvel başlamak isteyen kuruluşların yapacağı en iyi şey, kısa vadede elde edilecek çözümler ile uzun vadeli hedefler (1., 2., 3. ve 5. Adımlar) arasında bir denge kurmaya çalışmak olmalıdır.

6.4 Yol Haritası ve Firmaların Kuvvetli - Zayıf Noktaları

Aşağıdaki sorular, kuvvetli ve zayıf noktaların nerelerde olduğunu ve öncü çalışmaların nerelerde yoğunlaşması gerektiğini göstermektedir: [9]

Birinci Adım. Kuruluştaki parçalar birbirine uyuyor mu? Bu sistem net olarak görülüyor mu? Temel süreçler hangileridir? Hangi önemli müşterilere hizmet verilmektedir? Gruplar arasındaki ara yüzler ve aktarmalar anlaşılıyor mu ve iyi yönetiliyor mu?

İkinci Adım. Müşteriler gerçekten iyi anlaşılıyor mu? Rakiplerin müşterileri de iyi anlaşılıyor mu? Etkili işleyen, geniş tabanlı bir müşterinin sesi stratejisi var mı? Müşteriyi ve pazar girdilerini yakalayabilecek, dolayısıyla bunları analiz etmeyi sağlayacak mekanizmalar var mı? Hem hizmetlere hem de çıktı beklentilerine odaklanılıyor mu, yoksa birisi ihmal mi ediliyor? Müşterilerden alınan bilgi, net beklentiler ya da spesifikasyonlar olarak ifade edebiliyor mu?

Üçüncü Adım. Müşteri beklentilerine kıyasla performans tam olarak ölçülüyor mu? (Bu işin ne kadar iyi yapıldığı gerçekten biliniyor mu?) Yapılan ölçümler, hem hizmetleri hem de çıktı spesifikasyonlarını kapsıyor mu? Elde çok az mı ölçüm var, yoksa gereğinden fazla mı? Veriye, erişilebiliyor mu? Ölçümlerden elde edilen verilerden, süreçleri ve performansı değerlendirmek ve iyileştirmek için ne kadar yararlanılıyor? Süreçlerde çalışan insanlar, ölçümleri anlayıp bu bilgilerle ne yapılması gerektiğini biliyor mu? Potansiyel sorun ya da olanakları, onlarla karşılaşmadan önce görmeyi sağlayacak girdi ya da süreç ölçümleri yapılıyor mu?

Dördüncü Adım. Üzerine durulacak yaşamsal sorunlar ya da önemli fırsatlar var mı? Ya da tam tersine, her sorun acil mi, yoksa iyileştirme öncelikleri etkili bir biçimde belirlenebiliyor mu? Bu sorunların çözülmesiyle elde edilecek muhtemel kazançlar nelerdir? Sorunlarla baş etmek için gerekli kaynaklar ayrılıyor mu? Temeldeki nedenlere yönelik çözümler geliştirmek için net ve hazırlıklı bir süreç var mı? Mevcut tasarımları, artık işe yaramayan süreçleri yeniden tasarlama konusunda yeterince istek ve birikim var mı? Kilit konumdaki yöneticiler, iyileştirme çabalarının içinde yer alıyor ve bu çabaları destekliyor mu? Sonuçları ölçüp, çözümlerin işe yaradığından emin olunuyor mu?

Beşinci Adım. Temel süreçlerin değerlendirilmesi ve yönetilmesi konusunda sorumluluklar belirlendi mi? İyileşmelerin sürdürülmesini ve sonuçlara ulaşılmasını garantiye almak üzere gerekli adımlar atıldı mı? Ölçümler, işin performansını bir bakışta görebilecek biçimde toplanıp düzenlenmiş mi?

Bu sorular bazı durumlarda, Six Sigma önceliklerini belirlemede daha akılcı bir yöntem sunar. Bu değerlendirme, “Bağlantı” seçiminde önemli bir nokta olup kuruluşun sistematik avantajları ya da zayıflıkları üzerine odaklanır. Örneğin, müşteri gereksinimleri konusundaki bilgileri geliştirerek ya da ölçüm sistemlerini güçlendirerek hem iyileştirme yönünde Six Sigma ekiplerine daha iyi bir çalışma ortamı hem de daha sağlam bir iş zemini hazırlanır. [9]

7. İLERİ SIX SIGMA ARAÇLARI

Bu bölümde en yaygın olarak kullanılan Six Sigma araçlarından bazıları ele alınmıştır. Bu araçların neden yararlı oldukları ve Süreç Tasarımı, Yönetimi ve İyileştirmesine nasıl uygulanabilecekleri anlatılmıştır. Her aracının bir ya da daha fazla uygulaması vardır ve herhangi bir araç gibi bunlar da dikkatli bir şekilde seçilmez ya da uygulanmazlarsa yanlış kullanılabilir veya verimsiz olabilirler.

Bu bölümde, Six Sigma iyileştirme çalışmasındaki en yaygın kullanım alanlarını temel alarak bu yöntemleri sıraladık :

1. İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK) ve Kontrol Tabloları - sorunun tanımlanması
2. İstatistiksel Anlam Testleri (Chi Kare, t testleri ve ANOVA) - sorunun belirlenmesi ve temeldeki nedenlerin analizi
3. Korelasyon ve Regresyon - temeldeki nedenlerin analizi ve sonuçların önceden bilinmesi
4. Deneylerin Tasarlanması (DT) - en iyi çözüm analizi ve sonuçların değerlendirilmesi
5. Hata Tipleri ve Etkileri Analizi (HTEA)
6. Hatasızlık (Poke-Yoke)
7. Kalite fonksiyon yayılımı (QFD)

7.1 İstatistiksel Proses Kontrol ve Kontrol Tabloları

İstatistiksel Proses Kontrol (İPK), bir prosesi sürekli denetlemek ve prosesteki değişkenliği (kararsızlığı) meydana getiren koşulları belirlemekte kullanılan metod veya gereçlerdir. İPK yaklaşımları, diğer endüstri uygulamalarından farklı olarak, üretim prosesini aktif olarak denetlemek ve değişkenliği yaratan koşulların belirlenmesi ve sürekli kontrol edilmesiyle müşteri şartlarının yerine getirilip getirilmediğine karar vermek için tasarlanmıştır. Rastgele incelemelerle kaliteyi temin etme girişimlerini kullanan sistemlerin tersine, İPK, kaliteyi kontrol etmenin en etkin yoludur. [8]

İPK, kalite ölçümü için ardışık, düzenli zaman aralıklarında toplanmış ve çoğunlukla küçük yığınlardaki birimlerden oluşan istatistiksel örneklemi zorunlu kılmaktadır. Diğer sıkça kullanılan metodlarda ölçümler, büyük rastsal örneklemelerdeki denetlemelerle elde edilir.

İPK, kaliteye, reaktif yaklaşımdan çok proaktif yaklaşır, yani organizasyondaki operatörden fabrika müdürüne kadar herkesi kalite problemlerinin sebeplerini daha iyi anlamaya ve bunlar büyük problemler haline gelmeden çözme sorumluluğu almaya teşvik eder.

İPK çalışmaları, kalite problemlerinin kaynağı olarak operatörden daha çok proses (süreç) üzerinde odaklanır. Özellikle, kalite sorunlarının temelini oluşturmayan, kötü operatör gibi, faktörlerle de ilgilenmesine rağmen, üretim metodları, hammadde, çalışma ortamı ve malzemedeki kusurların ve sorunların belirlenmesi ve çözümlenmesini araştırır.

İPK tekniği; seri imalatın belli süreçler içinde kontrol edilerek gidişatın istatistiki yorumunu yapan ve ileride çıkabilecek red'lerin önceden hissedilip önlemini alarak verimliliği ve kaliteyi artıran bir yöntemdir.

Bu tekniği bir geri besleme sistemi olarak ta tanıyabiliriz. Bu sistemin dört elemanı mevcuttur.

1. Proses (Operasyon) : Makina ve ekipmanların, malzemelerin, metodların ve atölye ortamlarının insan gücü ile birleşerek bir ürünü meydana getirme

işlemidir. Prosesin performansı, ürünün kalitesi ve üretim verimi, operasyonun nasıl tasarlandığına ve uygulandığına ve ne şekilde işletildiğine bağlıdır. Ulaşılan bu operasyon performansının geliştirilmesi ancak proses kontrol sisteminin yardımları ile sağlanabilir.

2. Performans hakkında bilgi : Prosesin gerçek performansı hakkındaki bilgi “operasyon çıktısı”, yani ürün incelenerek elde edilir. Operasyon çıktısı, sadece üretilen parçanın kendisi olmayıp, üretim periyodu, ortam sıcaklığı vb. gibi operasyon şartlarını da içeren bir kavramdır. Eğer bu bilgiler toplanıp, doğru yorumlanırsa, operasyondan önlem almaya gerek olup olmadığı sonucuna varılabilir ancak, kararlaştırılan önlemlerin zamanında ve doğru olarak uygulanması halinde yararlı sonuçlar görülebilir.
3. Prosese müdahale (önlem) : Prosese müdahale geleceğe yöneliktir ve operasyonun bozulmasını önlemek içindir. Bu önlem, operatör eğitimi ve giren malzemede bir gelişme gibi basit önlemler alabileceği gibi, daha temel seviyede prosesin kendisini meydana getiren elemanlardan meydana gelebilir. Tezgahın komple bakımı, operasyonun komple değiştirilmesi, ortam sıcaklığının, neminin kontrol altına alınması gibi de olabilir.
4. Ürün üzerinde işlem : Ürün üzerindeki işlem ise, geçmişe yöneliktir ve ürünler içindeki spesifikasyon dışı parçaları ayırmak içindir. Eğer, ürünler spesifikasyonları tam ve sürekli olarak sağlayamıyor ise, bütün ürünlerin %100 kontrol edilmesi ve okey tashih, hurda şeklinde ayıklanması gerekir. Bu işlem operasyon üzerindeki önlem alınıp olumlu sonuçları gözlenene veya spesifikasyon değişikliği yapılana kadar devam eder.

Herşey olup bittikten sonra, sadece ürünlerin ayıklanması prosesin performansı hakkında bilgi vermez. Bu nedenle, belli bir teknikle bilginin toplanması, kontrol çizelgesinin kullanılması ve yorumlanması sonucunda operasyonu gerçekleştirecek önlemler alınmalıdır. [8]

Tablo 7.1 İstatistiksel Proses Kontrol Yöntemleri [20]

TEKNİK	TEKNİĞİN KARAKTERİSTİĞİ	HEDEF	AŞAMA	KALİTEYE ETKİSİ	KULLANIM
Shikawa Diag.	Kaliteli üretim için kaliteye etki eden sistematik proses parametrelerinin ortaya konmasını sağlar	Kaliteye etki eden proses parametrelerinin saptanması ve istatistiki olarak gözetilme olanaklarının araştırılması	Proses tasarımından kalite planlamaya kadar	* * * *	Orta - Yüksek
Pareto Analizi	Üretim sürecinde oluşan hataların ve önem derecelerinin saptanmasına yönelik sistemi araştırma	Hataların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalarda öncelik saptanması	Üretim prosesi ve servis aşamasında	* * * *	Yüksek
Makine Yeterlilik Analizi	Üretimde kullanılan makine ve donanımların öngörülen kalite gereksinimlerini sağlayacak olan kısa süreli bir uygulama	Üretim makine ve donanımlarının kalite üretebilme ve kabul edilebilirlik kararına temel oluşturma	Üretim prosesi ve kalite planlama sürecinde	* * * *	Yüksek
Proses Yeterlilik Analizi	İmalat sürecinde etkili parametrelerin öngörülen üretimi, öngörülen kalite gereksinimleri çerçevesinde gerçekleşmesine olanak veren analizi	Üretim faaliyetlerinin yerine getirilmesine yönelik olarak proses parametrelerinin muayenesi, sistematik proses hatalarının eliminasyonu, muayene ve hata maliyetlerinin azaltılması, üretim süresinin kısaltılması ve prosese hakim olmak	Üretim prosesi tasarımı ve üretim sürecinde	* * * *	Orta

7.1.1 İPK’da en çok kullanılan gereçler:

Akış Şemaları, Hareket Şemaları, Pareto Şemaları ve Analizi, Sebep-Etki Diyagramları (Balık-Kılçığı Diyagramı), Histogram Shewhart Kontrol Şemaları (X-bar ve Aralık, X-bar ve Sigma, Hareketli Ortalama ve Aralık, X ve Hareketli Aralık, EWMA, CUSUM, P-şeması, NP-şeması, C-şeması, U-şeması) , Proses Yetenek Çalışmaları, Örneklem Kabul Planları, Saçılım Diyagramları

7.1.2 İPK / Kontrol Tablolarının Kullanım Zamanları ve Nedenleri

İPK ve Kontrol Tablolarının kullanımı, kullanılan sürecin performansını gözlemek, gelecekte hedeflenen performansı ve düzeltmek için uygulanacak faaliyetin

gerekliliğini göstermek için ideal bir yoldur. Biraz bilgi edindikten sonra kolayca anlaşılabilir olan kontrol tabloları çok etkili bir iletişim aracı olabilirler. [8]

Kontrol Tablolarının Six Sigma siteminde üç belirgin kullanımı vardır :

1. TÖAİK projesinin ilk Ölçüm faaliyetlerinde, takımların, sorunların ya da kontrol dışında kalan durumların tiplerini ve sıklıklarını belirlemelerine yardımcı olur. Hangi türde araştırma veya düzeltme faaliyetinin en etkili olabileceğini de gösterir.
2. Bir Süreç Çözümü ya da Değişikliğinin (İyileştirme ya da Kontrol aşamalarında) denenmesi ya da uygulanmasında, değişkenliğin ve performansın nasıl etkilendiğini göstererek ve başka çalışma veya araştırma alanları da önererek sonuçların izlenmesine yardımcı olur.
3. Üçüncü olarak, Kontrol Tabloları sürekli olan bir alarm sistemi gibi hareket eder, inceleyen kişiyi süreçteki alışılmadık faaliyetler hakkında uyarır ve “Tepki Planı” sürecini başlatır. [8]

7.1.3 İPK / Kontrol Tablolarındaki “Kontrol” Kelimesinin Anlamı

“Kontrol” işleyen bir süreci önceden görülebilen bir değişkenlik çerçevesi içinde tutmak demektir. Amacı süreç performansını sabit ve sürekli bir şekilde iyi tutmaktır. İPK’da, konuya istatistiksel kontrol kavramı da katalır. Yani, bir sürecin istatistiksel olarak kontrol altında mı yoksa kontrol dışında mı olduğunu anlamak için, zaman içinde süreci ölçmeye başlamalı ve sonra da toplanan verideki değişkenlik incelenmelidir. Yeterli veriyle, kontrol sınırları ölçülür ve sürecin ne kadar iyi işlediğini kontrol etmek için ilk adımı atılır. [8]

7.1 4 Kontrol Tablosunun Alarmları

Bir süreçte normal şartlar altında, değişkenlerin rastgele olacağı beklendiği için, kontrol dışı bir durumu işaret eden birkaç unsur vardır :

- Sınır dışındakiler - kontrol sınırları dışında olan her nokta
- Trendler - sürekli olarak yükselen ya da düşen nokta serisi

- Kaymalar veya Uzantılar - ortalamanın altında ya da üstünde giden sürekli bir nokta sırası
- Çevrim veya Dönemsellik - dalga biçiminde yukarı ve aşağı değişim ya da eğilim gösteren bir nokta serisi
- Eğilimler - noktaların sürekli olarak merkez çizgiye ya da kontrol sınırlarına yakın düştüğü durumlar [8]

7.1.5 Kontrol Tabloları ve Müşteri Gereksinimleri

Kontrol Tabloları hakkındaki yanlış anlamalardan biri de, “kontrol altında” olmanın “iyi” olmak anlamına geldiğini düşünmektir. Bir şirket, alışılmış tamir etme sürelerini ölçmeye karar verirse, mükemmel bir biçimde kontrol altına alınmış bir süreci gösteren bir çizelge yapabilir. Fakat asıl sorun, ortalama çevrim sürecinin uzun olması, müşterilerin ise bu işin daha kısa sürede yapılmasını istemeleri durumunda baş gösterir. [8,11]

Kontrol sınırları ve spesifikasyon sınırlarının çok farklı şekillerde gelişmektedir. Kontrol Sınırları o sırada kullanılan süreç verileriyle hesaplanır, süreç performansı zaman içinde değiştikçe onlar da değişebilir. Spesifikasyon Sınırları ise müşteriden gelir, ancak müşterinin gereksinimleri değişince değişebilirler.

7.1.6 Kontrol Tablolarını Kullanmak

İPK’yı uygulamanın temel adımları : kritik ölçülerin hangileri olduğuna karar vermek, bir veri toplama planını uygulamak, verinin haritasını çıkarmak, sonuçları görmek ve doğru faaliyeti icra etmektir. Verinin haritasını çıkarmak ve veriyi denemek istatistik software’leri kullanılarak kolayca yapılabilir. Bunun için sadece veri girilir, mönülerden çizelge tipi ve testleri seçilir ve bu şekilde Kontrol Tablosu elde edilir.

Doğru Kontrol Tablosu tipini seçmek çok önemlidir. Hangi çizelge türünün şirketin durumuna uygun olduğunu belirlemek için birkaç nokta vardır. Örneğin, sürekli bir veri ölçüsü varsa (ağırlık, zaman, sıcaklık, vb.) bir ya da iki türde çizelge

kullanılabilir. İPK kitapları genellikle doğru çizelgeyi seçmek için kullanışlı bilgiler verebilirler.

Süreç performansındaki değişikliklerini gözlemek konusunda gerçekten önemli oldukları için hiçbir iş yeri sürekli olarak yeni Kontrol Tablosu geliştiremez. Bu nedenle, ancak gerektiğinde şu soruyla yüzleşmek gerekir : “Hangi türde Kontrol Tablosu kullanılmalıdır?” [11]

7.1.7 İPK ve Kontrol Tabloları: Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar

Yapılması gerekenler :

- Veriyi hemen toplamaya, haritasını çıkarmaya ve gözden geçirmeye başlanmalıdır.

İPK’nın değeri, sorun veya fırsatlar konusunda erken uyarı sağlamasında yatmaktadır. Veri toplamak ve bunları raporlamak günler ya da haftalar alıyorsa ve kimse bunlara bakmıyorsa, kaynak harcamaya gerek yoktur.

- Ölçüler dikkatle seçilmeli ve öncelik sırasına konmalıdır.

Bir veya iki tane gerçekten anlamlı kontrol tablosunun büyük yardımı olur. 10 ya da 15 tane orta derecede ilginç ölçüye sahip olmak bunlara çok yakın bir sürede bakılacak anlamına gelir.

- Alarmlar kurulmalı ve iyi ayarlanmalıdır.

Tepki planlarını iyileştirmek için süreç hakkında öğrenilenler kullanılmalıdır. Kilit olaylar hakkında ne kadar hızlı ve etkili bir biçimde harekete geçilirse, müşteriler ve hissedarlar da o derece memnun edilir. [11]

Yapılmaması gerekenler :

- Kontrol sınırları çok sık hesaplanmamalıdır.

Kontrol sınırları verinin bir fonksiyonu oldukları için, neredeyse sürekli olarak ayarlanabilirler, fakat bu, alarm durumunu saptamayı güçleştirir. Sınırları, ancak bilinen bir süreç değişimini izleyerek tekrar hesaplamak en iyisidir. (Kontrol

Tablolarını sunmak ve denemek için bilgisayar programları kullanırken, seçenekleri kontrol sınırlarının tekrar hesaplanmasını önleyecek şekilde ayarlamak gerekir.)

- Mevcut verinin tam olarak doğru olduğu farz edilmemelidir.

Toplanan verinin niteliğini, Gage R & R yöntemleri gibi yöntemler kullanarak düzenli olarak kontrol etmek, verilen alarmin verinin kendi içindeki sorunlardan kaynaklanmamasını güvence altına alır. [11]

7.2 İstatistiksel Anlam Testleri (Chi-kare, t testi, ANOVA)

Bir süreci ya da ürünü ölçer ya da analiz ederken, sadece veriye bakarak değerli sonuçlara varmak mümkündür. Fakat veriden öğrenilenlerin açık ya da kesin olmadığı durumlar da vardır. Mevcut verilerdeki trend ya da kalıpları bulacak ya da onaylayacak daha sağlam istatistiksel analiz yöntemleri uygulanabilir. [20]

7.2.1 İstatistiksel Belirginlik Testlerini Kullanmak

İstatistiksel Belirginlik Testleri, istatistikçiler tarafından bazı model ya da eğilimlere bakmak ya da veri hakkında kuşkularını gidermek için kullanılan en önemli tekniklerden bazılarıdır. Six Sigma'da bu araçların uygulandığı çeşitli durumlar vardır:

- Performanstaki bir sorunu ya da anlamlı bir değişikliği onaylamak
- Verinin değerli olup olmadığını kontrol etmek
- Bir grup sürekli verideki kalıp tipini ya da dağılımı belirlemek
- Kalıp ve farklılıkları temel alan bir temel neden hipotezi geliştirmek
- Temeldeki neden hipotezlerini değerlendirmek ya da tersini ispatlamak [1]

7.2.2 İstatistiksel Analizin Temelleri : Sıfır Hipotezi

İnsanoğlu basit gözlemlerden çok geniş kapsamlı anlamlar çıkarmayı sever, kimi durumda da bu bir sorun yaratmaz. Ama pek çok durumda, sözde eğilimler sadece

rasgele değişkenliklerden ibarettir. Yeterince beklenirse, tamamen tersine bir sonuca yol açan kanıt görülebilir. Bir öğrenci bir ay içinde dört kez kırk not alırsa, inişe geçtiğini fark etmeye başlar. Bu böylece sürüp gider. [11]

İstatistiklerde, “Sıfır Hipotezi” diye adlandırılan şeyleri kabul eden çalışanlar, kendilerini hatalı sonuçlara götüren “yanlış kalıp” olasılığına karşı korumaya alırlar. Sıfır Hipotez, bir ana kütle veya süreçte gözlemlenen herhangi bir değişkenin, değişikliğinin ya da farklılığının tamamen şansa bağlı olduğunu söyler. Bu kanıtlamadıkça hiçbir şeye inanmayan üst düzeyde bir kuşkucu gibidir. Genellikle de, bir kuşkucuyu ikna etmenin yolu, ona teoriyi kanıtlamak değil, diğer açıklamaların aksini ispatlamaktan geçer. İstatistiksel anlam denemelerindeki yaklaşımda böyledir. [20]

7.2.3 İstatistiksel Belirginliği Denemeden Geçirmek: Yöntem ve Açıklamalar

Kontrol Tablolarında olduğu gibi, bir hipotezi de istatistiksel denemelerden geçirirken kullanabilecek çeşitli yöntemler vardır : [1]

- Chi-kare (χ^2) testi. Bu, genellikle kesikli veriyle, kimi durumlarda da sürekli veriyle kullanılan bir yöntemdir. Chi-kare testinin uygulanabileceği örnekler şunlardır :
 - İki bölgedeki hata oranlarının belirgin bir biçimde farklı olup olmadıklarını görmek için bunları karşılaştırmak
 - Müşterinin ürün seçimlerindeki haftalık değişikliklerin anlamlı bir değişken düzeyi gösterip göstermediğini kontrol etmek
 - Değişik eleman düzeylerinin müşterinin memnuniyetine olan etkilerini denemek
- T testi. Bu yöntem, iki adet sürekli veri grubu ya da örneği varsa, anlam testi için kullanılabilir. Verinin nitelikli olduğu farz edilirse, t testi şu durumlarda uygulanabilir :

- Üç aylık bir dönem boyunca, herhangi bir anlamlı değişiklik olup olmadığını görmek için sürecin kilit adımının iki haftadaki çevrim zamanlarını kıyaslamak
- İki bölgedeki müşteri gelirini incelemek, bunun amacı birindeki gelir düzeyinin diğerinden belirgin bir şekilde daha yüksek ya da daha alçak olup olmadığını görmektir
- Disket sürücülerin iki parçasındaki arama hızının farklı olup olmadığını görmek için deneme yapmak
- Değişkenlik Analizi (ANOVA) - ANOVA, sürekli veri için kullanılan bir başka anlam testidir; t testinden farklı olarak iki ya da daha fazla sayıdaki grup veya örneği kıyaslamak için kullanılır. (Üç ya da daha fazla sayıda veri grubunun arasında belirgin farklar varsa, hangi grup ya da grupların farklı olduğunu bulmak için daha fazla analiz yapmak gerekir.) Aşağıda, t testi için verilenlerle aynı örnekler verilmiştir :
 - Üç aylık bir dönem boyunca, herhangi bir anlamlı değişiklik olup olmadığını görmek için sürecin kilit adımının her haftadaki çevrim zamanını kıyaslamak
 - Dört bölgedeki müşteri gelirini incelemek, bunun amacı biri ya da daha fazlasındaki gelir düzeyinin diğerinden belirgin bir şekilde daha yüksek ya da daha alçak olup olmadığını görmektir
 - Disket sürücülerin beş parçasındaki arama hızının farklı olup olmadığını görmek için deneme yapmak
- Çoklu Değişken Analizi. Çoklu Değişken Analizi (bazen MANOVA da denir), çeşitli etkenlerin belirginliğini tanımlamak için kullanılır. (Çoklu değişkenden önce bir ANOVA yapmak genellikle en iyisidir.) [1]

7.2.4 İstatistiksel Testlerdeki Temel Adımlar

1. Analiz edilen konu tanımlanır. İstatistiksel bir test yapılacak olan kilit sorun ya da kavram hangisidir? İstatistiksel bir değerlendirmenin gerçekten gerekip gerekmediğinden emin olmak için kontrol edilmelidir.
2. Hipotezinizi ve Sıfır Hipotezi formüle dökmek gerekir. Hipotezde, (teknik olarak “Alternatif Hipotez” denir) olanlar hakkındaki düşünceler tanımlanır ve sonra “Gerçekte görülen şeyin bu olması rastlantısal bir olasılıktır,” diyerek yorumlanır (Sıfır Hipotezi) .
3. Doğru istatistiksel test seçilir. Sürekli bir veri tekniği seçmeden önce, bu verinin işe yarayıp yaramadığını görmek için gözden geçirilir.
4. Hesap yapılır ve sonuçlar gözden geçirilir. Temelde, üç olası cevap vardır;
 - a) Sıfır Hipotezi kanıtlanır, bu da bu veride hipotezi destekleyecek kanıt yok demektir.
 - b) Bu veriye göre, Sıfır Hipotez doğru değildir, bazı belirgin etkenler veriyi etkilemektedir ve bu nedenle de hipotez doğru olabilir.
 - c) Eldeki veride ya da seçilen araçta bir yanlışlık olduğunu gösteren bir hata vardır. [11]

7.2.5 Belirginlik Testleri : Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar

Yapılması gerekenler :

- Kullanılan verinin geçerli olduğundan emin olunması gerekmektedir.

Hatalı veriyi kullanarak yapılan bir test anlamsız, hatta tehlikelidir. Örneğin, örnek boyut çok küçükse, gerçekte olmadıkları halde belirgin farklılıklar bulmasına neden olabilir.

- Doğru test türünü seçmek gerekir.

Elde kesikli veri varsa, kullanılacak olan test Chi-ka-re 'dir. [20]

Yapılmaması gerekenler :

- İstatistiksel analizlerin sonuçlarını kontrol etmek için deneyimler kullanılmamalıdır.

İstatistikler ve deneyim beraber iş görmek durumundadır.

- Çalışanlar kendilerini hemen uzman olarak görmemelidir.

Bu araçlarda pek çok karmaşık şey ve ayrıntı vardır. Alışılmadık durumlara aslında gerçek dünyada çok sık rastlanılır ve istatistiksel analizlerin girdisini çıktısını öğrenmek de biraz deneyimden fazlasını gerektirir. [20]

7.3 Korelasyon ve Regresyon Analizi

Korelasyon ve Regresyon Analizi, bu ilişkileri iki veya daha fazla etken arasında analiz eden araçları kapsar. İki etken arasında korelasyon varsa bu, birindeki bir değişikliği diğerindeki değişikliğin izleyeceği anlamına gelir. İstatistiksel hesapları bu veriye uygulayarak, etkenler arasındaki olası ilişkilerin gücü ölçülür ve bir çok yardımcı sonuç çıkarılır. [20]

7.3.1 Korelasyon ve Regresyon Analizini Kullanmak

Değişik türdeki Korelasyon ve Regresyonlar arasında bulunan araçlar, aşağıda verilenleri yapmada yardımcı olabilir :

- Şüphelenilen neden (X) ve tepki ya da çıktı (Y) arasında bir bağlantı olup olmadığını görmek için temel neden hipotezini test etmek
- Sonuçlardaki (Y) değişik etkenlerin etkisini (X'ler) ölçmek ve karşılaştırmak
- Bir sürecin, ürünün ya da hizmetin belli koşullar altındaki performansını önceden bilmek [11]

Tablo 7.2 Kolerasyon Testi Örneği [1]

Parça kalem	Etken 1 (X veya bağımsız değişken)	Etken 2 (Y veya bağımlı değişken)
CNC Torna Tezgahı	Periyodik bakım süresi	İşleme hataları

Korelasyon ve Regresyon, ancak aynı kalem üzerinde birleşen iki veya daha fazla etken için veri varsa kullanılabilir. Bu durum, veri gruplarını karşılaştıran istatistiksel testlerle karşıtlık oluşturmaktadır. Tablo 7.2, korelasyonun test edilebileceği bir durumu göstermektedir.

Korelasyon analizi yapmak için hem periyodik bakım süresi hem de A, B, C, vb. cihazlarındaki kopya hatalarıyla ilgili veriye ihtiyaç vardır.

Özellikle nedenleri incelerken ve verinin özelliklerine bağlı olarak, Korelasyon ve Regresyon araçlarının, Chi-Kare ve ANOVA gibi araçlara göre bazı önemli avantajları vardır. Daha küçük veri örneklerindeki daha ince kalıpları görmeye ve farklı değişkenlerdeki değişikliklerin bir parçayı nasıl etkilediğini görmeye imkan tanır. [20]

7.3.2 Korelasyon ve Regresyon Analizi Türleri

Bilgisayarlar, dağılım tabloları ve istatistik programlar sayesinde pek çok insan bu araçlara ulaşabilmektedir. Yaygın kullanımlardan bazıları ve birkaç kilit kavram : [1]

- Korelasyon Katsayısı. Bir Dağılım Çizelgesi çizmek için kullanılan veri, etkenlerin korelasyon içinde olup olmadıklarını ve korelasyon varsa bunun gücünü söyleyen bir sayı - buna r denmektedir - olarak ifade edilebilir. Korelasyon katsayısı r -1 'den 1 'e dek değişebilir, genellikle $-0,7$ 'den daha düşük ya da $0,7$ 'den daha yüksek bir skor daha fazla araştırma yapılmasını hak ediyor demektir. Eksi r sonuçları olumsuz bir korelasyonu belirtirler.
- Korelasyon Yüzdesi. Pek çok kişi r 'yi tercih eder. Çünkü neden olan Y (bir iş sürecindeki çıktılarda yer alan etken ya da ölçümler) ya da ona bağlı etkenin, X (bir

iş sürecindeki girdilerde ya da süreç parçalarında yer alan etken ya da ölçümler) etkeninin değişkenlik yüzdesi ya da miktarını yansıtır. CNC Torna tezgahının periyodik bakım zamanı ile işleme hatası arasında 0,72'lik belirgin bir artı korelasyon meydana geldi. r_{+} , 0,52 olur, bu da, periyodik bakım süresi ile hata korelasyonunda yüzde 50'lik bir artış olduğunu gösterir, r ve r_{+} 'nin yorumlanması ve bunlara verilen yanıt, analizin amacına ve verinin tipine bağlıdır.

- Regresyon. Değişik regresyon analizi formları, ilerideki sonuçları önceden bilmek için mevcut veriyi kullanmak üzerinde yoğunlaşır. En yaygını “Doğrusal Regresyon” (ya da sade regresyon) denilen türdür ve iki değişken için kullanılır.
- Çoklu Regresyon. Çoklu Regresyon, tıpkı Çoklu Değişken Analizi gibi, çeşitli etkenler ile sonuçlar arasındaki ilişkiyi inceler. Bir süreç ortamında, örnekler Tablo 7.2'de gösterilenlerin hepsini içerebilir.
- Çoklu Regresyonu kullanarak, her X'ler ve Y'lerin etkileri hesaplanabilir ve aralarında nasıl bir etkileşim olduğu görülebilir. Daha ileri uygulamalarda, Çoklu Regresyon, etkenlerin kombinasyonları farklı şartlar altında birbirleriyle etkileşim içine girdiğinde sonuçların ne olacağını önceden bilmek için modeller yaratmak amacıyla kullanılır.

Tablo 7.3 Çoklu Regresyon Analiz Örnekleri [20]

Süreç	Parça veya kalem	X1 (Değişken girdi)	X2 (Değişken süreç)	X3 (Değişken süreç)	Y (Çıktı ya da değişken sonuç)
Bilgisayar programını kurmak	Program paketi	Programın boyutu	Network'teki kullanıcı sayısı	Server işlemci hızı (MHz)	Kurma sırasında durma süresi (dak.)
Otel rezervasyon ve giriş	Rezervasyon	Rezervasyon memuruyla konuşma süresi (sn.)	Rezerve edilen gün sayısı	Rezerve edilen gün sayısı	Bir misafirin otele girişinin yapılma süresi (dak.)

7.3.3 Korelasyon ve Regresyon : Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar

Yapılması gerekenler :

- Elde çift veri olduğundan emin olunmalıdır.

Korelasyon ve regresyon becerisi, verinin nasıl toplanıp liste haline getirildiğine de dayanır. Analiz edilen etkenler tek bir kalem için geçerli değilse korelasyon analizi yapılamaz.

- Dağılım Çizelgesi verisini daha iyi anlamak için korelasyon katsayısı ve yüzdesi kullanılmalıdır.

Bu en basit istatistiksel işarettir ve bir dağılım çizelgesindeki noktaları yorumlamada yardımcı olabilir.

- Süreç ve ürünler hakkında daha fazla şey öğrenmek için, hazır olduğunda daha ileri yöntemler kullanılmalıdır.

Doğru kullanıldıklarında korelasyon ve regresyon, işteki değişkenlerin nasıl ve neden meydana geldiğini ve bunların nasıl kontrol edileceğinin çok daha iyi anlaşılmasını sağlar. [11]

Yapılmaması gerekenler :

- Veriden yapılan çıkarımlar gerçek olarak kabul edilmemelidir.

Regresyon analizi sayesinde yapılan varsayımlar çoğu durumda eğilimlere dayanır. Bu da, henüz anlaşılmayan pek çok değişken olduğu ve bunların hiç beklemedik sonuçlara neden olabileceği anlamına gelir.

- Eldeki veriye sadece tek bir şekilde bakılmamalıdır.

Şüpheli bir korelasyon açıkça ortada yoksa, saklanmış olabilir. Hiçbir bağlantı olmadığına kesin karar vermeden önce veriyi katmanlara ayırmak veya bunu daha uzun bir sürede toplamak akılcıdır.

- Korelasyonun sebep olma anlamına geldiği farz edilmemelidir.

Aralarında korelasyon olan iki kalem birbirlerinde herhangi bir şeye neden olmayabilirler, başka bir şey her ikisini de etkiliyor olabilir. [11]

7.4 Deney Tasarımı (DT)

Deney Tasarımı, bir sürecin, ürünün, hizmetin veya çözümün performansını test etmek ve en üst düzeye çıkarmak için kullanılan yöntemdir. İstatistiksel belirginlik testleri, korelasyon ve regresyon gibi teknikleri kullanır, amacı da değişik şartlar altında bir ürünün ya da hizmetin nasıl davranacağını belirlemektir. DT'nin kendine özgü yanı, sadece deneysel gözlem denilen şekilde gerçek dünyadaki olayları gözleminin ve onlar hakkında bilgi toplamanın tersine, bir deney yaparak değişkenleri planlama ve kontrol etme fırsatını vermesidir. [20]

Deneyleerin tasarımı kalite tekniklerinden en etkili olanlardan biridir ve aşağıda belirtilen her iki alanda da etkin olarak kullanılabilir: [1]

1. Ürün veya proses tasarımındaki kritik kalite problemlerin çözülmesi.
2. Üretimdeki kritik kalite problemlerinin çözülmesi.

Burada bir ürün için kritik kalite problemi kabul edilebilir hata oranının üzerinde, klasik mühendislik yöntemleri ile çözülmesi çok zaman aldığı gibi bu yöntemlerle çözümü pahalı olan problemler olarak tanımlanabilir. DT tekniği “Kalite ürünle birlikte tasarlanmalıdır” anlayışının çok etkin bir uygulaması olarak ortaya çıkar ve bu teknik kullanılarak tüm yeni ürün ve proses tasarımlarında daha üretime geçmeden oluşabilecek tüm kritik kalite problemleri bertaraf edilebilir ve böylece önemli bir kalite seviyesi yakalanır ve maliyette önemli bir düşüş olur.

Ürün veya üretim sisteminde belirlenen kritik kalite problemlerinin çözümüne yönelik değişik kalite geliştirme çalışmaları yapılabilir ancak bu çalışmalar belirli bir sistematik içinde kalite araç ve teknikleri kullanılmadan gerçekleştirilirse, istenen amaca ulaşmak oldukça uzun bir zaman alabilir. Bu yüzden üründe veya üretim sisteminde belirlenen problemlerin çözümüne yönelik olarak birtakım araştırmalar yapılır. Bu araştırmalarda öngörülen deneylerin anlaşılır ve üzerinde yorum yapılabilir olması için uzun süren ön çalışmalarla alt yapısı hazırlanmalı ve iyi tasarlanmalıdır.

Ürünün ve/veya üretim sisteminin performansını etkileyen faktörlerin ve bunların etki seviyelerinin belirlenmesi ile başlayan bu ön hazırlık safhasında beyin fırtınası, balık kılçığı ve hata ağacı gibi kalite araçlarının kullanılması gereklidir. Yapılan ön hazırlıklar genelde deneyin oluşum mekanizmasına da yansiyarak değişik deneysel tasarım yöntemlerinin oluşmasına neden olur. Bu deneysel tasarım yöntemleri temelde aynı amaca hizmet etmekle birlikte sonuca en kısa sürede ve maksimum kazançla ulaşabilmek için gerek ön çalışma gerekse deney matrisinin oluşturulmasında farklı yollar izlemektedir. [1]

Deneysel tasarım yöntemleri yeni ürün veya varolan ürünü geliştirilmesi amacıyla,

- Temel yapıların değerlendirilip diğerleri ile karşılaştırılması
- Malzeme alternatiflerinin değerlendirilmesi
- Performans üzerine etkili ürün parametrelerinin incelenmesi

gibi mühendislik tasarım uygulamalarını içerir. [2]

Deneysel tasarım yöntemleri incelenen sistemde;

- değişimlerin nedenlerini araştırmayı,
- bu değişimleri yok etmeyi veya değişimlere karşı güçlü bir sistem oluşturmayı hedefler. [2]

Deneysel tasarım yöntemlerinde sistemi etkileyen tüm faktörler ele alındığı için normalde sistemdeki bir faktörü düzeltmekle elde edilebilecek fayda yerine, birkaç faktörde küçük değişiklikler yaparak toplamda daha çok fayda sağlanabilir. [11]

7.4.1 Deney Tasarımlarının Kullanımı

DT'nin bir Six Sigma kuruluşunda pek çok olası uygulaması vardır : [2]

- Müşterinin Sesi sistemlerini değerlendirmeye, müşterileri sıkmadan geçerli bilgiler üretmek için en iyi yöntem karmasını bulmaya
- Bir sorun ya da hatanın yaşamsal temel nedenini diğerlerinden ayıracak etkenleri belirlemeye

- En iyi iyileştirme stratejisini bulmak için olası sonuç kombinasyonlarını denemeye
- Potansiyel sorunları tanımlamak ve birinci günden itibaren hataları azaltmak için ürün ve hizmet tasarımları geliştirmeye imkan tanır.

Deney Tasarımını her ne kadar kişilerden çok nesnelere uygulamak daha kolay olsa da, hizmet alanlarında da deneyler yürütmek mümkündür. Bunlar, değişkenlerin gerçek süreç içinde kontrol edildiği ve sonra da sonuçların karşılaştırıldığı gerçek yaşam deneyleri olarak görülebilir. Örneğin, büyük bir satış kuruluşu, satışları en çok artıran kombinasyonu bulmak için dört aylık bir dönem içinde 14 değişkeni test etmiştir. Alan deneyinde tanımlanan çözümlere dayanılarak, satış hacmi, şirketin en çok ürün yaptığı bölgede bile yüzde 50 oranında yükselmiştir. [11]

7.4.2 Deney Tasarımlarının Temel Adımları

Deneyleri tasarlayanın temel adımları aşağıdaki gibidir : [21]

- 1) Değerlendirilecek etkenler tanımlanmalıdır. Deney sonucunda ne öğrenmek isteniliyor? Sürecin ya da ürünün olası etkileri nelerdir? Bu etkenleri seçerken, daha fazla etkeni test ederek ek bilgi toplamanın yararıyla artan maliyet ve karışıklığı dengelemenin önemi unutulmamalıdır.
- 2) Test edilecek etkenlerin düzeyi belirlenmelidir. Hız, zaman, ağırlık ,vb. gibi değişken etkenler söz konusuysa, bunları sonsuz sayıda düzeyde test edebilir. Bu nedenle bu adımda, sadece hangi değerleri değil aynı zamanda kaç tane farklı düzeyi test etmek istenildiğinede karar verilir. Kesikli veri durumunda, bu düzeyler ya o ya da bu olabilir.
- 3) Bir deneysel kombinasyon serisi oluşturulur. DT’de, genellikle, her değişkenin ayrı olarak test edildiği “bir seferde tek etken” yaklaşımından kaçınmak iyi olur (bu OFAT diye bilinir). Daha çok, koşul serileri, tüm etkenler, temsil edecek veriler elde edilecek şekilde incelenmelidir. Olası kombinasyon ya da seriler, istatistik programlar ile toplanabilir ya da tablolarda bulunabilir ve kullanımları olası her permütasyonu test etmekten firma kurtulmuş olur.

- 4) Deneyi, önceden belirlenmiş şartlarda yürütmek gerekir. Burada anahtar, diğer test edilmemiş etkenlerin, sonuçları etkilemelerine izin vermemektir.
- 5) Sonuçlar değerlendirilmelidir. DT verisinden çıkan sonuç ve kalıplar görülmek isteniyorsa, ANOVA ve Çoklu Regresyon gibi araçlar şarttır. Deneysel veriden pek çok açık yanıt alınabilir ya da daha sonra ek deneylerde test edebileceği ek sorunlar çıkabilir.

7.4.3 Deney Tasarımı:Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar

Yapılması gerekenler :

- DT kavramlarını gerçek yaşamdaki süreçlere uygulamaya hazırlıklı olmak gerekir.

Ürün Tasarımı, mühendislik ve üretim dışında, pek çok faaliyet laboratuarda deney için uygun değildir. Deneyleri gerçek kişiler üzerinde yürütmek gerekebilir, örneğin yeni bir çözümün pilot uygulaması yapılabilir.

- Deneysel sıraların avantajı kullanılmalıdır.

DT'nin şirkete büyük zaman ve kaynak kazandırmasının yollarından biri de az testle daha fazla veri elde etmektir. Doğru yapılırsa, başka türlü düşünülemeyecek deneyleri yürütmek için zaman bulabilir.

- DT planlarına sorun önleyici unsurlar da koyulmalıdır.

Eğer deneyde bir şeyler yanlış giderse ciddi sonuçlara yol açar mı? Eğer açarsa, deneyin geri tepmeyeceğinden emin olmak için bir önlem ve beklenmedik durum planına ihtiyaç vardır. Örneğin, iş riske atılacağı sürece bir çözümün pilot uygulamasını müşteriler üzerinde yapmakta sakınca yoktur. [11]

Yapılmaması gerekenler :

- Farklı etken veya etkilerin göz önüne alınması ihmal edilmemelidir.
- Çoğu deneyi mahveden, önceden tahmin edilmeyen değişkenlerdir.
- Deney çarkına takılıp kalınmamalıdır.

TÖAİK'nın “Analiz” aşamasında olduğu gibi, her zaman daha fazla test yapabilir ve daha fazla veri toplanabilir. DT bir amaç olarak değil bir araç olarak kullanılmalıdır.

7.5 Hata Tipleri ve Etkileri Analizi (HTEA)

Hata Durumları ve Etkileri Analizi, potansiyel sorunları (hataları) tanımlamak ve öncelik sırasına koymak için bir bilgi seti, bir süreç ve bir formdur. Faaliyetlerinde HTEA'yı temel alan bir yönetici, iyileştirme takımı ya da süreç sahibi, önlem almak, gözlem yapmak ve tepki planları için enerji ve kaynağı en çok işe yarayacağını düşündüğü yerlerde kullanabilir. Hava yolları ve savunma gibi riski yüksek endüstrilerden alınan HTEA, potansiyel sorun analizi kavramının daha sıkı bir uygulamasıdır. [7]

7.5.1 HTEA'nın Uygulama Alanları

Six Sigma ortamında, sorunlara sadece iş süreçleri ve iyileştirme değil aynı zamanda veri toplama faaliyetleri, müşterinin sesi çalışmaları, süreçler ve Six Sigma'nın başlangıç dönemiyle ilgili olarak HTEA yönteminin pek çok uygulaması vardır. Tek gerekli olan, sorunları gidermek için karmaşık veya riski yüksek bir durum olmasıdır. [7]

7.5.2 Proses FMEA Uygulama Adımları [7]

1. Ürün ve prosesin belirlenerek, çalışma ekibinin kurulması. Analize öncelikle, Proses FMEA'nın sentez formunun doldurulmasıyla başlanır. Bu form üzerinde ürün ve prosesin tanımı, çalışmanın nedeni, talep eden ve karar veren kişiler, çalışma planı ve katılanlar ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Çalışma ekibi genellikle sorumlu ve deneyimli kişilerden seçilen üç ile yedi kişiden kurulur. Mühendisler, araştırmacılar ve üretim kalite bölümü temsilcileri tercihen dahil edilir. Öncelikle ekip lideri seçilir. İki aydan fazla sürmemesi istenen bu süreçte periyodik toplantılar yapılır ve bu toplantıların üç saati geçmemesi arzu edilir. Ekip lideri öncelikle ürün parça tanımı, proses akış diyagramları, proses yerleşim planı, proses ile ilgili hata verileri, teknik resimler, muayene planı ve parça numunesi gibi bilgilerin ve belgelerin tamamlanmasıyla uğraşır.

2. Ürün ve prosesin belirlenmesi aşamasında önce proses aşamaları ve fonksiyonları belirlenerek, her bir parçanın fonksiyonunun ve bu fonksiyonu yerine getirecek özelliklerin tanımlanmasına çalışılır. Bu amaçla hazırlanan proses iş akış diyagramı çalışmayı yönlendirir.

3. Hata türlerinin tespitinde birtakım olasılıklardan yararlanılmaya çalışılır. Acaba müşteri neyi kabul etmeyebilir. Bu parça operasyonda niçin ret edilebilir veya bu parça veya proses istenilen özellikleri karşılamada nasıl hata yapabilmektedir.

4. Hata etkilerinin tespit edilmesi. Müşteri bir sonraki operasyon ise, operasyon performansı yönünden sonuçlar; uymama, birleştirilememe, takılamama, karşılamama ile ekipman ve malzemeyi hasarlama yönünden belirlenmeye çalışılır. Ayrıca düşük performans, çalışmama, kötü görünüm, kesintili çalışma, ses ve kötü koku yönünden hatanın sonuçlarının müşteriler tarafından değerlendirilmesidir.

5. Hataların olası sebeplerinin tespiti. Her proses için hata türüne neden olabilecek sebepler sıralanarak düzeltilebilir veya kontrol edilebilir proses parametreleri cinsinden tanımlanmalıdır.

6. Kontrol önlemlerinin tanımlanması. Bunlar çıkması muhtemel hatayı belirleyen veya hata türünün ortaya çıkmasını önleyen işlemlerdir. Bu kontroller genellikle istatistiksel proses kontrol (İPK) proses sonrası muayene ve testler ve master kontrolü şeklinde yapılabilir. Proses kontrolü öncelikle hatanın oluşmasını önlemeyi, hata sebebini bularak düzeltici faaliyeti başlatmayı ve hata türünü ortaya koymayı planlamaktadır.

7.5.3 Puanlandırma

7.5.3.1 Hata ve sebep olasılığının derecelendirilmesi [7]

Öncelikle hata ve sebep olasılığı belirlenmeye çalışılır. Hata türünün ne sıklıkta oluşabileceği hesaplanarak olasılık bir ila on arasında derecelendirilir. Grup üyelerinin bilgi birikimi ve tecrübelerine göre derecelendirme yapılır. Hata türünün oluşma sıklığı dikkate alınır ve olasılık derecelendirme tablosu kullanılır. Benzer bir proses varsa, buradaki istatistik bilgilerden yararlanılır.

Tablo 7.4 Olasılık Derecelendirme Tablosu

HATA OLASILIĞI	OLASI HATA ORANLARI	DERECE
HEMEN HEMEN KESİN	1 / 2 ‘den fazla	10
ÇOK YÜKSEK	1 / 2	9
YÜKSEK	1 / 8	8
	1 / 20	7
ORTA	1 / 80	6
	1 / 400	5
	1 / 2.000	4
DÜŞÜK	1 / 15.000	3
ÇOK DÜŞÜK	1 / 150.000	2
HEMEN HEMEN OLANAKSIZ	1 / 1.500.000 ‘den düşük	1

7.5.3.2 Şiddet Derecelendirilmesi

Olması muhtemel hata türünün müşteriye olan etkisinin önemini derecelendirmede kullanılır. Müşteriye olan etkisi açısından hatanın etkisi bir ile on arasında derecelendirilir. Bu dereceler hata türlerinin etkisiyle bağlantılıdır. Ürün tasarımı üzerinde yapılacak değişikliklerle müşteri yönünden şiddet derecelendirilmesi yapılabilir. Aşağıda şiddet derecelendirme tablosu görülmektedir. [7]

Benzer etki yaratan hatanın aynı şiddet değeri almasına dikkat edilir.

Tablo 7.5 Şiddet Derecelendirme Tablosu

ETKİ	<u>KRİTER</u>
TEHLİKE	Emniyet ile ilgili arıza, yasalara uyumsuz bir arıza. Hata her hangi bir ikaz olmadan meydana gelir.
CİDDİ	Emniyet ile ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata bir ikazla meydana gelir.
ÇOK BÜYÜK	Üretimin tümü hurdaya ayrılabilir. Ürün kullanılmaz hale gelip temel fonksiyonlarını kaybeder. Müşteri büyük hoşnutsuzluk duyar.
BÜYÜK	Ürün/proses üzerinde büyük etki. Üretimin ayıklanması ve bir bölümünün (%100'den az) hurdaya ayrılması gerekir. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.
ÖNEMLİ	Parçanın yeniden işlenmesi / onarılmasına neden olur. Ürün performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmamaktadır. Fakat kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.
ORTA	Ürün performansı veya proses üzerinde orta şiddete etki. Müşteri ürün kullanımında bazı rahatsızlıklar duyar. Kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar düşük performansla çalışırlar.
KÜÇÜK	Ürün performansı veya proses üzerinde küçük şiddete etki. Hata müşteri tarafından fark edilir ve ürün kullanımında bazı rahatsızlıklar yaşanır.
ÖNEMSİZ	Ürün performansı veya proses üzerinde önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilir.
ÇOK ÖNEMSİZ	Ürün performansı veya proses üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilmez.
ETKİSİ YOK	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok.

7.5.3.3 Tespit Edilebilirlik Derecelendirilmesi

Ürün veya parçanın üretim veya montaj hattını terk etmeden önce hataların tespit edilebilme olasılığıdır. Burada hata, sanki oluşmuş gibi varsayılmakta ve mevcut kontrol olanaklarıyla hata türüne sahip olan parçanın sevkini önleme olanağı derecelendirilmektedir. Burada da yine bir ile on arasında derecelendirme uygulanır. Aşağıda tespit edilebilirlik derecelendirme tablosu görülmektedir. [7]

Tablo 7.6 Tespit Edilebilirlik Derecelendirme Tablosu

TESPİT	KRİTER	DERECE
İMKANSIZ	Tespit etme imkanı yok	10
ÇOK ZOR	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok zor	9
ZOR	Kontrollerin hata türünü belirlemesi zor	8
AZ	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok az	7
ÇOK AZ	Kontrollerin hata türünü belirlemesi az	6
ORTA	Kontrollerin hata türünü belirlemesi orta	5
ORTANIN ÜSTÜ	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortanın üstü	4
YÜKSEK	Kontrollerin hata türünü belirlemesi yüksek	3
ÇOK YÜKSEK	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok yüksek	2
KESİN	Kontrollerin hata türünü belirlemesi kesine yakın	1

7.5.3.4 Hatanın Müşteriye Yansıması

Hatanın müşteriye yansıması olasılığını tespit etmek için aşağıdaki tablodan yararlanılır. [7]

Tablo 7.7 Hatanın Müşteriye Yansıma Olasılığı Derecelendirme Tablosu

Hatanın Müşteriye Yansıma Olasılığı	Derece
4	10
1 / 2	9
1 / 3	8
1 / 10	7
1 / 20	6
1 / 100	5
1 / 500	4
1 / 1.000	3
1 / 10.000	2
1 / 100.000	1

7.5.4 Risk Öncelik Katsayısının Hesaplanması

Bu katsayı her bir hata sebebi için belirlenen olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanmaktadır.

“Risk öncelik katsayısı = Olasılık x Şiddet x Tespit Edilebilirlik”

Bu katsayı (RÖS) hataların önemini ve düzeltici önlemlerin önceliğini belirlemektedir. Bu katsayının büyüklüğü dikkate alınarak iyileştirme faaliyetlerine

başlayıp başlayamama kararı alınır. Genellikle bu katsayı yüzden büyük olduğunda kesinlikle önlem alınmalıdır. İyileştirme olarak önerilen faaliyetler şiddet, olasılık veya tespit edilebilirlik derecelerinden birini veya fazlasını azaltmak için uygulanmaktadır. Ele alınan faaliyetlerin gerçekleşmesi ile ilgili sorumluluklar ve bitiş tarihleri belirlenmelidir. İyileştirme sonucunda ulaşılabilecek yeni olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik dereceleri tahmin edilerek yeni risk öncelik katsayısı belirlenmeli ve FMEA formuna, bu farklılık etkisinin değeri eskisinin üstü çizilerek kaydedilmelidir. [7]

7.5.5 Bir HTEA Örneği

Bir şirketteki yöneticiler ve mühendisler, on-line kataloğun güncellenmesinde hiçbir şeyin yanlış gitmeyeceğinden emin olmak istiyorlardı. İşte tanımladıkları sorunlardan ikisi ve yaptıkları analiz :

1.Yeni bir malda yanlış süsleme kullanılmış

Önem = 5 Meydana Gelme = 5 Belirlenme = 3

$$RÖS = 5 \times 5 \times 3 = 75$$

2. Alıcılar bir mal için sipariş veremiyorlar.

Önem = 8 Meydana Gelme = 5 Belirlenme = 6

$$RÖS = 8 \times 5 \times 6 = 240$$

Bu değerlendirmeyi temel alarak, siparişlerin verilememesi üzerinde odaklandılar ve tüm yeni ürün numaralarının sipariş sistemine gönderilmesinden emin olmak için önleyici ölçümler yaptılar. [7]

7.6 Hatasızlık (Poke-Yoke)

Poke-Yoke kavramı, Japonya’da geliştirilmiş bir terim olup Poke (öngörülme, tesadüfi hata) , Yoke ise (azaltma) anlamına gelmektedir. Dolayısıyla bu teknik yardımıyla tesadüfi hatalar azaltılmalı, yani üretim sürecinde sadece hatasız ürünler üretilmesine yönelik koşullar sağlanmalıdır. (Üretimde sıfır hata prensibi). Poke-Yoke ilk kez 1986 yılında Shigeo-Shingo tarafından açıklanmıştır. Poke-Yoke tekniği az da olsa OHTEA benzeri bir teknik olup, gelecekte oluşabilecek hataların % 100 önlenmesi hedefine yöneliktir.

Poke-Yoke tekniğinin uygulanması çok gelişmiş bir kalite kültürünün sağlanmış olmasını gerektirmektedir. Bu amaca yönelik ilk çalışma İPK sonuçlarından faydalanarak olası hata türlerinin belirlenmesi ile başlar. İkinci aşama OHTEA’nın problem çözümü aşaması benzeri olarak düşünülebilir ve bu Poke-Yoke’ye giden yolu ifade eder.

Bu nedenle Poke-Yoke’nin yeni uygulamaya konulan bir kalite sisteminin yapı taşı olarak düşünülemez. Poke-Yoke’nin temel felsefesini, hataların yanılılardan ve yanlışlıklardan kaynaklandığı yaklaşımı oluşturur. Bu tür yanılğı ve yanlışları aşağıdaki şekilde örneklendirmek olasıdır. [20]

1. Unutmak
2. Karıştırmak
3. Değıştirmek
4. Yanlış anlamak
5. Okuma hatası
6. Bilgi ve iletişim eksikliği

Poke-Yoke, işletme araçlarının üründe herhangi bir hata oluşmasına kesinlikle engel olacak şekilde işletilmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu amaca yönelik olarak delicesine güvenilirlik öngörülerek her türlü hataya neden olacak sistem elemanlarının devre dışı bırakılması hedeflenir. Poke-Yoke basit ve geliştirilmiş olmak üzere iki şekilde yürütülebilir. Başlangıçta belirtildiğı üzere Poke-Yoke ancak üretim sürecinde olası

her türlü hatanın eksiksiz belirlenmesini takiben düşünülebilir. Bu veriler FMEA (OHTEA) formlarından elde edilir.

Hatasızlık, OHTEA'nın bir uzantısı, ya da Six Sigmada hatalardan kurtulmak için artı bir disiplin uygulaması olarak düşünülebilir. OHTEA, sorunların önceden belirlenmesi ve önlenmesine yardım ederken, Hatasızlık, müşteriye ürün veya hizmet ulaşmadan önce hataların düzeltilmesi üzerinde durur. Her sürecin değişmez bir unsuruna özel bir dikkat gösterir : insan hatası. [11]

7.6.1 Hatasızlığın Kullanım Alanları

Hatasızlık şu amaçlarla kullanılabilir :

- TÖAİK projelerinde iyileştirme ve süreç tasarımlarının son ayarlarının yapılması. Bu seyrek görülen ama en çok zorluk çıkaran sorunlardan nasıl kaçınılır ya da nasıl çözülür?
- Six Sigma performansına yaklaşan süreçlerden veri toplamak. Süreç ne kadar mükemmel olursa onu ölçmek de o kadar zorlaşır.
- Bir süreci 4,5'dan 6 Sigma puanına yükseltmek için süreçteki sorun ve hataları gidermek. [11]

7.6.2 Hatasızlığın Temel Adımları

Hatasızlık en iyi, tam bir HTEA önceden belirleme ve önleme çalışması sonrasında uygulanabilir. Sonrasında şunlar yapılabilir; [20]

1. Önleyici faaliyetlere rağmen meydana gelebilecek olası hataları tanımlamak. Mevcut süreçteki her adım gözden geçirilmeli ve bu adımda hangi olası insan ya da donanım hataları olabilir? diye sorulmalıdır.
2. Bir hata ya da yanlış işlemeyi henüz meydana gelmeye başlayorken belirlemenin bir yolunu bulmak. Örneğin, arabadaki elektrik devresi, emniyet kemerinin takılıp takılmadığını sürücüye söyleyebilir. E-ticaret programları, bir alandaki herhangi bir veri parçasının kaybolduğunu söyleyebilir. Bir montaj atölyesinde,

parçaları tutan bantlar, işçilerin herhangi bir malzemenin kayıp olup olmadığını görmelerine yardımcı olur.

3. Bir hata belirlendiğinde icra edilecek faaliyetin türü tanımlanıp seçilmelidir. Temel “Hatasızlık Araçları” şunlardır :

- Kontrol. Süreci kendiliğinden düzelten bir faaliyet, örneğin otomatik bir imla düzelticisi.
- Devreyi Kapatmak. Bir hata olduğunda süreci kapatan bir prosedür ya da alettir. Ütülerin otomatik kapanma özelliği buna bir örnektir. Bir başka örnek de bazı yatırım rakamlarının, bu yatırımlardan uzak tutulmak istenen hesaplara girmesini engelleyen karmaşık bir yatırım yazılımıdır.
- Uyarı. İşle ilgili kişiyi bir şeylerin ters gittiği konusunda uyarır. Emniyet kemeri alarmı buna bir örnektir. Bir sürecin kontrolden çıktığını gösteren bir kontrol tablosu da buna benzer. Genellikle uyarılar göz ardı edildiği için kontrol ve devreyi kapatma tercih edilir.

Saptama/belirleme, kendini düzeltme, kapatma/devreden çıkarma veya bir sorunu uyarma ile ilgili yöntemler için gerçek bir hayal gücü ve yaratıcılık gerekir. Bazı yaygın Hata Kanıtlama ölçüleri şunlardır :

- Malzeme ve belgelere renk ve şekille kod vermek
- Yasal belgeler gibi kilit konularda ayırt edici şekiller kullanmak
- Kolaylıkla karıştırılan kalemleri tanımlamak için sembol ve ikonlar
- Bilgisayarda tutulan kontrol listeleri, açık formlar, sınıfında en iyisi, güncelleme prosedürleri ve basit iş akışları, yanlışların, müşterilerin elinde kusurlara dönüşmesini engellemeye yardımcı olur.

Hatasızlık iyileştirme ve üretim çalışmalarının odağı konumundadır. Montajın yanlış yapılamayacak şekilde yapılmasını sağlayacak yollar aranmalıdır. Bunun için daha görsel olunabilir, parçaların nasıl bir araya getirileceğine dair renkli şemalar hazırlanabilir. Ayrıca, tıpkı sadece bir tek kilide uyan bir anahtar gibi parçaların

yanlış bir şekilde birleştirilmelerini zorlaştırmak için çeşitli girinti ve çıkıntılar da kullanılabilir.

Her adımda yapılan işi kontrol ederken artı bir dikkat de gerekir. İşi yapan bu kişiler, ürünlerinin elden çıkmadan önce teftişini yaparlar; bu ürünü alan kişiler de ürünü teftiş ederler. Bu uyumlu hareket sayesinde, olabilecek pek çok üretim hatası giderilmiş olur. [20]

7.6.3 Hatasızlık (Poke-Yoke) : Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar

Yapılması gerekenler :

- Olabilecek tüm akla uygun hataları düşünmeye çalışmak.

Bu, kuruluştaki negatif ve paranoyak kişilerin gerçekten işe yarayacağı bir alandır.

- İş sürecinin bir parçası olarak hataları saptamak ve düzeltmek için akıllıca yollar bulmak amacıyla tüm yaratıcı gücün kullanılması.

Hataların saptanmasını akış süreci sonrası müfettişlere ya da müşterilere bırakmak, kısa yoldan felaketi davet etmektir. [11]

Yapılmaması gerekenler :

- “Hata yapmak insana özgüdür” düşüncesine takılıp kalınmamalıdır.

Çoğu zaman işleri yoluna koymak ta insana özgüdür. Elemanların akış öncesi önlenebilecek sorunları nasıl çözdükleri bulunmalı ve en iyi uygulamalar paylaşılmalıdır.

- İnsanların her seferinde hatalarını göreceklere güvenilmemelidir.

Süreç iki sığmada takılıp kalmışsa, akış sonrası teftişin güvenlik ağını kullanmaktan kaçmanın imkanı yoktur. [11]

7.7 Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD)

Kalite Fonksiyon Yayılımı, müşteri girdilerini öncelik sırasına koymak ve bunları bir ürün, servis ve/veya süreç için tasarıma ve spesifikasyona çevirmektir. QFD ile ilgili işin ayrıntısı hem karmaşık hem de çok yorucu olsa da, QFD'nin esasları sağduyulu düşüncelere ve daha önce gösterilen araçlara dayanır. [20]

7.7.1 Kalite Fonksiyon Yayılımının Kullanım Alanları

QFD, pek çok değişkeni olan etkili bir yöntemdir, bu nedenle kullanım alanları oldukça geniştir.

- Müşteri ihtiyaçları ve o sıradaki performans temel alınarak iyileştirme projelerinin öncelik sırasına konması ve seçilmesi
- Süreç ya da ürün performansını rakipler karşısında değerlendirmek
- Müşteri gereksinimlerini performans ölçülerine çevirmek
- Yeni süreç, ürün ve hizmetleri tasarlamak, test etmek ve son haline getirmek amacıyla kullanılabilir.

QFD, hiçbir şekilde tek başına kullanılan bir araç değildir. İşe yaraması müşterinin sesi girdisinden deneylerin tasarımına kadar değişik yöntemlere bağlıdır. [20]

7.7.2 Kalite Fonksiyonu Yayılımının Temelleri

“Kalite Evi” adı verilen özel bir çok boyutlu matris en iyi bilinen QFD yöntemidir. Tam bir QFD ürün tasarım projesi, müşterilerin ve rakiplerin ihtiyaçlarını ayrıntılı süreç spesifikasyonlarına çeviren bu matrislerden bir kısmıyla ilgilidir. QFD belgelemesindeki tüm ayrıntılar arasında iki ana kavram bulunmaktadır : [20]

1. QFD Çevrimi. Operasyon tasarımı ve planları yapmak için dört ana aşamada tekrarlanan bir çalışmadır :

- a) Müşteri girdisi ve rakip analizini, ürün veya hizmet özelliklerine çevirmek (temel tasarım elemanları)
- b) Ürün/hizmet özelliklerini, ürün/hizmet spesifikasyonları ve ölçülerine çevirmek.
- c) Ürün/hizmet spesifikasyonları ve ölçülerini, süreç tasarım özelliklerine çevirmek.
- d) Süreç tasarım özelliklerini, süreç performans spesifikasyonları ve ölçülerine çevirmek.

2. Öncelik Sırasına Koymak ve Korelasyon. Özel ihtiyaçlar, özellikler, gereksinimler ve ölçüler arasındaki ilişkilerin ayrıntılı analizidir. Kalite Evi veya basit L matrisi gibi matrisler, bu analizin organize olmasını sağlar ve tasarım çalışması ardındaki gerekçeyi belgeler.

Temelde, QFD Çevrimi, tasarım süreci sırasında akış sonrası Y'lerden (Müşteri gereksinimleri ve ürün spesifikasyonları) akış öncesi X'lere (Süreç spesifikasyonları) bağlantı sağlar. Mevcut bir süreç veya üründe, daha önce hiç araştırılmamışsa bu ilişkileri açığa kavuşturmak ve belgelemek için kullanılır. Kalite Evi'nin bir başka yararı da, kendi standart çizgisel düşünce süreciyle düşünülmemeyen kombinasyonları test ederek çapraz ilişkiyi test eden bir matris olmasıdır. [20]

MÜŞTERİ GEREKSİNİMLERİ	Uç kalınlığı seçeneği	Mürekkep renklerinin çeşitliliği	Gövde malzemesi (Altın, mermer vs.)	3 değişik fiyatın olması (12\$, 40\$, 75\$)	Boyuna asılabilmenin mümkün olması	Toksik olmayan mürekkep	hediye eşya dükkanlarında	Web yoluyla doğrudan satılması
Şıklık			●	△	△		●	△
Çoklu Seçim	●	●	●	●	○		○	○
Kullanım Kolaylığı			△		△	●		
Parasal Karşılığı	△		△				△	●
Kaybetmenin Zor Olması			△		●			

Katkı : ● güçlü △ orta ○ zayıf

Şekil 7.1 Örnek : Bir kalem tasarımı için sadeleştirilmiş L-matris [1]

7.7.3 Kalite Fonksiyon Yayılımı: Yapılacaklar ve Yapılmayacaklar

Yapılması gerekenler :

- Yöntemin karmaşıklığını şirketin durumuna uyarlamak.

Karmaşık bir ürün tasarlamak, pek çok tabaka ve ayrıntı olmasını gerektirebilir. Sadece mevcut bir süreç için ölçü oluşturmak çok daha kolaydır.

- Doğru ve iyi bilgi ve veri toplamak üzerinde odaklanmak

Bir QFD matrisinde pek çok beyaz bölge olabilir. Genellikle bunu, yargılama gücünü kullanarak doldurmak en iyisidir; fakat sadece boşluk doldurmak için bir şeyler eklenmemelidir.

- Diğer dış verileri tasarımda ve spesifikasyonlarda kullanmak için QFD'nin "rakip analizi" özelliği kullanılmalıdır. Bir rakibin gözüyle, müşteri için tasarım yapılmalıdır. [11]

Yapılmaması gerekenler :

- Diğer araç ve yöntemlerin uygulanması unutulmamalıdır.

Örneğin, Deney Tasarımı, çeşitli tasarım özelliklerindeki performansı en üst düzeye çıkarmak için yararlı olabilir. Bir tasarım çalışmasında temeli kurmak için, Proje Haritaları gibi araçlar da kullanılabilir. [11]

8. UYGULAMA

8.1 Hizmet Süreçlerinde Altı Sigma Araçları Uygulama Örnekleri

8.1.1 Anova

Anova'nın hizmet sürecinde nasıl kullanıldığına ilişkin örneğimiz, bir firmanın çağrı merkezinde geçmektedir.

Söz konusu firmanın, yaptığı iş ile ilgili olarak müşteri şikayetleri ve isteklerini karşılamak amacıyla, değişik bölgelerde çağrı merkezleri bulunmaktadır. Bu çağrı merkezlerinin iş göstergesi anlamında hedefi, en fazla 1,4 dakikada müşteriye yanıt verebilmektir.

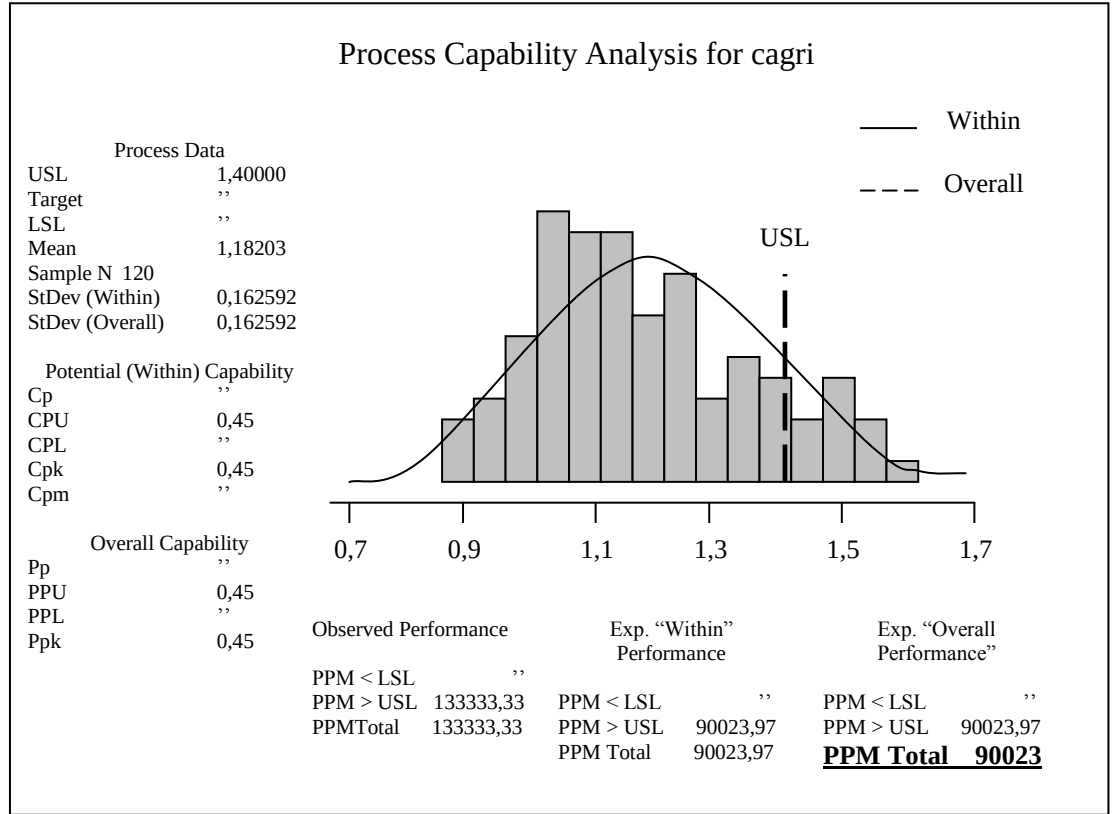
Mevcut durumda, değişik bölgelerdeki merkezlerin yeterliliğini bulmak amacıyla, tüm bölgelerden temsil edici veriler toplanmış ve Şekil 8.1'de gösterilen durum gözlenmiştir.

Alınan numuneler ile yeterlilik analizi yapıldığında, mevcut durumda 90023 ppm (%9) oranında 1,4 dakikanın üzerine çıkıldığı görülmektedir.

“Çağrı Yanıt süresindeki bu gecikmeler, acaba tüm bölgeler için geçerli midir, yoksa bazı bölge ya da bölgelere ilişkin hedeften uzaklaşma mı vardır? İşte bu sorunun yanıtının istatistiksel olarak verilebilmesi için, uygun istatistiksel soru sorulmalı; diğer bir deyişle uygun hipotez oluşturulmalıdır:

“Acaba, topladığımız verilere göre, bölgelerin tümü birbirinin aynısı mıdır yoksa en az biri diğerlerinden farklı mıdır? Uygulanacak hipotez testi sonrası elde edilecek “p”

değeri bize, eğer bir değişiklik yapacak olursak, alacağımız riski belirtmektedir. Bölge farklılıklarına bakarken incelenecek ise, çağrı merkezlerinin yanıt verme süreleri ortalamalarıdır. Bölge sayısı ikiden fazla olduğu için, kullanacağımız araç Anova'dır.



Şekil 8.1 Yeterlilik Analizi (Tüm Bölgeler)

Ho : Bölgelerin ortalama süreleri birbirinden farksızdır,

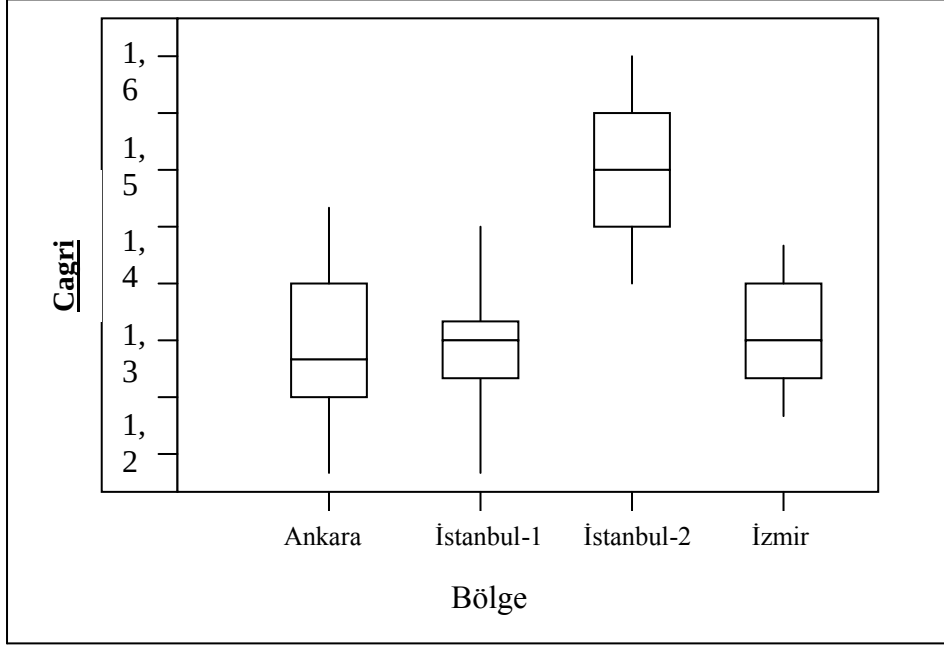
Ha : En az bir bölgenin ortalama süresi diğerlerinden farklıdır.

Tablo 8.1 Anova Tablosu

One-Way ANOVA : cagri versus bölge					
Analysis of Variance for cagri					
Source	DF	SS	MS	F	P
Bölge	3	1,93385	0,6462	62,76	0,000
Error	116	1,1942	0,0103		
Total	119	3,1327			
				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
Level	N	Mean	StDev		
Ankara	30	1,0955	0,1213	(--*--)	
İst-1	30	1,1052	0,1988	(--*--)	
İst-2	30	1,4013	0,1125		(--*--)
İzmir	30	1,1261	0,0636	(--*--)	
Pooled StDev = 0,1015				1,08	1,20 1,32 1,44

Veriler incelendiğinde, “p” değeri sayesinde, değişik bölgelerde ortalamaların farklı olduğu ve bu farklılıkların numunelerden kaynaklı değil, gerçekte de böyle bir durum olduğu anlaşılmaktadır. Eğer en azından bir bölgenin ortalaması diğerlerinin ortalamasından farklı denilirse, alınacak risk bu örnekte yaklaşık % 0 olmaktadır. (Tablo 8.1).

Farklılığın istatistiksel olarak belirlenmesinin ardından, bu durum grafiksel olarak incelenirse, İstanbul-2 bölgesinin diğerlerinden farklı olduğu ve hedef değer olan 1,4 dakikanın üzerinde çağrı yanıtlamanın yine bu bölgede yoğunlaştığı rahatlıkla görülebilir. (Şekil 8.2).



Şekil 8.2 Kutu Grafiği (Tüm Bölgeler)

Dolayısıyla tüm bölgelerde iyileştirme yapmak yerine, yalnızca İstanbul-2 bölgesine yoğunlaşmak, kaynak kullanımı açısından yarar sağlayacaktır. “Neden diğer bölgelerde hedef tutturuluyor da, İstanbul-2 bölgesinde 1,4 dakikanın üzerine çıkan süreler oluşuyor?” , Acaba bu bölgede çalışanlarda ya da teknolojisinde diğer bölgelere göre çalışma sistemi açısından farklılık mı var?” , “Eğer varsa farklılıklar nelerdir?” şeklindeki soruları sorarak, İstanbul-2 bölgesinin de diğerleri gibi istenilen hedef sürelerle getirilmesi gereklidir. [11]

8.1.2 Çoklu Değişken Analizi

Örneğimiz bir banka şubesinde geçmektedir.

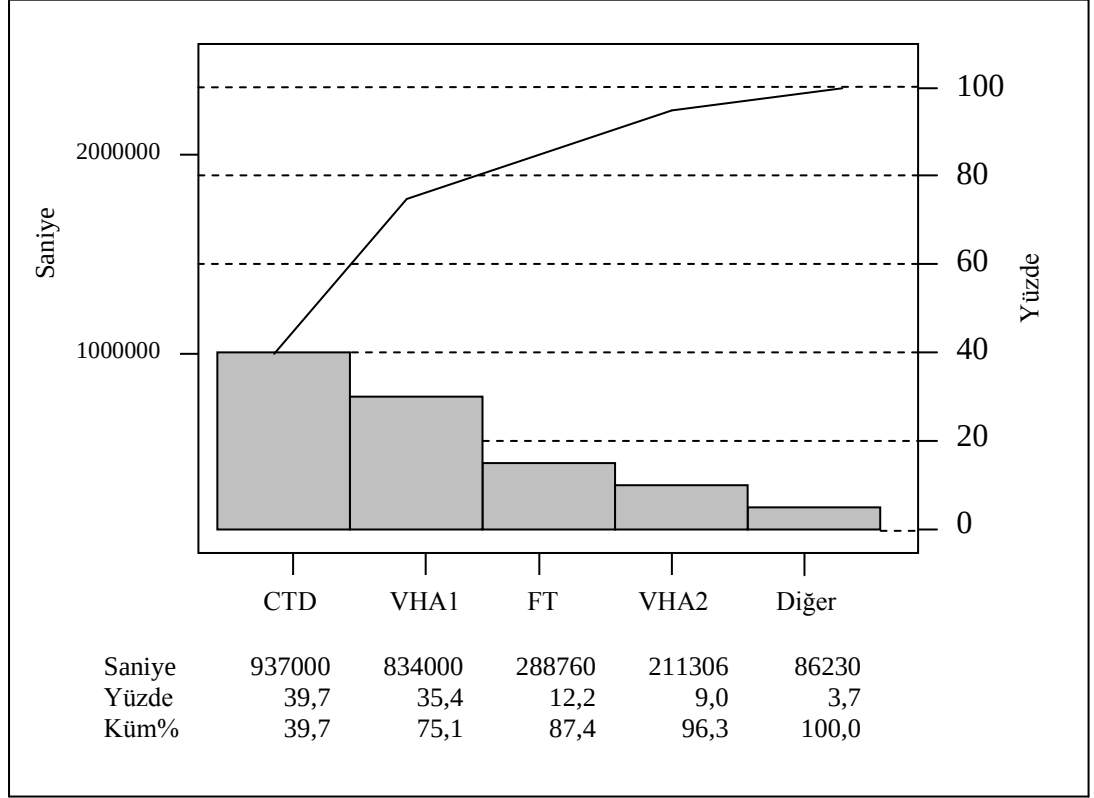
Müdürü olduğunuz banka şubesinde, müşterilerinizin işlemlerin uzun sürmeleriyle ilgili şikayetleri vardır. Siz de banka müdürü olarak, hangi işlemlerin daha fazla yapıldığını ve işlemleri yapan operatörlerin süreleri arasında farklılık olup olmadığını araştırmak istiyorsunuz.

Operasyon bölümü olarak gişelerde işlem yapan üç operatörünüz bulunmaktadır. Temel olarak gişelerde 6 değişik işlem yapılmaktadır. Her operatörün yaptığı işlemler için, numaralandırma sistemi yardımıyla 1,5 aylık veri toplanmıştır. (Tablo 8.2)

Tablo 8.2 Süre Ölçümleri Tablosu (Operatör ve İş Bazında)

Operatör	Yapılan İş	Kod	Kaç Kere Yapılmış	Ortalama Zaman	Toplam Harcanan Süre (sn)
Ahmet	Çek Tahsil İşlemleri (İç Şube)	CTI	100	300	30.000
Ahmet	Çek Tahsil İşlemleri (DIŞ Şube)	CTD	280	900	252.000
Ahmet	Fatura Tahsilatı (Elektrik, Su vs.)	FT	1200	90	108.000
Ahmet	Vadeli Hesap Açma	VHA1	600	640	384.000
Ahmet	Vadesiz Hesap Açma	VHA2	100	640	64.000
Ahmet	Hesap Kapatmak	HK	52	120	6.240
Gülsüm	Çek Tahsil İşlemleri (İç Şube)	CTI	72	250	18.000
Gülsüm	Çek Tahsil İşlemleri (Dış Şube)	CTD	350	700	245.000
Gülsüm	Fatura Tahsilatı (Elektrik,Su vs.)	FT	1600	73	116.800
Gülsüm	Vadeli Hesap Açma	VHA1	495	500	247.500
Gülsüm	Vadesiz Hesap Açma	VHA2	150	480	72.000
Gülsüm	Hesap Kapatmak	HK	64	100	6.400
Meral	Çek Tahsil İşlemleri (İç Şube)	CTI	85	226	19.210
Meral	Çek Tahsil İşlemleri (DIŞ Şube)	CTD	400	1100	440.000
Meral	Fatura Tahsilatı (Elektrik,Su vs.)	FT	780	82	63.960
Meral	Vadeli Hesap Açma	VHA1	450	450	202.500
Meral	Vadesiz Hesap Açma	VHA2	163	462	75.306
Meral	Hesap Kapatmak	HK	58	110	6.380
	TOPLAM		6999		2.357.296

Pareto analizi sayesinde, Şekil 8.3'te de görüldüğü gibi, toplam harcanan zamanın % 96,3'ü dört işlemden kaynaklanmaktadır.



Şekil 8.3 Pareto Analizi (İşlem bazında)

İşlemler operatör bazında ayrıştırıldığında kimin hangi işleme ne kadar zaman ayırdığı daha net görülmektedir. (Tablo 8.3 ve Tablo 8.4).

Tablo 8.3 Detaylandırılmış Veri Tablosu I

İŞLEM	SANİYE		
	ORTALAMA	MİN	MAX
CTD	906	552	1360
FT	80	14	160
VHA1	540	338	797
VHA2	513	326	801
TOPLAM	345	14	1360

Tablo 8.4 Detaylandırılmış Veri Tablosu II

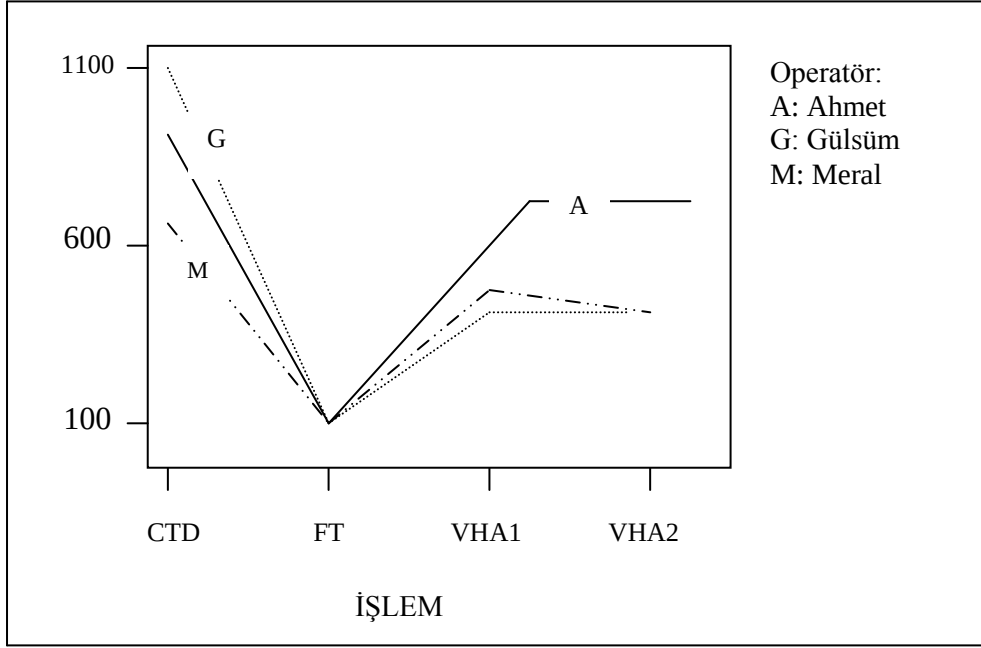
OPERATÖR	SANİYE		
	ORTALAMA	MİN	MAX
Ahmet	370	17	1157
Gülsüm	263	20	876
Meral	435	14	1360
TOPLAM	345	14	1360

Burada sorulacak soru, “Acaba yapılan işlere göre operatörler arasında farklılık var mıdır?” şeklindedir. Bu sorunun yanıtı Anova (General Linear Model) yardımıyla bulunabilir.

Tablo 8.5 Operatör - İşlem Etkileşiminin Analiz Sonuçları

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Operator	2	33379293	10033864	5016932	2578,38	0,000
İşlem	3	620166189	600188469	200062823	1,0E+05	0,000
Operatör*İşlem	6	33822647	33822647	5637108	2897,11	0,000
Error	6556	12756449	12756449	1946		
Total	6567	7001244578				

Analiz sonucu, işlemler ve operatörlerin, süre açısından farklılık gösterdiğini işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, Operatör*İşlem etkileşiminden yararlanılarak (Tablo 8.5), operatörlerin yaptıkları işlemler için harcadıkları sürelerin de işlem bazında birbirlerinden farklı olduğu söylenebilir. Bu durum bize hangi noktalarda iyileştirme yapmamız gerektiğini göstermektedir.



Şekil 8.4 Etkileşim Grafiği

Bu analiz sonrası, neden bazı operatörlerin diğerlerine göre bazı işleri uzun sürede yaptığının ayrıntılı olarak bulunması ve iyileştirilmesi gerekmektedir. Örneğin çek tahsil işlemlerinde Gülsüm'ün ortalaması diğer operatörlerden daha düşüktür. Gülsüm'ün diğer operatörlerden daha hızlı bir sürede işlemleri nasıl yapabildiğinin araştırılması, diğer operatörlerinde aynı yöntemleri kullanmalarının sağlanması gerekmektedir. Diğer yandan Meral'in diğer operatörlerden neden daha uzun bir sürede çek tahsil işlemi yaptığı incelenmeli, Gülsüm ile kıyaslanması yapılarak, gerekli iyileştirmeler sağlanmalıdır. (Şekil 8.4) [12]

8.1.3 Lojistik Regresyon

Örneğimiz içecek üreticisi bir firmanın piyasaya sunacağı yeni hacimdeki ürünün piyasa araştırması hakkındadır. Hali hazırda 1 litrelik ve 2,5 litrelik ürünler vardır. Yeni ürün 0,5 litre olacaktır. Bu doğrultuda, populasyonu temsil edecek şekilde, farklı yaş gruplarından değişik yaşlarda anketler düzenleyerek, 3 farklı grup oluşturularak veri toplanmıştır. (Tablo 8.6).

Tablo 8.6 Yaş Gruplarına Göre Toplanan Veriler

YAŞLAR	15-25	26-35	35-60	
GRUPLAR	1	2	3	
HACIM (lt)				TOPLAM
0,5	48	42	18	108
1	26	35	27	88
2,5	30	41	33	104
TOPLAM	104	118	78	300

Elde edilen sonuçlara göre kararımız ne olmalı? Acaba 0,5 litrelik ürün piyasaya sunulmaya değer mi?

Sorumuzun yanıtını istatistiksel olarak verebilmek için kullanmamız gereken araç, Nominal (İsimsel) Lojistik Regresyon'dur. Kurulacak hipotez ise, “Acaba 0,5 seçiminde 1 lt ve 2,5 lt seçimlerine göre yaşlar açısından farklılık var mıdır?

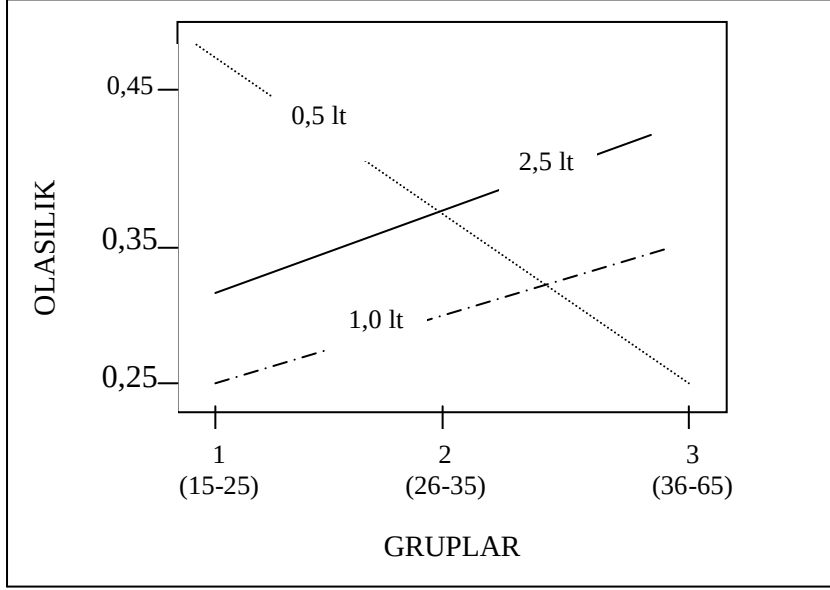
Ho : Litre seçimleri yaşlara göre birbirinden farksızdır,

Ha : Litre seçimlerinin en az biri yaşlara göre diğerlerinden farklıdır.

Tablo 8.7 Nominal Lojistik Regresyon Analizi

Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	% 95 CI Lower	Upper
Logit 1 : (1,0 lt/ 2,5 lt)							
Constant	-0,1431	0,2679	-0,53	0,593			
Gruplar				A			
2	-0,0151	0,3532	0,04	0,966	0,98	0,49	1,97
3	-0,0576	0,3730	-0,015	0,877	0,94	0,45	1,96
Logit 2 : (0,5 lt/ 2,5 lt)							
Constant	0,4700	0,2327	2,02	0,043			
Gruplar				B			
2	-0,4459	0,3199	-139	0,163	0,64	0,34	1,20
3	-1,0761	0,3742	-2,88	0,004	0,34	0,16	0,71

Tablo 8.7’de görüldüğü gibi, değişik yaş gruplarına göre seçim açısından 1,0 lt ile 2,5 lt arasında fark yoktur (A), fakat 2,5 lt’ye göre 0,5 lt tercih edilmesi, yaşlara göre farklılık göstermektedir (B). Bu değerlendirme istatistiksel analiz sonucu elde edilen “p” değeriyle yapılabilmektedir. Değerlendirme sonucunda, farklılığın numunelerden kaynaklı değil, gerçekte de böyle bir durum olduğu anlaşılmaktadır, yani alacağımız risk % 0,4 olmaktadır. Bunun grafiksel ifadesi Şekil 8.5’deki gibidir.



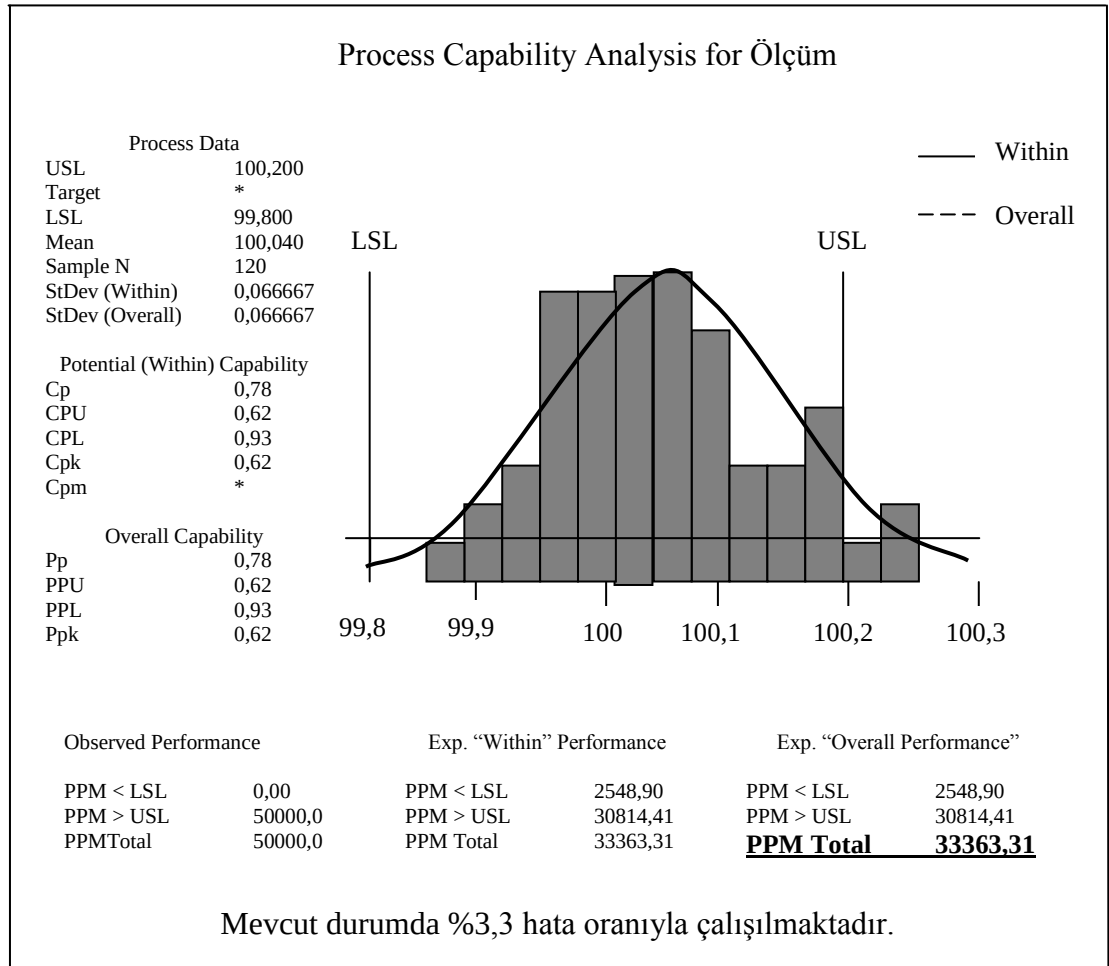
Şekil 8.5 Yaş Gruplarına Göre İçecek Seçimleri

Grafikten de anlaşılabildiği üzere, 0,5 lt seçimi özellikle genç yaşlarda tercih edilirken, 2,5 ve 1,0 lt seçimleri daha ileri yaşlarda gerçekleşmektedir. Mevcutta müşteri portföyü ile ilgili analiz yapılarak, eğer hedef kitle genç kesim olarak belirlenecekse, (okullar, dershaneler, eğlence yerleri vb.) 0,5 lt ürün piyasaya sürülebilir. [13]

8.2 Üretim Süreçlerinde Altı Sigma Araçları Uygulama Örnekleri

8.2.1 Anova

Altı Sigma metodolojisinin Analiz bölümünde yer alan Anova testi çalışmasıyla, bir bütünden alınan örneklemelerin verdiği sonuçlar yardımıyla, girdilerle çıktılar arasındaki ilişki incelenir. Anova testinde karşılaştırılan istatistiksel ölçüt ortalamalarıdır. Örneğin ana sanayi için plastik parçalar üreten bir fabrikayı düşünelim. Bu fabrikanın müşterileri, parçaların kritik bir ölçüsünün $100 \pm 0,2$ mm aralığında olmasını istemektedir. Yapılması gereken, mevcut durumda hata oranlarının incelenmesi ve hata nedenlerinin bulunmasıdır.



Şekil 8.6 Mevcut Durumdaki Hata Oranları

Mevcut durumda, plastik parça üretimi dört farklı hattan yapılmaktadır. Hata oranlarının mevcut durumunu tespit etmek amacıyla, her bir hattan eşit sayıda olmak üzere 120 adet temsil edici numune temin edilmiştir.

Alınan numunelerle yeterlilik analizi yapıldığında, Şekil 8.6'daki şemada da görüldüğü gibi, mevcut durumda % 3,3 hata oranıyla çalışılmakta olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun anlamı, milyon tane parça üretilecekse, üretimin yaklaşık 33000 tanesinin hatalı olmasıdır.

Acaba bu hatalar tüm hatalarda mı, yoksa bazılarında mı gerçekleşmektedir. Bu sorunun yanıtını bulmak için alınan 120 numuneden oluşan veriler, hatalara göre analiz edilmelidir. Bu analiz için en uygun araç ise Anova'dır.

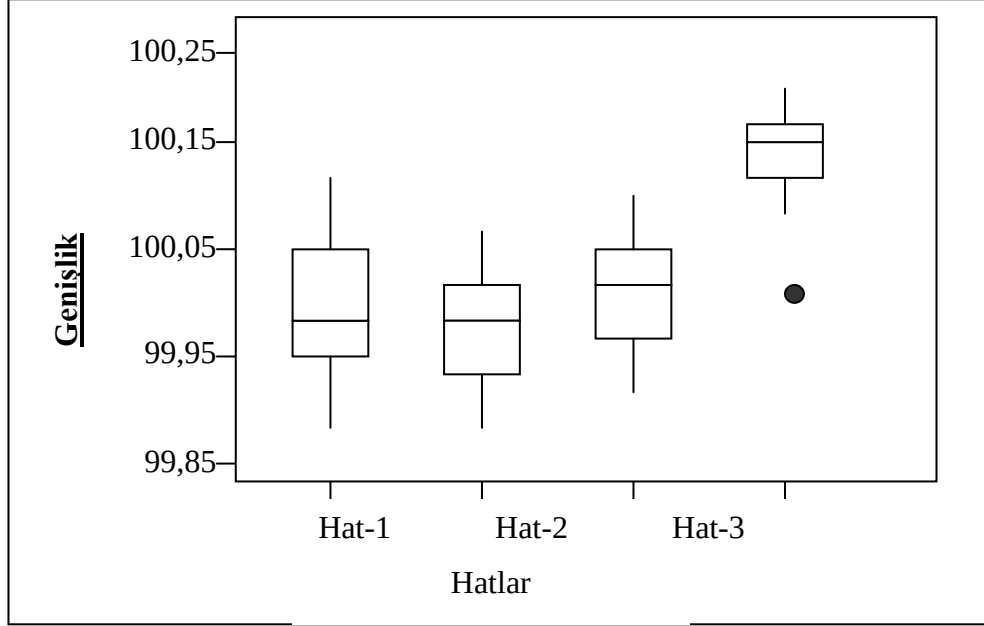
Tablo 8.8 Anova Analizi – Minitab Çıktısı

One-Way ANOVA : cagri versus Göz						
Analysis of Variance for cagri						
Source	DF	SS	MS	F	P	"p" değerinin küçük olması farklılıklarının belirgin olduğunu gösterir
Bölge	3	0,47009	0,15670	45,51	0,000	
Error	116	0,39938	0,00344			
Total	119	0,86947				
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev						
Level	N	Mean	StDev			
Hat-1	30	100,009	0,063		(--*--)	
Hat-2	30	99,991	0,057		(--*--)	
Hat-3	30	100,011	0,059		(--*--)	
Hat-4	30	100,147	0,055			(--*--)
Pooled StDev = 0,059				100,020	10,080	100,140

Hatlara göre veriler incelendiğinde, değişik hatlarda ortalamaların farklılık gösterdiği belirlenir. Bu saptama, eldeki verilerin analizi sonucu elde ettiğimiz "p" değeri sayesinde anlaşılmaktadır. Bu "p" değeri istatistikte bir karar alırken göze alınan riski ifade etmektedir.

Örneğimizdeki p değeri Tablo 8.8'deki gibi %0'dır. Buradaki sonuca bakıldığında, en azından bir hattın diğerlerinin ortalamasından farklı olduğuna karar verilmesi durumunda alınacak risk neredeyse %0'dır (Genel olarak sanayide kabul edilen risk değeri %5'tir.

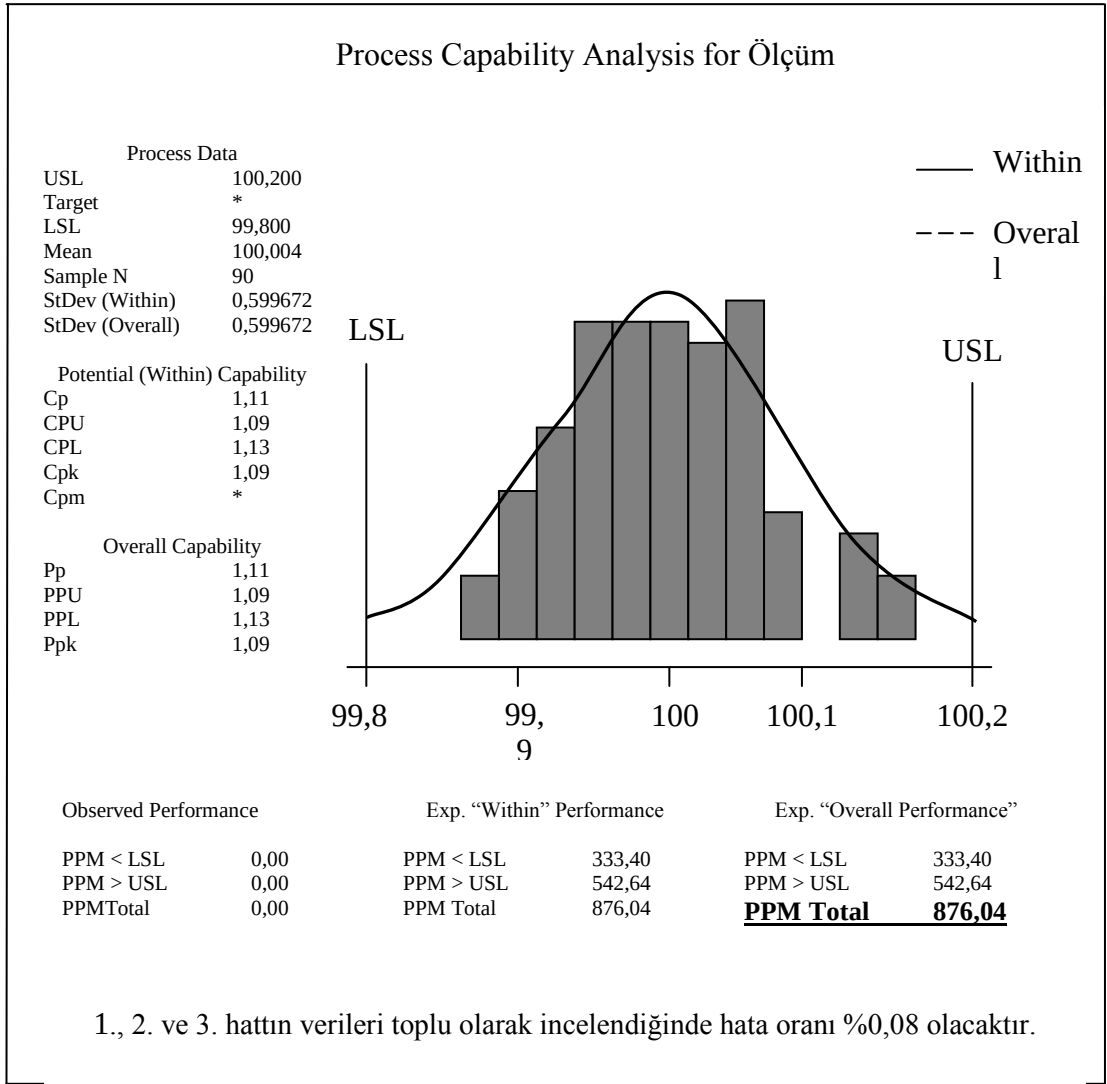
Verilerimiz grafiksel olarak incelendiğinde; 1, 2 ve 3 numaralı hatların ortalamasının 100 civarında olmasına karşın, 4. hattın ortalamasının 100,2 civarında olduğu ve diğerlerine göre daha yüksekte olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 8.7). Öyleyse hataların temel kaynağı 4 numaralı hattır.



Şekil 8.7 Hatlara Göre Verilerin İncelenmesi

Yalnızca ilk üç hattın verileri incelendiğinde, hata oranının %0,08 seviyelerine kadar indiği görülmektedir. Dolayısıyla, 4. hattın üretimden çıkarılıp, yalnızca ilk üç hat ile üretime devam edilmesi durumunda, üretilen milyon tane ürünlerdeki toplam hata olasılığı 876 olacaktır (Şekil 8.7).

Tabii burada yapılması gereken, 4. gözdeki üretimi kesmek değil, 4. gözde üretim farklılığına neden olan hatayı bulup, üretim ortalamasını diğer hatlardaki gibi 100 civarına çekmektir. Bu durumda toplam hata oranı %3,3'den %0,08'e indirilebilecektir. (Şekil 8.8). [11]



Şekil 8.8 Hata Oranı – İlk Üç Hat

8.2.2 Güvenilirlik

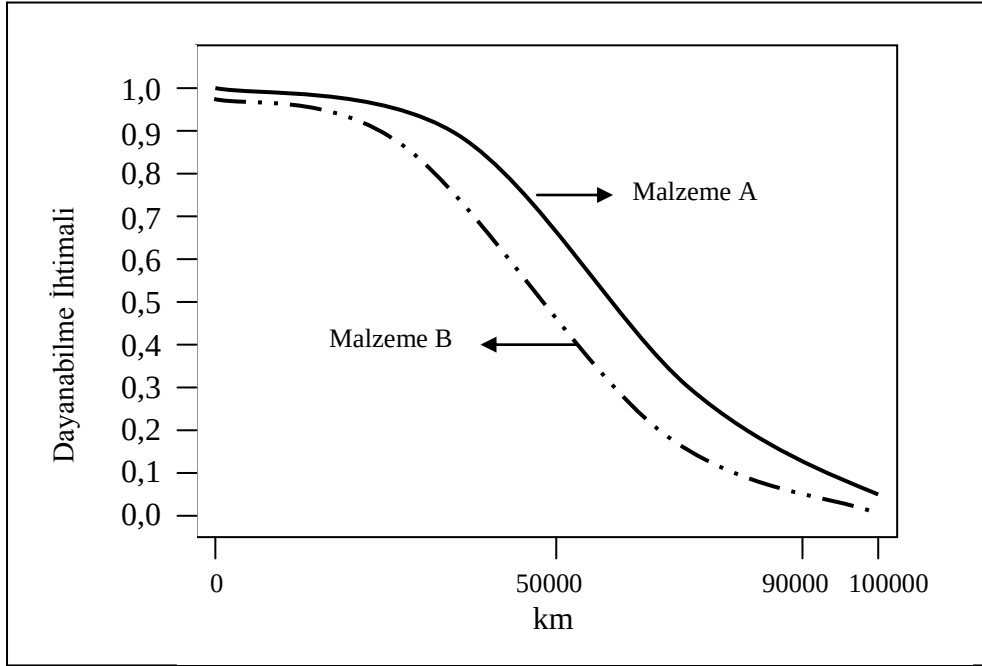
Güvenilirlik, daha çok dayanaklı tüketim mallarında kullanılan bir araçtır. Güvenilirlik, BSI (British Standards Institute) tarafından, “Bir ürünün bir özelliğinin, belirlenmiş durumlarda ve belirlenmiş sürelerde istenen bir fonksiyonunu yerine getirebilme olasılığı” olarak tanımlanmaktadır.

Güvenilirlik aracı ile ilgili örneğimiz, lastik üreten bir fabrikada geçmektedir. Yeni çıkaracağı lastiklerde, fiyatı yaklaşık aynı olan iki farklı malzemeden hangisinin seçileceğine karar vermek isteyen firma, bir dayanıklılık testi yapmak istemektedir.

Tablo 8.9 Güvenilirlik Analizi Verileri

Bakım Aralık	Aşınan Lastik Sayısı	
	A malzemesi	B malzemesi
0-10000	14	17
10000-20000	28	23
20000-30000	28	24
30000-40000	29	36
40000-50000	47	88
50000-60000	96	121
60000-70000	145	200
70000-80000	177	191
80000-90000	125	90
90000-	111	10

Firma bu amaçla her iki malzemeyle üretilmiş 800'er adet lastik için dayanıklılık testi yapıyor. Her 10.000 km'de değişik koşullarda test ettiği lastiklerin, kaçının aşınıp kaçının aşınmadığını kontrol ediyor. Tablo 8.9'daki bu analiz sonucunda elde edilen veriler bulunmaktadır. Tabloda her 10.000 km aralığında kaç tane lastiğin aşındığı da görülmektedir. Bu tabloya bakıldığında, hangi malzemenin daha iyi olduğunu anlamak çok kolay olmayacaktır.



Şekil 8.9 Güvenilirlik Analizi – Minitab Çıktısı

90000 km’de B malzemesiyle yapılmış lastiklerin neredeyse hepsi aşınmışken A malzemesiyle yapılan lastiklerin %15’i hala kullanılabilir.

Bu veriler alınıp Minitab yardımıyla bir Güvenilirlik analizi yapıldığında, Şekil 8.9’daki grafik ortaya çıkacaktır. Bu grafiğin Y-ekseni lastiklerin dayanabilme olasılığını, X-ekseni de km’yi göstermektedir. Grafikten de çok rahat görülebileceği gibi, 90.000 km’de B malzemesiyle yapılmış lastiklerin neredeyse hepsi aşınmışken, A malzemesiyle yapılan malzemelerin yaklaşık %15’i hala kullanılabilir. Sonuç olarak A malzemesini kullanmak, daha dayanıklı lastikler üretilmesini sağlayacaktır. [12]

8.2.3 Lojistik Regresyon

İkili lojistik regresyon, genelde çıktıların nitel (örneğin: hata var, hata yok ya da sızıntı var ya da sızıntı yok), girdilerin de nicel (örneğin: sıcaklık °C, hız m/san, basınç Mpa) olduğu durumlarda kullanılan bir araçtır.

Örneğimiz, NASA'nın 1986'da uzaya göndermek istediği Challenger faciasıyla ilgilidir ve gerçektir.

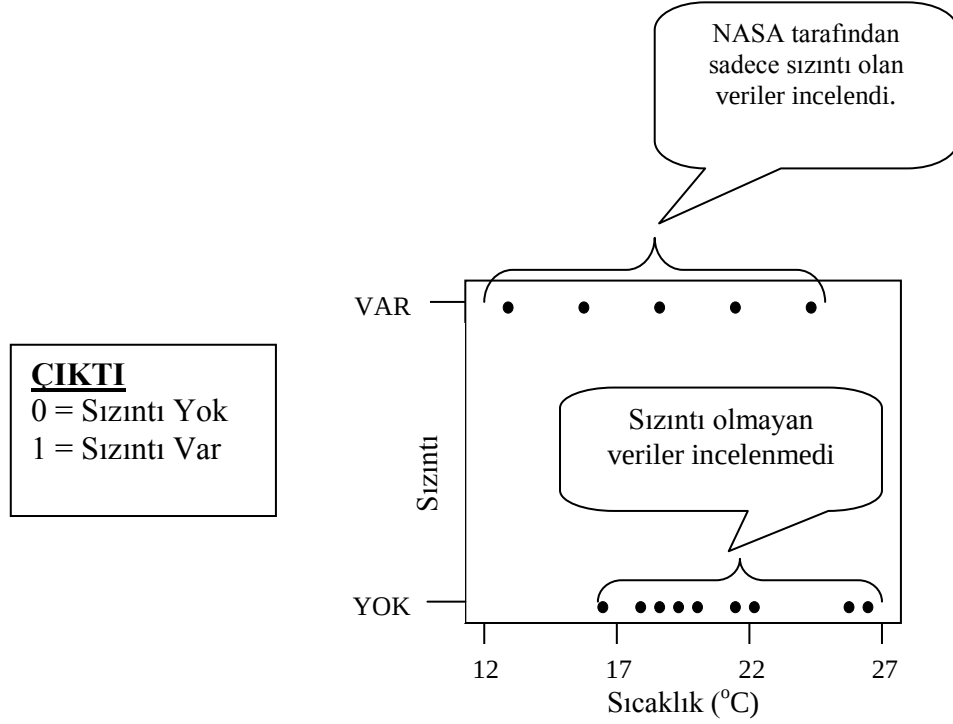
Bilindiği gibi uzay mekiği "Challenger", 1986 yılının ocak ayında, soğuk (3°C) bir günde uzaya fırlatılmıştı. Fırlatılmasından tam 89 saniye sonra, mekik büyük bir patlamayla ateş topuna dönmüştü. Daha sonra, kazanın, fırlatma roketlerinde kullanılan ve soğukta sertleşen bir yalıtım malzemesinden olduğu belirlendi. Bu yalıtım malzemesinin sertleşmesinden dolayı oluşan gaz sızıntısının patlaması sonucu gerçekleşen faciada birkaç astronot da yaşamını yitirdi.

Bazı mühendisler daha önceden, soğuk havalarda riskin artabileceğini biliyordu ve bununla ilgili bazı veriler toplamışlardı. (Tablo 8.10 ve Şekil 8.10)

Tablo 8.10 Challenger Mekiği İçin Yapılan İncelemeler I

Sızıntı	Proje	Sıcaklık (°C)
1	51-C	12
1	41-B	14
1	61-C	14
1	41-C	17
0		19
0		19
0		19
0		19
0		20
0		21
1	41-D	21
1	STS-2	21

Sızıntı	Proje	Sıcaklık (°C)
0		21
0		21
0		22
0		23
1	61-A	24
0		24
0		24
0		24
0		26
0		26
0		27
0		27



Şekil 8.10 Challenger Mekiği İçin Yapılan İncelemeler II

Tablo 8.10 ve Şekil 8.10’da gösterilen bu verilerde mühendisler, yaptıkları prototiplerde sızıntıyla sıcaklık arasındaki ilişkiyi araştırmışlardı. Burada sızıntı kolonunda 1 olan değerler sızıntının olduğunu, 0 olan değerlerse sızıntının olmadığını göstermektedir.

Bu verileri inceleyen NASA yönetimi, sızıntının her derecede olabileceğini düşündü. Oysa inceledikleri veriler yalnızca sızıntı olan denemeleri kapsamakta, sızıntı olmayan verileri içermemekteydi.

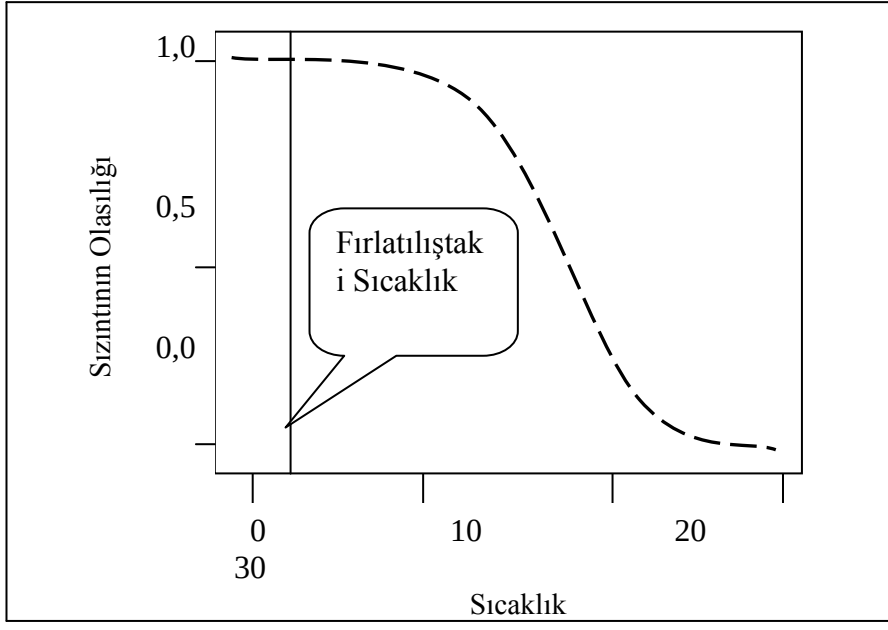
Veriler Tablo 8.10 ve Şekil 8.10’daki gibi incelendiğinde, sızıntı olan örneklerin, sızıntı olmayanlara göre daha düşük derecede toplandığı gözükmemektedir. Bunun rastlantısal ya da belirgin bir durum olup olmadığını test etmek için yapılan İkili Lojistik Regresyon sonuçları Tablo 8.11’de verilmektedir. Buradaki p değerinin küçük olması (0,026), sıcaklıkla sızıntı arasındaki ilişkinin rastlantısal değil, belirgin bir sonuç olduğunu göstermektedir.

Tablo 8.11 Lojistik Regresyon – Minitab Çıktısı

Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	% 95 CI	
Constant	7,401	3,712	1,99	0,046			
0,026	-0,4102	0,1848	-2,22		0,66	0,46	0,95
“p” değerinin düşük olması Sıcaklık ile Sızıntının ilgisi olduğunu göstermektedir.					Log-Like Lihood = -10,298		
					Test that all slopes are zero :		
					G = 8,379; DF = 1; P-Value = 0,004		

Bu bağlantının rastlantısal olmadığından emin olduktan sonra, sıcaklıkla sızıntı riski olasılığı arasındaki ilişkinin denklemi de, regresyon analizindeki katsayılar yardımıyla çok rahat bir şekilde bulunabilir.

Mühendislerin bu konuda geliştirdikleri denklemden elde edilen eğrinin olduğu grafik Şekil 8.11’de gösterilmiştir. Bu grafikteki Y eksenini sızıntı olasılığını, X ekseniyse değişik sıcaklık derecelerini göstermektedir. Bu grafiğe bakılmış olsaydı, fırlatmanın yapılacağı 3°C sıcaklıkta, sızıntı riskinin neredeyse %100 olacağı görülecekti. [13]



Şekil 8.11 Sızıntı Olasılığı – Sıcaklık İlişkisi Grafiği

8.2.4 Deneylerin Tasarımı

MINITAB paket programında deney tasarımının uygulanışı, program içinde yer alan bir örnek olay yardımıyla açıklanacaktır. Ayrıca açıklanacak her bir adım yine aynı programının Help menüsünden alınmıştır. [14]

Örnek :

Bir metalurji atölyesinde çalışıldığını varsayalım. Bir ürünün üretimindeki reaksiyonların biri ile ilgilenilmiş olsun. Reaksiyon sonucunda üretilen üründen elde edilecek hasılanın arttırılması için bir yol aranmaya çalışılmaktadır. Önceki tecrübelerden ısı, basınç ve katalizör tipindeki değişimlerin reaksiyondan elde edilecek hasılayı değiştirdiği gözlemlenmiştir. Bu noktada problem, bu faktörlerin her birinin reaksiyona nasıl etki ettiğidir. Bu sebeple, bu faktörlerin gerçek etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla bir deney uygulanmasına karar verilmiştir. Bu deneyin uygulanabilmesi için MINITAB programında aşağıdaki adımlar izlenir :

1. Adım: Yeni bir pojenin başlatılması (Start a new project)

- Program çalıştırılır.
- Yeni proje seçilmesi için File menüsünden New komutu seçilerek, Minitab Project kliklenir.

2. Adım: Tasarımın seçilmesi (Select a design)

Örnek olaydaki üç faktörün (zaman, ısı ve katalizör çeşitdi) test edilmesi için bir deney tasarımı geliştirmeyi varsayalım.

- a) Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design (Faktöryel Tasarım Oluştur) seçilir.
- b) Display Avaliable Designs (Mükün Tasarımları Görüntüle) kliklenir. İletişim kutusundaki seçenekler doğrulanır. Üç faktörle ilgilenildiğinden, iki opsiyona sahibiz. Aşağıdaki seçeneklerden biri seçilir.
 1. Deneyin 4 tekrarını içeren çözünürlüğü III olan kesirli faktöryel tasarım.
 2. Deyin 8 tekrarını içeren tam faktöryel tasarım

Üç faktörlü iki düzeyli bir tasarım 2^3 (veya 8) mümkün faktör kombinasyonuna sahiptir. Tüm mümkün kombinasyonları içeren bir tam faktöryel tasarımın seçilmesiyle, karışma olmaksızın etkileri gösteren sonuçlara ulaşmamız mümkündür. Bu tasarımla, tüm etkiler diğer etkilerden ayrılabilir. Bununla beraber anlamlı sonuçlara ulaşabilmek için az sayıda deneyin uygulanması veya az sayıda kombinasyona sahip olunması gerekir. Tüm mümkün kombinasyonlardan daha azını kullanan tasarımlar kesirli faktöryel tasarımlardır.

Isı, zaman ve katalizör çeşidinin manipülasyonu ile deneyin uygulanması maliyetli ve zaman alıcı olmadığından 3 faktörü ve deneyin 8 tekrarını içeren tam faktöryel tasarımın, kesirli faktöryel tasarımdan daha uygun olduğuna karar verilmiş olsun. Eğer böyle bir deneyin uygulanması güç ve maliyetli olsaydı farklı bir karar verilecekti.

- a) OK kliklenir ve ana iletişim kutusuna geri dönülür.
- b) 2 düzeyli faktöryel seçilir.
- c) Number of factors (Faktör sayısı olarak) 3 olarak seçilir.
- d) Designs (Tasarımlar) kliklenir. İletişim kutusunda tasarım çeşidi için mümkün olan tasarımlar ve seçilen faktör sayısı görüntülenir.
- e) Designs (tasarımlar) kutusundan Full Factorial (Tam faktöryel) seçilir.
- f) Number of replicates (tekrar sayısı) 2 olarak seçilir. İletişim kutusu doğrulanır.
- g) OK kliklenir. Ana iletişim kutusuna geri dönülür.

3. Adım: Faktörlerin İsimlendirilmesi ve Faktör Düzeylerinin Belirlenmesi (Name Factors and Set Factor Levels)

Faktör düzeyleri sayısal veya sözel olabilir. Eğer faktörler sürekli ise sayısal düzeyler, kategorikse sözel düzeyler kullanılır. Sürekli değişkenler kullanılan ölçüm ölçeğindeki herhangi bir değeri alabilirler (örneğin reaksiyon süresinin uzunluğu). Fakat kategorik değişkenler mümkün değerlerin sınırlı sayısını alabilirler (örneğin sıcaklık)

Faktörler için tanımlamaların yapılması gerekmektedir. İki düzeyli bir faktöryel tasarımda faktörlerin iki düzeyi belirlenir. Örneğimiz için aşağıdaki tanımlamalar yapılmış olsun. (Tablo 8.12)

Tablo 8.12 Faktörlerin Tanımlanmaları

FAKTÖR	DÜŞÜK TANIMLAMA	YÜKSEK TANIMLAMA
Isı	20 °C	40 °C
Basınç	1 atmosfer	4 atmosfer
Katalizör	A	B

- 1) Factors (Faktörler) kliklenir.
- 2) İlk faktörün isminin değiştirilmesi için name (isim) sütununun ilk satırı kliklenir. Ok tuşları ile yukarı ve aşağı gidilerek yukarıdaki bilgiler girilir.
- 3) OK kliklenerek ana iletişim kutusuna geri dönülür.

4. Adım: Rassallaştırma ve Tasarımı Saklama (Randomize and Store the Design)

- a) Options (seçenekler) kliklenir.
- b) Base for random data generator (rassal sayı üretimi için temel) seçeneğine 9 girilir. Rassal sayı üretimi için bir temel girilmesi, rassallığın kontrol edilmesini sağlar ve bu sayede her zaman aynı görüntü elde edilir.
- c) Store design in worksheet (Tasarımı çalışma sayfasına sakla) seçeneğinin işaretli olup olmadığı kontrol edilir. Ok kliklenir.
- d) Ana iletişim kutusuna dönmüştür. Ok kliklenir. Tasarım meydana getirilmiş ve çalışma sayfasına saklanmıştır.

5. Adım: Tasarımın Görüntülenmesi

Data window (veri penceresi) açılarak tipik bir tasarım yapısının nasıl görüldüğü izlenebilir.

Window > Worksheet 1 veya Ctrl + D kısa yolu seçilir. Veri penceresine bakıldığında StdOrder (C1) ve RunOrder (C2) ile isimlendirilmiş sütunlar olduğu görülecektir. Bir tasarım yaratıldığında her zaman C1 ve C2 sütunları Minitab tarafından standart sıra ve deneyin uygulanma sırası olarak ayrılır.

- StsOrder (Standart sıra); deney standart veya Yates sırasına uygun olarak tekrarlandığında, deneyin uygulanma sırasını göstermektedir.
- RunOrder (Rassal Sıra); deney rassal sırada tekrarlandığında deneyin uygulanma sırasını göstermektedir.

Eğer rassal bir tasarım kullanılmıyorsa, standart sıra ve deneyin uygulanma sırası aynı kalacaktır.

Ayrıca Minitab center points indicators (merkez nokta belirleyicilerini) C3 ve blok sayılarını C4 sütununa saklamaktadır. Eğer merkez noktaları veya blok tasarımı eklenmeyecekse, Minitab C3 ve C4 sütunlarındaki değerlerin tümünü 1 sayısına dönüştürür.

Çalışma sayfasında C5 ile başlayan sütunlar faktör sütunlarıdır. Ele alınan örnek olayda üç faktör olduğundan faktörler C5, C6 ve C7 sütunlarında yer almaktadır. Factors alt iletişim kutusuna faktör düzeyleri girildiğinde çalışma sayfasında gerçek düzeyleri görmemiz mümkün olur.

Faktör düzeyleri veya faktör tanımlanalarını değiştirmenin iki yolu bulunmaktadır: Biri Stat > DOE > Modify Design komutunun kullanılması diğeri ise veri penceresine doğrudan yeni faktör isimlerinin girilmesidir.

6. Adım: Çalışma Sayfasına Verilerin Girilmesi ve Toplanması (Collect and Enter Data in the Worksheet)

Bu adımda örnek olay için bir veri toplama formu oluşturulmaya çalışılacaktır. Print the data window with its grid lines:

- 1) Veri penceresinde C8 sütununun ismini Hasıla (Yield) olarak değiştirin.
- 2) File > Print Worksheet komutunu seçerek Print Grid Lines seçeneğinin işaretli olduğundan emin olun. OK seçeneğini klikleyin.

Bu aşamaların tamamlanmasıyla deneyin tüm on altı uygulaması elde edilmiş ve gözlenen ürünler kayıt edilmiştir. Aşağıdaki ürün hasıllarının gram olarak elde edildiğini varsayalım

66, 66 102, 98, 65, 54, 107, 68, 53, 66, 55, 85, 108, 89, 52, 63

3) Gözlenen hasıllar veri penceresindeki Hasıla sütununa girilecektir.

7. Adım : Tasarımın Gözden Geçirilmesi – Bir Model Uydurulması (Screen the Design – Fit A Model)

Tasarım gözden geçirilirken amaç, büyük etkilere sahip faktörlerin seçilmesidir. Bu ana kadar bir faktöryel tasarım yaratıldı ve tepki (response) verileri toplandı. Bu aşamanın ardından sonuçlara bir model uydurularak ve bazı grafikler yaratılarak etkiler değerlendirilecektir. Bir matematiksel modelin uydurulması ile elde edilecek çıktının kullanımı ve aynı zamanda iki grafiksel yöntemin kullanımı reaksiyondaki hasılanın arttırılması için hangi faktörlerin önemli olduğunun görülmesine yardım edecektir.

Bir Model Uydurulması (Fit A Model)

Bir faktöryel tasarımın oluşturulması ve kayıt edilmesinin ardından Minitab, DOE > Factorial menüsünün komutlarından ikisi olan Analyze Factorial Design (Faktöryel Tasarımı Analiz Et) ve Faktorial Plots (Faktöryel Çizimler) komutlarının kullanımına hazır hale gelir. Eğer uyum değerlerinin çizilmesinden ziyade tepki değerlerinin çizimi ile ilgileniliyorsa, modelin uydurulmasından önce veya sonra ana etkilerin çizimi (main effects plots) , etkileşim çizimleri (interaction plots) ve küp çizimleri (cube plots) yapılabilir. Çizimlerden önce bir modelin uydurulması için;

- 1) Stat > DOE > Factorial > Analyze Factorial Design komutu seçilir.
- 2) Responses (Tepkiler) kutusuna Yield (Hasıla) girilir.
- 3) Graphs (Grafikler) kliklenir.
- 4) Hangi etkilerin aktif olduğunun belirlenmesinde yardımcı olması açısından iki etki çizimlerinin türetilmesi için Normal ve Pareto seçeneklerinin işaretli olduğu kontrol edilir. Default (varsayılan olarak) $\alpha = 0,10$ düzeyindedir.

- 5) OK kliklenerek ana iletişim kutusuna geri dönülür. Şu an görüntülemek istediğimiz grafikler, uydurmak istediğimiz model ve diğer tüm seçenekleri belirlemiş durumdayız.
- 6) OK kliklenerek istenilen çıktı ve ayrı grafik pencerelerinde her bir grafik görüntülenir.

8. Adım: Önemli Etkilerin Teşhis Edilmesi (Identify Important Effects)

Süreçte hangi etkilerin önemli olduğuna karar verirken iki etki çizimi ve çıktı penceresinin her ikisi de kullanılabilir. Öncelikle çıktı penceresine bakılacak olduğunda ele aldığımız örnek olay için şu yorumlar yapılabilir:

Üç ana etkiyi, üç tane ikili etkileşimi ve bir tane üçlü etkileşimi içeren tam model uydurulmuştur. Hangi etkilerin anlamlı olduğunun belirlenmesinde Estimated Effects (Tahmin Edilen Etkiler) P sütununda ve Coefficients (Katsayılar) tablosunda yer alan değerler kullanılmalıdır. $\alpha = 0,05$ kullanılarak basınç ve sıcaklık için ana etkiler ve basınç*sıcaklık etkileşimleri için p değerleri 0,05'ten küçük çıktığında anlamlı bulunmuştur.

9. Adım: Tasarımın Gözden Geçirilmesi – Etkilerin Çizimi (Screen the Design – Effects Plots)

Pareto grafiği ile normal olasılık çizimi; tepki değişkeni olan hasıla üzerinde hangi etkilerin olduğunu görmek amacıyla kullanılır.

Aktif etkiler, anlamlı veya önemli etkilerdir. Etkilerin normal çiziminde doğruya uymayan noktalar genellikle aktif etkilerin bulunduğunu gösterir. Aktif etkiler aktif olmayan etkilerle kıyaslandığında, uydurulan doğrudan daha uzakta ve daha büyük etkilerdir. Aktif olmayan etkiler ise küçüktürler ve sıfır etrafında merkezileşmişlerdir.

- 1) Aktif pencerede normal olasılık çiziminin görüntülenmesi için Window > Effects Plot for Yield komutu seçilir.

α düzeyini küçültmek için Analyze Factorial Design – Graphs alt iletişim kutusunda yeni düzey belirtilir. Örnek olay için $\alpha = 0,10$ düzeyinde basınç, katalizör ve basınç*katalizör etkileşimleri anlamlı bulunmuştur.

Etkilerin Pareto grafiği de hangi etkilerin aktif olduğunun belirlenmesinde kullanılan bir başka araçtır.

- 2) Aktif pencerede Pareto grafiğinin görüntülenmesi için Window > Effects Pareto for Yield komutu seçilir. Minitab Pareto grafiğinde etkilerin mutlak değerini görüntüler.

Yine $\alpha = 0,10$ düzeyinde basınç, katalizör ve basınç*katalizör etkileşimi anlamlı bulunmuştur.

Bunların ardından ısı, ısı*basınç ve ısı*katalizör etkileşimi ki bu etkiler örnek olay için aktif olmayan etkilerdir, bunların dışlanmasıyla bir model uydurulabilir. Bu düşürülmüş modelin iyi bir model olup olmadığı test edilebilir.

10. Adım: Düşürülmüş Modelin Uydurulması (Fit A Reduced Model)

Bu adımda önemli olmayan etkilerden arındırılmış düşürülmüş modelin uyumu değerlendirilerek bir Artık analizi yapılacaktır.

Isı, katalizör ve ısı*katalizör etkileşimini içeren bir model uydurulmaya çalışılacaktır.

- 1) Stat > DOE > Factorial > Analyze Factorial Design komutu seçilir.
- 2) Terms (Terimler) kliklenir.
- 3) Uydurulmak istenilen model kurulur.
 - Bu amaçla, Include terms in the model up through order (Sırasıyla modele dahil olan terimler) seçeneğine 2 girilir. Bunun sonucunda ABC Available Terms (Eldeki Terimler) kutusuna taşınmış olur.
 - Selected Terms (Seçilmiş Terimler) kutusundaki A: Temp kliklenip, > seçeneğine basıldığında A: Temp, AvailableTerms (Eldeki Terimler) listesine eklenmiş olur.

- Benzer işlemler AB ve AC etkileşimlerini Available Terms kutusuna taşımak için tekrarlanır.
- 4) OK kliklenir. Ana iletişim kutusuna geri dönülür.
 - 5) Graphs kliklenir. Normal ve Pareto seçeneklerinin işaretleri kaldırılır.
 - 6) Histogram, Normal Plot, Residuals versus fits ve Residuals versus order seçenekleri işaretlenir. OK kliklenerek ana iletişim kutusuna dönülür.
 - 7) Analyze Factorial Design iletişim kutusundaki OK kliklenir.

Seçilen aktif etkiler iyi mi seçilmiştir? Model geçerli midir? Bu soruların cevapları düşürülmüş modelin değerlendirilmesi adımıyla ele alınacaktır.

11. Adım: Düşürülmüş Modelin Değerlendirilmesi (Evaluate the Reduced Model)

Çıktı penceresi, modelin ne derecede iyi olduğuna ilişkin bilgi sağlamaktadır. P sütunu modeldeki terimlerin her biri için p değerlerini içermektedir. Modeli değerlendirmek için standart bir yol p değerlerine bakılmasıdır. Deney için, tüm terimlerin p değerleri seçilen α değerinden daha küçük ise bu, iyi bir modele sahip olduğunu gösterir. Örnek olayımız için $\alpha = 0,05$ seçilmiştir.

Modeldeki her bir terim için 0,05'den küçük p değerleri, modelin daha ileri açıklama ve doğrulamalar için iyi bir aday olduğunu göstermektedir. Bu model dikkat çekici ölçüde basittir ve tüm terimleri içeren model kadar verilere iyi uyum göstermektedir. Artık hataları yalnızca küçük bir miktar artış göstermektedir.

Daha ileri incelemeler için Artık çizimlerinin kullanımıyla model kontrol edilir. Uyum değerleri model tarafından tahmin edilen sonuçlardır. Artıklar gerçek hasılalardan tahmin edilen hasılların çıkarılmasıyla elde edilir. Aşağıdaki grafikler görüntülenebilir.

Normal Probability Plot of the Residuals (Artıkların Normal Olasılık Çizimi)

Residuals Versus the Order of the Data (Verilerin Sırasına Karşılık Artıklar)

Histogram of the Residuals (Artıkların Histogramı)

Residuals Versus the Fitted Values (Uyum Değerlerine Karşılık Artıklar)

Artıkların çizimleri makul görünmektedir.

12. Adım: Sonuç Çıkarma – Faktöryel Çizimlerin Görüntülenmesi (Draw Conclusions – Display Factorial Plots)

Bu adımda etkilerin görselleştirilmesi için iki grafik türetilcektir ki bunlar ana etkilerin çizimi ve etkileşimlerin çizimidir. Çizimler tepki değişkeninin ortalamalarına dayandırıldığında, verilere bir model uydurulmasından önce veya sonra türetilbilir. Uyum değerlerinin çizimiyle ilgilenildiğinde ise ilk olarak model uydurulmasına ihtiyaç olacaktır.

- 1) Stat > DOE > Factorial > Factorial Plots komutu seçilir.
- 2) Main effects işaretlenir ve Setup kliklenir.
- 3) Responses kutusuna Yield yazılır.
- 4) Ardından çizimi yapılacak terimler seçilir:
 - Available kutusundaki B: Pressure kliklenerek, sağa bakan oka kliklenir. Böylece B: Pressure değişkeni Selected kutusuna taşınmış olur.
 - Aynı işlemler C: Catalyst terimini Selected kutusuna taşımak için tekrarlanır. OK kliklenir.
- 5) Interaction işaretlenir ve Setup kliklenir.
- 6) Adım 3 ve 4 tekrarlanır.
- 7) Ana faktöryel çizimler iletişim kutusunda, her bir çizimi ayrı grafik penceresinde görüntülemek için OK kliklenir.

13. Adım: Sonuç Çıkarma – Çizimlerin Değerlendirilmesi (Draw Conclusions – Evaluate the Plots)

Bu adımda ilk olarak basınç veya katalizör A'ya karşılık katalizör B kullanılmasıyla oluşan değişkenliğin temel etkisini gösterecek bir çizim oluşturulacaktır. Bu tek faktörlü etkiler ana etkiler olarak adlandırılmaktadır. Tüm etkiler için sayısal değerler pencerede görülmektedir.

1) Windows > Main Effects for Yield, aktif pencerede ana etkilerin çizimi için seçilir:

Bu grafikte biri basınç diğeri katalizör olmak üzere iki ana etki çizimi görüntülenecektir.

- Basıncın ana etkisi; grafikteki yüksek tanımlama ve düşük tanımlama arasındaki farklılıktır.
- Katalizörün ana etkisi; iki kategori arasındaki farklılıktır.

Çizilen grafiklerden görülebileceği gibi katalizör çeşidi basınçtan daha büyük bir ana etkiye sahiptir. Bunu, katalizör A ve katalizör B için ortalama tepkileri birleştiren çizimin basınç yüksek ve düşük tanımlamalarındaki ortalama tepkiyi birleştiren çizgiden daha dik bir eğime sahip olduğundan anlamaktayız.

Minitab ana etkilerin hesaplanmasında, faktörün yüksek veya ikinci düzeyindeki ortalama tepkiden faktörün düşük veya ilk düzeyindeki ortalama tepkiyi çıkarmaktadır. Aşağıdaki Tablo 8.13 örnek olay için bulunanları özetlemektedir:

Tablo 8.13 Faktörlerinin Etki Büyüklüğünün Yorumlanması

FAKTÖR	ETKİ BÜYÜKLÜĞÜ	YORUM
Basınç	+ 14,13	Deneyin 4 atmosferlik basınç ile uygulanması deneyin 1 atmosferlik basınç ile uygulanmasından daha yüksek hasıla verecektir.
Katalizör	- 30,37	Katalizör A kullanımıyla deneyin uygulanması, katalizör B kullanımıyla deneyin tekrarından daha yüksek hasıla verecektir

Bir sonraki adım, anlamlı etkileşimlere bakılmasıdır. Daha önce çıktı penceresi ile anlamlı etkileşimler doğrulanmasına karşın, etkileşim çizimine etkinin büyüklüğünü görebilmek amacıyla bakılacaktır.

1. Aktif pencerede etkileşim çizimi için, Window > Interaction Plot for Yield komutu seçilir.

Bir etkileşim çizimi, bir faktörün tanımlamalarındaki değişimin bir diğer faktördeki etkisini gösterir. Etkileşim ana etkilerin büyüklüğü olduğundan, etkileşimlerin değerlendirilmesi son derece önemlidir. Basınç ve katalizör arasındaki anlamlı etkileşim, belirgin biçimde farklı eğimlere sahip iki doğru ile ortaya çıkacaktır.

Basıncın hem 1 hem de 4 atmosferlik düzeyinde katalizör A için hasıllar, katalizör B için hasılalardan daha büyük olacaktır. Bununla beraber, 4 atmosferlik basınçta katalizör A'nın kullanımıyla deneyin uygulanması ve katalizör B'nin kullanımıyla deneyin uygulanması arasında hasılalardaki farklılık, 1 atmosferlik basınçta katalizör A'nın kullanımıyla deneyin uygulanması ve katalizör B'nin kullanımıyla deneyin uygulanması arasında hasılalarda meydana gelecek farklılıktan daha büyük olacaktır.

Bu örnek olayda en yüksek hasılanın sağlanabilmesi için sonuçlar, 4 atmosferlik basınç kullanımını ve katalizör A kullanılması gerektiğini göstermektedir.

14. Adım: Kaydet ve Çık (Save and Exit)

- 1) File > Save Project seçilir.
- 2) File Name kısmına, projenin ismi olarak SS5DOE yazılabilir. Eğer, MPJ uzantısı verilmesi atlanılmış ise, Minitab otomatik olarak bu uzantıyı vererek projeyi kayıt edecektir.
- 3) Save kliklenir.
- 4) Varolan dosya ile değiştirilmesini soran mesaj kutusu görüntülenirse, Yes kliklenir.
- 5) Minitab'ın kapatılması için File > Exit komutu seçilir.

Bir Uygulama

Yukarıda anlatılan adımlar ve faktöryel tasarımların analizi için Minitab programında yapılması gerekenler bir örnek üzerinde açıklanılmaya çalışılacaktır. İşgücü, makine ve hammadde olmak üzere üç faktöre sahip iki düzeyli bir faktöryel deney tasarımı oluşturulmak istensin. Bu amaç için;

- 1) Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design komutu seçilir. Create Factorial Design iletişim kutusunda faktör sayısı olarak 3 girilir. 2-level factorial seçili durumdadır.
- 2) Designs kliklenerek Full factorial seçeneği seçilir. Number of replicates kutusundan 2 seçilerek OK kliklenir ve ana iletişim kutusuna geri dönülür.
- 3) Factors seçeneği tıklanarak Create Factorial Design Factors iletişim kutusu açılır. Aşağıdaki bilgiler girilir:

Factor A'nın adı ISGUCU olarak değiştirilir. En düşük değer olarak 20, en yüksek değer olarak 30 girilir.

Factor B'nin adı MAKINA olarak değiştirilir. En düşük değer olarak 40, en yüksek değer olarak 50 girilir.

Factor C'nin adı HAMMADDE olarak değiştirilir. En düşük değer olarak 25, en yüksek değer olarak 35 girilir ve aşağıdaki Ekran 4'e (Tablo 8.14) ulaşılır.

Tablo 8.14 Ekran 4. Faktör İsimlerinin ve Düzeylerinin Girilmesi

Create Factorial Design - Factors			
Factor	Name	Low	High
A	A	20	30
B	B	40	50
C	C	25	35

OK kliklenerek ana iletişim kutusuna geri dönülür.

- 4) OK bir daha kliklenir. Tasarım oluşturulmuştur.

- 5) Tasarımın oluşturulmasının ardından sıra Hasıla verilerinin girilmesine gelmiştir. C8 sütununa Ekran 5’de (Tablo 8.15) görülen veriler girilerek değişken adı kısmına HASILA yazılacaktır:

Tablo 8.15 Ekran 5. Oluşturulan Tasarımın Görüntülenmesi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	ISGUC U	MAKINA	HAMMAD DE	HASIL A
1	4	1	1	1	30	50	25	16
2	15	2	1	1	20	50	35	12
3	14	3	1	1	30	40	35	13
4	12	4	1	1	30	50	25	12
5	16	5	1	1	30	50	35	10
6	8	6	1	1	30	50	35	12
7	10	7	1	1	30	40	25	12
8	6	8	1	1	30	40	35	16
9	5	9	1	1	20	40	35	15
10	9	10	1	1	20	40	25	12
11	7	11	1	1	20	50	35	10
12	2	12	1	1	30	40	25	12
13	1	13	1	1	20	40	25	15
14	13	14	1	1	20	40	35	16
15	11	15	1	1	20	50	25	14
16	3	16	1	1	20	50	25	12

- 6) Tasarım oluşturulduğu için Stat > DOE > Factorial komutunun iki alt komutu olan Analyze Factorial Design ve Factorial Plots komutları aktif hale gelmiştir. Bu iki alt komuttan öncelikle Analyze Factorial Plots komutunun uygulanışı örnek üzerinde açıklanacaktır. Bu amaç için Stat > DOE > Factorial Design komutu seçilir.
- 7) Analyze Factorial Design iletişim kutusunda Responses alanına Hasıla değişkeninin girilmesi için Ekran 6’daki (Tablo 8.16) Select kutusuna basılması yeterli olacaktır.

Tablo 8.16 Ekran 6. Tepki Değişkenlerinin Belirlenmesi

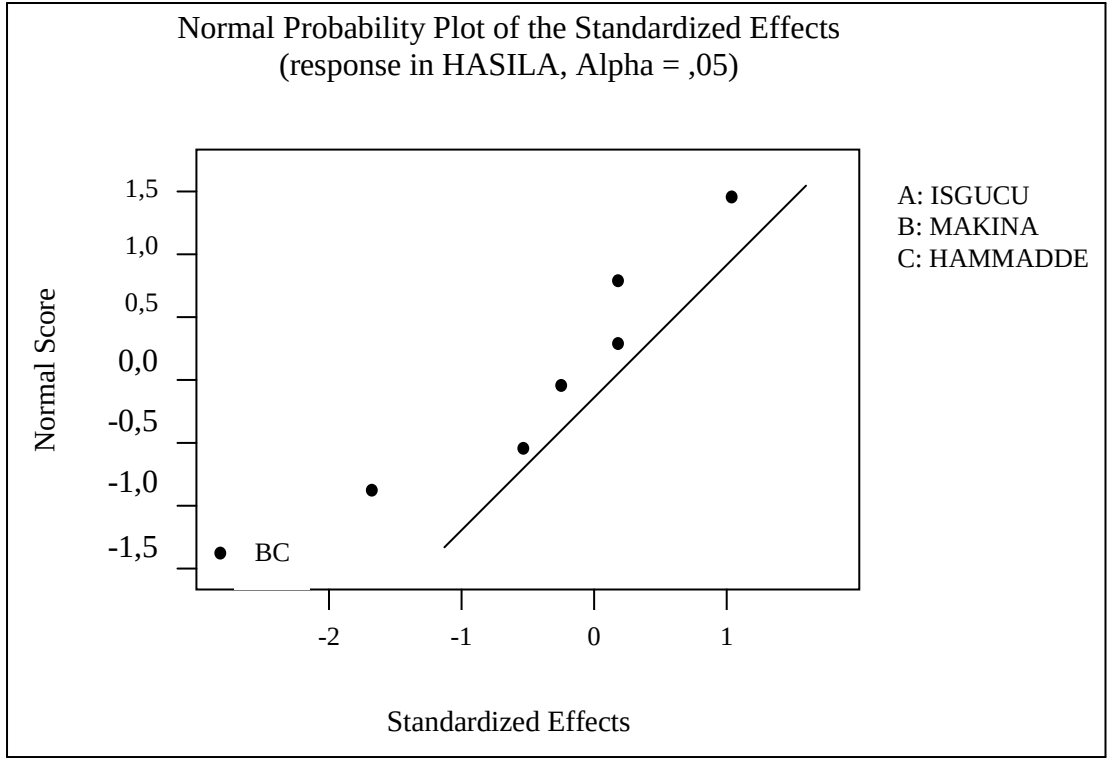
Analyze Factorial Design		
C8 HASILA		Responses: HASILA
Select	Terms...	Covariates...
Graphs...	Results...	Storage...
Help	OK	Cancel

- 8) Tepki değişkeni Hasılanın seçilmesinin ardından, Ekran 6'da (Şekil 8.3) görülen Graphs seçeneği kliklenir.
- 9) Ekran, Ekran 7'de (Tablo 8.17) görülen grafik iletişim kutusu gelecektir. Normal ve Pareto seçenekleri işaretlenir. Alfa varsayılan olarak 0,10 düzeyindedir. Alfayı 0,05 olarak Ekran 7'de (Tablo 8.17) görüldüğü gibi değiştirilebilir.

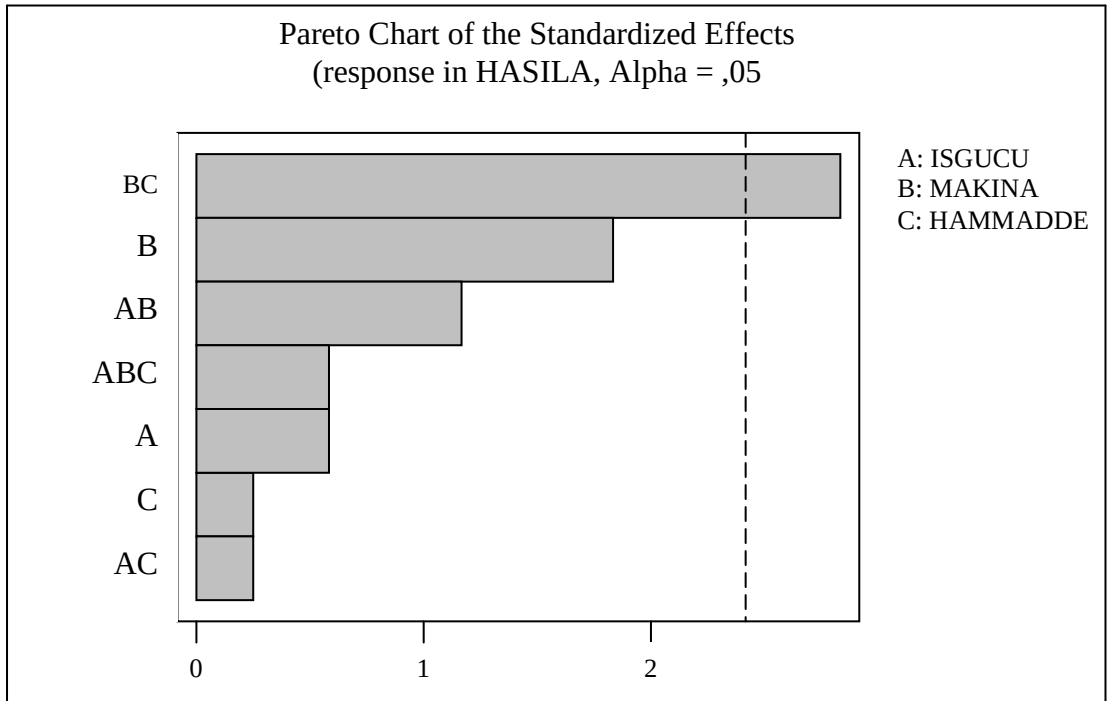
Tablo 8.17 Ekran 7. Grafik İletişim Kutusu

Analyze Factorial Design – Graphs							
C1	StdOrder	Effects Plots					
C2	RunOrder	√	Normal	√	Pareto	Alpha:	0,05
C3	CenterPt	Residuals For Plots					
C4	Blocks						
C5	ISGUCU	•	Regular		Standardized		Deleted
C6	MAKINA	Sesiduals Plots					
C7	HAMMADDE						
C8	HASIL A						
			Normal Plot				
			Residuals versus fits				
			Residuals versus order				
			Residuals versus variables				
Select	Help	OK			Cancel		

Standartlaştırılmış etkilerin Normal olasılık ve Pareto Grafiklerinin çizimi sırasıyla aşağıda Ekran 8 (Şekil 8.12) ve Ekran 9’da (Şekil 8.13) görüldüğü gibi oluşmuştur. Standartlaştırılmış etkilerin normal olasılık grafiğine bakıldığında BC yani makine*hammadde etkileşiminin aktif etki olduğu anlaşılabılır çünkü diğer noktalardan farklı olarak doğrudan daha uzakta yer almaktadır. Benzer sonuç Ekran 6’da (Tablo 8.16) yer alan Pareto grafiğinden de görülebilir. BC diğer bir deyişle makine* hammadde etkileşiminin anlamlı olduğu grafikten görülebilmektedir.



Şekil 8.12 Ekran 8. Standartlaştırılmış Etkilerin Normal Olasılık Çizimi



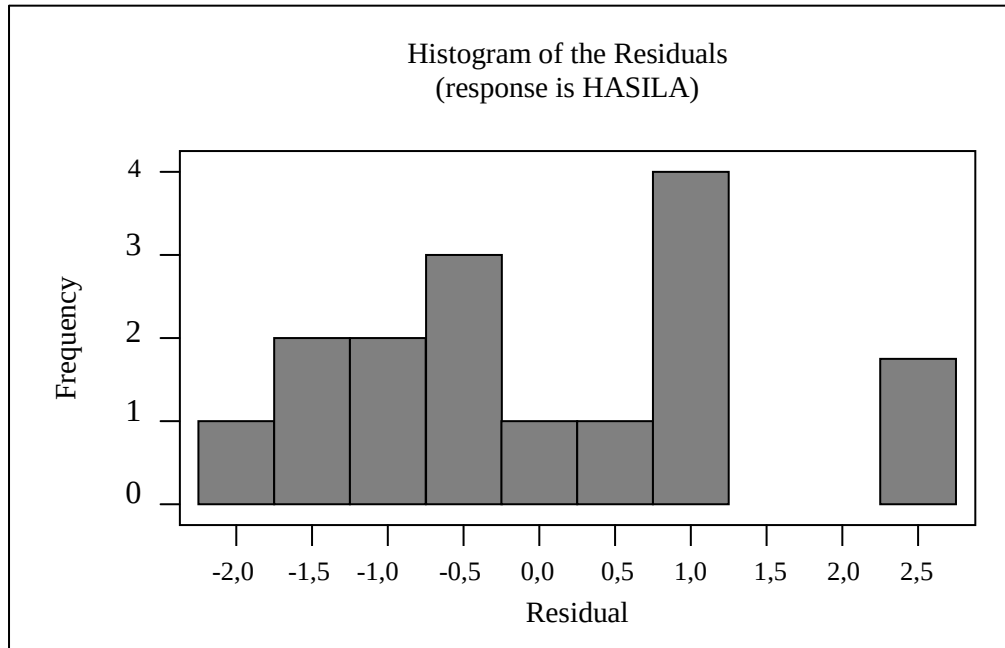
Şekil 8.13 Ekran 9. Standartlaştırılmış Etkilerin Pareto Grafiği

Etkiler için görüntülenen bu grafiklerin ardından Ekran 10'da (Tablo 8.18) görülen çıktı penceresindeki P sütununda yer alan p değerleri incenecektir. P değerlerine bakıldığında $\alpha = 0,05$ için sadece B*C (makina*hammadde) etkileşiminin p değeri olan 0,024 değerinin anlamlı olduğu söylenebilir. Dolayısıyla bu adımların ardından düşürülecek modele sadece bu etkileşim terimi dahil edilecektir. Yalnızca bu etkileşim terimi ile bir model uydurulması söz konusu olamayacağından, B (makina) ve C (hammadde) terimlerini de içeren bir modelin uygunluğuna karar verilecektir.

Tablo 8.18 Ekran 10. Çıktı Penceresi

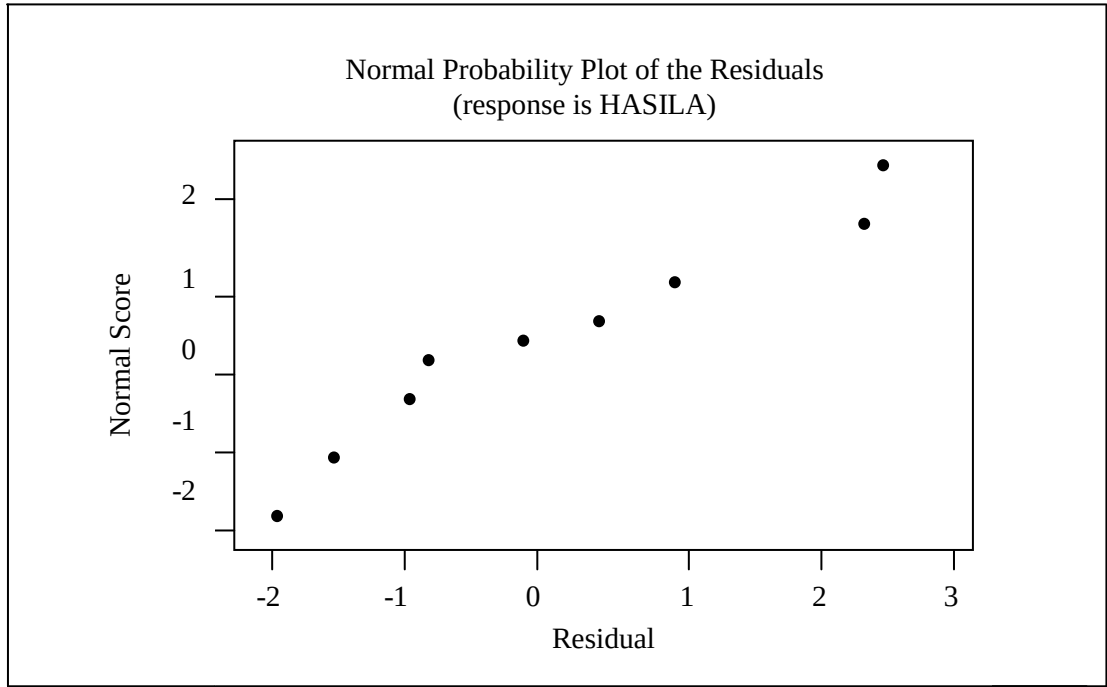
Fractional Factorial Fit : HASILA versus ISGUCU; MAKINA; HAMMADDE						
Estimated Effects and Coefficients for HASILA (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		13,063	0,4285	30,49	0,000	
A	-0,375	-0,188	0,4285	-0,44	0,673	
B	-1,625	-0,812	0,4285	-1,90	0,095	
C	-0,125	-0,062	0,4285	-0,15	0,888	
A*B	0,875	0,437	0,4285	-1,02	0,337	
A*C	-0,125	-0,062	0,4285	-0,15	0,888	
B*C	-2,375	-1,188	0,4285	-2,77	0,024	
A*B*C	-0,375	-0,187	0,4285	-0,44	0,673	
Analysis of Variance for HASILA (CODED UNITS)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	11,1875	11,1875	3,7292	1,27	0,348
2-Way Interactions	3	25,6875	25,6875	8,5625	2,91	0,101
3-Way Interactions	1	0,5625	0,5625	0,5625	0,19	0,673
Residual Error	8	23,5000	23,5000	2,9375		
Pure Error	8	23,5000	23,5000	2,9375		
Total	15	60,9375				
Estimated Coefficients for HASILA using data in uncoded units						
Term	Coef					
Constant	26,000					
A	-2,77500					
B	-0,30000					

- 10) Makina, hammadde ve makina*hammadde etkileşimini içeren bir modelin uygunluğunun araştırılması için Stat > DOE > Factorial > Analyze Factorial Design komutu seçilir.
- 11) Terms kliklenir. Modele dahil edilecek makine, hammadde ve makina*hammadde terimleri Selected Terms kutusunda görüntülenecek biçimde ok tuşları yardımıyla ayarlamalar yapılarak, OK kliklenir.
- 12) Ana iletişim kutusuna geri dönmüştür. Graphs seçeneği kliklenerek, Graphs seçeneğinin altındaki Normal ve Pareto seçeneklerindeki işaret kaldırılarak; Ekran 7'den de görülebilecek histogram, normal plot, residuals versus fits, residuals versus order seçenekleri işaretlenir. Bu çizimler sırasıyla Ekran 11, 12, 13 ve 14'te gösterilmektedir.



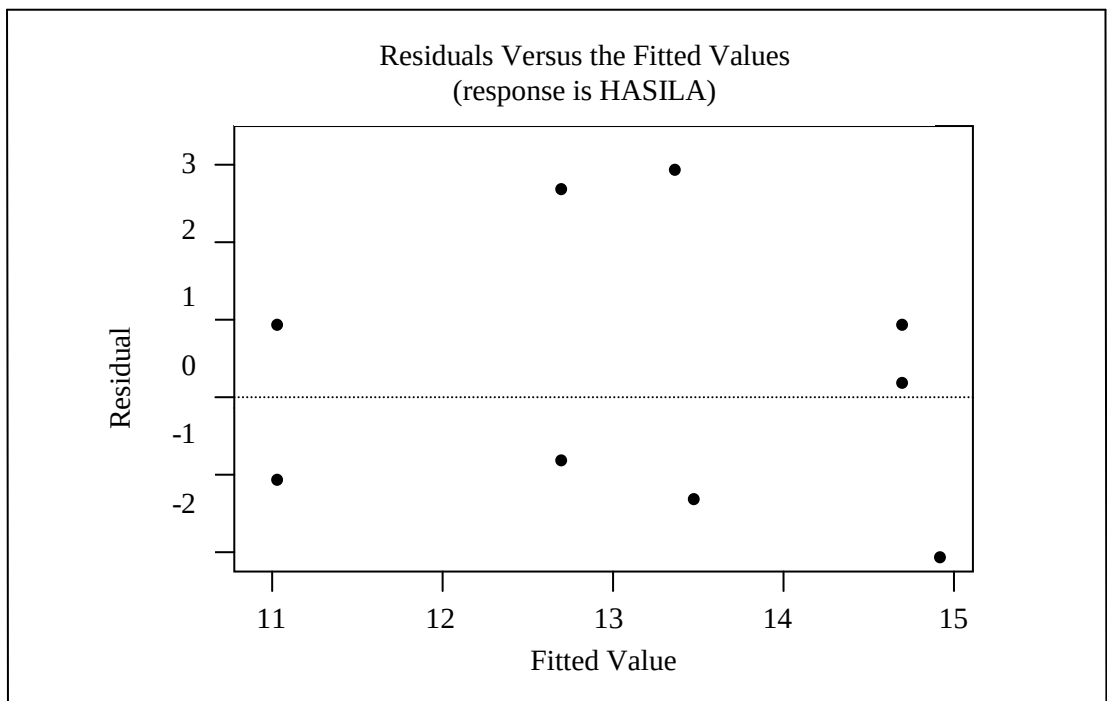
Şekil 8.14 Ekran 11. Artıkların Histogramı

Artıkların histogramına (Şekil 8.14) bakıldığında normale uygunluk gözlenmemektedir. Fakat 16 gözlemle yorum yapmanın imkansızlığı da ortadadır.



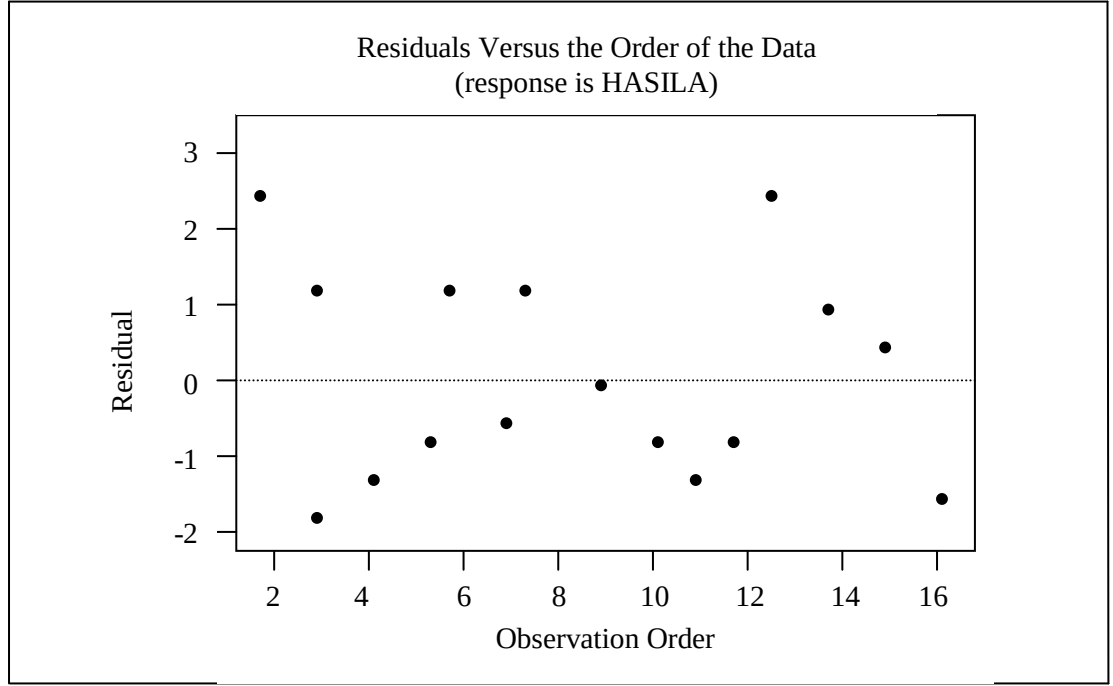
Şekil 8.15 Ekran 12. Artıkların Normal Olasılık Çizimi Grafiği

Ekran12’de yer alan Artıkların normal olasılık çizimine bakıldığında, normal dağılıma önemli ölçüde uygun olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 8.16 Ekran 13. Uyum Değerlerine Karşılık Artıklar Grafiği

Ekran 13’de yer alan uyum değerlerine karşılık Artıklar grafiğine bakıldığında, dağılımın makul olduğu anlaşılabilmekle birlikte uygulamadaki gözlem sayısı az olduğu için tam bir şey söylemek mümkün olmamaktadır.



Şekil 8.17 Ekran 14. Verilerin Sırasına Karşılık Artıklar

Ekran 14’de görülen verilerin sırasına karşılık Artıklar grafiğinde ise yine dağılımın makul olduğu artış veya azalış eğiliminin gözlemlenmediğini söylemek mümkün olacaktır.

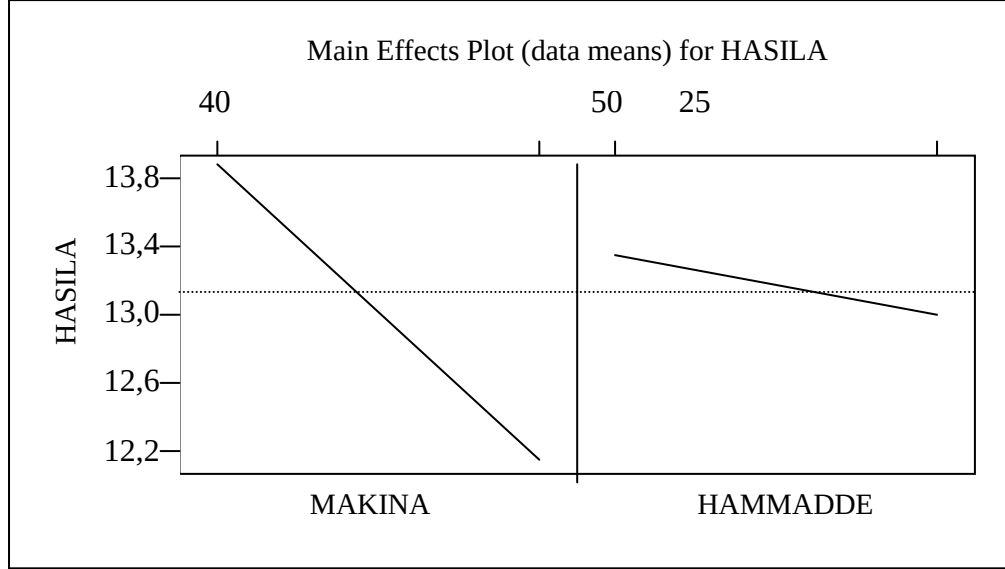
Grafiklerin bu yorumlarının ardından Ekran 15’deki (Tablo 8.19) çıktı penceresindeki p değerlerine bakıldığında, makine*hammadde ikili etkileşiminin p değerinin 0,05’den küçük olduğunu görebilmekteyiz. Ayrıca 0,054 p değerine sahip makine faktörü de makul bir düzeydedir. Fakat $p = 0,872$ değerine sahip hammadde faktörü anlamlı olmamakla beraber, makine*hammadde etkileşimi için model uydurmada, zorunlu olduğu için düşürülmüş modele dahil edilmiştir.

Tablo 8.19 Ekran 15. Düşürülmüş Modelin Çıktı Penceresi

Fractional Factorial Fit : HASILA versus MAKINA; HAMMADDE						
Estimated Effects and Coefficients for HASILA (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		13,063	0,3802	34,36	0,000	
MAKINA	-1,625	-0,812	0,3802	-2,14	0,054	
HAMMADDE	-0,125	-0,062	0,3802	-0,16	0,872	
MAKINA*HAMMADDE	-2,375	-1,187	0,3802	-3,12	0,009	
Analysis of Variance for HASILA (CODED UNITS)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effevts	2	10,63	10,63	5,313	2,30	0,143
2-Way Interactions	1	22,56	22,56	22,562	9,76	0,009
Residual Error	12	27,75	27,75	2,312		
Pure Error	12	27,75	27,75	2,313		
Total	15	60,94				
Estimated Coefficients for HASILA using data in uncoded units						
Terms	Coef					
Constant	-43,3750					
MAKINA	1,26250					
HAMMADDE	2,12500					
MAKINA*HAMMADDE	-0,0475000					
Least Squares Means for HASILA						
	Mean	SE Mean				

13) Bu aşamaların ardından ana etkilerin ve etkileşimlerin çizimi için Stat > DOE > Factorial > Factorial Plots komutu seçilir. İletişim penceresinden Main Effects Plots işaretlenerek Setup kliklenir. Selected kutusuna makina ve hammadde faktörleri

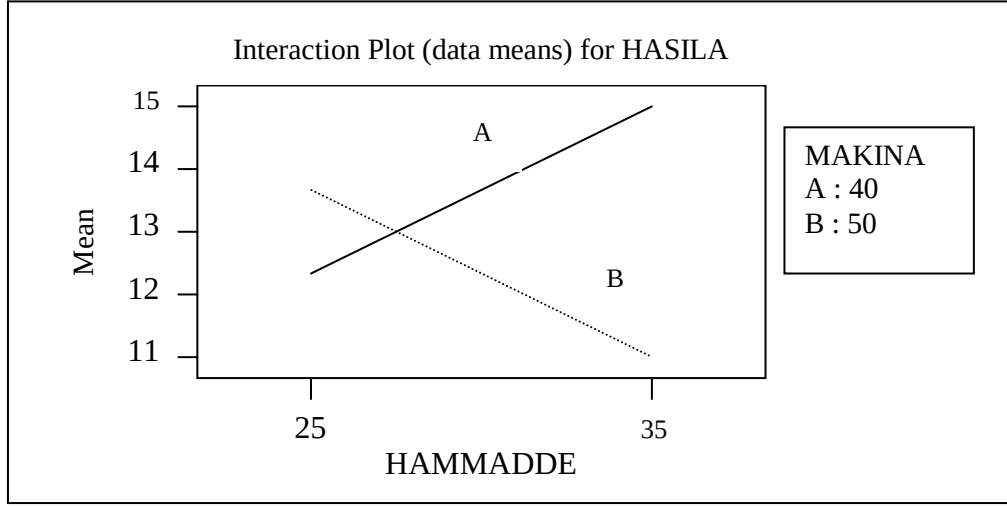
getirilir. OK kliklenir. Ana iletişim kutusunda bir daha OK kliklendiğinde Ekran 16'da (Şekil 8.18) görülen ana etkilerin çizimi grafiği elde edilir.



Şekil 8.18 Ekran 16. Ana Etkilerin Çizimi

Grafiğe bakıldığında hasıla üzerinde makina faktörünün ana etkisinin çok güçlü olduğu, buna karşılık hammadde faktörünün de hasıla üzerindeki etkisinin bir o kadar zayıf olduğu açıktır.

- 14) Etkileşim çiziminin elde edilmesi için yine Stat > DOE > Factorial > Factorial Plots komutu seçilir. Factorial Plots iletişim kutusunda Interaction Plots işaretlenerek Setup kliklenir. Ana etkilerin çiziminde olduğu gibi Selected kutusuna makina ve hammadde faktörleri getirilir. OK kliklenir. Ana iletişim kutusunda bir daha OK kliklendiğinde Ekran 17'de (Şekil 8.19) görülen etkileşim çizimi elde edilir. Bu çizime bakıldığında, en yüksek hasılanın elde edilmesi için 35 birimlik hammadde ve 40 makina kullanılması gerektiği açıktır.



Şekil 8.19 Ekran 17. Etkileşim Çizimi

SONUÇLAR

Six Sigma'nın, bazı büyük kuruluşlarda çok etkileyici sonuçlar ve bir kültür değişimi yaratma konusunda kesinlikle başarılı olmakla birlikte, pek çok şirketin Six Sigma çalışmalarına daha yeni başladığı düşünülürse henüz yaygınlaşmış bir yöntem olmadığı da ortadır. Bundan başka, pek çok Toplam Kalite Yönetimi ya da Sürekli Süreç İyileştirmesi bugün pek çok şirkette 1990'ların başında olduğundan daha azmış gibi görünüyorsa da, "TKY öldü" denmesi mümkün değildir. Pek çok şirket, TKY'nin ilkeleri ve araçları üzerinde temellenen iyileştirme çabalarıyla meşguldür. Six Sigma ise birçok açıdan, kalite ideallerinin ve yöntemlerinin güçlü bir yeniden doğuşu gibidir. Çünkü bu yeni düşünceler, geçmişte rastlandığının tersine, daha büyük bir istek ve inançla uygulanmaktadır.

Six Sigma, birçok TKY girişiminin sağladığı iyileşme düzeyinin çok daha ötesinde bir başarı potansiyeli sunmaktadır. Geçmişteki kalite programları, hem kendi sonuçlarını hem de TKY hakkındaki olumlu düşünceleri bir çırpıda silip atan hataların kurbanı olmuştur. Bunlar, şimdi Six Sigma'yı da denemek isteyen kuruluşların yine kolaylıkla tekrarlayabileceği türden hatalardır.

Bu yüzden, bu tez çalışmasında sunulan örneklerin ve geniş açılı yaklaşımların, önceden "kalite" ya da "süreç iyileştirmesi" çalışmalarına girişmiş olan şirketlerin, Six Sigma sisteminin bütününe daha yakından tanıyarak mevcut çabalarını iyileştirmesine yardımcı olacaktır.

Aşağıda Six Sigma'nın şirketlere sunduğu çözümler açıklanmıştır:

1. Six Sigma Çözümü: İşlerin ve Kişilerin Gelirlerine Bağlantı Kurmak

Six Sigma kuruluşları Süreç Yönetimini, İyileştirmeyi ve Ölçümü özellikle işletmeden sorumlu müdürlerin günlük işlerinin bir parçası olarak uygulamaya koyar.

General Electric'in Six Sigma'ya maledilen ve çok iyi bilinen %40'lık performans primi gibi teşvik uygulamaları, Six Sigma'nın işin bir parçası olduğu mesajını kuvvetlendirir. Dikkat gerektiren bir başka nokta, Six Sigma'nın idari ya da hizmet süreçlerine uygulanmasıdır. Bu sayede, GE'nin Capital Services finans biriminde çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

2. Six Sigma Çözümü: Ön Saflardaki Liderler

İşin en tepesindeki kişilerin Six Sigma'ya olan inanç ve tutkusu, Bombardier, AlliedSignal ve GE gibi şirketlerde apaçık görülmektedir. Bu tutku ve Six Sigma sistemi için bıkip usanmadan sürekli öncülük etmeye hazır olmak hemen her zaman, bir liderin Six Sigma'nın işin sürekli olarak yeniden yaratılmasıyla eşdeğer olduğunu kavramasıyla olanaklıdır. Bir şirket ya da alt bölümün yöneticisi, sadece ayakta kalmanın yeterli olmadığını söylediğinde ve sürekli başarıyı yakalamak için değişimin artık kaçınılmaz olduğuna karar verdiğinde, o şirket Six Sigma'yı uygulamak için yeterince olgunlaşmış demektir.

3. Six Sigma Çözümü: Tutarlı Bir Şekilde Tekrar Edilen Basit Bir Mesaj

Bu aşamada Six Sigma da, TKY'nin karşılaştığı güçlüklerle karşılaşabilir. Six Sigma, müşteriye odaklanarak, Süreç Yönetimi ve İyileştirmesine önem vererek, gerçekleri ve verileri akıllıca kullanarak başarıya ulaşmayı ve bunu sürekli kılmayı sağlayan bir çalışma sistemidir. Açık, eksiksiz ve yeterince spesifik. Bu tanımlamayı sürekli yineleyerek ve hangi araçların zorunlu olduğu ya da hangi Six Sigma felsefesinin izlenmesi gerektiği gibi tartışmalara girmeden, insanları kafa karışıklığından ve tereddütten uzak tutmak olanaklıdır.

4. Six Sigma Çözümü: Anlamlı ve Net Bir Hedef

Anlaşılır bir hedef, Six Sigma'nın belkemiğidir. Bu hedef çok iddialı olmakla birlikte, geçmişteki “sıfır hata” kampanyalarının tersine inandırıcı bir hedeftir. Hedef ister başarı oranıyla (% 99.9997 mükemmellik), ister milyon olasılıkta hata sayısı (3,4 MOHS) ile, isterse Altı Sigma (6σ) ile ifade edilsin, Six Sigma girişiminde rol alan kişiler sonuçların iyileştiğine tanık olur; üstelik bu iyileşmeyi para ile de ifade edebilir. Bunun kadar önemli başka bir nokta da, Six Sigma'yı uygulayan kuruluşların, müşteri gereksinimleri ve taleplerindeki değişimleri izleme yöntemlerine odaklanarak, performansların, müşterilerinin en son ve en özel taleplerine dayanarak ölçebilecekleri dinamik bir sistem kurmasıdır. Hedef zaman içinde değişebilir, ama kapalı çevrim Six Sigma sistemi kuruluşun buna ayak uydurmasına yardımcı olur.

5. Six Sigma Çözümü: Araçları ve Katılık Derecesini Koşullara Göre Seçmek

Six Sigma'nın yalnızca teknik uzmanlık değil, çok çeşitli becerileri gerektiren daha başarılı bir kuruluş yaratmak ve onu sürdürmek olduğunu kavrayan bir şirket bu sorunu yaşamaz. Birden fazla “Six Sigma Yolu” vardır. Benimsenecek en sağlıklı yaklaşım: “En kolay ve basit biçimde şirketi sonuca ulaştıracak araç ve yaklaşımlardan yararlanılacak” olmalıdır. “Gerekse de gerekme de herkesin derinlemesine bir analiz yapması isteniyor” değil. Süreçleri ölçmek ve iyileştirmek için tutarlı yöntemleri benimsemenin ya da ileri düzeydeki teknikleri kullanmanın hiçbir sakıncası yoktur. Six Sigma pek çok düşünceyi ve yöntemi kapsadığı için, katılık sorununun üstesinden gelebilir. Buna rağmen TKY'ne zarar veren tutuculuk, Six Sigma sistemi için de potansiyel bir tehlikedir. Six Sigma sistemine dikkat edilmelidir.

6. Six Sigma Çözümü: Departmanlar arası Süreç Yönetimine Verilen Öncelik

En ileri noktadaki Six Sigma uygulayıcıları, kendi hallerine bırakılmış bölümleri ve izole olmuş siloları gün ışığına çıkarma işini öncelik listelerinin üst sıralarına yerleştirir. Bu, hem daha sorunsuz işleyen, daha etkili ve daha verimli bir şirket meydana getirmeyi kolaylaştıracak bir hedef olarak, hem de iletişimsizlik ve yanlış anlamalardan kaynaklanan mükerrer işleri ortadan kaldıracak bir araç olarak önemlidir. Bu durumda bile, Six Sigma'nın kurumsal engelleri ortadan kaldırmadaki

başarısı ancak uzun vadede anlaşılabilir, bir kaç başarı zafer demek değildir. Süreçleri ölçme ya da iyileştirme yöntemleri kadar, Six Sigma sistemi için süreç yönetim disiplininin de yaşamsal önem taşımasının nedeni budur.

7. Six Sigma Çözümü: Adım Adım Katlamalı Değişim

Six Sigma'nın sunduğu en büyük fırsatlardan biri, hem küçük iyileşmelerin hem de büyük değişimlerin, 21. yüzyıl iş yaşamı açısından ayakta kalmanın ve başarıya ulaşmanın vazgeçilmez birer parçası olduğunu hatırlatarak taze bir başlangıç sunmasıdır.

8. Six Sigma Çözümü: Bütün İş Süreçlerine Verilen Önem

Six Sigma yalnızca hizmet ve işlemsel süreçleri ele almakla kalmaz, üretime kıyasla bu alanlara daha fazla önem verir. Bu nedenle Six Sigma, Toplam Kalite'den daha toplam olma potansiyeline sahiptir.

İyileşme zihniyetli kuruluşları ağına düşürebilecek en son tuzak ise halinden memnunluk ve tembelliktir. Kalite iyileştirmesini iş süreçlerine başarıyla entegre etmiş bir şirkete, ondan vazgeçmesini ve Six Sigma ile değiştirmesini tavsiye etmek delilik olurdu. Öte yandan, Six Sigma sisteminin geliştirdiği üstün araçları ve yönetim ilkelerini, “biz zaten kalite programı uyguluyoruz” diyerek görmezden gelmek de aynı derecede basiretsizlik olurdu.

Örneğin GE, başlıca tasarruflarının gerçek değerini, “Six Sigma'nın yararını ne zaman göreceğim?” diye soran müşterilerine yansıtabilmek için çabalarını iki katına çıkarması gerektiğini beyan etmişti. GE liderleri şöyle diyordu: “Dahili süreçlerimizde gerçekleşen iyileşmelerin müşteriler açısından hiçbir anlamı yoktur. “Allied/Honeywell'in liderleri de benzer biçimde, “başlarda Six Sigma ile elde ettikleri başarının verdiği rahatlık, bizi bir şekilde kendinden hoşnut hale getirdi ve masanın üzerinde daha ne kadar para bıraktık acaba sorusunu artık sormaz olduk. “Öyleyse, Six Sigma'yı önemsememenin tek nedeni mevcut iyileştirme çabalarının yeterince iyi olduğunu düşünmekse, bu da şirket için bir uyarı olmalıdır.

Bu nedenle şirketler zihinlerini her zaman açık tutmalı ve İyileştirme çabalarını iyileştirmek için -büyük ya da küçük- yeni yöntemler aramaları tavsiye edilebilir

KAYNAKLAR

- [1] **Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh.**, 2000, The Six Sigma Way : How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance, McGraw-Hill Trade, New York
- [2] **Thomas Pyzdek**, 2001, The Six Sigma handbook : A complete guide for greenbelts, blackbelts, and managers at all levels, McGraw-Hill, New York
- [3] **Harry, M.J.**, 1998, Six Sigma: A Breakthrough Strategy for Profitability, Quality Progress, May 1998; 60-62
- [4] **Robert Slater**, 1999, Jack Welch ve General Electric'in Yolu. Efsanevi CEO'nun Yönetim Analizi ve Liderlik Sırları, Litaratür Yayıncılık
- [5] **Harry, M.J. and Schroeder, R.**, 2000, Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations, Currency, New York.
- [6] **Perez-Wilson, M.**, 1999, Six Sigma-Understanding The Concept, Implications and Challenges, Arizona: Advanced System Consultants
- [7] **STAMANTIS D.H.**, 1995, Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution ASQS Quality PressMilwaukee Wisconsin
- [8] **Çoban, F.**, 2003, Six Sigma Zamanı, Capital Dergisi, Nisan, 202-204
- [9] **TÜV Südwest** FMEA Seminer Notları 2002 – İstanbul
- [10] **S.P.A.C** Danışmanlık Şirketi Seminer Notları 2003 – İstanbul
- [11] **Prof. Dr Necmi GÜRSAKAL, Yard. Doç. Dr. Ayşe OGUZLAR**, Altı Sigma, Bursa 2003
- [12] **GÜRSAKAL Necmi**, Bilgisayar Uygulamalı İstatistik 1, Alfa, İstanbul 2001
- [13] **GÜRSAKAL Necmi**, Bilgisayar Uygulamalı İstatistik 2, Alfa, İstanbul 2001
- [14] **MINITAB** Paket Programının “Help” Menüsü
- [15] www.kaliteofisi.com
- [16] www.altisigma.com
- [17] **KASA, H.**, 2003, Altı Sigma Gerçeği, Kalder Altı Sigma Deneyim Paylaşım Sempozyumu, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 28 Mart
- [18] **BAŞ, T.**, 1990 Altı Sigma, Kaliteofisi, İstanbul

- [19] **Cook, B.M.**, 1990, In Search of Six Sigma: 99,9997 per cent Defect-free, Industry Week, October, 60-65
- [20] **TAPTİK Y.**, Nisan 1995, Kalite Teknikleri, İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi Yüksek Lisans Ders Notları
- [21] **T.S. 7013** , Mayıs 1989, Kalite Güvence Kalibrasyon Sistem Sorumlulukları, Ankara,

EKLER

SIGMA HESAPLAMA TABLOSU

Bir sürecin Sigma düzeyi bir kaç farklı yoldan hesaplanabilir. Aşağıdaki adımlar, bir sürecin sonunda ortaya çıkan hata sayısını esas alarak, en basit yöntemi kullanmaktadır (genellikle ve uygun olarak “süreç sigması” olarak isimlendirilir).

I.ADİM: Sürecin, Birimin ve Şartların Seçilmesi

- Değerlendirmek istenen süreç tanımlanır (Süreç)
- Süreç sonunda üretilen birincil “şey” nedir? (birim)
- Bu birim için temel müşteri şartları nelerdir? (şartlar)

2. ADİM: “Hata”nın ve “Olasılık Sayısı”nın Tanımlanması

- Yukarıda değinilen şartlara bağlı olarak, tek bir birimde ortaya çıkabilecek bütün hatalar liste haline getirilir (örneğin, gecikme, eksik veri, yanlış ölçü, yanlış adrese teslimat vb.). Tanımlanan hataların objektif olarak saptanabileceğinden emin olunması gerekir. (hatalar)
- Tek bir birimde kaç tane hata ortaya çıkıyor? (olasılıklar)

3. ADİM: Veri Toplama & MOHS’nın Hesaplanması

- Süreç sonu verilerinin toplanması (sayılan birim) (sayılan toplam hata)
- Toplanan verilerdeki Toplam Olasılık hesaplanır:
$$\text{Sayılan Birim Adedi} \times \text{Fırsat} = (\text{Toplam Fırsat})$$
- Milyon Olasılıkta Hata Sayısı hesaplanır:
$$(\text{Sayılan Hata Adedi} / \text{Toplam Olasılık}) \times 10^6 = (\text{MOHS})$$

4. ADİM: MOHS’ı Sigma’ya Dönüştürülmesi

- Sigma Dönüştürme Tablosu (Şekil A.2) kullanılır.

Sekil A.1 Sigma Hesaplama Tablosu [19]

Başarı Oranı (%)	Milyon Olasılıkta Hata Sayısı	SIGMA
6,68	933,200	0
8,455	915,450	0,125
10,56	894,400	0,25
13,03	869,700	0,375
15,87	841,300	0,50
19,08	809,200	0,625
22,66	773,400	0,750
26,595	734,050	0,875
30,85	691,500	1
35,435	645,650	1,125
40,13	598,700	1,25
45,025	549,750	1,375
50	500,000	1,50
54,975	450,250	1,625
59,87	401,300	1,75
64,565	354,350	1,875
69,15	308,500	2
73,405	265,950	2,125
77,34	226,600	2,25
80,92	190,800	2,375
84,13	158,700	2,50
86,97	130,300	2,625
89,44	105,600	2,75
91,545	84,550	2,875
93,32	66,800	3
94,79	52,100	3,125
95,99	40,100	3,25
96,96	30,400	3,375
97,73	22,700	3,50
98,32	16,800	3,625
98,78	12,200	3,75
99,12	8,800	3,875
99,38	6,200	4
99,565	4,350	4,125
99,70	3,000	4,25
99,795	2,050	4,375
99,87	1,300	4,5
99,91	900	4,625
99,94	600	4,75
99,96	400	4,875
99,977	230	5
99,982	180	5,125
99,987	130	5,25
99,992	80	5,375
99,997	30	5,50
99,99767	23,35	5,625
99,99833	16,70	5,75
99,999	10,05	5,875
99,99966	3,4	6

Şekil A.2 Six Sigma Dönüştürme Tablosu [19]

ÖZGEÇMİŞ

Levent YİĞİTALP, 1976 yılında İstanbul’da doğdu. Orta öğrenimini 1994 yılında Nişantaşı Anadolu Lisesi’nde tamamladıktan sonra 1995 yılında İ.T.Ü Kimya–Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümüne girdi. 1999 yılında Metalurji–Malzeme Mühendisi ünvanını alarak İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji–Malzeme Mühendisliği Malzeme Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

1999 yılından itibaren Prof. Dr. Yılmaz Taptık ile çeşitli sektörlerde kalite yönetim sistemi konusunda danışmanlık hizmeti vermektedir. Bununla beraber 2000-2001 yılları arasında SOLO CUP (Urbana, IL, USA) firmasında mechanic olarak çalışmıştır.