

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA VE İSTATİSTİKSEL UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hürmüz Mine KURT

Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. Bülent CERİT

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA VE İSTATİSTİKSEL UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hürmüz Mine KURT
(507031215)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2007

Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2008

Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. Bülent CERİT
Diğer Jüri Üyeleri Yrd. Doç. Dr. Ufuk CEBECİ
Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Dünyada her alanda olduğu gibi, Kalite Yönetimi alanında da hızlı değişimler yaşanmaktadır. İyi organize olmuş bir Kalite ekibinin, şirketin performansına olan etkisi ve katkısı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, en gelişmiş kalite yönetimi uygulamalarından biri olan Altı Sigma ve İstatistiksel Uygulamaları konusu incelenmiş, gerçek bir işletme uygulamasına yer verilmiştir.

Yoğun akademik ve idarî çalışmaları arasında bana zaman ayırarak yüksek lisans eğitimimi yönlendiren Hocam Öğr. Gör. Dr. Bülent CERİT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez uygulamasında bana geniş zaman ayırarak yardımlarını esirgemeyen Ford Otosan çalışanları Alev Osma (Uzman Kara Kuşak), Murat Bakış (Kara Kuşak) ve Eylem Tırpan'a (Yeşil Kuşak) teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, her zaman yanımda olan eşim Önder'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hürmüz Mine Kurt

Aralık 2007

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Altı Sigma Kavramı	1
1.2. Altı Sigma Metodolojisi	5
1.3. Altı Sigmanın Tarihsel Gelişimi	8
1.4. Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma	11
1.5. Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi'nin Hataları	12
1.6. Altı Sigma'nın Yararları ve Prensipleri	16
1.7. Altı Sigma ve Müşteri Kavramı	19
1.8. Altı Sigma ve Süreç Yönetimi	22
1.9. Altı Sigma'nın Geleceği ve Yalın Altı Sigma	24
2. ALTI SİGMA UYGULAMA METODOLOJİSİ	27
2.1. Tanımlama	28
2.2. Ölçme	29
2.3. Analiz	30
2.4. İyileştirme	30
2.5. Kontrol	31
3. ALTI SİGMA ORGANİZASYON YAPISI	32
3.1. Üst Kalite Konseyi	33
3.2. Yönetim Temsilcisi	34
3.3. Şampiyonlar	35
3.4. Proje Lideri	35
3.5. Uzman Kara Kuşaklar	36

3.6.	Kara Kuşaklar	36
3.7.	Yeşil Kuşaklar	37
3.8.	Altı Sigma Eğitimleri	37
4.	ALTİ SİGMA UYGULAMALARINDA BAŞARI FAKTÖRLERİ	41
4.1.	Altı Sigma'yı İş Stratejilerine Bağlamak	42
4.2.	Müşteri Odaklılık	42
4.3.	Proje Yönetimi Becerileri	42
4.4.	Üst Yönetimin Desteği ve Katılımı	43
4.5.	Organizasyonel Altyapı	43
4.6.	Altı Sigma Metodolojisini Anlama	44
4.7.	Proje Seçme ve Önceliklendirme	44
4.8.	Kültürel Değişimi Yönetmek	44
4.9.	Eğitim	45
4.10.	Proje Takibi ve Gözden Geçirme	45
5.	ALTİ SİGMA UYGULAMA ARAÇLARI	47
5.1.	Tanımlama Aşamasında Kullanılan Araçlar	47
5.1.1.	Beyin Fırtınası	47
5.1.2.	Histogram	48
5.1.3.	Pareto Diyagramı	49
5.1.4.	Neden-Sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramı	51
5.1.5.	Ağaç Diyagramı	52
5.1.6.	İlişkilendirme Diyagramı	53
5.1.7.	Kıyaslama	54
5.2.	Ölçme Aşamasında Kullanılan Araçlar	55
5.2.1.	Veri Toplama	55
5.2.2.	Örnekleme Dağılımı	57
5.2.3.	Tekrar Edebilme ve Yeniden Üretebilme Ölçümü	58
5.2.4.	Süreç Sigması	58
5.3.	Analiz Aşamasında Kullanılan Araçlar	59
5.3.1.	Hipotez Testi	59
5.3.2.	İstatistiksel Anlam Testleri (Ki-Kare, T Testi, ANOVA, MANOVA)	63
5.3.3.	Regresyon ve Korelasyon Analizi	69
5.3.4.	Kalite Fonksiyon Yayılımı – KFY (QFD)	71
5.3.5.	Hata Türleri ve Etkileri Analizi – HTEA (FMEA)	75

5.3.6. Hatasızlık (Poka-Yoke)	79
5.3.7. Veri Madenciliği	82
5.4. İyileştirme Aşamasında Kullanılan Araçlar	82
5.4.1. Deney Tasarımı	82
5.5. Kontrol Aşamasında Kullanılan Araçlar	84
5.5.1. İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK)	84
6. FORD OTOSAN'DA ALTI SİGMA UYGULAMALARI	87
6.1. Şirket Tanıtımı	87
6.2. Ford Otosan'da Altı Sigma	89
6.3. Ford Otosan'da Altı Sigma Uygulama Örneği	90
6.3.1. Tanımlama Aşaması	90
6.3.2. Ölçme Aşaması	92
6.3.3. Analiz Aşaması	93
6.3.4. İyileştirme Aşaması	93
6.3.5. Kontrol Aşaması	94
7. SONUÇLAR	95
KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	100

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Sigma-MOHS İlişkisi.....	2
Şekil 1.2 : Günlük Hayatta Altı Sigma'nın Anlamı.....	4
Şekil 1.3 : Standart Normal Dağılım.....	5
Şekil 1.4 : Deney Histogramı.....	6
Şekil 1.5 : Deney Dağılım Grafiği.....	6
Şekil 1.6 : Normal Dağılım Grafiği Üzerindeki Hata Oranları.....	7
Şekil 1.7 : Üretici-Müşteri İlişkisi.....	21
Şekil 1.8 : Süreç Tanımı....	22
Şekil 1.9 : Akış Öncesi ve Akış Sonrası Değişkenler.....	23
Şekil 1.10 : Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma Arasındaki İlişki.....	25
Şekil 2.1 : Altı Sigma Proje Akış Şeması.....	28
Şekil 3.1 : Altı Sigma Çalışmasında Yer Alan Oyuncular Arasındaki İlişki.....	33
Şekil 5.1 : Histogram Grafiği Örneği.....	49
Şekil 5.2 : Pareto Grafiği Örneği.....	50
Şekil 5.3 : Balık Kılçığı Diyagramı.....	51
Şekil 5.4 : Ağaç Diyagramı.....	53
Şekil 5.5 : Kıyaslama Süreci.....	55
Şekil 5.6 : Kontrol ve Uygulama Gruplarının Test Sonrası İdealleştirilmiş Dağılımları.....	65
Şekil 5.7 : Aritmetik Ortalamalar Arasındaki Fark için Üç Farklı Senaryo.....	67
Şekil 5.8 : Regresyon Analizi Örneği.....	70
Şekil 5.9 : Değişkenler Arasında İlişkisiz Durum.....	70
Şekil 5.10 : Değişkenler Arasındaki Kuvvetli Pozitif ve Kuvvetli Negatif İlişki.....	71
Şekil 5.11 : Değişkenler Arasındaki Zayıf Pozitif ve Zayıf Negatif İlişki.....	71
Şekil 5.12 : Kalite Evi.....	72
Şekil 5.13 : Kalite Evi Örneği.....	73
Şekil 5.14 : Planlamadan Üretime KFY Şeması.....	74
Şekil 5.15 : HTEA Süreci.....	79
Şekil 6.1 : Ford Otosan Organizasyon Şeması.....	88
Şekil 6.2 : Ford Otosan Ortaklık Yapısı.....	89
Şekil 6.3 : Arka Kapı Kapanma Eforu Şikayetleri.....	91
Şekil 6.4 : TGW Kıyaslama Tablosu.....	91
Şekil 6.5 : Sebep-Sonuç Diyagramı.....	92
Şekil 6.6 : Pareto Diyagramı.....	93
Şekil 7.1 : Fitil Kesitlerindeki Değişim.....	96
Şekil 7.2 : Efor-Zaman Grafiği.....	97

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Deney Sonuç Tablosu.....	6
Tablo 1.2 TKY ve Altı Sigma İlişkisi.....	13
Tablo 1.3 Altı Sigma Uygulayan Şirketler ve Fayda-Tasarruf Göstergeleri....	16
Tablo 1.4 TKY, Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma'nın Karşılaştırması.....	26
Tablo 3.1 Genel Roller ve Kuşaklardaki Çeşitlerden Örnekler.....	32
Tablo 3.2 Altı Sigma Genel Eğitim Programı.....	39
Tablo 4.1 Altı Sigma için Kritik Başarı Faktörleri.....	41
Tablo 5.1 Şaft Üretiminde Yapılan Hatalar.....	50
Tablo 5.2 Gerçek Durum ile Sıfır Hipotezine İlişkin Verilmesi Olası Kararlar.....	61
Tablo 5.3 Müşteri Seçim Tablosu.....	64
Tablo 5.4 Hata Olasılığı Değerlendirme Tablosu.....	76
Tablo 5.5 Etki Önem Derecesi Tablosu.....	76
Tablo 5.6 Hatanın Saptanabilirliği Tablosu.....	77
Tablo 5.7 Konsolide Risk Öncelik Değerlendirme Tablosu.....	77
Tablo 5.8 İPK Uygulama Tablosu.....	86
Tablo 6.1 Ford Otosan'da Altı Sigma İstatistikleri.....	90

ALTI SİGMA VE İSTATİSTİKSEL UYGULAMALARI

ÖZET

Küreselleşen dünya ekonomisinde, gittikçe artan rekabet ortamında verimliliği artırmayı temel hedeflerinden biri olarak seçmeyen şirketlerin, uzun vadede ayakta kalabilmeleri ve rekabet edebilmeleri oldukça zorlaşacaktır. Altı Sigma yönetim sistemi, üretimden insan kaynakları yönetimine, finanstan pazarlamaya, şirketlerin her türlü sürecini daha verimli hale getirmektedir. Son yıllarda iş çevrelerinde sık sık adı duyulan Altı Sigma, günümüzde işletmeler tarafından her alanda uygulanması arzulanan bir plânlama, yönetim ve kontrol aracı haline gelmiştir. Altı Sigma, diğer birçok sistemle bütünleşik hâle gelmiş, temel yönetim araçları arasında yerini almayı başarmıştır. Bu tez; Altı Sigma ile ilgili detaylı bir içeriğe sahip olup, Altı Sigma'nın istatistiksel uygulama araçları üzerinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca, gerçek bir işletme uygulamasına yer verilmiştir.

Birinci bölümde, Altı Sigma kavramı ele alınmış, Altı Sigma'nın tarihsel gelişimi incelenmiştir. Ayrıca bu bölümde Altı Sigma'nın yararlarından, müşteri ve süreç kavramından, Altı Sigma'nın geleceğinden bahsedilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde, Altı Sigma uygulama metodolojisinden bahsedilmiş ve Altı Sigma uygulamalarının tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol aşamalarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Altı Sigma organizasyon yapısı anlatılmıştır.

Tezin dördüncü bölümünde Altı Sigma uygulamalarındaki başarı faktörlerinden bahsedilmiştir.

Tezin beşinci bölümünde, Altı Sigma uygulama araçları incelenmiştir. Bu bölümde detaylı olarak istatistiksel araçlar incelenmiş, bu araçlar değişik uygulama örnekleriyle zenginleştirilmiştir.

Altıncı bölüm, uygulama kısmına ayrılmıştır. Bu kısımda şirketin genel bir tanıtımı yapılmış, şirkette uygulanan Altı Sigma örneklerinden bahsedilmiştir.

Son bölüm olan yedinci bölümde ise, elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

SIX SIGMA AND STATISTICAL TOOLS

SUMMARY

In today's global world, it is difficult for companies to survive in long term and compete who do not choose increasing efficiency as a vital goal. Six Sigma management systems, brings efficiency to each process such as production, human resources, finance, marketing and so on. Six Sigma has been a desired planning, execution and control tool for companies in business environment in the last years. Six Sigma has been integrated with many other systems and has taken its place among fundamental management tools. That thesis includes a detailed content regarding Six Sigma System and it has been focused on statistical implementation tools. Moreover, a real company implementation has been considered in the study.

In the first section, Six Sigma topic has been studied. Historical improvement of Six Sigma has been told. Additionally, objectives and benefits of Six Sigma, customer and process concepts and future of Six Sigma have been discussed.

In the second section of the study, Six Sigma implementation methodology, its steps such as define, measure, analyze, improve, control have been defined.

In the third section, Six Sigma organizational structuring has been discussed.

In the forth section, success factors in Six Sigma implementation have been studied.

In the fifth section, Six Sigma Implementation Tools have been defined. In this section, statistical tools have been studied in detail and those tools have been enriched with different implementation tool samples.

Sixth section is about implementation of the thesis. In this section, the company has been introduced. Additionally, implementation of Six Sigma in the company has been discussed.

In final section, obtained results have been shared.

1. GİRİŞ

1.1. Altı Sigma Kavramı

Bir yönetim sistemi olarak Altı Sigma, işletmelerin kârlılık unsurunun gelişmesini hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, hata ve fire oranlarını indirip müşteri ihtiyaç ve isteklerini esas alarak süreç yönetimini bütünsel yaklaşım içerisinde ve istatistiksel olarak gerçekleştirmektedir. Altı Sigma paralelinde ele alınan süreç yaklaşımı sadece birkaç bölümde değil, işletme içi tüm faaliyetlerde uygulanmalıdır. Kalite kontrolde geçerli olan sistemler, hataların belirlenip düzeltilmesine odaklanmışken, Altı Sigma getirdiği paradigma değişimiyle süreçlerin iyileştirilmesi veya yeniden tasarımı ile hataların bir daha hiç olmaması için yapılandırılmış bir yol sağlamaktadır (Ada, 2004).

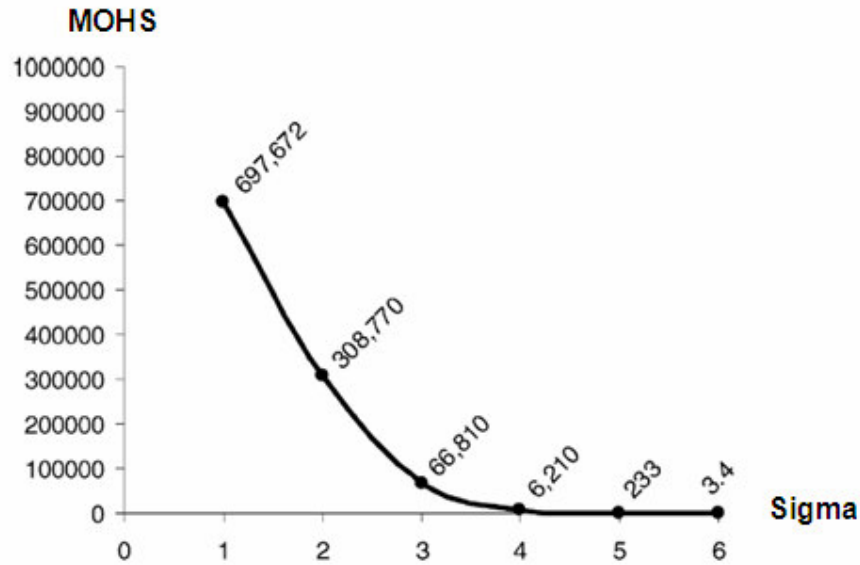
Altı Sigma ile müşteri memnuniyeti üzerine odaklanmış ve kârlılığı artırma amacıyla olan işletme içinde tüm süreçlerde bir yeniden değerlendirme başlamaktadır. Bunu takiben müşteri kriterlerinin, süreçlerin, girdi ve çıktı değerlerinin, performansın matematiksel ölçümü ve analizi gerçekleştirilmektedir. Müşteri tarafından ortaya konan kriterlerde mükemmeler yakın bir başarı öngören Altı Sigma, istatistiksel olarak milyonda 3,4 hata olasılığının altına inilmesini hedeflemiştir. Altı sigmanın müşteri memnuniyetini esas alan ve buna paralel olarak süreç yaklaşımı temelinde sistematik biçimde işletme genelinde uygulanan kantitatif metotların sonucunda:

- Hata oranları azalmakta,
- Çevrim süreleri kısalmakta,
- Stok seviyeleri düşmekte,
- Verimlilik yükselmekte,
- Maliyetler azalmakta,
- Yüksek müşteri tatmini ve
- Artan pazar payı ile kârlılık artışı sağlanmaktadır (Ada, 2004).

Altı Sigma uygulamalarında Sigma Seviyesi (Pande, 2004);

- Sigma = 1 ise, başarı oranı = % 30,9 ve MOHS = 690.000
- Sigma = 2 ise, başarı oranı = % 69,2 ve MOHS = 380.000
- Sigma = 3 ise, başarı oranı = % 93,3 ve MOHS = 66.800
- Sigma = 4 ise, başarı oranı = % 99,4 ve MOHS = 6.210
- Sigma = 5 ise, başarı oranı = % 99,98 ve MOHS = 320
- Sigma = 6 ise, başarı oranı = % 99,99966 ve MOHS = 3,4

Şekil 1.1’de, her Sigma seviyesine karşılık gelen Milyon Olasılıkta Hata Sayısı (MOHS) yer almaktadır (Linderman, 2003):



Şekil 1.1: Sigma-MOHS ilişkisi

İşte bu sebeplerle Altı Sigma felsefesinin uygulanması ile kalite odağında müşteri memnuniyetini esas alacak olan işletmeler, dünyadaki müşteri istek ve beklentileriyle teknolojik alanda hızla değişimi yakalayabilecek ve ağır rekabet koşullarının gereğini yerine getirebilecektir. Unutulmaması gereken nokta, şirketlerde bu felsefenin yerleşmesini kısa vadede bir operasyonel faaliyet değil, işletme bütününe hakim olması hedeflenen ve uzun vadede olmakla beraber sürdürülebilir ve anahtar bir yol olarak rekabet gücü sağlayacak stratejik bir karar olacağıdır. Küresel rekabet unsurları dikkate alındığında, klasik kalite yönetimi yaklaşımlarının, işletmelerin uzun dönemde başarıyı yakalamalarında yeterli olamayacağı görülmektedir. Bilgi

toplumunun yine bilgi merkezli küresel ekonomisinde kalıcılık ve esneklik, ancak Altı Sigma felsefesinin ortaya koyduğu paradigmal değişimin yakalanmasıyla mümkün olacaktır. Altı Sigma'nın sistem yaklaşımını temel alan süreç yönetimi, bütünsel bakış açısı ve mükemmelliğe giden yolu işletmenin her alanında ölçülebilir kriterlerle çizen metodolojisi somut iyileşme ve gelişme sonuçlarının da ortaya konmasını sağlayacak ve böylece bu felsefenin işletmenin makro çerçevesinde sektör ve ekonomi genelinde yaygınlaşması sağlanacaktır (Ada, 2004).

Altı Sigma konusunda literatürde birbirinden farklı tanımlara rastlamak mümkündür. Bu tanımlara göz atacak olursak;

“Altı Sigma, Toplam Kalite Yönetiminin önemli odak noktalarından biri olan süreçlerin kalitesinin ölçümü ve iyileştirilmesinde, kullanılabilen bir yöntem, bir metodolojidir. Hedefi hata oranlarını milyonda 3,4 seviyesine düşürmektir.” (Çelebi, 2006).

“Altı Sigma, organizasyonun temel süreçlerini, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde değerlendirmek ve iyileştirmek için, şimdi ve gelecekte tüm çalışanların bilgilerinin ve kantitatif metotların etkin olarak kullanılmasıdır.” (Çelebi, 2006).

“Altı Sigma, içerisinde kuvvetli araçların olduğu bir teknik program gibi görünse de, aslında bütününde yönetsel ve kültürel bir değişim programıdır.” (Çelebi, 2006).

“Altı Sigma, işte başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaşmak için kapsamlı ve esnek bir sistemdir. Altı Sigma'yı işleten benzer mekanizma, müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir.” (Çelebi, 2006).

“Altı Sigma, prosesleri ve ürünleri sistematik ve bilimsel yaklaşımlarla müşteri gereksinimlerine göre iyileştirmek ve verimliliği artırarak sürekli kılmak için verileri ve istatistiksel araçları kullanan ve kritik başarı faktörlerine göre kaliteye ve verimliliğe projelerle odaklanan bir yöntemdir.” (Işığışok, 2005).

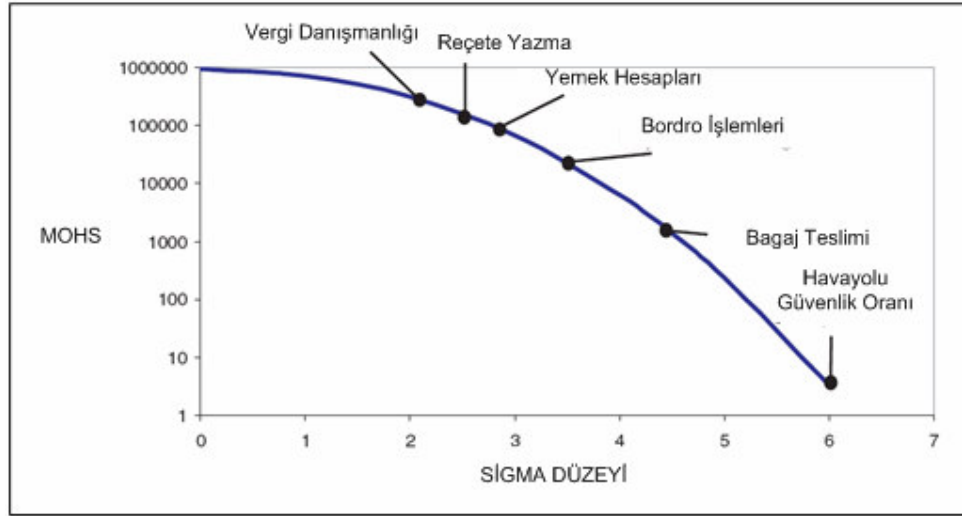
“Altı Sigma, kalite problemlerinin temel nedenlerini bulmak ve kontrol noktaları oluşturmak için istatistiksel yöntemlerle veri analizi yaparak kaliteyi iyileştiren bir felsefe, aynı zamanda bir metodolojidir.” (Markarian, 2004).

“Altı Sigma, operasyonel süreçlerdeki fireleri, işsizliği ve kayıpları başarılı bir şekilde azaltmak için kullanılan ve 1986 yılında Motorola tarafından geliştirilen bir metottur. Altı Sigma uygulamaları sonucunda şirketlerin kalite düzeyinde, müşteri memnuniyetinde, operasyonel ve finansal performansında ilerlemeler gözlemlenmektedir.” (Fairbanks, 2007).

“Altı Sigma, hata oranını milyonda 3,4’e düşürmeyi hedefleyen bir kalite iyileştirme programıdır. Altı Sigma, normal dağılımı ve ürün hataları ile ürün geliri, çevrim zamanı, stoklar arasındaki kuvvetli ilişkiyi kullanır.” (Sokovic, 2005).

Yukarıdaki tanımlardan anlaşılacağı gibi Altı Sigma, hata oranlarını en aza indirmek suretiyle şirketlerin performanslarını en yükseğe çıkarmayı hedefleyen istatistiksel bir araçtır. Altı Sigma, bünyesinde uygulanabilir bir metodoloji barındırır, bu metodoloji sayesinde süreçleri iyileştirerek iç ve dış müşteri memnuniyetini sağlar ve kurumsal başarıyı artırmaya odaklanır.

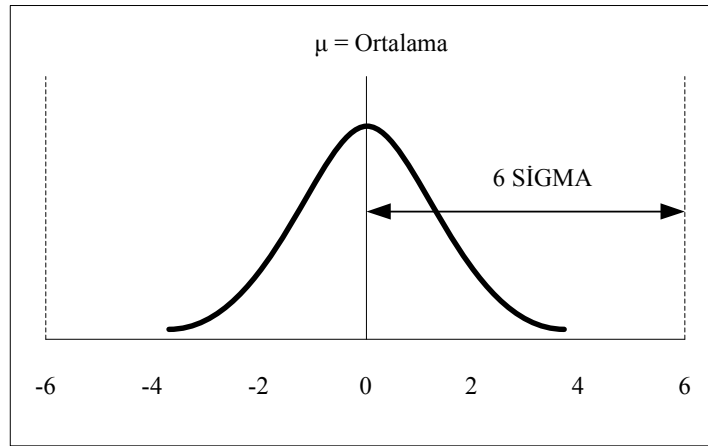
Günlük hayatta Altı Sigma’nın önemi Şekil 1.2’de anlaşılmaktadır (Markarian, 2004):



Şekil 1.2: Günlük Hayatta Altı Sigma’nın Anlamı

1.2. Altı Sigma Metodolojisi

Sigma (σ), Yunan alfabesinde kullanılan bir harftir. Sigma, özellikle istatistikçiler tarafından herhangi bir sürecin değişkenliğini ölçmek için kullandığı bir ölçüttür. Sigma, bir iş sürecine uygulandığında, Sigma değeri, sürecin ne kadar iyi işlediğini gösteren sonuçlar verir. Sigma seviyesi ne kadar yüksekse, süreçle ilgili hata sayısı, maliyet, hurda miktarı ve çevrim zamanı da o kadar düşük olacaktır. İstatistiksel olarak baktığımızda Sigma standart sapmayı temsil etmektedir. Üretim süreçlerinin normal bir sonucu olarak üretilmiş parçaların her biri birbirinden farklı biçimdedir. Değişkenlik ise, kalitenin düşmanıdır. Sigma, belirli bir ana kütledeki parçaların dağılımı veya değişkenliğinin standartlaştırılmış istatistiksel ölçümüdür. Şekil 1.3'teki Standart Normal Dağılım grafiğinde gösterildiği gibi Sigma, ana kütle ortalaması ve standart sapma arasındaki mesafedir. Standart Normal Dağılım; ortalaması 0, standart sapması 1 olan dağılımdır. (Özkan, 2006).



Şekil 1.3: Standart Normal Dağılım

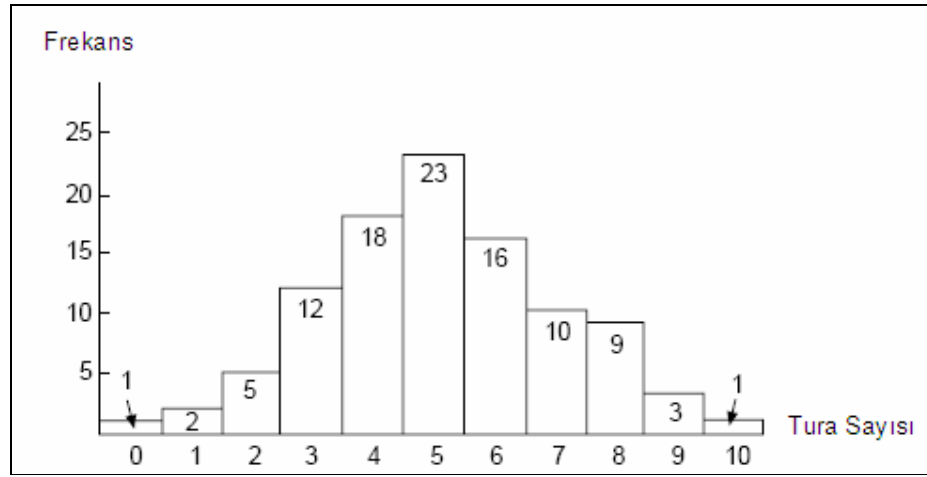
Altı Sigma faaliyetlerinde kullanılan verilerin genel olarak normal dağılıma uygun davrandığı kabulü vardır. Elimizdeki verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı normalite testi ile kontrol edilir. Aşağıdaki formülde gösterilen normal dağılıma ait fonksiyondan anlaşılacağı üzere dağılımın, standart sapma ve aritmetik ortalama parametrelerine sahip olduğu görülür (Özkan, 2006).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} * e^{\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2}$$

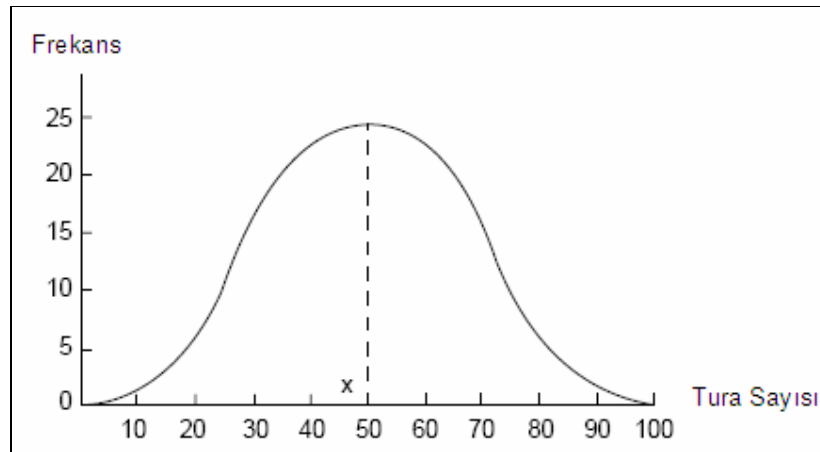
Normal dağılıma ilişkin bir örnek verecek olursak; 10 adet madeni paranın 100 defa havaya atıldığını düşünelim. Her atışta 10 madeni paranın üst yüzünün tura gelmesi 0 ila 10 arasında değişmektedir. Burada beklenen, hilesiz madeni paraların ortalama 5 tura, 5 yazı şeklinde gelmesidir. Tablo 1.1’de bu deneyin sonuçları, Şekil 1.4’te deneye ait Histogram ve Şekil 1.5’te deneye ait dağılım grafiği yer almaktadır (Basu, 2003):

Tablo 1.1: Deney Sonuç Tablosu

Tura Sayısı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frekans	1	2	5	12	18	23	16	10	9	3	1

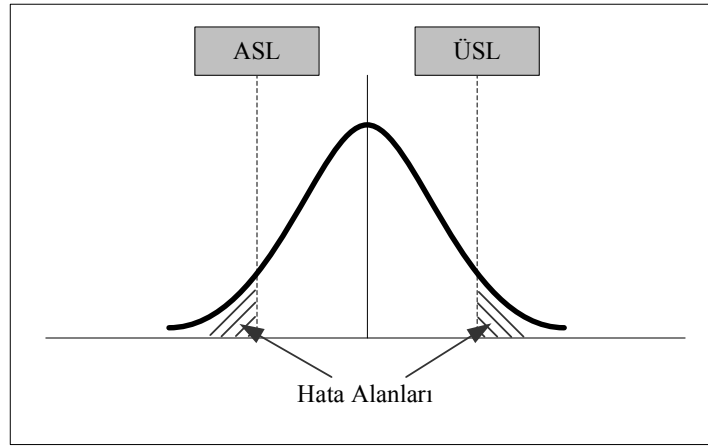


Şekil 1.4: Deney Histogramı



Şekil 1.5: Deney Dağılım Grafiği

Eğer bir parça imal ediyorsanız, mutlaka bu parçaya ait tasarımdan gelen spesifikasyonlar mevcuttur. Bu spesifikasyon değerlerini normal dağılım grafiğine eklediğimizde parçanın imalat sürecini gösteren hata oranlarını hesaplamak mümkündür. Şekil 1.6’da normal dağılım grafiğinde üst spesifikasyon limiti (ÜSL) ve alt spesifikasyon limiti (ASL) mevcuttur. Aynı zamanda ASL ve ÜSL dışında kalan taralı bölgeler ise hata alanlarını göstermektedirler. Hata alanı, eğrinin spesifikasyon değerlerinin dışında kalan bölümlerinin altında kalan alanlardır. Hata olasılıkları ise, hata alanının, eğrinin toplam alanına oranıdır (Özkan, 2006).



Şekil 1.6: Normal Dağılım Grafiği Üzerindeki Hata Oranları

Matematiksel olarak, bu oranın hesaplanması için eğrinin fonksiyonunun bulunması ve integralinin alınarak alanlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu ise, uzun ve zor bir yöntemdir. Bunun yerine Z dağılım yöntemi kullanılır. Z dağılımı, ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan standart normal bir dağılımdır. En önemli özelliği ise, eğri üzerindeki her değer için, eğri altında sınırlanan alanın biliniyor olmasıdır. Her Z değerine karşılık, eğrinin altında kalan ya da hata bölgesinde kalan hata olasılık değerleri standart normal dağılım tablolarından bulunabilir. Bir değer Z karşılığı, standart sapma cinsinden ortalamadan ne kadar uzakta bulunduğunu gösterir. Örneğin, Z=2 olması ilgilenilen x değerinin ortalamadan 2 standart sapma uzakta olduğu anlamındadır. Sonuç olarak, normal dağılmış bir sürecin, Z dağılımı kullanılarak, ASL ve ÜSL değerlerinin Z karşılıkları bulunursa, hata olasılığı kolaylıkla hesaplanabilir (Özkan, 2006).

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma}$$

σ = Örneklemin standart sapması

$\bar{X}$ = Örneklemin ortalaması

X = Z karşılığı bulunmak istenen değer

ÜSL ve ASL için Z değeri şu şekilde hesaplanır (Özkan, 2006):

$$Z_{Üst} = \frac{(\bar{X}_{SL} - \bar{X})}{\sigma} ; Z_{Alt} = \frac{(\bar{X} - ASL)}{\sigma}$$

1.3. Altı Sigmanın Tarihsel Gelişimi

Altı Sigma Metodolojisinin, 1980'li yılların ortalarında Motorola tarafından geliştirildiği söylenmesine karşın, yaklaşık 100 yıllık bir geçmişi bulunmaktadır (Çelebi, 2006).

- 1900 ve 1920'li yıllarda Frederick Winslow Taylor'ın geliştirdiği Bilimsel Yönetim ve İstatistik teorileri
- Henry Ford'un seri üretim hatlarını 84 ayrı istasyona ayrıştırarak Tam Zamanında Üretim ve Yalın Üretim uygulamalarını kullanması
- Walter Shewhart ve Joseph M. Juran'ın 1920 ve 1924 arasındaki kalite çalışmaları sonucunda üretim süreçlerindeki kaliteyi değerlendirmek üzere geliştirdikleri Kontrol Grafikleri ve modern İstatistiksel Proses Kontrol yöntemleri
- 1950'li yıllarda Japon kalitesinin en bunalımlı dönemlerini yaşadığı zamanlarda, Japonlara danışmanlık desteği sağlayarak Japon Kalite devriminin yapılmasına büyük katkı sağlayan Dr. W. Edward Deming, Dr. Joseph M. Juran ve Dr. Armand Feigenbaum'un uygulamaları ve sonuçta Japonlar'ın üstün rekabet gücüne ulaştığı 1970'li yıllar.

1970'li yıllarda Japonlar'ın kalite devrimi meyvelerini vermeye başlamış ve Japonlar, müşteri beklentilerini karşılayan ucuz ürünleriyle Amerikan pazarında egemen olmuşlardır. Birçok Amerikan şirketi gibi Motorola da Japonlar ile rekabet etme yeteneğinden dolayı, her geçen gün Pazar kaybetmeye ve küçülmeye devam eden bir durumdadır. Öyle ki, 1970'li yıllarda Amerika'da televizyon üretimi yapan Quasar adındaki şirketini yüksek kalitesizlik maliyetleri nedeniyle, Japonlar'ın ünlü bir holdingi olan Matsushita'ya satmak zorunda kalırlar. Televizyon üretiminde %

150'lere varan hata oranlarının yarattığı verimsizlik ve maliyetler (her 100 televizyonda toplam 150 tane parçanın hatalı olması ve bu parçaların onarılması veya hurdaya atılıp yenilerinin takılmasının yarattığı kalitesizlik maliyetleri artık dayanılacak boyutların çok ötesindedir. Matsushita 1970'li yıllarda Motorola'dan satınaldığı Quasar'da yeniden bir kalite devrimi yaratarak, istatistiksel teknikleri televizyon üretim proseslerinin gelişmesinde kullanmış, % 150 hata oranlarının birkaç yıl içinde % 3 seviyelerine kadar düşürmüştür. Amerika'da Amerikan işçisi ile elde edilen bu başarı, tüm Amerikan endüstrisi ile paylaşılacak üzere Amerikan Kalite Derneği'ne raporlanmıştır (Çelebi, 2006).

Diğer yandan 1980'li yılların başında çoğu Amerikan şirketi gibi Japonlar karşısında sürekli Pazar kaybeden Motorola, kötüye gidişi durdurmak amacıyla kapsamlı araştırmalar, ürün kıyaslamaları yapmaya başlamıştır. Motorola mühendislerine göre, Japon ürünleri kalitesiz olduğu için ucuzdur. Müşteri ise kaliteli ürün değil, ucuz ürünleri tercih ettiği için Japon ürünlerine yönelmektedir. Öte yandan, kalitesiz Japon ürünlerini tercih eden müşteriler, uzun vadede sorunlar yaşayacak ve kaliteli ürün almak için tekrar Motorola'ya döneceklerdir (Çelebi, 2006).

Kalite kavramını yorumlamayı öğrenen Motorola, artı rekabet için müşterilerine gitmeye ve onların fikirlerini daha dikkatli anlama yoluna gitmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda müşteriler, Motorola ürünleriyle Japon ürünlerinin aynı fonksiyonu yerine getirmesine rağmen Motorola'nın çok pahalı olduğunu, bu nedenle de Japon ürünlerini tercih ettiklerini söylemişlerdir. Motorola uzmanlarına göre, kalitesiz Japon ürünleriyle Motorola ürünlerinin müşteri için farkı olmayan fonksiyonları yerine getirmesi imkansızdı. Çünkü, onlara göre, Japonlar'ın kullandığı malzemeler kalitesizdi ve ayrıca Japonlar üretim proseslerinde yapılması gereken birçok kontrolü yapmıyorlardı. Bu yargılara karşı en net cevaplar Amerikan Kalite Derneği'nden gelmişti. Amerikan Kalite Derneği Motorola'ya ait olan Quasar firmasında Japonlar'ın uyguladığı iyileştirmeleri anlatan raporu uzmanlarına sunarak süreçlerdeki verimsizliklerin, tamir ve kontrol maliyetlerinin ne kadar büyük boyutlara ulaşabildiğini göstermişti. Japonlar'ın ucuz ürünlerinin gerisinde Japonya'daki ucuz işçilik ve ucuz malzemelemin olmadığı, Amerika'da Amerikan işçisi ve malzemesi ile üretim yapan Quasar'ın da son derece düşük üretim maliyetlerine ulaşabildiği bu raporda açıkça belirtilmekteydi (Çelebi, 2006).

Artık Japonlar ve Japon üretim teknikleri başka bir gözle kıyaslanıyordu. Ürün kalitesinden çok süreçlerin kalitesini gösteren yeterlilik indeksleri, şirketin rekabet gücünü belirleyen çok önemli bir gösterge haline gelivermişti. Süreçte varolan hatalar belirli bir disiplin altında ölçülerek, istatistik yardımıyla analiz edilmeli ve iyileştirilmeliydi. Öyleyse Japonlar gibi ürün kalitesinden daha çok, ürünün üretildiği sürecin kalitesinin sorgulandığı bir yönetim tarzı oluşturulmalı ve bunu iyileştirmek için de müşteri beklentilerinin çok iyi belirlendiği bir yöntem düzenlenmeliydi (Çelebi, 2006).

Bu mesajı iyi değerlendiren Motorola başkanı kuruluşu köklü bir değişime itmiştir. Bundan sonra kendisinin ilk sorgulayacağı indeksin süreç kalitesi olacağını belirterek bu konu üzerinde hemen çalışmaların başlatılmasını istemiştir. İşte bu çalışmalar, Altı Sigma'yı gün yüzüne çıkarmıştır. Böylelikle Motorola şirketleri verimliliklerini "Sigma Seviyesi" adını verdikleri bir indeksle takip etmeye başlamışlardır. Bunu iyileştirmek için de odaklanmış projeler belirlemişler ve bu projeleri hedeflerine ulaştırmak için TÖAİK (Tanımla-Ölç-Analiz Et-İyileştir-Kontrol Et) adı verilen ve kendilerinin derlediği problem çözme modelini oluşturmuşlardır (Çelebi, 2006).

1981'de Motorola'nın en üst on amacından birisi de, 1986'dan önce kaliteyi on kat geliştirme ve beş yıl içinde on kat büyüme kararıdır. Bu çerçevede öncelikle firma içinde "yaygın hata azaltma ve birim başına hata sayısı" kavramları tanımlandı. Bu tanım bütün birimlerde hatalara ilişkin veri ölçme ve toplamaya odaklanılmasını sağladı. Böylece, George Fisher tarafından yönetilen Motorola İletişim grubundan yeni bir düşünce doğdu ve bu yenilikçi iyileştirme kavramına Altı Sigma adı verildi. Daha sonra, telefon kalitelerinin artması ve gelişmesini sağlamak için Altı Sigma teknikleri iç eğitimlerde kullanılmaya başlandı. Böylece, Motorola firması, 1988'de, Altı Sigma felsefesi kullanarak, Ulusal Kalite Ödülünü alan ilk firma ünvanını almış ve her beş yıl içinde on kat büyüme hedefi, dört yıl içinde yüz kat büyüyerek gerçekleşmiştir (Işığışık, 2005).

Motorola'nın stratejisi ve kaliteye bu kadar odaklanması bütün dünyada başta otomotiv sektörünün üyeleri olmak üzere bütün firmalar tarafından ilgiyle izlenmeye başlandı. Altı Sigma tekniklerini kritik bir başarı faktörü olarak Motorola'dan sonra, General Electric (GE) ve Allied Signal (veya 1999'da gerçekleşen birleşmeden sonraki adıyla Honeywell) uygulamış ve dört yıldan kısa sürede milyarlarca dolar

kazanç sağlamışlardır. Altı Sigma sayesinde Motorola'nın ulusal kalite ödülü alması dışında Altı Sigma tarihindeki diğer büyük bir olay ise, 1991'de Jack Welch'in GE'nin CEO'su olmasıyla gerçekleşti ve Welch "üst düzey kurmaylarından Altı Sigma'ya –cılıncı– bağlanmalarını istedi." Ayrıca GE'nin Altı Sigma'ya olan inancını ise, "dengesizce" diye nitelendirdi. GE, Altı Sigma'yı 1995'te uygulamaya başladı ve 1996-1999 döneminde dört yıllık süreçte 2,2 milyar dolar kar elde etti (Işığışok, 2005).

Allied Signal / Honeywell, Motorola ve GE ile bağlantılı bir başka başarı öyküsüdür. Allied, 1995'te Altı Sigma çalışmalarına başlamış ve 1999'da Altı Sigma konusunda geniş kapsamlı personel eğitimi ve Altı Sigma ilkelerinin uygulanmasıyla, yılda 600 milyon dolardan daha fazla tasarruf sağlıyordu. Allied Altı Sigma ekipleri, sadece tekrar işlerden kaynaklanan maliyetleri azaltmakla kalmayıp, aynı ilkeleri uçak motorları gibi yeni ürünler için de uygulayarak, tasarımdan tescile kadar geçen 42 aylık süreyi de 33 aya indirmiştir (Işığışok, 2005).

1.4. Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma

Toplam Kalite yönetimi; tüm proseslerin, ürünlerin ve hizmetlerin tam katılım yoluyla geliştirilmesi, iç ve dış müşteri tatmininin artırılması ve müşteri bağlılığının yaratılmasının sağlanması amacıyla işletmede alınan sonuçların iyileştirilmesine dayanan, müşteri beklentilerini herşeyin üzerinde tutan ve müşteri tarafından tanımlanan kaliteyi, tüm faaliyetlerin yürütülmesi sırasında ürün ve hizmet bünyesinde oluşturan modern yönetim biçimidir. (Çelebi, 2006).

Toplam Kalite Yönetimi (TKY) prensiplerini kabul eden Altı Sigma, TKY'nin ötesinde ve mükemmel bir kalite seviyesi için sistematik, bilimsel ve kalıcı bir yaklaşım sağlar. O halde, TKY'ye uzaktan veya yakından bulaşan firmalara Altı Sigma yaklaşımı yabancı gelmeyecektir. Daha önce bilinen ve kullanılan tekniklerin ve yöntemlerin, Altı Sigma yaklaşımıyla başarı faktörleri ve rekabet gücü ile ilgili sonuçlar üzerinde çok daha etkili olarak uygulandığı söylenebilir. Altı Sigma metodolojisi, sadece kaliteye odaklanan bir yaklaşım olmayıp, organizasyonda yer alan tüm proseslerde ve alanlarda, kısaca fırsatların yer aldığı her yerde uygulanabilir. Ancak, Altı Sigma'nın uygulanabilmesi için ISO 9001, ISO/TS 16949, ISO 14001 vb. kalite yönetim sistemi belgelerinin varlığından çok, etkin olarak

işliyor olması gereklidir. Altı Sigma, işlemeyen ve çalıştırılmayan belgelerin bulunduğu firmalar yerine bu tür belgelerin olmamasına karşın sistemli ve güvenilir veri altyapısının olduğu firmalarda da uygulanabilir. Kısacası Altı Sigma'nın temeli verilere dayanır ve veri olmadan fırsatlar etkin olmadan izlenemez ve görülemez (Işığışok, 2005).

Altı Sigma, kurum geneline daha geniş bir bakış açısıyla yaklaşmaktayken, Toplam Kalite Yönetimi'nin temel felsefelerinden biri olan ve Sürekli İyileştirme anlamına gelen Kaizen, daha çok kısa dönemde sorunların çözümüne yönelik bir yaklaşımdır. Altı Sigma'nın getirdiği paradigma değişimi, tek tek hataların düzeltilmesi yerine sürecin incelenmesi ve iyileştirilmesi olarak tanımlanabilir. Altı Sigma'yı Toplam Kalite Yönetimi'nden ayıran bir özellik de, önceki yaklaşımlarda sorunu çözmek esas alınırken maliyet olgusunun göz ardı edilmesidir. Aktivite incelenirken maliyet-fayda analizi yapılmalı ve maliyeti karşılayacak bir işlem olup olmadığı belirlenmelidir. Bu açıdan Altı Sigma, Toplam Kalite Yönetimi'ne göre daha sistematik ve kâr odaklı bir kalite yönetimidir (Ada, 2004).

1.5. Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi'nin Hataları

Toplam Kalite Yönetimi (TKY), arkasında olumlu bir şöhret bırakmış olmasına, pek çok kuruluştaki hala yaşıyor olmasına ve Altı Sigma sisteminin oluşturulmasını sağlayacak zemini hazırlamış olmasına karşın, bugün neden çok fazla rağbet görmemektedir? Olumsuz yargıların bir bölümü sadece duygusaldır, Toplam Kalite Yönetimi'nin ilk yıllarında bu kadar talep görmesine karşılık ödediği bedel olarak düşünülebilir. Bunun kadar önemli başka nokta da, birçok girişimin başlatılma ve yönetilme biçiminin, Toplam Kalite Yönetimi uzmanlarının zihninde, kötü bir izlenim bırakmasıdır. Bu nedenle kaliteyi bilen ve uygulamış insanlar, belki de, Altı Sigma'nın gerçekten yeni ve üstün birşey sunduğuna en zor ikna edilecek kişiler olacaktır. Toplam Kalite Yönetimi'nin geçmişte yaptığı bazı hataların, yeterince dikkatli olunmadığı takdirde, Altı Sigma girişimlerinde yinelenmesi işten bile değildir. Tablo 1.2'de Toplam Kalite Yönetimi'nin karşılaştığı bazı hataların yanı sıra, Altı Sigma'nın aynı durumlar için nasıl bir yol izlediğini göstermektedir (Pande, 2004)

Tablo 1.2: TKY ve Altı Sigma İlişkisi

TKY Hatası	Altı Sigma Çözümü
Entegrasyon Eksikliği: Kalite sık sık, şirket stratejisi ve performansının temel konularından farklı bir yan etkinlik gibi görülmüştür. Bunun gölgeleri arasında, çekirdek yönetim ekibinden çok, bu kişilerin konuyu delege ettikleri kişilerden oluşan bir Kalite Konseyi ya da kâr-zarar veya net kâr gibi konular ile hiç ilişkisi olmayan kalite bölümü personeli sayılabilir. Bir diğer bütünleşme boşluğu da, şirketin orta kademe yöneticilerinin karar verme sürecinden çıkarılmasıyla ve sorun çözme yetkisinin bu yöneticilerin resmen kontrolünde olmayan ekiplere devredilmesiyle ortaya çıkar. Toplam kalite kavramının telaffuz edilmesine karşın, çabaların yalnızca ürün üretim departmanlarıyla sınırlı bırakılmasıyla girişimin kuruluşa gerçek anlamda mal olmasını engeller.	İşlerin ve Kişilerin / Şirket ve Kişilerin Gelirlerine Bağlantı Kurmak: Altı Sigma kuruluşları süreç yönetimini, iyileştirmeyi ve ölçümü özellikle işletmeden sorumlu müdürlerin günlük işlerinin bir parçası olarak uygulamaya koyar. General Electric'in (GE) Altı Sigma'ya mal edilen ve çok iyi bilinen % 40'lık performans primi gibi teşvik uygulamaları, Altı Sigma'nın işin bir parçası olduğu mesajını kuvvetlendirir. Dikkat gerektiren bir başka nokta, Altı Sigma'nın idari ya da hizmet süreçlerine uygulanmasıdır. Bu sayede, GE'nin Capital Services finans birimlerinde çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir.
İlgisiz Liderler: Başarılı TKY uygulamalarının hepsinde liderlerin süreçleri yönlendirme konusunda aktif olarak rol aldıkları görülür. Ancak daha sık rastlanan durum, üst düzey yönetimlerin kuşkuculuğu ya da kalite fikrini geliştirme konusundaki isteksizlikleridir. Bu tür kuruluşlarda kalite geçici olarak hissedilir ve bu girişime ön ayak olan kişiler şirketten ayrıldıklarında da kalitenin geçici olduğu kanıtlanmış olur.	Ön Saflardaki Liderler: İşin en tepesindeki kişilerin Altı Sigma'ya olan inanç ve tutkusu, Bombardier, AlliedSignal ve GE gibi şirketlerde apaçık görülmektedir. Bu tutku - ve Altı Sigma sistemi için bıkmadan usanmadan sürekli öncülük etmeye hazır olmak – hemen her zaman bir liderin Altı 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 Altı Sigma'yı uygulamak için yeterince olgunlaşmış demektir.
Kavram Bulanıklığı: TKY'deki bulanıklık kalite kavramının kendisiyle başlar. Kalite, pek çok yan anlamı olan bildik bir sözcüktür. Pek çok şirkette kalite, kalite kontrol ya da kalite güvence gibi belli sorumlulukları olan, yaklaşımın süreci iyileştirmek yerine onu istikrarlı duruma getirmeye somut bir bölüm olagelmıştır. Kalite felsefelerinin fikirleri de bütün kavramı pek çok kişi için gizemli hale getirmiştir. ISO 9000 sertifikası ya da	Tutarlı Bir Şekilde Tekrar Edilen Basit Bir Mesaj: Bu aşamada Altı Sigma da, TKY'nin karşılaştığı güçlüklerle karşılaşabilir. Hepsinin ötesinde Altı Sigma terimi burada anlatmaya çalıştığımız sistemi tam olarak ifade etmek için yeterli değildir. Önerdiğimiz pratik tanımlamanın oldukça işe yarayacağına inanıyoruz. Altı Sigma müşteriye odaklanarak Süreç

“reengineering” teknikleri benzeri yeni yaklaşımların ortaya çıkmasıyla, mevcut kalite çabalarıyla bir türlü bütünleşemeyen TKY’nin yetersizliği iyice belirgin duruma gelmiştir.

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 Altı Sigma felsefesinin izlenmesi gerektiği gibi tartışmalara girmeden, insanların kafa karışıklığından ve tereddütten uzak tutmak olanaklıdır.

Belirsiz Bir Hedef:

Pek çok şirket, kulağa olumlu gibi gelen örneğin müşteri beklentilerini karşılamak ve ötesine geçmek benzeri kavramlarla, ancak bu hedeflere doğru ilerlemeyi değerlendirecek gereçleri oluşturmadıkları için, kalite kavramını da bulanık hale getirmiştir. 1980’lerde ve 1990’larda öğretilen kalite yöntemleri de, gerçekte çok çeşitli ve değişken olan müşteri taleplerini karşılamada oldukça başarısız kalmıştır. Müşteri isteklerini gerçekten anlamamızı sağlayacak araçlar olmadan, TKY girişimi, açık uçlu bir çevrim olmaya mahkumdur; bu döngü içinde şirket, müşterilerinin bugünkü taleplerini karşılayabilir ancak yarının müşterisi için kendini hazırlayamaz.

Anlamlı ve Net Bir Hedef:

Anlaşılır bir hedef, Altı Sigma’nın bel kemiğidir. 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 Sigma ile ifade edilsin, Altı Sigma girişiminde rol alan kişiler sonuçların iyileştiğine tanık olur; üstelik bu iyileşmeyi para ile de ifade edebilir. Bunun kadar önemli başka bir nokta da, Altı Sigma’yı uygulayan kuruluşların, müşteri gereksinimlerini ve taleplerindeki değişimleri izleme yöntemlerine odaklanarak, performanslarını müşterilerinin en son ve en özel taleplerine dayanarak ölçebilecekleri dinamik bir sistem kurmasıdır. Hedef zaman içinde değişebilir, ama kapalı çevrim Altı Sigma sistemi kuruluşun buna ayak uydurmasına yardımcı olur.

Aşırı Titizlik ve Teknik Katılık:

TKY uzmanlığının en çok hayal kırıklığı yaratan etkilerinden biri kalite polisi de denilebilecek bir kavramın yaratılmasıydı: Bunlar bir işin yalnızca bir şekilde yapılması gerektiğini direten kişilerdi. Bu yöntemden ya da inançtan sapmak demek, kalite idealine ya da bir gurunun öğretilerine ihanet ettiğimiz anlamına gelirdi. Kalite konusundaki katılığın etkileri iki tanedir: 1) Kaynaklar, uygun ya da gerekli olmayan araçlarla sorunları analiz etmek için kullanılırdı. 2) Kaliteyi uygulamaya çalışan sıradan (yani uzman olmayan) insanlar, bu çalışmalardan dışlanırdı. Belki klişe olacak ama bu tür yaklaşımlar, daha karmaşık teknikleri ya da araçları destekleyen ve de

Araçları ve Katılık Derecesini

Koşullara Göre Seçmek:

Siz ve işinizin yöneticileri Altı Sigma’nın – yalnızca teknik uzmanlık değil, çok çeşitli becerileri gerektiren – daha başarılı bir kuruluş yaratmak ve onu sürdürmek olduğunu kavradığınız sürece bu sorunu yaşamazsınız. Birden fazla Altı Sigma yolu vardır. Benimsenecek en sağlıklı yaklaşım: “En kolay ve basit biçimde bizi sonuca ulaştıracak araç ve yaklaşımlardan yararlanacağız” olmalıdır. “Gerekse de, gerekme de herkesin derinlemesine bir analiz yapmasını bir analiz yapmasını istiyoruz” değil. Süreçleri ölçmek ve

gereksinim olmasa bile bu tekniklerin uygulanması gerektiğinde ısrar eden kişilerden kaynaklanmıştır.	iyileştirmek için tutarlı yöntemleri benimsemenin ya da ileri düzeydeki teknikleri kullanmanın hiçbir sakıncası yoktur. Altı Sigma pek çok düşünceyi ve yöntemi kapsadığı için katılık sorununun üstesinden gelebilir. TKY'ye zarar veren tutuculuk, Altı Sigma sistemi içinde potansiyel bir tehlikedir.
İçerideki Engelleri Aşmada Başarısızlık: TKY zirvede olduğu dönemde bile, pekçok kuruluştaki departman düzeyinde kalan bir çalışma idi. Bu durum bütünüyle kötü değildir. Çünkü yalnızca bir departmana özgü müşteriler olabilir ve departmanların bünyesinde de ölçülebilir ve iyileştirilebilir süreçler bulunabilir. Ancak bütün organizasyona yayılmış Toplam Kalite laflarından pek çoğu sadece lafta kalmıştır. İyileştirme projeleri ise münferit parçalar halinde gerçekleşmiştir: mühendislik bölümü kendi projelerini uygulamıştır, finans, imalat ya da insan kaynakları da aynı şekilde. TKY ilerlemesiyle birlikte daha departmanlar arası özellik kazanmıştır, ancak pek çok durumda küçük sorunları ele alır, müşteri açısından büyük sorunları değil.	Departmanlar Arası Süreç Yönetimine Verilen Öncelik: En ileri noktadaki Altı 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, Altı Sigma'nın kurumsal engelleri ortadan kaldırmadaki başarısı ancak uzun vadede anlaşılabilir. Süreçleri ölçme ya da iyileştirme yöntemleri kadar, Altı Sigma sistemi için süreç yönetim disiplininin de yaşamsal önem taşımasının nedeni budur.
Adım Adım Değişime Karşı Katlamalı Değişim: TKY öğretileri sık sık, değişimin, çok sayıda küçük iyileştirmeden oluştuğunu vurgular. TKY pakedi içinde değişimi dışlayan bir ifade yoktur. Ancak, “reengineering” kavramı etkisini yitirdiğinde şirket liderleri arasında sabırsızlık başlar.	Adım Adım Katlamalı Değişim: Altı Sigma'nın sunduğu en büyük fırsatlardan biri, hem küçük iyileştirmelerin, hem de büyük değişimlerin başarıya ulaşmanın vazgeçilmez birer parçası olduğunu hatırlatarak taze bir başlangıç sunmasıdır.
Etkisiz Eğitim Burada “etkisiz” terimini, TKY eğitimi sırasında karşılaşılan birbirinden farklı bütün sorunları toparlayıcı bir terim olarak kullanıyoruz. Bir kuruluşu TKY ya da Altı Sigma konusunda eğitmenin mükemmel bir yolu yoktur. Zamanlama, ayrıntılar ve kaynaklar konusunda her zaman güçlükler vardır. TKY eğitiminin her zaman verimsiz olduğu iddia edilemez. TKY eğitimi belirgin bir içerik sunmaktan çok eğitim araçlarına odaklanmıştır. Sonuç olarak insanlar araçların neler olduğunu biliyor ama onların nasıl ve ne zaman uygulayacaklarını	Yeşil Kuşaklar, Kara Kuşaklar, Uzman Kara Kuşaklar Altı Sigma kuruluşları eğitim konusunda çok yüksek standartlar koyar ve çalışanların bu standartlara ulaşmasını sağlamak için gerekli zamanı ayırır ve parasal yatırımı yapar. Pek çok kuruluşta eğitim iki saatten daha uzun sürmezken, GE'deki Kara Kuşaklar üç hafta boyunca eğitim alır. Sonrasında sınava girer, konferans ve benzeri forumlar sayesinde öğrenmeyi sürdürür. Yeşil kuşağa duyulan inanç daha da

bilmiyordu. TKY eğitimi projelere ağırlık veriyordu. Dolayısıyla insanların günlük yaşamdaki sorumlulukları açısından bir anlam taşııyordu.	etkilidir. Yönetimdeki her çalışan Altı Sigma yöntemleri hakkında en az iki hafta ders alır. Eğitime verilen önem, bilinçli olarak yapılmış ciddi bir fedakarlık, bir yatırımdır. Eğitim ile insanların yaptığı işler arasında bağlantı kurmak, sıralara oturtulan insan sayısının ötesinde bir ölçme sistemi yaratmak gibi diğer sorunlar, hem eğitimin tasarlanması sırasında, hem de öğrenme sürecinin öncesinde ve sonrasında katılımcılardan beklenenler arasında ele alınır.
Eğitim Kalitesine Verilen Önem: Toplam tanımlamasına karşın, kalite iyileştirme çabalarının pek çoğu yalnızca üretim süreçlerine eğilir; hizmet, lojistik, pazarlama ya da eşdeğer öneme sahip diğer yaşamsal alanlara gereken önemi vermez.	Bütün İş Süreçlerine Verilen Önem: Altı Sigma yalnızca hizmet ve işlemsel süreçleri ele almakla kalmaz, üretime kıyasla bu alanlara daha fazla önem verir. Altı Sigma, TKY'den daha toplam olma potansiyeline sahiptir.

1.6. Altı Sigma'nın Yararları ve Prensipleri

Dünyada birçok şirket Altı Sigma yöntemlerini kullanarak çok kısa sürelerde inanılmaz sonuçlar elde etmiştir. Etkin bir şekilde Altı Sigma Stratejisini kullanarak büyük kazançlar sağlayan firmaların sonuçları tablo 1.3'te gösterilmiştir (Kwak, 2006):

Tablo 1.3: Altı Sigma Uygulayan Şirketler ve Fayda - Tasarruf Göstergeleri

Şirket / Proje	Ölçüm	Faydalar / Tasarruflar
Motorola (1992)	Üretim içi fire düzeyi	150 kat azalma
Raytheon	Depo bakım zamanı	% 88 azalma
GE Leasing	Tamir atölyelerindeki çevrim zamanı	% 62 azalma
AlliedSignal (Honeywell)	Tasarımdan teslimata çevrim zamanı	18 aydan 8 aya düşme
GE	Finansal	1999'da 2 milyar \$
Motorola	Finansal	11 yılda 15 milyar \$
DuPont	Finansal	25 milyon \$
Telefonica	Finansal	İlk 10 ayda 30 milyon €
Texas Instruments	Finansal	600 milyon \$
Johnson & Johnson	Finansal	500 milyon \$

Her sigma derecesi atlamak demek, şirket kârlılığında % 5-10'luk net kâr artışı anlamına gelmektedir. Altı Sigma stratejisi, üretim, tasarım, satış, pazarlama, servis gibi tüm iş alanlarında kolaylıkla uygulanabilir. Altı Sigma çalışanlar tarafından iyi bir şekilde uygulandığında (Çelebi, 2006);

- Ürün maliyeti % 10-25 iner,
- Üretim ve ürün kalitesi artar,
- Müşteri beklentileri daha iyi belirlenir,
- Pazar payı artar,
- Dağıtım ve kalite performansı artar,
- Daha güçlü ve sağlam tasarımlar yapılır,
- Tüm süreçlerde kayıplar en aza iner,
- Müşteri sürekliliği sağlanır,
- Kültür değişimini sağlar,
- Verimliliği artırır,
- Kompleks tasarımlar basit hale dönüşür.

Altı Sigma'yı iş stratejisi olarak uygulayan hizmet sektöründe faaliyet gösteren firmalarda ise, Altı Sigma aşağıda yer alan faydaları sağlayacaktır (Antony, 2007):

- Bütün organizasyonda bölümler arası takım çalışmasını geliştirir,
- Organizasyon kültürünü, yangın söndürme kültüründen yangını önleme kültürüne dönüştürür,
- Çalışan moralini artırır,
- Kritik iş süreçlerinde katma değersiz adımları azaltır, hızlı hizmet üretimini destekler,
- Düşük kalite maliyetlerini azaltır (geç teslimat, müşteri şikayetleri, vb. maliyetler),
- Çeşitli problem çözme araçları ve tekniklerinin bilinirliğini ve dolayısıyla çalışanların iş tatminini artırır,
- Kabul ve algılardan çok güvenilir veri ve gerçeklere dayalı kararlara göre etkin yönetim anlayışını geliştirir.

Altı Sigma temel metodoloji ve araçlar ötesinde, çok iyi tasarlanmış komple bir sistemdir. Altı Sigma'nın ana itici gücü, istatistiksel araç ve yöntemlerin disiplinli ve

kolay anlaşılır bir metot içinde işlevsel bir şekilde uygulanmasıdır. Bu metodoloji ve araçlar, sadece üretim süreçlerine değil, diğer iş süreçlerine de uygulanabilmekte ve son derece başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Altı Sigma'nın temel ilkelerinden biri de hataların azaltılması ve süreçlerin iyileştirilmesinden elde edilen finansal kazançların görünür kılınması ve sürekli izlenmesidir (Çelebi, 2006). Altı Sigma'nın özünde yer alan müşteri odağı, müşterilerin nelere değer verdiğinin öğrenilmesi ve bunu onlara kârlı olarak nasıl sağlanacağını planlanmasını öngörür.

Bununla birlikte, Altı Sigma'nın temel ilkeleri veya temaları toplu olarak şöyle özetlenebilir (Işığışok, 2005):

- Müşteri odaklılık,
- Verilere ve gerçeklere dayalı yönetim,
- Süreç odaklılık,
- Yönetimin katılımcılığı ve iyileştirmeye olan inancı,
- Proaktif yönetim,
- Sınırsız işbirliği,
- Mükemmele yöneliş,
- Başarısızlığa karşı hoşgörü

Altı Sigma'da performans ölçümü müşteri ile başlar. Altı Sigma iyileştirmeleri müşteri tatmini ve değeri üzerindeki etkileriyle tanımlanır.

Altı sigma, verilere dayalı karar ve çözümleri desteklemek için yöneticilerin iki temel soruyu cevaplamalarına yardımcı olur: 1) Hangi veri / bilgilere gerçekten ihtiyaç var? 2) Bu veri / bilgileri en fazla yarar sağlayacak şekilde nasıl kullanabilirim?

Altı Sigma'da süreç, faaliyetin olduğu yerdir. İster şirket yönetimi, isterse ürün ve hizmet tasarımı, performans ölçümü, etkinliğin artırılması ya da müşteri tatmininin iyileştirilmesi olsun, tüm alanlarda başarının anahtarı, süreçlerdir. Altı Sigma uygulamalarında sağlanan kazançlar, süreçlerin müşteriye değer sağlamak için kullanımıyla gerçekleşmiştir.

Altı Sigma, reaktif alışkanlıkların yerini, dinamik, ihtiyaçlara gerçekten cevap veren, proaktif bir yönetim tarzının almasını sağlayacak araç, yöntem ve uygulamaları

içerir. Altı Sigma, insanların büyük resimdeki yerlerini görmelerini ve faaliyetler arasındaki ilişkileri anlamalarını sağlayarak işbirliği fırsatlarını artırır. Altı Sigma'yı hedef edinmiş bir şirket, her zaman kusursuz için çaba harcayacaktır, fakat arasıra olan başarısızlıkları kabul edecektir.

1.7. Altı Sigma ve Müşteri Kavramı

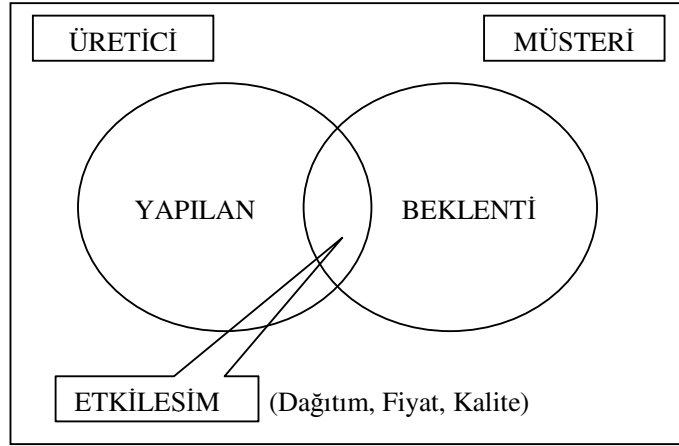
Üretilen her ürünün bir alıcı kitlesi olması gerekir. Bu kitlenin taşıdığı özellikler üretici kuruluşlar için büyük önem taşır. Ürünlerinin pazarda tutulması ve yaşaması büyük ölçüde bu kitlenin niteliklerinin iyi bilinmesine ve ürün geliştirmede buna göre hareket edilmesine bağlıdır. Bu amaçla üretici firmaların kendilerine şu soruları sormaları gerekir: Ürünümüzü kimler satın alacak? Satın alacakların belirleyici özellikleri nelerdir? Ürünü tekrar satın alacaklar mıdır? Değilse neden? Benzer ürünleri satın alanlar neden bizim ürünümüzü seçmiyorlar? Rakiplerimize göre, üstün ve zayıf taraflarımız nelerdir? Bu ve benzeri sorular; ürüne gerçekten bağlı, sadık bir müşteri kitlesi yaratabilmek için son derece gerekli sorulardır. Bu soruları sorup yanıtlarını alarak ürünü satın alması beklenen kitlenin genel bazı özelliklerini öğrenebilirsiniz. Müşteri ilişkilerinin önemli olmasının en büyük nedeni hataların ölçülemeyen maliyetinin, ölçülebilir maliyetinden fazla olmasındandır. ABD'de yapılan bir ankete göre müşterilerin üretilen hizmetlerden tatmin olmaları halinde bunu ortalama yirmi kişiye, memnun kalmadıkları durumda ise yaklaşık kırk kişiye aktardıkları tespit edilmiştir. Bu nedenle hatalı ürün veya hizmet üretmenin sadece malzeme kayıplarına değil, aynı zamanda müşteriler üzerinde ölçülemeyen (imaj sarsılması, güven kaybı, pazar kaybı, vb.) maliyetlerin de doğmasına neden olduğunu kabul etmek gerekir. Burada, her müşterinin şikayeti dile getirmeden ilişkiyi kesme olasılığını da düşünmek gerekir. Araştırmalar, yeni bir müşteriye elde etme maliyetinin, eski müşteriye korumaktan beş kat daha fazla olduğunu göstermektedir. Müşterilerin şikayetlerinin belirlenmesi durumunda bunların giderilmesi mümkündür. Fakat şikayetlere ulaşmak kolay değildir. Müşteriler şikayet etmek yerine başka kurumlar ile ilişkiye girmeyi tercih etmektedirler. Onun için sürekli müşteri memnuniyetine önem vermek ve şikayetlerin oluşmamasına gayret göstermek gerekmektedir. Modern dünyada, müşterilerin beklentilerini karşılayamayan ve onları tatmin edemeyen organizasyonların uzun süre yaşama

şansları yoktur. Çünkü müşterinin her zaman için başka bir alternatif kurum bulması mümkündür (Çelebi, 2006).

Toplam Kalite Yönetimi'nde müşteri tatmini yeterli sonuç değildir. Asıl hedef, ürünü tekrar satın alacak müşteri kitlesini yaratabilmek olduğundan salt müşteri tatmini ile yetinilmemelidir. Müşteri tatmininin ötesinde, müşteri mutluluğunu yaratabilmek gerekir. Müşteri mutluluğunu sağlamak; pazar araştırmalarından başlar, ürün planlama ve ürün tasarımı ile devam eder ve ürünün müşteriye sunumundan sonra da sürer (Çelebi, 2006).

Altı Sigma'nın temel felsefesi ve odak noktası da Toplam Kalite Yönetimi'nde olduğu gibi müşteridir. Şirketler kâr edebilmek için, müşterilerinin beklentilerini karşılayan ürün veya hizmetleri üretmek, müşterilerine satmak durumundadırlar. Öyleyse, müşteri beklentileri veya şirket kârlılığı ile ilgili olmayan işler, şirket süreçlerinde katma değersiz işlerdir ve şirket süreçlerinden ayıklanmalıdır. Altı Sigma'nın odak noktasını görebilmek için, müşteri – tedarikçi ilişkisini yakından incelemek gereklidir. Müşteriler aldıkları ürünlerle kendi ihtiyaç ve beklentilerini karşılamaya, firmalar ise müşterileri için yaptıkları ürünleri satarak kâr elde etmeye çalışırlar. Dolayısıyla, müşteri beklentileriyle şirket süreçleri arasında kuvvetli bir ilişki olması beklenmektedir. Bu etkileşim, Şekil 1.7'deki gibi bir şemayla ifade edilebilir. Firmanın yaptıklarıyla müşterilerin beklentileri arasındaki kesişim (etkileşim) ne kadar artırılırsa, hem firmanın, hem de tüketicinin bu işten kazancı o kadar yüksek olacaktır. Bu etkileşimi artırmak kuşkusuz firmanın görevidir. Firma, müşteri beklentilerini çok iyi anlamalı, elindeki kaynakları en etkin şekilde kullanarak ürünlerini müşteri gereksinimlerini karşılayacak şekilde sunmalıdır. Bir firma yukarıda söz edilen etkileşimi artırmak için neler yapabilir? Bunun için hepimizin yakından tanıdığı kalite kavramının yakından incelenmesi yeterlidir. En yalın haliyle müşteriler, satın aldığı ürünleri üç temel özelliğine göre tercih ederler (Çelebi, 2006):

- Dağıtım: Müşteriler, ürüne uygun yerde ve uygun zamanda ulaşmak isterler.
- Fiyat: Müşteriler, ürünü en düşük fiyatla almak isterler.
- Kalite: Müşteriler, ürünün özelliklerinin, kendilerini en yüksek düzeyde tatmin etmesini beklerler.



Şekil 1.7: Üretici – Müşteri İlişkisi

Üretici firmanın yapması gereken, müşteri beklentilerini karşılayacak ürün ve hizmetleri geri plandaki üretim süreçlerine doğru aktarmaktır (Çelebi, 2006).

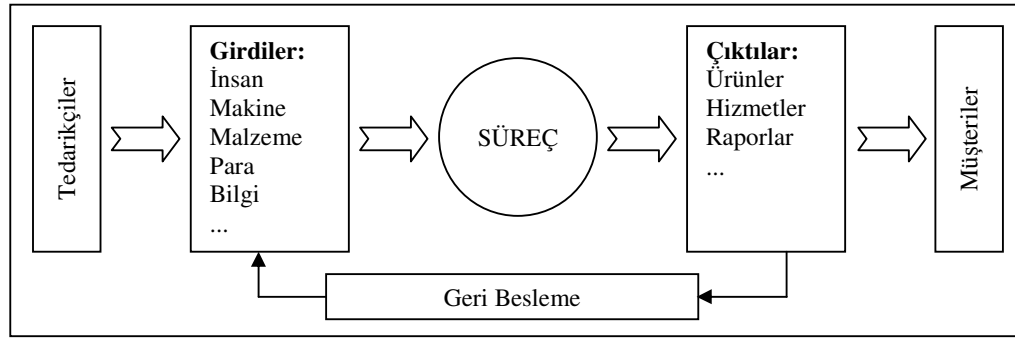
- Müşterinin dağıtım beklentisini karşılamak için, üretim süreçlerinden minimum operasyon ve dağıtım süreleri tam zamanında üretim gibi önemli çıktılara ulaşmak zorundadır (Çelebi, 2006).
- Müşterinin fiyat beklentisini karşılamak için, üretilen ürün ve hizmetlerin minimum maliyetlerle yapılması gereklidir. İşte bu beklentiye bağlı olarak her şirketin maliyetleri düşürmekle ilgili önemli stratejik hedefi bulunmaktadır. Kaliteli ürünün pahalı ürün anlamına gelmediğini görebilmek yeterlidir (Çelebi, 2006).
- Müşterinin kalite beklentisini karşılamak için, şirket ürettiği ürünlerini hiç hata olmaksızın müşterisine ulaştırmak zorundadır. İşte bu doğrultuda, üretim süreçlerinde hata bulmaya ürünün güvenilirliğini garanti almaya dönük önemli kaynaklar harcanır (Çelebi, 2006).

Dolayısıyla, müşteriler üreticilerden hiç hata olmayan ürünleri en az fiyatla, istedikleri yer ve zamanda kendilerine sunmalarını beklemektedir. Bu beklenti ne oranda karşılanıyorsa, o oranda müşteri odaklı bir şirket haline gelir. Altı Sigma metodolojisinin hedeflerine bakıldığında bu amaçların doğrudan müşteri – üretici etkileşiminin yükseltilmesine katkı sağlayan, ölçülebilir hedefler olduğu görülebilir. İş hedeflerini, müşteri beklentileri doğrultusunda oluşturabilmek önemlidir. Eğer, bu

ölçümler doğru yapılabilirse, zamanla süreçlerde mükemmel bir yapıya doğru yol alınabilir (Çelebi, 2006).

1.8. Altı Sigma ve Süreç Yönetimi

Süreç, elde bulunan girdileri belirli operasyonlardan geçirerek çıktılara dönüştürme eylemi olarak tanımlanmaktadır. Burada; insan, malzeme, makine, para gibi kaynakları (girdileri) işleyip onlara değer katarak (operasyon veya işlemler) müşteri isteklerini karşılayacak ürün ve hizmetlere (çıktılara) dönüştürmek için bir dizi işlem kastedilmektedir. Şekil 1.8 bu durumu göstermektedir (Çelebi, 2006).



Şekil 1.8: Süreç Tanımı

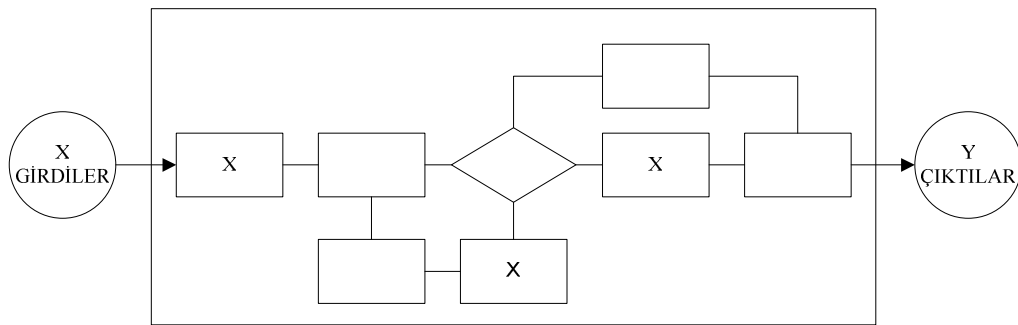
İyi bir süreç yönetimi, ancak her süreç için gerek duyulan girdilerin zamanında, istenilen yerde ve olması gereken şekillerde bulunduğu durumlarda mümkündür. Aksi takdirde sürecin ihtiyaçları ve gerekleri yerine getirilmemiş olur. Bu da zaman kaybı ve verimlilik düşüşü demektir. Sadece ürün veya hizmetleri üretmek için yapılan işleri süreç olarak görmemek lazımdır. Aynı zamanda idari işler, pazarlama, satış, satış sonrası hizmetler, insan kaynakları, bakım-onarım, evrak işleri, birimler arası iletişim vb. üretilen hizmetleri destekleyen bir çok çalışma da süreç kapsamı içerisinde düşünülmelidir. Bir organizasyonda süreçlerin tek tek belirlenmesi, tanımlanması, her sürecin girdileri, işlemleri, kullanılan yöntem ve metotları, çıktıları belirlenmeli ve dokümanite edilmelidir. Bunun neticesinde iş tanımlarının oluşturulması ve katma değeri olmayan eylemler ile çalışanların uğraştırılmaması sağlanmalıdır (Çelebi, 2006).

Süreç Yönetimi bir organizasyonda süreçlerin tanımlanması, tedarikçilerin ve müşterilerin ortaya çıkarılması, sürecin sorumlularının ve yapılacak işlemlerin

belirlenmesi, işlemleri gerçekleştirmek için gerekenlerin ortaya konulması, yapılan işlerin performansının ölçülmesi gibi süreç ile ilgili tüm eylemleri kapsamaktadır. Süreç yönetiminin elemanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Çelebi, 2006):

- Süreçlerin tanımlanması ve dokümantasyonu
- Süreçler arası ilişkilerin ve süreç sahiplerinin belirlenmesi
- Sürecin tedarikçisi ve müşterisinin belirlenmesi
- Sürecin hedeflerinin ortaya konulması
- Sürecin performansının ölçülmesi
- Sonuçların gözden geçirilmesi
- Sürecin iyileştirilmesi

Süreç yönetiminin son elemanı olan sürecin iyileştirilmesi ile müşteri beklentilerinin karşılanması hedefini tutturma oranı daha da artar. Altı Sigma'da ulaşılacak istenen ürün kalitesinden çok süreç kalitesinde yeterliliklerin artırılmasıdır. Dolayısıyla, süreçleri mükemmelliğe taşıyacak yöntem, süreçlerin geleneksel yöntemlerden farklı araçlar yardımıyla yönetilebilmesidir. Altı Sigma, süreç bazlı yönetiminin temeli, süreç çıktılarının, süreç girdileriyle ifade edilebilmesine dayanır. Şekil 1.9'da sistemin farklı noktalarındaki ölçümleri ya da değişkenleri temsil eden semboller bulunmaktadır. Girdi ve süreç akışında görülen X'ler sistemin başlangıç bölümlerindeki değişimin ya da performansın göstergeleridir. Sağdaki Y'ler ise, işin performansı ile ilgili ölçümleri temsil eder. $Y = f(X)$ (Y, X'in fonksiyonudur) demek, sistemin girdileri ve süreçlerindeki farklılıklar ya da değişkenlerin, nasıl bir bitiş skoruyla karşılaşacağımızı büyük ölçüde belirlediğini söylemenin matematiksel boyutudur (Çelebi, 2006).



Şekil 1.9: Akış Öncesi ve Akış Sonrası Değişkenler

Kapalı çevrimli iş sisteminin püf noktası iki yönlüdür: 1) İş sürecindeki ve girdilerdeki X'lerden ya da değişkenlerden hangilerinin Y'ler ya da sonuçlar üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu anlamak 2) Gerekli düzenlemeleri yapmak ve onun kârlılığını sürdürmek için sürecin toplam performansını performansındaki değişimlerden (Y'ler ve diğer harici etkenler) yararlanmak. Altı Sigma şirketlerinde X'ler ve Y'ler üzerine kurulu bir dil kullanmak artık alışkanlık haline gelmiştir. Yine de değişken denilince birden fazla anlam olabileceğini bilmek gerekir; örneğin Y şu anlama gelebilir (Çelebi, 2006):

- Stratejik hedef
- Kazançlar
- Müşteri memnuniyeti
- Toplam iş verimliliği

X'ler şu anlamlara gelebilir:

- Stratejik hedeflere ulaşabilmek için gerekli eylemler
- Yapılan işin kalitesi
- Müşteri memnuniyetini belirleyen ana etkenler
- Personel, çevrim zamanı, kullanılan teknoloji vb. gibi süreç değişkenleri
- Sürece katılan girdilerin kalitesi (müşterilerden ya da tedarikçilerden)

Müşteri gereksinimleri ve dolayısıyla beklentilerini en iyi şekilde karşılayabilmek için, bu girdiler ile çıktılar arasında sürecin yarattığı ilişkinin doğru biçimde belirlenmesi gereklidir. Bunu yapabilmenin yolu süreç yönetiminden geçmektedir. Dolayısıyla, çıktıları oluşturan süreç iyi tanımlanmalı ve ilişkiler doğru olarak belirlenmelidir (Çelebi, 2006).

1.9. Altı Sigma'nın Geleceği ve Yalın Altı Sigma

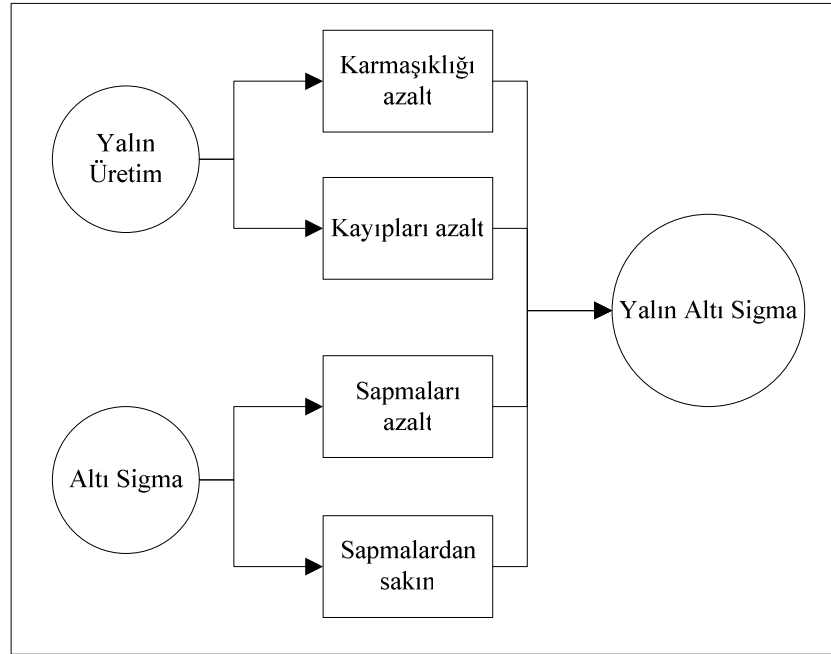
Altı Sigma, gelip geçici bir moda olarak algılanmaktan çok yönetim sürecini geliştiren temel inisiyatiflerden biri olarak kalacaktır. Altı Sigma'nın öncelikli olarak odaklandığı nokta hataları saptamak değil, yönetim performansını iyileştirmektir. Araştırmacılar ve uygulamacılar, Altı Sigma'yı farklı organizasyonlar için daha cazip hale getirmek için diğer mevcut yenilikçi yönetim modelleriyle bütünleştirmeye çalışmaktadırlar (Kwak, 2006). Yalın Altı Sigma kavramı, Toyota'da ortaya çıkan

Yalın Üretim sistemi ile Altı Sigma yaklaşımının bütünleşmesiyle ortaya çıkan bir felsefedir (Andersson, 2006).

Yalın Üretim Sisteminin araçları aşağıda listelenmiştir (Basu, 2003):

- Toplam Verimli Bakım
- 5 S (düzeltme, yerinde bulma, temizlik, standartlaştırma, sürdürme)
- Tam Zamanında Üretim
- Kalıpların Değişimi
- Sıfır Kalite Kontrol
- Üretim İş Hücreleri
- Kanban
- Poka Yoke (Hatasız Üretim)

Şekil 1.10'da Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma arasındaki ilişki görülmektedir:



Şekil 1.10: Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma Arasındaki İlişki

Tablo 1.4'te TKY, Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma'nın benzerlik ve farkları karşılaştırılmıştır (Andersson, 2006).

Tablo 1.4: TKY, Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma'nın Karşılaştırması

Konseptler	TKY	Altı Sigma	Yalın Altı Sigma
Ortaya Çıkış	Japonya'daki kalite evrimi	Japonya ve Motorola'daki kalite evrimi	Japonya ve Toyota'daki kalite evrimi
Teori	Müşteriye odaklanma	Sıfır hata	Kayıpları ortadan kaldırma
Süreçlere Bakış	Süreçleri iyileştir ve standartlaştır	Sapmaları azalt ve süreçleri iyileştir	Süreçlerdeki akışı iyileştir
Yaklaşım	Herkesin katılımı	Proje yönetimi	Proje yönetimi
Metodolojiler	Planla, uygula, kontrol et, önlem al	Tanımla, ölç, analiz et, iyileştir, kontrol et	Müşteri değeri, değer yayılımı, analiz, akış, mükemmellik
Araçlar	Analitik ve istatistiksel araçlar	İleri analitik ve istatistiksel araçlar	Analitik araçlar
Birincil Etkiler	Müşteri tatmininde artış	Tasarruf	Çevrim zamanında azalma
İkincil Etkiler	Müşteri sadakati ve performans artışı	İş hedeflerinde başarı ve finansal performansta artış	Stokta azalma, verimlilik ve müşteri tatmininde artış
Eleştiriler	Ölçümü zor iyileştirmeler, aşırı kaynak kullanımı, net olmayan bakış açıları	Herkesin katılmaması, müşteri tatmininin artmaması, sistem bakışına sahip olmaması	Esneklikte azalma, tedarik zincirinde darboğazlara sebep olma, her endüstride uygulanamaması

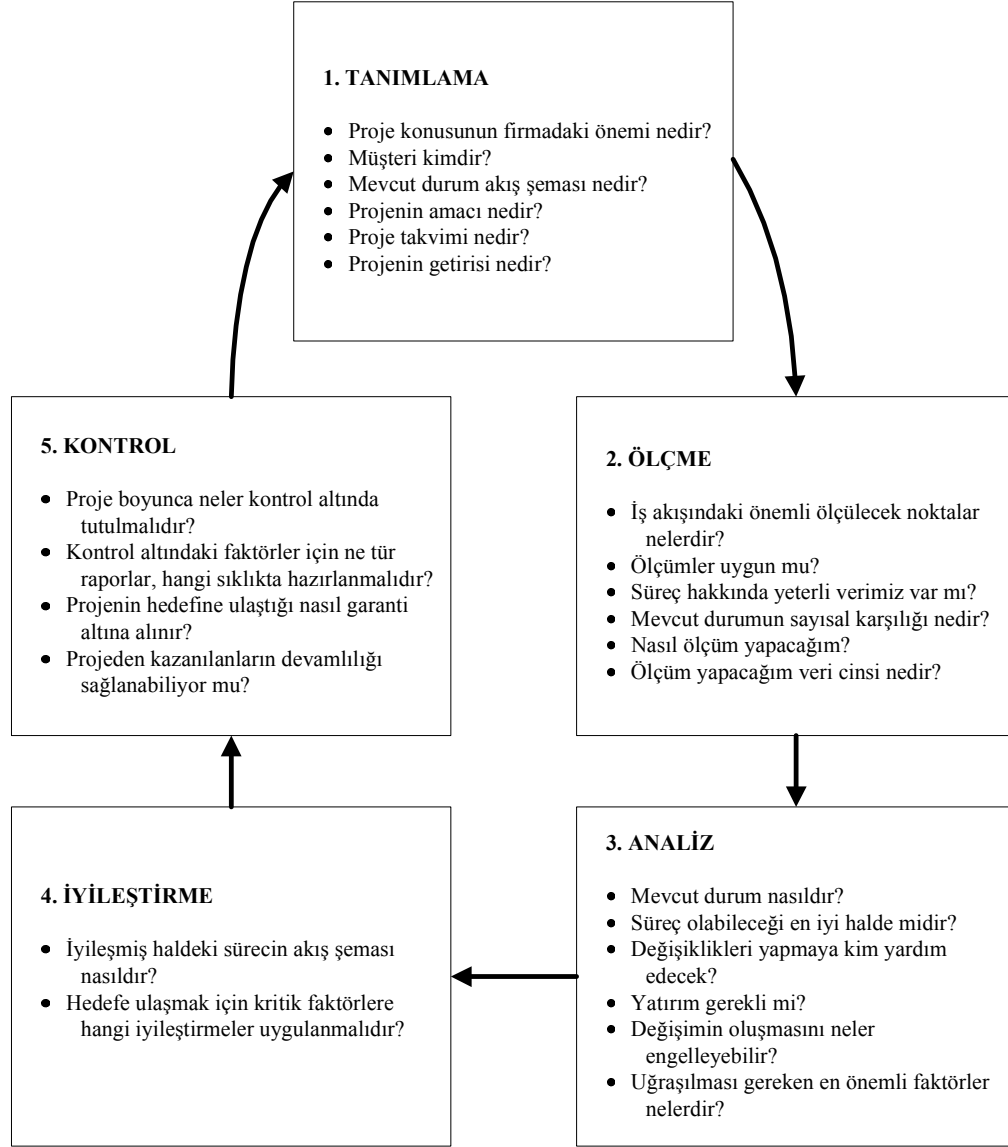
2. ALTI SİGMA UYGULAMA METODOLOJİSİ

Altı Sigma yaklaşımının uygulanmasında, öncelikle firmanın stratejik ve kritik başarı faktörlerine yönelik olarak doğru projeler ile kendisini bu projeye adayacak kişilerden oluşan bir ekip seçilir. Söz konusu ekipte bulunanlar, yeşil kuşak veya kara kuşak eğitiminden geçirilir. Daha sonra, Altı Sigma iyileştirme planı veya Altı Sigma yol haritası olarak adlandırılan TÖAİK (İngilizce DMAIC) aşamaları uygulanır. Altı Sigma yol haritası, uygulama metodolojisi veya TÖAİK iyileştirme modeli, birbirini sırasıyla izleyen ve beş aşamadan oluşan proje odaklı döngüsel bir yaklaşımdır. Bu aşamalar şunlardır (Işığışık, 2005):

- | | | | | | |
|---------------|-----|---|---------|-----|---|
| • Tanımlama | (T) | [| Define | (D) |] |
| • Ölçme | (Ö) | [| Measure | (M) |] |
| • Analiz | (A) | [| Analyze | (A) |] |
| • İyileştirme | (İ) | [| Improve | (I) |] |
| • Kontrol | (K) | [| Control | (C) |] |

Altı Sigma uygulama metodolojisi veya TÖAİK modeli aslında, Altı Sigma yol haritasından başka bir şey olmayıp, temel uygunsuzluk nedenlerinin tanımlanıp ortadan kaldırılması için sürecin nasıl tanımlanacağını, ölçüleceğini, iyileştirileceğini, analiz edileceğini ve kontrol edileceğini sistematik olarak irdeler. Kalite akımının ortaya çıkmasından bu yana süreçler üzerinde birçok iyileştirme modelleri uygulanmıştır. Diğer iyileştirme modelleri gibi TÖAİK döngüsü de, Deming tarafından geliştirilen dört aşamalı PUKÖ (Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al) döngüsüne dayanır. Ancak, PUKÖ döngüsü süreç iyileştirme döngüsü iken, TÖAİK döngüsü, hem süreç iyileştirme, hem de süreç tasarım döngüsüdür (Işığışık, 2005).

Şekil 2.1’de TÖAİK işleyişini gösteren soru çevrimi yer almaktadır (Özkan, 2006):



Şekil 2.1: Altı Sigma Proje Akış Şeması

2.1. Tanımlama

Bu aşamanın amacı, projenin amaç ve kapsamının tanımlanmasıdır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken hususlar, seçilen projenin organizasyonun imkan ve kabiliyetlerine uygun olması, daha yüksek bir kalite yaratma ve maliyetleri azaltma olasılığının yüksek olmasıdır. Problemlerin net ve mümkün olduğunca sayısal olarak tanımlanması şeklinde özetlenebilir. Dolayısıyla ilk olarak, tespit edilen problemin organizasyonun elindeki imkan ve kaynaklarla çözülebilecek nitelikte olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca seçilen problemin, organizasyon için önemli bir sıkıntı

kaynağı olduğundan ve düzeltilmesi halinde büyük yarar sağlayacağından emin olunması gerekmektedir. Bunun açık bir anlamı da şudur: Faydasına ve getirisine inanmadığınız projelere girişmeyiniz. Yine bu aşamada, 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 (Özkan, 2006);

- Planlanan iyileştirmenin ayrıntılı tanımı,
- Müşteri için önemli olan faktörlerin listesi,
- Üzerinde çalışılacak sürecin akış diyagramı yardımı ile detaylı gösterimidir.

2.2. Ölçme

Bu aşamada, mevcut durumu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanır. Çünkü geçerli ve doğru performansın ve yapılan ölçümler olmaksızın sürecin mevcut iyileştirmelerinin etkilerini belirlemek mümkün değildir. Bu aşamadaki en kritik faktör ise neyin ya da nelerin ölçüleceğinin doğru belirlenmesidir. Aksi takdirde harcanacak emek ve kaynakların karşılığı hiçbir kullanım alanı olmayan sayfalarca veri olacaktır. 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. Altı Sigma basamakları içerisinde, verilen önem ve değer, harcanan para ve zaman açısından en fazla göz ardı edilen aşamanın ölçüm aşaması olduğu söylenebilir. Ölçüm sırasında somut bir sonuç elde edilemediğinden, bu parlayan bir basamak değildir. Bu nedenle bu basamaktan, bir an önce geçme eğilimi söz konusudur. Fakat bu doğru değildir. Çünkü kantitatif veriler Altı Sigma'nın temelini oluşturur. İyi veri olmadan iyi kararlar alınamaz. Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan iyileştirmelerin etkilerini belirlemek mümkün değildir. Bu aşamanın çıktısı (Özkan, 2006);

- Sürecin mevcut performansı,
- Problemi ya da problemin oluşumunu açıklayan veriler,
- Problemin daha özel ve detaylı bir tanımıdır.

2.3. 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 öncelikle her bir problemin işletme kârına, müşteri tatminine, performansa ve üretkenliğe etkilerini belirlemektir. Ayrıca rakiplerin aynı alanlarda yaşadıkları problemlerle yapılacak olan kıyaslamalar (benchmarking) organizasyona çok değerli bilgiler sağlayacaktır. Seçilen problemle ilgili olarak onlar ne gibi önlem almaktalar? Performansları organizasyon ile karşılaştırıldığında nasıl? Çok sayıda şirket performanslarını sayıya dökmeden önce, kalite, etkinlik ve müşteri tatmini konusunda kendi alanlarında en iyi olduklarını düşünürler. Fakat çevreye baktıktan ve kendilerini rakipleri ile karşılaştırdıktan sonra genellikle düşündükleri kadar istisnai olmadıklarının farkına varırlar (Özkan, 2006).

Eğer mevcut durum ile bulundukları durum arasındaki fark yeterince büyük değilse ya da kapatılması halinde organizasyona önemli bir avantaj sağlamayacaksa bir sonraki probleme geçilmesi mantıklı olacaktır. Diğer yandan problemin genel performansı, rekabet gücünü önemli derecede etkilediği sonucuna varılırsa, bu kıymetli maden üzerinde çalışmaya başlanabilir. Burada cevaplanması gereken bir diğer önemli soru da hataların niçin yapıldığı ve bunların nasıl onarılacağıdır. Deney doğru kurulursa, elde edilecek rakamlar organizasyona cevapları verecektir. Eğer ihtiyaç duyulan rakamlar elde edilmediyse, geri dönülür ve yeni bir deneye başlanır. Eğer hataların ne zaman, nerede, ne kadar sıklıkla oluştuğuna cevap verilebiliyorsa, ihtiyaç duyulan bilgiye sahip olunmuştur. Fakat yalnız belirtilere odaklanılmamalı ve altta yatan nedenler bulunmalıdır. Eğer problemi arama işlemi yarı yolda bırakılırsa, yarım bir çözüm elde edilmesi kaçınılmaz olabilir (Özkan, 2006).

2.4. İyileştirme

Bu aşama problemin ortadan kaldırılacağı ya da etkilerinin azaltılacağı andır. Ancak zihindeki çözümler hemen uygulamaya konmadan önce, bundan önceki üç basamaktan elde edilen kazanımların gözden geçirilmesi yararlı olacaktır. Bu gözden geçirme sonucunda problemin; herkes tarafından anlaşılabilir derecede net ve ayrıntılı olarak tanımlandığı, mevcut imkan ve kaynaklarla çözülebilecek nitelikte olduğu, giderilmesi halinde şirkete büyük yarar sağlayacağı, çözüme yardımcı olacak

doğru verilere sahip olunduğu ve temel nedenlerinin ve bunların nasıl giderileceğinin doğru olarak belirlendiği düşünülüyorsa, eldeki çözümler denenmeye başlanabilir (Özkan, 2006).

2.5. Kontrol

Bu aşamanın amacı, uygulanan iyileştirme planını ve elde edilen sonuçları değerlendirmek ve elde edilen kazançların sürdürülmesi ve artırılması için gerekenleri ortaya koymaktır. Bu aşamanın çıktıları; iyileştirmeye konu olan sürecin son durumu, iyileştirme sonucu sağlanan kazançlar, iyileştirme sonucu ortaya çıkan fırsatlar ve tavsiyelerdir. Günümüz işletmelerinde temel problem nasıl başarılı olacağından çok, nasıl başarılı kalacağıdır. Bununla ilgili çok sayıda başarı hikayesi mevcuttur. Ancak, eğer biraz zihninizi zorlarsanız bunların pek çoğu uzun vadeli değildir. Çok sayıda şirkette yıldızları sönmeye, parlaması kadar doğal karşılanır. Çünkü, başarının sürdürülememesi, tüm çaba ve kaynakların boşa gitmesine yol açar. İşte bu nedenle kontrol aşaması en önemli aşamalarından biridir. Bu aşamada, ilk dört aşama sonunda sağlanan kazançlar değerlendirilir. Bu kazançların sürdürülmesi ve artırılması için neler yapılabileceği kararlaştırılır, Altı Sigma'nın güçlü araçları yardımı ile en küçük başarıların dahi kalıcı olması sağlanır (Özkan, 2006).

3. ALTI SİGMA ORGANİZASYON YAPISI

Altı Sigma hareketinin en tanınan yönlerinden biri, “Kara Kuşaklar”, “Uzman Kara Kuşaklar” ve “Yeşil Kuşaklar” gibi farklı isimlerle bilinen ölçüm ve iyileştirme uzmanlarından oluşan bir ekibin oluşturulmasıdır. Kuşaklar önemli olmakla birlikte, Altı Sigma sürecini hayata geçiren büyük organizasyonel yapı ve roller dizisi içinde en çok tanınan unsurlardır. Altı Sigma yönetimine başlarken, yapılması gereken temel işlerden biri, kuruluş için gereken rolleri tanımlamak ve bu rollerin sorumluluklarını netleştirmektir. Altı Sigma hedefleri, uygulama planları, bütçe, mevcut personel ve kaynakların da içinde olduğu bir dizi etken, bu kararların alınmasında belirleyici olur. Bu bölümde üç temel soru irdelenecektir (Pande, 2004):

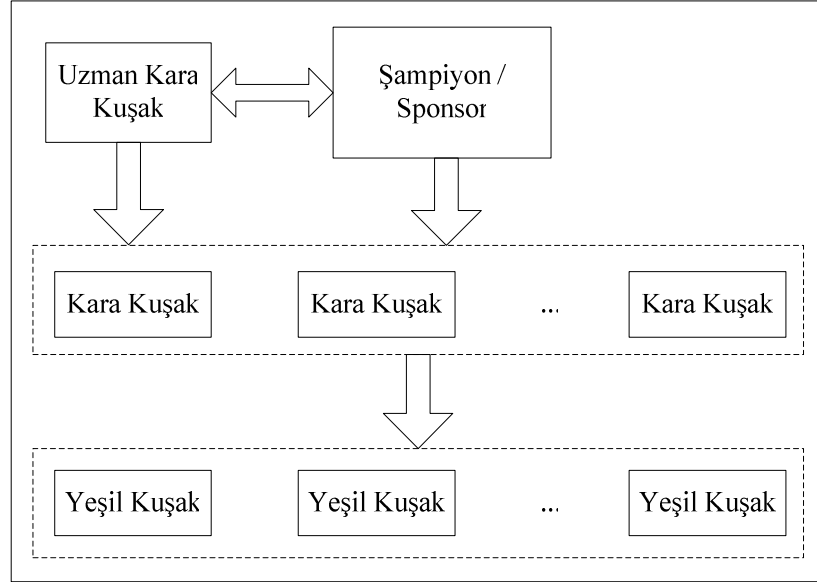
- Bir Altı Sigma kuruluşundaki başlıca roller nelerdir?
- Kara Kuşak, Uzman Kara Kuşak ve Yeşil Kuşak rollerinden en iyi biçimde yararlanma seçenekleri nelerdir?
- Altı Sigma sürecini ayağa kaldırmak ve tırmanışa geçirmek için hangi düzeyde ve içerikte eğitime gereksinim vardır?

Tablo 3.1’de Altı Sigma organizasyonundaki farklı rolleri dağıtma ve bu rollerin raporlama yapısının nasıl işleyebileceği görülmektedir (Pande, 2004):

Tablo 3.1: Genel Roller ve Kuşaklardaki Çeşitlerden Örnekler

Genel Rol	Kuşak ya da Diğer Ünvanlar
Liderlik Konseyi	Üst Kalite Konseyi, Altı Sigma Yönetim Komitesi
Sponsor	Şampiyon, Süreç Sahibi
Uygulama Lideri	Altı Sigma Müdürü, Kalite Lideri, Uzman Kara Kuşak
Rehber	Uzman Kara Kuşak ya da Kara Kuşak
Ekip Lideri	Kara Kuşak ya da Yeşil Kuşak
Ekip Üyesi	Ekip Üyesi ya da Yeşil Kuşak
Süreç Sahibi	Sponsor ya da Şampiyon

Şekil 3.1’de Altı Sigma çalışmasında yer alan oyuncular arasındaki ilişki gösterilmektedir (Çelebi, 2006)



Şekil 3.1: Altı Sigma Çalışmasında Yer Alan Oyuncular Arasındaki İlişki

3.1. Üst Kalite Konseyi

Altı Sigma’da projeler, organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülür. Fakat üst yönetim bu projelere yeterli önem ve desteği vermezse, hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir ifade ile, eğer üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa, Kara Kuşaklar’ın başarı şansı olmayacaktır. Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir Üst Kalite Konseyi’nin oluşturulması yararlı olacaktır. Bu konseyin başlıca görevleri (Çelebi, 2006);

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek,
- Altı Sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek,
- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını değişen ihtiyaçlara ve işletmenin Altı Sigma konusunda ulaştığı olgunluk düzeyine göre genişletmek ve organizasyon yapısında buna uygun düzenlemeler yapmak,

- Altı Sigma projeler için gerekli kaynakları sağlamak, proje takımlarının karşılaştığı büyük problemleri çözümlmek,
- Altı Sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak,
- Elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm şirkette yaygınlaştırılmasını sağlamaktır.

3.2. Yönetim Temsilcisi

Altı Sigma çalışmaları, üst yönetimden etkili bir lider tarafından yönetilmediği sürece başarısızlık olasılığı yüksektir. Bu tür görevlendirme, Altı 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 Temsilcisi'nin başlıca görevleri (Çelebi, 2006);

- Altı Sigma eğitim planlarını hazırlamak ve eğitim planına uygun olarak yürütülmesini sağlamak,
- Gerektiğinde Altı Sigma konusunda, eğitim kuruluşları, danışmanlık şirketleri ve diğer ilgili kuruluşlardan yardım almak,
- Altı Sigma konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak,
- Proje seçimi ve takımı oluşturulmasında Kalite Şampiyonu / Şampiyonlarına yardımcı olmak,
- Belirlenen projeleri ve bu projeler için oluşturulan takımları onaylamak,
- Takımların gereksinimlerini değerlendirmek, uygun gördüklerinden yetkisi dahilinde olanları tedarik etmek, yetkisini aşanları Üst Kalite Konseyi'ne bildirmek,
- Kalite Şampiyonlarına her konuda destek olmak,
- Tüm iyileştirme projelerini takip etmek ve elde edilen sonuçları bir rapor halinde Üst Kalite Konseyi'ne sunmaktır.

3.3. Şampiyonlar

Şampiyonlar, projeleri saptayan kıdemli yöneticilerdir. Bu kıdemli yönetim liderleri Altı Sigma çalışmalarının başarısından sorumludur. Kalite Şampiyonu'nun başlıca görevleri (Çelebi, 2006);

- İyileştirme projelerinin işletme amaçları ile uyumlu olmasını sağlamak,
- İyileştirme takımlarının kaynak ihtiyaçlarını yönetim temsilcisine bildirmek,
- İyileştirme takımları arasında koordinasyonu sağlamak,
- Hızını yitiren çalışmalara müdahale etmek, gerektiğinde kapsam değişikliği, yeni personel görevlendirmesi vb. tedbirler almak,
- İyileştirme projelerinin tamamlanma sürelerini belirlemek,
- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini onaylamaktır.

Şampiyonların en önemli görevlerinden biri de projeler esnasında Kara Kuşakların karşılaştıkları engelleri ortadan kaldırmaktır. Şampiyonlar, Altı Sigma projelerinde tam zamanlı olarak görev almazlar. Zamanlarının % 20 ila % 30'unu Altı Sigma faaliyetleri için harcarlar (Wheat, 2003).

3.4. Proje Lideri

Proje Lideri, projedeki çalışmalardan, projenin planlandığı gibi yürütülmesinden ve elde edilen tüm sonuçlardan birinci derecede sorumlu kişidir. Proje Lideri'nin başlıca görevleri (Işığışık, 2005);

- Şampiyon ile projenin belirlenmesini sağlamak,
- Proje belgesini ve uygulama planını oluşturmak ve güncelleştirmek,
- Ekip üyelerini seçmek,
- Kaynakları ve bilgileri toplamak ve araştırmak,
- Uygun Altı Sigma araçlarını uygulamak,
- Projenin iyileştirilmesini sağlamak,
- Elde edilen sonuçları belgelemek ve projenin sunuşunu yapmaktır.

3.5. Uzman Kara Kuşaklar

Uzman Kara Kuşaklar, sıra dışı niceliksel ustalıkları, öğretim ve liderlik yetenekleriyle tam zamanlı öğretmenlerdir. İki gereği yerine getirerek sertifika alırlar (Çelebi, 2006):

- Sertifika alan on kara kuşağa göz kulak olmak
- İşletme şampiyon ekibi tarafından onaylanmış olmak

Uzman Kara Kuşaklar, Kara Kuşakları gözden geçirir ve onlara rehberlik ederler. Uzman Kara Kuşakların seçilme kriterleri niceliksel ustalık ile öğretim ve rehberlik yetenekleridir. Uzman Kara Kuşaklar öğretmek ve rehberlik etmek için en az iki hafta eğitilirler. Uzman Kara Kuşaklar'ın başlıca görevleri (Çelebi, 2006);

- 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,
- Altı Sigma konusunda eğitim vermek,
- Çalışanları bilgilendirmek suretiyle Altı Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkı sağlamaktır.

3.6. Kara Kuşaklar

Kara Kuşaklar, ekiplere öncülük eden ve kilit süreçler üzerinde odaklanan, sonuçları şampiyonlara raporlayan tam zamanlı kalite yürütücüleridir. Bu ekip liderleri, müşteri tatminini ya da verimlilik artışını etkileyen kilit süreçleri ölçme, çözümleme, geliştirme ve kontrol etmeyle sorumludur. Kara Kuşaklar, birincisi bir Uzman Kara Kuşağın himayesinde, ikincisi de daha bağımsız iki projeyi tamamlayarak sertifika alırlar. Sertifika almak için Kara Kuşaklar aynı zamanda işletme şampiyon ekipleri tarafından onaylanmalıdırlar. Kara Kuşakların başlıca görevleri (Çelebi, 2006);

- İyileştirme projesini belirleyerek kalite şampiyonuna sunmak,

- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini kalite şampiyonuna sunmak,
- Takım üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde kalite şampiyonuna yardımcı olmak,
- Takım üyeleri arasında görev dağılımı yapmak,
- İyileştirme projesini yönetmek ve projenin zamanında tamamlanmasını sağlamak,
- Bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirlemek ve ihtiyaçları kalite şampiyonuna bildirmek,
- Takım üyelerine Altı Sigma araçlarının kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamaktır.

3.7. Yeşil Kuşaklar

Yeşil kuşaklar, Altı Sigma araçlarının daha çok ölçüm araçlarını iyi bilen, diğer araçlar konusunda temel bilgilere sahip, Kara Kuşak projelerinde takım elemanı olarak çalışan kişilerdir. Projeler üzerinde tam zamanlı çalışmazlar, Altı Sigma projeleri üzerinde şirketteki diğer işlerini yaparken çalışırlar. Kara Kuşak projesi biter bitmez, ekip üyelerinden düzenli işlerinin bir parçası olarak Altı Sigma araçlarını kullanmayı sürdürmeleri beklenir. Altı Sigma organizasyonunda Kara Kuşaklar kadar bir önemli rol de Yeşil Kuşaklardır. Zira Yeşil Kuşaklar da Kara Kuşaklar gibi projelerde uygulama noktasında etkin bir role sahiptirler (Çelebi, 2006).

3.8. Altı Sigma Eğitimleri

Altı Sigma kuruluşu “Öğrenen bir Kuruluşur”. Bunun anlamı, kuruluşun, müşterilerden, dış ortamlar ve süreçlerden sürekli olarak yeni bilgiler ve görüşler edinmesi; bu bilgilerden yararlanarak yeni fikirler, ürünler, hizmetler ve yenilikler üretmesi ve bunların sonucunu değerlendirerek bilgisini daha da ilerletmesidir. Eğitim, – hem başlangıçta hem de kalıcı bir uygulama olarak – Altı Sigma yoluyla başarıyı yakalamanın anahtar unsurudur. Bir Altı Sigma kuruluşunu oluştururken önemli bütün yönetsel beceriler farklı aşamalarda bir rol oynar. Örneğin, Kara Kuşaklara verilen eğitim proje yönetiminden, değişim yönetimine, uzlaşma ve ekip oluşturmaktan, ölçüm ve süreç analizi araç ve tekniklerine kadar uzanan geniş bir

dizi konuyu kapsar. Şirketlerin Altı Sigma'ya ilk başladıkları dönemde eğitim konusunda önem vermeleri gereken noktalar vardır. Bunlar çalışanların üzerlerine düşen rolleri yerine getirmeleri ve sürekli öğrenme sürecini planlamaları için en fazla gereksinim duyulan beceri ve yöntemlerdir. İyi bir Altı Sigma eğitiminin kilit noktaları herhangi bir eğitim sürecinin gerektirdiklerinden çok farklı değildir. Altı Sigma eğitimleri planlanırken, üzerinde durulması gereken önemli noktalardan bazıları aşağıda yer almaktadır (Pande, 2004):

- Bizzat uygulamaya dayalı öğrenmenin ön plana çıkarılması,
- Konuyla ilgili örnekler vererek gerçek hayatla bağlantı oluşturulması,
- Bilgiyi geliştirmek,
- Farklı öğretme yöntemlerinin kullanılması,
- Eğitimin öğrenmekten daha ileri bir uygulamaya dönüştürülmesi,
- Eğitimin sürekli bir eyleme dönüştürülmesi.

Pek çok farklı türdeki kuruluşta yürütülen başarılı Altı Sigma çalışmaları, şirketleri daha duyarlı ve verimli duruma getirme sorununu çözmek için bekleyen geniş bir kapasite ve zengin olanaklar bulunduğunu göstermektedir. Bu potansiyeli gün ışığına çıkarmak için, haftalar sürececek bir eğitim vermek şart değildir. Altı Sigma'nın ileri düzeyindeki becerilerinden bazılarında uzmanlaşmak, özellikle istatistik konusunda hiçbir ön bilgisi ve deneyimi olmayanlar için elbette zaman gerektirir. Diğer yandan, eğitimin iyi tasarlanması, katılımcıların mevcut becerilerini, süreçlere vb. uyacak biçimde uyarlanması koşuluyla insanları iyileştirme projelerinde rol alacak düzeyde yetiştirilmeleri, iki haftadan kısa bir süre içinde olanaklıdır. Tablo 3.2'de Altı Sigma genel eğitim programı yer almaktadır. Bu tabloda gün sayısının kesin konmasının nedeni, katılımcıların mevcut birikimleri, bizzat yaptırılacak uygulamanın yoğunluğu, sunulacak konunun derinliğine bağlı olarak bu sürenin farklılık gösterebilmesidir (Pande, 2004).

Tablo 3.2: Altı Sigma Genel Eğitim Programı

Eğitim Konusu	İçerik	Katılımcılar	Süre
Altı Sigma Kavramlarının Tanıtılması	Temel Altı Sigma prensipleri, şirketin Altı Sigma ihtiyacının gözden geçirilmesi Kısa uygulama ve/veya simülasyon Rollerin ve beklentilerin gözden geçirilmesi	Herkes	1-2 gün
Altı Sigma Çalışmalarının Yönlendirilmesi ve Sponsorluğu	Liderlik Konseyi ve Sponsor rolleri için gerekenler ve beceriler Proje seçimi Ekip projelerinin gözden geçirilmesi	İş Liderleri Uygulama Liderleri	1-2 gün
Liderler için Altı Sigma Süreçleri ve Araçları	Altı Sigma ölçüm ve analiz süreçleri / araçları konusunda yoğun ve uyarlanmış bilgiler	İş Liderleri Uygulama Liderleri	3-5 gün
Değişimin Liderliğini Yapmak	Kurumsal değişimin yönünü belirlemek, benimsetmek ve yönlendirmek için kavram ve uygulamalar	İş Liderleri Uygulama Liderleri Uzman Kara Kuşaklar Ekip Liderleri / Kara Kuşaklar	2-5 gün
Altı Sigma İyileştirilmesi Temel Beceriler Eğitimi	Süreç iyileştirmesi Tasarım / yeniden tasarım, temel ölçüm ve iyileştirme araçları	Ekip Liderleri, Kara Kuşaklar Yöneticiler / Yeşil Kuşaklar Ekip Üyeleri Proje Sponsorları	6-10 gün
İşbirliği ve Ekip Liderliği Becerileri	Uzlaşma sağlamak, tartışma yönetmek, toplantı düzenlemek, uyuşmazlıkları çözmek için gerekli beceri ve yöntemler	İş Liderleri Rehberler / Uzman Kara Kuşaklar Ekip Liderleri / Kara Kuşaklar Yöneticiler / Yeşil Kuşaklar Ekip Üyeleri	2-5 gün
Orta Düzeydeki Altı Sigma Ölçüm ve Analiz Araçları	Daha karmaşık proje sorunlarını çözmek için teknik beceriler: örneklem ve veri toplama İstatistiksel süreç kontrolü İstatistiksel anlamın test edilmesi Korelasyon ve regresyon Temel deney tasarımı, vb.	Uzman Kara Kuşaklar Ekip Liderleri / Kara Kuşaklar	2-6 gün

İleri Düzeydeki Altı Sigma Araçları	Uzmanlık beceri ve araçları ile ilgili modüller: kalite fonksiyonlarının yayılımı İleri istatistiksel analiz Taguchi yöntemleri	Uzman Kara Kuşaklar Danışmanlar	Konuya bağlı olarak değişir
Süreç Yönetimi İlkeleri ve Becerileri	Bir temel projenin ya da destek projesinin tanımlanması, Önemli çıktıların, ihtiyaçların ve ölçümlerin saptanması, İzleme ve uyarı planı	Süreç Sahipleri İş Liderleri Departman Yöneticileri	2-5 gün

4. ALTI SİGMA UYGULAMALARINDA BAŞARI FAKTÖRLERİ

Altı Sigma, kalitenin gelişmesi için sadece birkaç tekniğin ve aracın kullanımını değil, tüm felsefeye bağlılığı gerektirmektedir. Altı Sigma, finansal ve işlemsel anlamda doğrudan etki yapacak süreç ve ürün iyileştirmelerini hedefler. İlişkilerin açıkça ortaya konması anlamında, projelerin ve aktivitelerin müşteriyle, ana süreçlerle ve rekabet gücüyle olan bağının açıklığa kavuşması gerekmektedir (Ada, 2004). Bu nedenle, Altı Sigma'nın etkin bir şekilde uygulanabilmesi için bazı kritik noktaları tespit etmek ve izlemek gereklidir. Tablo 4.1'de Altı Sigma uygulayan bir şirkette dikkat edilmesi gereken kritik başarı faktörleri görülmektedir. 5'li skalada (Antony, 2007);

1 = En Önemsiz

2 = Az Önemli

3 = Önemli

4 = Çok Önemli

5 = Olmazsa Olmaz'a karşılık gelmektedir.

Tablo 4.1: Altı Sigma için Kritik Başarı Faktörleri

Kritik Başarı Faktörleri	Ortalama Değer
Altı Sigma'yı İş Stratejilerine Bağlamak	4,55
Müşteri Odaklılık	4,40
Proje Yönetimi Becerileri	4,40
Üst Yönetimin Desteği ve Katılımı	4,20
Organizasyonel Altyapı	4,15
Altı Sigma Metodolojisini Anlama	4,10
Proje Seçme ve Önceliklendirme	4,05
Altı Sigma'yı Finansal Sorumlulukla Bütünleştirmek	3,70
Kültürel Değişimi Yönetmek	3,55
Eğitim	3,25
Proje Takibi ve Gözden Geçirme	3,10
Teşvik Programı	2,90
Şirket Çapında Katılım	2,80

4.1. Altı Sigma'yı İş Stratejilerine Bağlamak

Yapılan araştırmalarda Altı Sigma'yı iş stratejilerine bağlamak, en kritik başarı faktörü olarak görülmektedir. Yani Altı Sigma, bünyesinde iş stratejileri için devrim niteliğinde bir iyileştirme barındırır (Antony, 2007).

4.2. Müşteri Odaklılık

Altı Sigma, müşterilerle başlayıp müşterilerle bitmelidir. Projeler müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesiyle başlamalıdır. Yani şirkette yer alan her süreçteki iş ile müşteri beklentileri arasında bir ilişki olmalıdır. Müşteri beklentileri ve şirket kârlılığı ile ilgisi olmayan işler ancak ve ancak katma değersiz işlerdir. Şirketin başarısı, müşteri beklentilerini karşılama yetenekleriyle doğrudan ilişkilidir. Müşteriler, üreticilerden, ürün ve hizmetleri zamanında, hatasız ve en düşük fiyatta temin etmek isterler. Üreticiler de, müşteri beklentilerine yanıt verebilmek için, iç operasyonlarında en düşük maliyette hatasız ve en az çevrim süreleriyle ürün ya da hizmet üretmeye çalışırlar. Bu entegrasyon ne kadar güçlü olursa, üretilen iş de o kadar sağlıklı ve katma değerli olur. Sonuç olarak, müşteri beklentilerini doğru ve dinamik olarak algılamak, başarının önemli anahtarlarından biridir (Çelebi, 2006).

4.3. Proje Yönetimi Becerileri

Bir Altı Sigma projesinin üç temel niteliği vardır:

- Mevcut ve ulaşılmak istenen performans arasında bir boşluk vardır.
- Sorunun nedeni tam olarak anlaşılamamıştır.
- Çözüm önceden saptanamıyordur. Optimum çözümün ne olduğu bilinmiyordur.

İş yaşamında pek çok kararda olduğu gibi proje seçiminde karşılaşılan sorunlardan biri de, yalnızca ne yapılması konusunda değil, nelerin yapılmaması gerektiği konusunda da uzlaşmaya varabilmektir. Öte yandan, herşeyi birden yapmaya olanak pek bulunmaz. Bu nedenle de, potansiyel Altı Sigma projelerinden bazılarının listeden çıkarılması gerekebilir. Burada kilit sözcük önceliktir: Önce hangi sorunları / fırsatları ele almamız gerekiyor? En iyi proje seçme yöntemi, mevcut gereksinimlere, kapasiteye ve hedeflere en iyi uyan projeleri saptamaktır (Çelebi, 2006).

4.4. Üst Yönetimin Desteği ve Katılımı

Altı Sigma girişimlerinde esas itici güç üst yönetimin konuya ilgisi ve desteğidir. Yönetimin desteği olmadan Altı Sigma girişiminin gerçek öneminin ve enerjisinin ortaya çıkması gerçekleşmeyebilir. Buradaki önemli nokta, yönetimin sadece destek düzeyinde değil, katılım düzeyinde de aktif konumda olmasıdır (Ada, 2004).

Üst yönetimin iyi desteği, çalışanları Altı Sigma stratejisi ve kalite yönünde motivasyonlarını sağlamayı, kültürel değişimi başarmayı ve organizasyonel yeniden yapılanmayı başarmada zorunludur. Liderler Altı Sigma'nın güçlü savunucuları olmak zorundadırlar. Liderler tarafından gösterilen istek ve heves yönetim kurulunda çalışanların geri kalanını elde etmede uzunca bir yol götürebilir. Üst yönetimin Altı Sigma çalışmalarına göstereceği destek ve katılımını aşağıdaki şekilde listeleyebiliriz (Çelebi, 2006);

- Görünür, sürekli destek, iletişim ve ödüllendirmede aktif rol,
- Kurum stratejilerini birleştirmek ve ortak biçimde çalışmalarını sağlamak için gerekli Altı Sigma bağlantılarını sağlamak,
- Önceliklendirme (diğer proje, program ve girişimler arasında önceliklendirme yapabilme)
- Karar vermenin, tüm seviyelerdeki faaliyetleri desteklemek için veri ve gerçeklerin kullanımı istemek,
- Organizasyona ilişkin sorumluluk-rol ve bunlara ilişkin atamaları yapmak,
- Elde edilen ilerleme-gelişme ve devam eden durumların doğruluğunu kanıtlamak ve sağlamlaştırmak için düzenli gözden geçirmeleri yönetmek ve hazır bulunmak

4.5. Organizasyonel Altyapı

Üst yönetimin desteğinin yanısıra, Altı Sigma girişimini desteklemek için etkili bir organizasyonel altyapı ihtiyacı vardır. Altı Sigma çalışmalarının çoğu takımlar tarafından yapılır. Takım üyeleri tarafından düzenlenen pozisyonlar ve uygulanan roller çeşitli kuşak sistemi altında tanımlanır. Bir proje takımında yer alabilecek kişi sayısı için ideal olan sayı 5 ile 8 arasındadır. Süreç iyileştirmesini uygulamak ve problemlerin başarılı bir biçimde ele alıp çözmeye çalışmak için proje takımlarının çoğu çapraz fonksiyonlu takımları gerektirir. Altı Sigma'yı uygulayan birçok organizasyon, projeyi başlatmak ve desteklemek için proje sponsoru ve süreç

sahibine sahip olacaktır. Süreç sahipleri, süreç iyileştirme için fırsatları tanımlamada önemli rol oynarlar. Organizasyonun zamanlaması ve hazır olması ayrıca önemlidir. Bunun en önemli nedeni, Altı Sigma'nın ciddi anlamda kaynak, liderlik kararlılığı, zaman, yatırım vb. gerektirmesidir (Çelebi, 2006).

4.6. Altı Sigma Metodolojisini Anlama

Altı Sigma eğitimlerinin önemli bir bölümü TÖAİK çevriminin arkasında yatan prensip ve teorileri öğrenmeyi içerir. Çalışanlar, çeşitli durumlar için en uygun araç ve teknikleri seçebilme yeteneğine sahip olmalıdırlar. Altı Sigma problem çözme çerçevesinde gerekli olan teknik ve araçların üç türü vardır (Çelebi, 2006):

- Takım araçları
- Süreç iyileştirme araçları
- İstatistiksel araçlar

4.7. Proje Seçme ve Önceliklendirme

Altı Sigma'yı uygulamaya yönelik olarak gösterilen çabaların etkinliğini belirlemek için önemli bir anahtar faktör etkili proje seçimidir. Bazı Altı Sigma programlarının kendi güçlerini yaymada başarısız olma nedenleri özellikle süreç sahibi ve yöneticiler tarafından uygun görülen, ancak gereksiz projelerde kara kuşakların sahip oldukları nadir ve güçlü bilgileri kullanmalarıdır. Projeler, “değer ortaya çıkaran” özelliğiyle “çaba gerektiren” özelliğinin karşılaştırılıp, ikisinden birinin tercih edilip diğerinden vazgeçilmesine bağlı olarak seçilmelidir. Bir Altı Sigma projesini değerlendirmek bir bilim olduğu kadar aynı zamanda bir sanattır. Bu aynı zamanda Altı Sigma ve bireysel olarak kara kuşakların başarısı için kritik bir öneme sahiptir. Birçok kara kuşağın başarısız olma nedeni, proje seçiminde yeterince ayırım yapamamaları ve alternatifler arasındaki farkı görememelerindendir. Eğer proje seçimi baştan sağma yapılırsa, Altı Sigma çabaları başarısızlıkla sonuçlanabilir (Çelebi, 2006).

4.8. Kültürel Değişimi Yönetmek

Altı Sigma işletme stratejisi olarak firmanın değer ve kültüründe başladığı andan itibaren ağırlığını gösteren bir stratejidir. Aynı zamanda örgüt yapısında da köklü

değişimler gerektirir. Hatalar birçok firmada saklanmaya ve örtülmeye çalışılan bir husus iken Altı Sigma'da hatalar gelişmeyi sağlayacak bir fırsat olarak ortaya konmaktadır. Ancak değişime karşı gösterilen direnç bilinmeyene olan şüpheden kaynaklandığı için aşağıdaki dört katagoride toplanabilir (Ada, 2004);

- Teknik: Çalışanlar istatistiksel analizleri anlamakta güçlük çekebilmektedirler.
- Politik: Sonucu kayıp, gerçekleşemez veya hayal olarak görülmesi dirence sebebiyet verebilir.
- Bireysel: İş yüküne paralel ortaya çıkabilecek bireysel problemler etken olabilir.
- Örgütsel: Değişime karşı örgütsel bazdaki isteksizliğe paralel direnç oluşabilmektedir.

4.9. Eğitim

Neden ve nasıl sorularının cevaplarının çalışanların aklında açıklığa kavuşabilmesi eğitimin ana hedefi olmaktadır. Kuşak sistemi uygulanmalı, eğitmen ve eğitim sistematik bir yapıya oturtulmalıdır. Zaman içinde eğitim gören bir örgütten öğrenen örgüte geçiş gerçekleşecektir (Ada, 2004).

4.10. Proje Takibi ve Gözden Geçirme

Proje gözden geçirme toplantıları, Altı Sigma eğitimlerine ve proje uygulamalarına paralel olarak yürütülür. Gözden geçirme toplantılarının düzenli bir plan doğrultusunda yürütülmesi, proje faaliyetleri ve uygulamaların sabit bir performansta sürekliliğini sağlayarak, Kara Kuşak ve Yeşil Kuşak adayları üzerinde olumlu bir baskı oluşturacaktır. Gözden geçirme toplantıları iki farklı açıdan önemlidir (Çelebi, 2006).

- Proje Şampiyonu Değerlendirmesi: Altı Sigma projesinin gerçek sahibi olan yöneticinin, proje başarısı için Kara Kuşak proje liderine destek olması ve düzenli bir iletişim sağlaması gereklidir. Proje uygulamalarında karşılaşılan sorunlar tartışılmalı ve proje liderinin başarıları gözlemlenmeli, duruma ve ihtiyaca göre kaynak sağlanmalıdır. Şampiyonun düzenli gözden geçirme çalışmaları yapmadığı bir projede başarı sağlanamaz. Zaten düzenli gözden geçirme yapmayan bir Şampiyon'un da, proje lideri Kara Kuşak ve Yeşil

Kuşak'tan projenin sonuçları hakkında sorgulama yapması da beklenemez (Çelebi, 2006).

- Proje Danışmanı Değerlendirmesi: Altı Sigma projelerine teknik açıdan koçluk yapan Uzman Kara Kuşaklar'ın yürüttüğü gözden geçirme çalışmalarını içerir. Uzman Kara Kuşaklar, Proje Lideri'ne projenin teknik çözümünden çok kullanılan araçların etkinliği ve doğruluğu ile proje yönetiminde ve disiplinde olabilecek sapmalar konusunda yardımcı olurlar. Uzman Kara Kuşaklar her bir proje şampiyonu ile düzenli iletişim sağlayarak projenin başarısı için gerekenler konusunda uyarılarda bulunurlar (Çelebi, 2006).

5. ALTI SİGMA UYGULAMA ARAÇLARI

5.1. Tanımlama Aşamasında Kullanılan Araçlar

5.1.1. Beyin Fırtınası

Belirli bir konuda grup halinde ve tam bir özgürlük içinde, çok sayıda fikir üretmek amacıyla yapılan ortak fikir jimnastiğidir (Çelebi, 2006). Beyin fırtınası, her bir kişinin verilen bir konu hakkında fikir beyan etmesiyle başlar. Her fikir, bütün grup üyelerinin görebileceği bir tahtaya listelenir. Kişilerin cesaretini kırmamak amacıyla, yorum ve eleştirilere izin verilmez. Herkesin fikirleri tükenene kadar beyin fırtınası devam eder (Villareal, 1997).

Beyin fırtınası, genel olarak 4 aşamalı bir şekilde uygulanır (Çelebi, 2006):

- **Başlama:** Beyin fırtınası kuralları belirlenir, katılımcılara hatırlatılır. Beyin fırtınası yapılacak konu katılımcılara anlatılır ve herkesin aynı şeyi anlaması sağlanır. Burada problemin herkes tarafından aynı şekilde anlaşılması çok önemlidir. Aksi takdirde herkes farklı telden çalar ve tartışmaları tek bir noktada toplamak zorlaşır.
- **Fikir üretme:** İlgili konu hakkında katılımcıların fikirlerinin not edilmesi aşamasıdır. Bir tahtada bu fikirler listelenir. Fikirlerin kimler tarafından söylendiği önemli değildir. İçerikleri tartışmalıdır.
- **Fikirlerin tartışılması:** Tahtada listelenen fikirler tek tek tartışılır. Fikirler daha detaylı hale getirilir. Ne söylenmek istendiği açık olarak ortaya konulur. Herkesin aynı şeyi anlaması tekrar sağlanmış olur. Konuyla ilgili olmayan fikirler ayıklanır. Konunun önemli elemanları, faktörleri, etkileri ve etkileşimleri ortaya konarak çözüm aranacak sorunlar ve kaynakları belirlenmeye çalışılır.
- **Eylem planları:** Ortaklaşa belirlenen çözümlerin gerçekleştirilmesi için eylem planlarını yapma aşamasıdır. Yapılacak çalışmalar ve sorumlulukları belirlenir. İyileştirme çalışmaları ile koordinasyon sağlanarak bu çalışmaların yürütülmesi karara bağlanır.

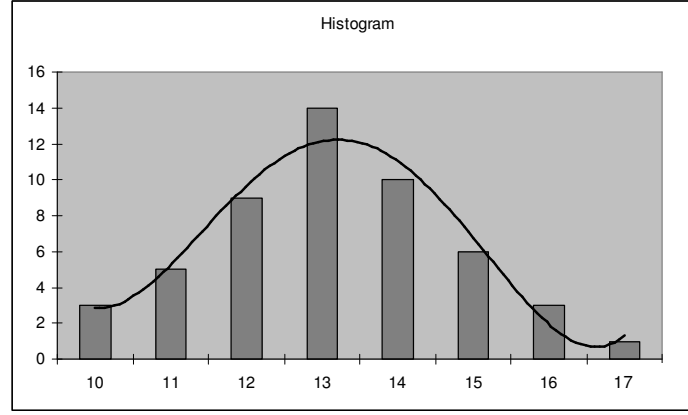
Beyin fırtınası yapacak ekibin fazla kalabalık olması gerekmez. 5-8 kişilik bir grup, her türlü çözümü tartışmak için yeterlidir. Beyin fırtınası yapacak olan bireylerin çözülecek problem ile ilgilerinin olması önemlidir. Katılımcıların beyin fırtınası konusunda eğitilmeleri ve amaçlarının mümkün olduğunca çok fikir üretmek olmasının sağlanması lazımdır. Bu toplantılarda makam ve mevki farklılıklarının tamamen ortadan kaldırılması gerekir. Beyin fırtınası problem çözmede oldukça güçlü bir teknik olmasına rağmen suistimal edilmesi oldukça kolaydır. Bu teknik kullanılarak çözülen problemler kurum içinde duyurularak teknikten faydalandığının diğerlerine gösterilmesi çok faydalı olur (Çelebi, 2006).

5.1.2. Histogram

Histogram, bir süreçteki toplam değişkenliğin ve dağılımın şeklini ortaya koymak, süreç davranışı konusunda görsel bilgi sahibi olmak ve iyileştirme çabaları üzerine yönelik karar vermek amacıyla kullanılır. İzlenecek adımlar (Özkan, 2006);

- Veriler toplanarak küçükten büyüğe doğru sıralanır,
- En büyük değer ile en küçük değer arasındaki fark alınarak dağılım genişliği hesaplanır,
- K sınıf sayısına karar verilerek sınıf aralığı hesaplanır,
- Sınıf sınırları bulunur,
- Her bir sınıfa düşen veri sayısı bulunarak sıklık tablosu oluşturulur,
- Sıklık tablosuna göre histogram çizilir.

Genellikle histogramlar, yatay eksen değişken verilere ait ölçümleri, dikey eksen ise, ölçülen değerlerin gerçekleşme sıklığını (frekans) gösteren dikdörtgen dizileri olarak gösterilir. Şekil 5.1'deki gibi histogramı oluşturan sütunların üst orta noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen eğriye, sıklık eğrisi denir. İstatistiksel Süreç Kontrol tekniklerinin kullanılması, uygulanması için veriler mutlaka bir dağılım göstermelidir. Kalite açısından, herhangi bir dağılım göstermeyen verilerle istatistiksel çalışma gerçekleştirilemez. Dağılım göstermeyen verilerle çalışılması durumunda hatalı sonuçlara ulaşılır, dolayısıyla zaman ve emek kayıplarına uğranır (Özkan, 2006).



Şekil 5.1: Histogram Grafiği Örneği

5.1.3. Pareto Diyagramı

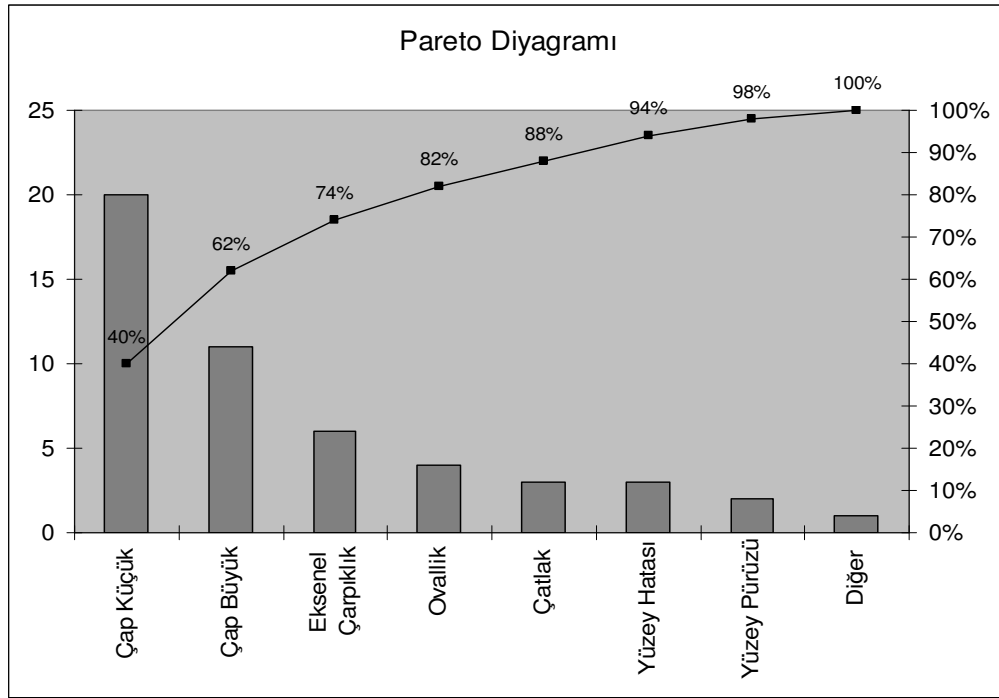
Süreç verimliliğini ve ürün kalitesini etkileyen tüm karakteristikler belirlenerek değerlendirmeleri yapılmalıdır. Değerlendirme için gerek ve olası tüm etkenler önem sırasına göre dizilmelidir. Ürün kalitesinin geliştirilmesi için üzerinde en fazla durulması gereken karakteristikler için Pareto Prensibi kullanılır. Ölçülebilen karakteristikler İstatistiksel Süreç Kontrol uygulaması için az sayıda ve en önemli karakteristiklerin seçilmesi gerekir (Özkan, 2006).

Pareto Prensibine göre bir sorunun genellikle birden çok nedeni vardır. Ancak, bu nedenlerin pek azının etkisi çok fazladır. Pareto prensibine göre nedenlerin % 20'sinin etkisi % 80 ağırlıktadır. Juran, bu nedenleri “pek az sayıda önemli” ve “incelenmesi yararlı pek çok” olarak ikiye ayırmaktadır. Bu duruma göre nedenlerin önem sırasına göre istatistiklerinin yapılması gerekmektedir. Bazen bu nedenlerin önem sırasına göre dizilmesi için bazı deneyimlere ihtiyaç vardır. Pareto diyagramında tüm nedenler yatay eksen, meydana gelme sıklıklarına veya sebep oldukları kalite maliyetlerinin parasal değerlerine göre sıraya dizilmekte, düşey eksen ise söz konusu sıklıkların veya kalite maliyetlerinin yüzde değerleri gösterilmektedir (Özkan, 2006).

Pareto Analizi iki şekilde kullanılır. Bunlardan biri ölçümlere / istatistiklere dayalı olarak pareto diyagramı çizmektedir. Tablo 5.1 ve Şekil 5.2 bunun tipik bir örneğidir (Çelebi, 2006).

Tablo 5.1: Şaft Üretiminde Yapılan Hatalar

Hata Türü	Hata Adedi	Toplamda Payı (%)
Çap Küçük	20	40,0%
Çap Büyük	11	62,0%
Eksenel Çarpıklık	6	74,0%
Ovallık	4	82,0%
Çatlak	3	88,0%
Yüzey Hatası	3	94,0%
Yüzey Pürüzü	2	98,0%
Diğer	1	100,0%

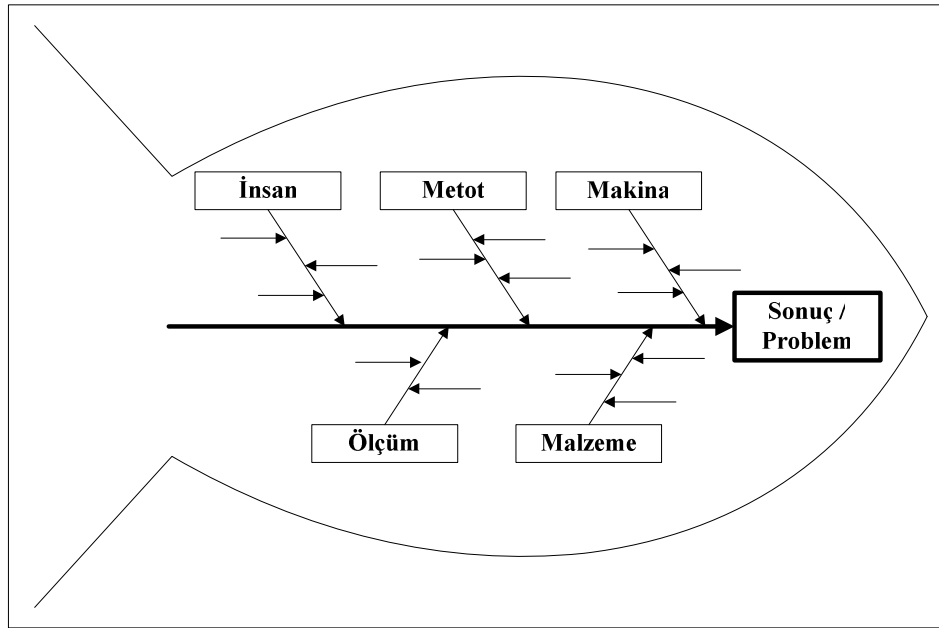


Şekil 5.2: Pareto Grafiği Örneği

Diyagramın temel sonuçlarını incelersek, sadece çap hatalarının giderilmesi ile toplam hataların % 62'sinin ortadan kaldırılabileceği anlaşılmaktadır. İşletmede sorumluluk taşıyanlar bu dağılımı dikkate alarak gerekli kararları vereceklerdir. Pareto analizinin bir özelliği de, “azalan marjinal fayda” eğrisini içermesidir. Bu eğrinin yararı, önlemlerin sırasıyla alınmasının sonuca etkisinin bir bakışta anlaşılmasıdır (Çelebi, 2006).

5.1.4. Neden-Sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramı

Japon kalite devriminin mimarlarından Prof. Kaoru İshikawa, işletmelerde kalite sorunlarının nedenlerini belirlemek için bir metot geliştirmiştir. Bir hayli başarılı olan ve kendi adı ile de anılan bu yöntem “Balık Kılçığı Diyagramı” da denilmektedir. Uygulaması oldukça basit olan bu yöntem, sorunun nedenlerini sistemli bir biçimde araştırmaya yöneliktir. Şekil 5.3’te Balık Kılçığı Diyagramı örnek olarak gösterilmiştir (Çelebi, 2006):



Şekil 5.3: Balık Kılçığı Diyagramı

Diyagramın sol tarafında “Nedenler” sağ tarafında da “Sonuç” yer alır. Tek bir sonuç -genellikle bir sorun- inceleme konusudur. Nedenler ise ana gruplar halinde ele alınır; her ana nedenin alt nedenleri vardır. Tipik olarak sorun bir kalite özelliğidir. Örneğin; boyut, sertlik, dayanıklılık, vb. özellikler veya fire oranı, hatalı ürün oranı gibi sorunlardır. Nedenler ise; kimyasal yapı, imalat yöntemi, kullanılan ölçüm cihazı veya elemanın iş bilgisi gibidir. Bir balık kılçığı diyagramı aşağıdaki sıraya göre geliştirilir (Çelebi, 2006):

- Araştırılacak sorun bir kutu içine alınır ve kalın bir okla gösterilir. Bu soruna neden olabilecek ana nedenle birer kutu içine alınarak bu oka bağlanır.
- Her ana nedenin hataya sebep olabilecek alt nedenleri işaretlenir.

- Tüm alt nedenler (temel nedenlere) tanımlanıncaya kadar diyagram dallandırılır.
- Çalışmayı yapan grup üyeleri (beyin fırtınası kurallarını uygulayarak) en önemli nedenleri belirler.
- Belirlen bu nedenlerin doğrulanması için veri toplanır, incelenir ve yorumlanır. Sorun giderilene dek araştırmaya devam edilir.

Genelde kalite sorunlarının nedenleri oldukça karmaşıktır, bu bakımdan balık kılçığı diyagramı da tipik olarak Şekil 5.3'tekinden daha karmaşık olacaktır. Çok yalın bir diyagram analizin yetersizliğine işaret eder. Balık kılçığı diyagramı herhangi bir işletme sorununa uygulanabilecek kadar genel bir yöntemdir. Örneğin; “satışların az olması”nın ana nedenlerini başka faktörlerde aramak uygun olacaktır. Böyle bir konuda ana nedenler (Çelebi, 2006):

- Pazarlama metodu
- Ürünün pazara uygunluğu
- Satış elemanları
- Marka imajı
- Dağıtım kanalı
- Fiyatlandırma / finans stratejisi

olabilir. Önemli olan konuya uyan ana nedenleri belirlemek ve sorunun kaynaklandığı tüm temel nedenleri bulmaktır. Fazla ayrıntılı bir diyagram zarar getirmez ancak yeterli ayrıntıyı içermeyen bir diyagram yanıltıcı olabilir (Çelebi, 2006).

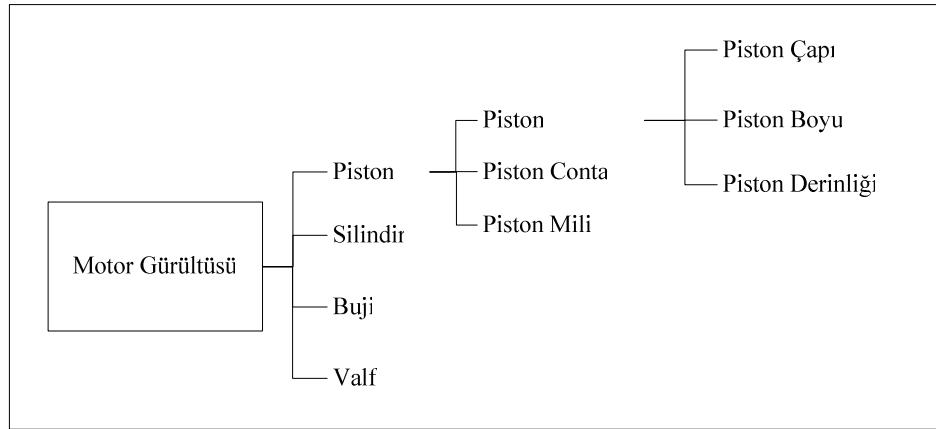
5.1.5. Ağaç Diyagramı

Ağaç Diyagramı, bir amaca varmak veya bir problem çözmek için sistemli bir düşünme tarzıdır. Kullanıldıkları yere göre, strateji geliştirme veya bileşen geliştirme olmak üzere ikiye ayrılır. İzlenecek adımlar aşağıda sıralanmıştır (Özkan, 2006):

- Çözümü istenen problem veya hedef belirlenir ve kutu içerisine yazılarak sayfanın sol tarafına yerleştirilir.
- Bu hedefi gerçekleştirmek için neler yapılmalıdır diye sorulur, ilişki diyagramı kullanılarak konuya en yakın fikirler belirlenir ve bunlar hedefi tanımlayan kutunun sağ tarafına yerleştirilir.

- “Bu amaca ulaşmak için hangi metodu ya da faaliyeti tanımlamak zorundayız?” sorusuna verilen cevaplar en sağa yerleştirilir ve bağlantılı çizgilerle aracın amacını oluşturacaktır.
- Amaç ve araçlar belirlendikten sonra, sağ taraftan başlayarak bir aracın uygulandığı takdirde amacı başarıp başaramayacağı kontrol edilir, düzeltme gerekirse yapılır.

Şekil 5.4’te örnek olarak verilen ağaç diyagramının problem çözümünde, izlenecek yolun sistematik ve mantıksal olarak ayrıntılı biçimde tanımlanarak geliştirilmesinde, grup üyelerinin fikir birliğine varmasına imkan sağlar (Özkan, 2006)



Şekil 5.4: Ağaç Diyagramı

5.1.6. İlişkilendirme Diyagramı

İlişkilendirme Diyagramı, her bir üyenin fikirlerini kağıt üzerine yazmasına dayanan ve çok sayıdaki fikir, düşünce ve ilişkiyi doğal ilişkiler bazında gruplandırmaya yarayan bir tekniktir (Villareal, 1997). Basit veya çözümü kolay olan problemlerin çözümünden ziyade neden-sonuç diyagramıyla başarılamayacak karmaşık problemlerin çözümünde kullanılır. İzlenecek adımlar aşağıda sıralanmıştır (Özkan, 2006):

- Konu belirlenir.
- Konuyla ilgili gerçekler, tahminler, fikirler, sonuçlar gibi veriler toplanır ve sınıflandırılır. Gözlemler, araştırmalar ve bireysel düşünceler diğer kaynaklardır.

- Her bir veri tek bir karta yazılır. Sonra bu kartlar toplanır, karıştırılır ve geniş bir masaya yayılır. Gruptan bir kişi birbirine benzeyen kartları ayırır.
- Benzer kartlardan on gruptan fazla olmamak şartıyla gruplar oluşturulur. Gruplandırılmayan kartlar kendi gruplarını oluşturur. Her gruptan o grubun anlamını içeren bir kart bulunur ve bu kart en üste konur. Buna “İlgi Kartı” denir.
- Kartlar yeniden düzenlenir ve yeni ilgi kartları bulunur. Bu işle bilgiler üç-dört gruba ininceye kadar devam eder. Sonra büyük bir kağıda gruplar ve ilgi kartları belirtilerek yazılır.

İlişkilendirme diyagramı takım üyelerine düşünme biçimlerini geliştirerek kendi aralarında uzlaştırmaktadır. Önceliklerin doğru olarak belirlenmesini sağlayarak, problemlerin nedenleri ile olan ilişkilerini netleştirir ve anlaşılmasına yardımcı olur. Karmaşık neden-sonuç ilişkisiyle bağımlı olan sorunların mantıksal olarak sıralanmasına imkan sağlayarak genel durumla ilgili geniş bir bakış açısı elde etmeye yönelik planlama çalışmalarında faydalıdır (Özkan, 2006).

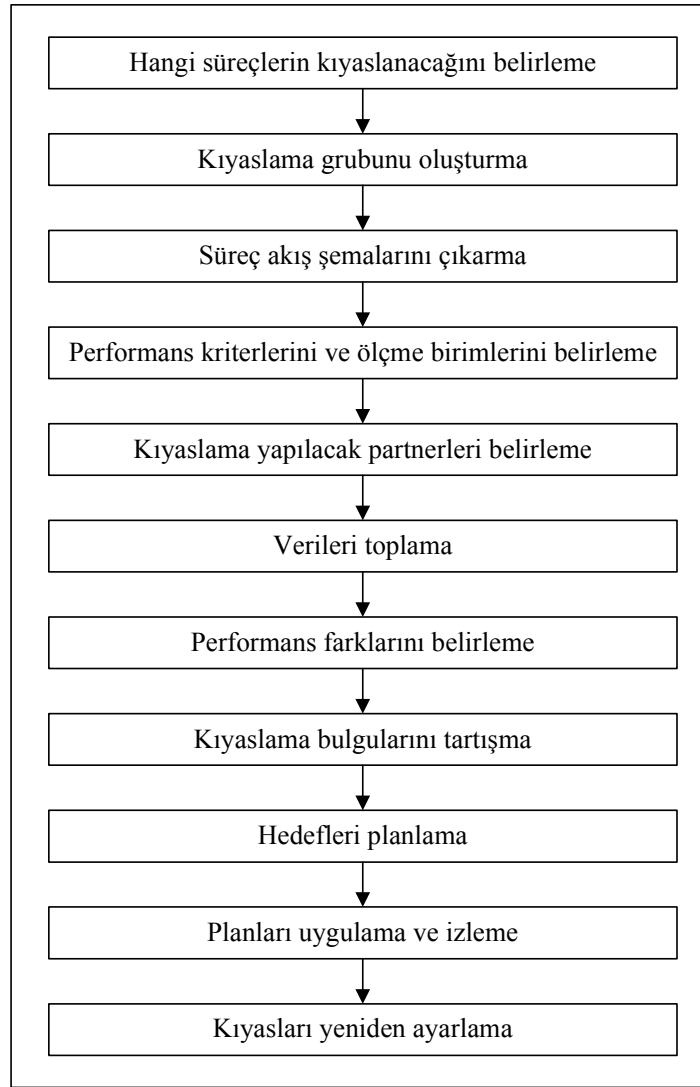
5.1.7. Kıyaslama

Kıyaslama, temel şirket süreçlerinin iyileştirildiği, performansının izlendiği, en iyi uygulamalarla yeni karşılaştırmaların yapıldığı ve olası değişikliklerin farkedildiği sürekli bir etkinliktir. Kıyaslama yapılabilecek alanlar, aşağıda yer alan dört farklı alanda yapılabilir (Hinton, 2000):

- İç Süreçler: Şirket içinde benzer operasyonların kıyaslaması
- Rekabetçi: En iyi rakipler ile kıyaslama
- Fonksiyonel: Başka bir endüstrideki aynı fonksiyon altında benzer süreçlerin kıyaslanması
- Standart Süreç: Yenilikçi ve örnek gösterilebilecek iş süreçleri ile mevcut süreçleri kıyaslama

Bir işletme için kıyaslama yapmaya karar vermek kolay, ancak hangi süreçlerin hangi performans ölçütleriyle kıyaslanacağını belirlemek zordur. Bir başka zorluk kıyaslama yapılacak rakipler ile ilgilidir. Bilginin paylaşımı temeli üzerine kurulu olan kıyaslamada taraflar paylaşma konusunda içtenlik ve istek içinde

davranmazlarsa, bütün çabalar boşa gidebilir. Kıyaslama sürecindeki adımlar, Şekil 5.5'te gösterilmektedir (Çelebi, 2006):



Şekil 5.5: Kıyaslama Süreci

5.2. Ölçme Aşamasında Kullanılan Araçlar

5.2.1. Veri Toplama

Bir işlemenin veya sürecin performansını geliştirmek için mutlaka verilere ihtiyaç vardır. “Gerçeklere Dayalı Yönetim” ve “Sürekli Gelişme” ancak doğru zamanlı ve güvenilir verilerle gerçekleştirilebilir. Daha çok veri daha başarılı bir yönetim anlamına gelmez. Kullanılmayan veya değerlendirilemeyen veriler zararlıdır,

gereksiz maliyetler getirir. Bazı işletmelerde bilinçsizce veri toplanır ve değerlendirilmeden depolanır. Bu tür veri toplama “nasılsa bir gün işe yarar” mantığı kişileri de, bilgisayarları da, işletmeyi de meşgul eder, yararlı işleri geciktirir. Veriler belli bir amaç için ve o amaca uygun yöntemlerle toplanır, değerlendirilir ve gereği yapılır. Bu nedenle (Çelebi, 2006):

- Amaç açıkça belirlenir.
- Amaca hizmet edecek verilerin hangileri olduğu kararlaştırılır.
- Bu verilerin hangi örnekleme yöntemiyle ve nasıl toplanacağı saptanır.
- Verilerin kimler tarafından, hangi tarihte, nasıl ve hangi birimlerce toplandığı kaydedilir.
- Bu amaçla özel bir form geliştirilir.
- Verilerin istenilen bir hassasiyette ve doğru olması için ölçü aletlerinin uygunluğu ve güvenliği sağlanır; tekrarlanabilirlik güvenceye alınır.

Veri toplanırken şu hususlara dikkat etmek gerekir (Çelebi, 2006):

- Toplanan veriler, hedeflenen amaca uygun hassasiyette olmalıdır. Yeterli hassasiyete sahip olmayan veriler, işe yaramaz.
- Verinin hassasiyeti, ölçü aletinin yeteneğini aşamaz. 1/10 mm hassasiyeti olan bir kumpas ile 1/100 mm’lik değişkenlerin ölçülmesi anlamsızdır.
- Yapılacak gözlem sayısı, uygulanacak örnekleme yöntemi ve verileri değerlendirme tekniği araştırılan konunun özelliklerine uygun olmalıdır.
- Veri toplanırken, her veri için geçerli olan tüm koşullar saptanmalı ve kaydedilmelidir. Örneğin, bir kalite özelliği ölçüldüğünde ilgili vardiya, üretimi yapan kişi, kayıt cihazı, kullanılan hammadde, süreç değişkenlerinin durumu ve çevre koşulları (sıcaklık, nem oranı, vb.) kaydedilmelidir. İlk bakışta aşırı külfetli gibi görünse de, zaman içinde sapma göstermeyen ya da değişimi sözkonusu özelliği kesinlikle etkilemeyen faktörler terk edilir ve gereksiz zaman harcanmaz. Öte yandan, gerçekten etkisi olan bir faktör hakkında yeterli veri yoksa, ilgili kalite sorunu çözümsüz kalacaktır.

Veriler, otomatik bir sistemle ya da manuel olarak toplanır. Tercih edilmesi gereken manuel bir veri toplama yöntemidir. Teknolojik gelişme ile çelişkili görünen bu tercihin çok köklü nedenleri vardır. Bunlar (Çelebi, 2006):

- Manuel veri toplama işi yapanı sürece yaklaştırır, onu daha iyi anlamasını ve hissetmesini sağlar.
- Olaylar -veya zaman- ilerledikçe veriyi toplayan kişi süreci izlerken sebep-sonuç ilişkileri görmeye, bazı keşifler yapmaya başlayacaktır. Esas amaç da bunu başarmaktır.
- Bu şekilde veri toplama yaklaşımı dinamik bir hale gelecektir. Bazı verilerin gereksizliği ortaya çıkacak ve veriler toplanmayacak, kimi zaman da yeni faktörler araştırılarak onların verileri toplanacaktır. Böylece, optimum bir veri toplama düzeneği kısa sürede kurulabilecektir.
- Sürekli gelişme amaçlı veri toplama araştırma nitelikli ve geçicidir. Gelişme sağlanınca, veri toplama da bırakılacaktır. En azından, araştırılacak yeni konuyla bağımlı olarak mahiyeti değişecektir. Geçici faaliyetler için manuel sistemler daha esnek ve ucuzdur.

Burada sıralanan gerçekler, otomatik sistemlerin hiçbir zaman kullanılmaması anlamına gelmez. Aşağıdaki durumlarda otomatik veri toplama sistemleri avantajlı, hatta zorunlu olabilir (Çelebi, 2006):

- Değişimin çok hızlı olduğu durumlarda,
- Çok sayıda verinin aynı anda toplanması gerektiğinde,
- Sağlık veya emniyet nedeniyle manuel veri toplamanın riskli olması halinde,
- Veri toplamanın matematiksel analizinin de yapılması gerektiğinde.

Veriler sayısal olarak tablolara veya formlara; ya da grafiksel olarak çizelgelere kaydedilir. Grafiksel kayıt aynı zamanda görsel analize de olanak sağladığından hem kayıt, hem de değerlendirme işlevi görür. Bu bakımdan -başka bir neden yoksa- her fırsatta tercih edilmelidir (Çelebi, 2006).

5.2.2. Örneklem Dağılımı

Ana kütle, bir araştırmacının ilgilendiği ve ortak özelliklere sahip birimlerden oluşan topluluğun tamamı, örneklem ise, bu ana kütlelerin özelliklerini yansıtan bir parçasıdır. Bir kara kuşak projesinde dikkate alınan probleme ilişkin bir süreçten elde edilen ve edilecek olan bütün gözlem değerlerine ilişkin topluluk anakütle, süreçten elde edilen bir günlük, iki haftalık veya beş aylık verilerin oluşturduğu alt topluluk

ise örneklem olarak değerlendirilir. Gözlemlemek üzere anakütleden rassal olarak seçilen birimlerden oluşan bir örneklem birimlerinin gözlenmesiyle anakütle hakkında çıkarımda bulunma işlemine “Örnekleme” adı verilir. Örnekleme dağılımı ise, herhangi bir ana kütlede çekilebilecek tüm olanaklı örneklemelerden elde edilebilecek örneklem ortalaması, örneklem oranı ve örneklem varyansı gibi bir örneklem istatistiği ile bunların gerçekleşme olasılıklarından oluşan olasılık dağılımıdır. Örneklem istatistiklerine dayanarak ana kütle parametrelerinin tahmin edilmesinde, örneklem kullanılmasıyla ortaya çıkan hataya “Örnekleme Hatası” adı verilir (Işığışok, 2005).

5.2.3. Tekrar Edebilme ve Yeniden Üretebilme Ölçümü

Bir tekrar edebilme ve yeniden üretebilme ölçümü çalışması ölçüm sistemi ile ilgili bir kavramdır. Birden çok operatör, birden çok parçayı, birden çok kere ölçer. Örneğin; üç operatörün her biri, yedi parçayı ikişer kere ölçer. Operatörün ölçme işlemini özel bir testin bir parçası olarak yaptığını bilmemesi arzu edilen bir durumdur. Operatörler hangi birimi ölçtüklerini bilmemelidirler. Çalışma sonuçlarındaki varyasyon analiz edilir ve bu varyasyonun ne kadarının operatördeki değişimlerden, ne kadarının teknikler veya parçaların kendilerinden kaynaklandığına karar verilmelidir. Sürekli değişkenler için istenen karakteristikler ve açıklamaları şu şekildedir (Çelebi, 2006).

- Doğruluk, bir ölçümün doğruluğunu, yapılan bir dizi ölçüm değerlerinin ölçülen kalite karakteristiğine gösterdikleri uyumdur. Doğruluk genellikle, tekrarlanan ölçümlerin ortalamasının, bilinen standart bir değer ile karşılaştırılması sonucu test edilir.
- Tekrar edebilirlik, aynı insanın aynı parçayı ölçerken aynı sonuçları elde edebilmesidir.
- Yeniden üretilebilirlik, aynı kalite karakteristiği iki farklı kişi tarafından aynı cihaz kullanılarak ölçüldüğünde, aynı değerlerin bulunmasıdır.

5.2.4. Süreç Sigması

Üretilen ürünlerin, Altı Sigma standardının neresinde olduğunu belirlemek için parça başına düşen hata ve hata olasılığı sayımı kullanılır. Ürünün kalitesini ölçerken bulunan hataları dört kategoriye ayırabiliriz (Çelebi, 2006):

- Parça Hataları: Satın alınan malzeme ve parçalar içindir. Giriş kalite kontrol alanında ölçülür. Her parça için bir olasılık vardır.
- Süreç Hataları: Bu hatalar üretim veya montaj aşamasında oluşan hatalardır. Üretim alanlarında ölçülürler, nitelik ölçümlerinde MOHS cinsinden değerlendirilirler.
- Performans Hataları: Son test aşamasında oluşan hatalardır. Ürün performans spesifikasyonlarındaki uygunsuzluktur. Son test aşamasında ürünün sistem gerekliliklerine uyumsuzluğu veya sistemde kullanılan parça veya alt takımlarının montajından doğan hatalar olarak belirlenir. Örnek olarak, bir cihazın anteni için 9 ila 12 GHz aralığında minimum 10 dB kazanç isteniyorsa, bu 9 ila 12 GHz arasındaki her frekansın 1 olduğu anlamına gelmez. En kötü koşulda bu performansın sağlanması gerektiğinden tek bir hata olasılığı vardır.
- Yazılım Hataları: Bir yazılımın kalitesini belirleme için kullanılır. Her satır kod bir olasılık olarak değerlendirilir ve yazılımın raporlama periyotlarında bulunan hataların toplamı kaynak kod satırlarına oranlanarak MOHS hesaplanır.

5.3. Analiz Aşamasında Kullanılan Araçlar

5.3.1. Hipotez Testi

Hipotez testi, pratik bir problemi alıp istatistiksel probleme dönüştürme sürecidir. Altı Sigma ile, günlük hayatımızda karşılaştığımız problemlere çözüm ararken hipotez kurmak analiz aşamasında yapmamız gereken ilk iştir (Özkan, 2006). Altı Sigma projelerini uygulayan kara kuşaklar da; projelerine ilişkin gözlemlerine, diğer projelere veya araştırma sonuçlarına ya da teoriye dayanarak çeşitli önermeler ileri sürebilirler. Herhangi bir kara kuşağın ileri süreceği önermenin veya ortaya atacağı iddianın, istatistiksel hipotez olması nedeniyle bir frekans dağılımı vardır ve test edilebilirliği mümkündür. Örneğin, süreçlerin kalıp bağlama sürelerinin azaltılmasına yönelik bir kara kuşak projesinde; aynı tür preslerin ayar sürelerinin ortalamasının 20 dakikadan az olup olmadığının, iyileştirme öncesi ile iyileştirme sonrasında ayar sürelerinin ortalaması arasında önemli bir fark olup olmadığının veya iyileştirmeden sonra ortalama ayar sürelerinin azalıp azalmadığının belirlenmesinde hipotez testlerine başvurulur (Işığışok, 2005).

Hipotez testlerinin oluşturulmasında veya alternatif önermelerden hangisinin doğru olduğuna, istatistiksel yaklaşım ile karar verme sürecinde bazı kavramlara değinmekte yarar vardır (Işığışok, 2005).

5.3.1.1. Sıfır Hipotezi ve Alternatif Hipotez

Karşılaştırılan iki önermeden (hipotezden) birisi sıfır (yokluk) hipotezi (H_0) iken diğeri alternatif (karşıt) hipotez (H_a veya H_1) olarak adlandırılır. Hipotezlerin ifade edilmesinde, mevcut olan ve eskiden beri bilinen görüş “sıfır hipotezi” olarak kabul edilir iken, ileri sürülen iddia veya görüşe ise “alternatif hipotez” adı verilir. Tümevarım anlayışına sahip olan hipotez testinde bir hipotezle onun alternatifi olan diğeri bir hipotezden hangisinin örneklem istatistiği ile daha iyi bağdaştığı araştırılır. Araştırmacının veya kara kuşağın doğruluğundan kuşku duyduğu hipotez sıfır hipotezi, doğruluğuna inandığı hipotez ise alternatif hipotezdir (Işığışok, 2005).

5.3.1.2. Sıfır Hipotezinin Reddedilmesi veya Reddedilmemesi

Hipotez testinin özü, sıfır hipotezinin reddedilmesi esasına dayanır ve sıfır hipotezi her zaman reddedilmeye çalışılır. Bunun nedeni, ileri sürülen iddianın geçerli olduğunu göstermektir. Bu ifade, sıfır hipotezinin taraflı olarak reddedilmeye çalışılması anlamına gelmemelidir. Nitekim, sıfır hipotezinin reddedilmesine yönelik olarak yeterli kanıt bulma zorunluluğu vardır. Aksi halde, mevcut durum veya eskiden beri bilinen görüş halen geçerliliğini koruyor demektir. Sıfır hipotezinin reddedilememesi, sıfır hipotezini reddetmek için yeterli kanıt olmadığı veya alternatif hipotezi desteklemek için yeterli kanıt olmadığı anlamına gelir. O halde sıfır hipotezi reddedilir ise alternatif hipotez kabul edilmiş olur ve eldeki kanıtlara göre ileri sürülen iddianın geçerli olduğuna karar verilir. Aksi durumda, “sıfır hipotezi kabul edilir” yerine “sıfır hipotezi reddedilemez” yorumunun kullanılması daha uygundur. Bunun nedeni, sıfır hipotezi mevcut olan ve zaten kabul görmüş olan eski bir görüştür ve bu görüşün tekrar kabul görmesi yersizdir (Işığışok, 2005).

5.3.1.3. İstatistiksel Olarak Önemlilik ve Anlamlılık

Önemlilik veya anlamlılık kavramlarını preslerin ayar sürelerine ilişkin örneklerle açıklamaya çalışalım. Aynı tür preslerin ortalama ayar sürelerinde iyileştirme öncesi ve sonrasında bazı farklar bulunabilir. Preslerin ayar sürelerinde 1, 5 veya 10

dakikalık azalmalardan her biri, iyileşmenin bir göstergesi olabilecek birer farktır. Hipotez testinin özü, bu farkların rassal olarak mı ortaya çıktığı yoksa gerçekten “önemli” veya “anlamli” sayılabilecek bir iyileştirmeyi mi ifade ettiğine, yani istatistiksel olarak karar verme mantığına dayanır. Kuşkusuz, sürecin ortalama ve standart sapmasına bağlı olarak bazen beş dakikalık fark önemli bir fark olarak görülebilir iken, bazen on dakikalık fark rassal olarak ortaya çıkan bir fark şeklinde değerlendirilebilir. Sözü edilen önemli ve anlamli kavramları, ortaya çıkan farkların “istatistiksel olarak anlamli” veya “istatistiksel olarak gözardı edilmeyecek kadar önemli” olup olmadığına ilişkin kavramlardır. Örneğin, marketten alınan bir ekmeğin 5-10 gram az olmasına önem verilmez iken, hediye olarak alınan bir yüzüğün ağırlığının 1 gram az olmasına, rassal olarak ortaya çıktığı yönünde bakılmaz. Bu farkın gerçekten önemli bir fark olarak değerlendirileceği açıktır. Ne kadarlık farkın anlamli veya önemli olduğu, daha çok verilerin değişkenliğine, örneklem hacmine ve buna bağlı olarak standart hataya ve anlamlilik seviyesine bağlıdır (Işığışok, 2005).

5.3.1.4. I. veya II. Tip (α ve β Tipi) Hatalar

Gerçekte sıfır hipotezi doğru veya yanlış olabilir. Buna karşılık istatistiksel karar sonucunda sıfır hipotezi reddedilebilir veya kabul edilebilir. Her iki durumda da ikişer şık olduğuna göre, alınan bütün kararlarda aşağıdaki dört olası durumla karşılaşılması kaçınılmazdır (Işığışok, 2005):

- H_0 hipotezi gerçekte doğru iken, reddedilebilir. (yanlış karar, α)
- H_0 hipotezi gerçekte yanlış iken, reddedilmeyebilir. (yanlış karar, β)
- H_0 hipotezi gerçekte doğru iken, reddedilmeyebilir. (doğru karar, $1 - \alpha$)
- H_0 hipotezi gerçekte yanlış iken, reddedilebilir. (doğru karar, $1 - \beta$)

Tablo 5.2: Gerçek Durum ile Sıfır Hipotezine İlişkin Verilmesi Olası Kararlar

Test Sonucu	H_0 Doğru	H_0 Yanlış
H_0 reddedilmedi	Doğru Karar $1 - \alpha$	II. Tip Hata β
H_0 reddedildi	I. Tip Hata α	Doğru Karar $1 - \beta$

Tablo 5.2 incelendiğinde, gerçekte doğru olan sıfır hipotezi test sonucunda reddedilmez ise, doğru karar verilmiş olur. Bu durum, gerçekte doğru olan sıfır

hipotezinin reddedilmeme olasılığı veya testin güvenilirlik seviyesi olarak ifade edilir ve $1 - \alpha$ ile gösterilir. Aynı mantıkla, gerçekte yanlış olan sıfır hipotezi test sonucunda reddedilir ise, yine doğru karar verilmiş olur. Bu durum ise, gerçekte yanlış olan sıfır hipotezinin reddedilme olasılığı veya testin gücü olarak belirtilir ve $1 - \beta$ şeklinde gösterilir. Bu iki doğru karara karşılık, iki de yanlış karar ile karşılaşılması mümkündür. Bunlardan ilki, gerçekte doğru olan sıfır hipotezi test sonucunda reddedilir ise, I. tip hata veya α tipi hata işlenmiş olur. α değeri, hipotezlerin kurulmasından sonra araştırmacı veya kara kuşak tarafından başlangıçta nesnel olarak belirlenir. Altı Sigma uygulamalarında %5 anlamlılık seviyesi kullanılır. Bunun anlamı, doğru olan sıfır hipotezinin reddedilmesine %95 güven duymak ve reddedilmemesine %5 riskle izin vermektir. Benzer şekilde, gerçekte yanlış olan sıfır hipotezi, tez sonucunda reddedilmez ise yine bir hata işlenmiş olur. Bu durum ise, gerçekte yanlış olan sıfır hipotezinin reddedilmeme olasılığını gösterir ve II. tip hata veya β tipi hata olarak tanımlanır (Işığışık, 2005).

5.3.1.5. Anlamlılık Seviyesi

Sıfır hipotez doğru olduğu halde, reddedilme olasılığını ifade eden I. tip veya α tipi hatanın işlenmesi riskine razı olabileceğimiz maksimum olasılığa testin “anlamlılık seviyesi” adı verilir. Altı Sigma uygulamalarında anlamlılık seviyesi kara kuşak tarafından başlangıçta belirlenir ve yaygın olarak %5 değeri kullanılır. %5 anlamlılık seviyesinin tercih edilmesi, yüz testten beşinde gerçekte doğru olan sıfır hipotezinin reddedilmesinin hoşgörülüğünü ifade eder. Kuşkusuz I. tip hata riskinin azaltılması düşüncesiyle anlamlılık seviyesinin %5’ten %1’e düşürülmesi mümkün olmakla birlikte, bu işlem, β olasılığının artmasına ve böylece testin gücünün ($1 - \beta$) azalmasına yol açacaktır. Ayrıca, ana kütlede bütün birimlerin dikkate alınması yerine, örneklemde elde edilen verilere göre karar verilmesi nedeniyle, anlamlılık seviyesinin %0 olması da mümkün değildir. Nitekim, %100 güvenle aralık tahmini yapmak mümkün olmadığına göre, anlamlılık seviyesini sıfıra indirmek ve kararın doğruluğundan kesin olarak emin olmanın mümkün olmayacağı açıktır (Işığışık, 2005).

5.3.1.6. Hipotez Testlerinde İzlenen Adımlar

Altı Sigma uygulamalarında hipotez testlerinde, şu yedi adım izlenir (Işığışok, 2005):

- Hipotezler ifade edilir: H_0 ve H_a hipotezleri, sözel olarak ve parametrik biçimde ifade edilir.
- Anlamlılık seviyesi seçilir: Altı Sigma uygulamalarında %5 anlamlılık seviyesi kullanılır.
- Örneklem hacmi belirlenir: Örneklem hacmi (n) en az 10, mümkünse 20 veya daha fazla olmalıdır. İdeali ise 30'un üzerinde olmasıdır.
- Red bölgesi belirlenir: Red bölgesinin büyüklüğü ve konumu anlamlılık seviyesine, dağılımın türüne ve testin yönüne bağlıdır.
- Örneklem istatistiği hesaplanır: Ana kütleden çekilen örneklemelere dayanarak örneklem ortalaması, oranı, varyansı vb. istatistikler hesaplanır.
- Test istatistiği hesaplanır: Verilerin dağılımı, varyans bilinip bilinmemesine ve örneklem hacmine göre, z testi, t testi, F testi ve nonparametrik test için test istatistiği hesaplanır.
- İstatistiksel karar verilir: Test istatistiği ile kritik değer karşılaştırılır ve test istatistiğinin kritik değerden büyük olması durumunda H_0 hipotezi reddedilir ve H_a hipotezi kabul edilir.

5.3.2. İstatistiksel Anlam Testleri (Ki-Kare, T Testi, ANOVA, MANOVA)

5.3.2.1. Ki-Kare Testi

Ki-Kare testi genellikle kesikli veriyle, kimi durumlarda da sürekli veriyle kullanılan bir yöntemdir. Ki-Kare testi aşağıdaki durumlarda uygulanabilir (Yiğitalp, 2004):

- 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

Ki-Kare bağıntısındaki kritik faktör şu şekilde hesaplanır (Özkan, 2006):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(G_i - B_i)^2}{B_i}$$

Serbestlik Derecesi = Kategori Sayısı - 1

Burada

G, gözlenen değer

B, beklenen değerdir.

Ki-Kare testi nonparametrik bir istatistiksel test olmasına rağmen dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Ölçümler birbirinden bağımsız olmalıdır. Tablodaki bir değer varlığı diğer değerleri etkilemez. Test görülme sıklığı ile yapılmalıdır. χ^2 her kategorinin görülme sıklığı için yapılmıştır. Başka tür bir veri yorumlanamayacak sonuçlara yol açacaktır. Örnek sayısı yeterince büyük olmalıdır. Veri sayısı ne kadar fazla olursa H_a hipotezini kabul etme olasılığı artmaktadır. Ki-Kare dağılımı kullanılarak bir dağılımın hedefe uyumunu test etmek için (uyumun gücü) kullanılır. Örnek olarak Tablo 5.3'te market sahibi bir kişi meyve suyu rafındaki beş çeşit meyve sularının satış adetlerini takip etmiştir. Merak ettiği konu müşteri tarafından meyve suları eşit olasılıkta mı tercih ediliyor ya da meyve sularından bir tanesinin diğerlerinden farklı olarak tercih edilme şansı daha mı yüksektir (Özkan, 2006)?

Tablo 5.3: Müşteri Seçim Tablosu

Sıklık	Gözlenen	Beklenen
Vişne	32	20
Çilek	28	20
Portakal	16	20
Kayısı	14	20
Greyfurt	10	20

Hedef değer bu örnekte ortalama değer olan 20 olmaktadır. Hedef değere göre Ki-Kare testi yapıldığında, yukarıdaki formülden (Özkan, 2006):

$$\chi^2 = (32-20)^2/20 + (28-20)^2/20 + (16-20)^2/20 + (14-20)^2/20 + (10-20)^2/20$$

$$= 18 \text{ hesaplanır.}$$

Ki-Kare kritik değeri α riski %5 için 9,488'tir. $18 > 9,488$ olduğundan H_a hipotezi kabul edilir. "Tüketicinin meyve suyu çeşidi konusunda bir seçimi yoktur" hipotezini

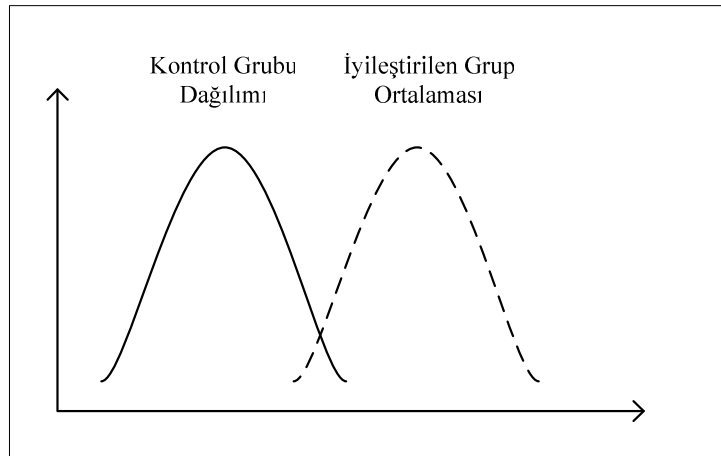
reddedecek yeterince kanıt vardır. Olasılık tablosu kullanılarak yapılan testlerde ise veriler, görülme sıklığına göre düzenlenip tablo durumuna getirilir ve Ki-Kare testi kullanılarak değişik hipotezler test edilebilir (Özkan, 2006).

5.3.2.2. T Testi

T Testi, iki adet sürekli veri grubu ya da örneği varsa, anlam testi için kullanılabilir. Verinin nitelikli olduğunu farz edersek, T testi aşağıdaki durumlarda uygulanabilir (Yiğitalp, 2004):

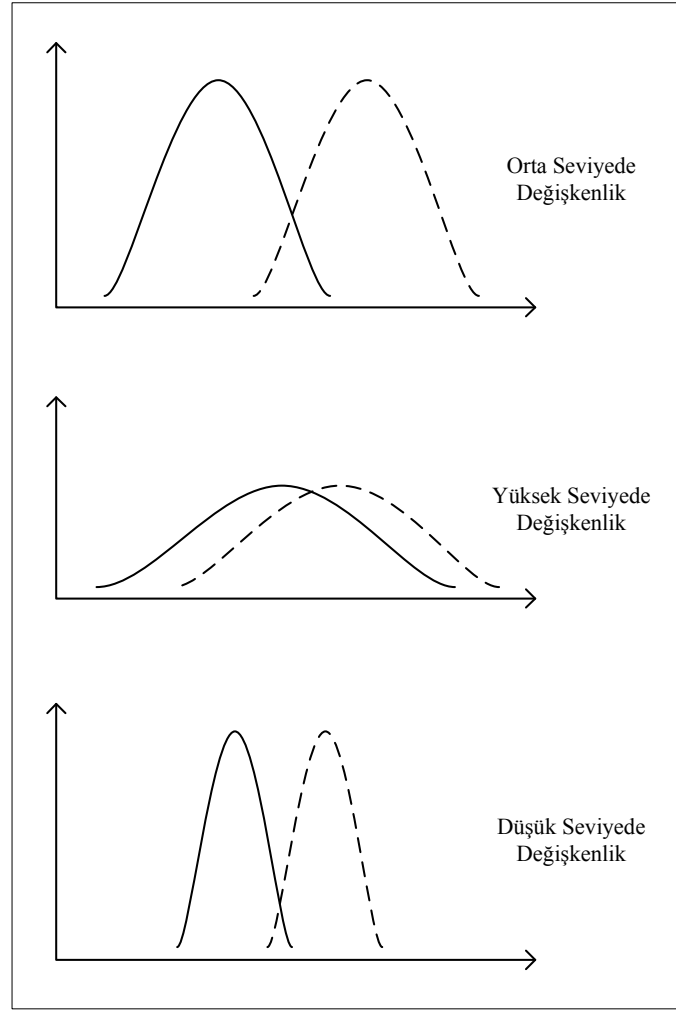
- Üç aylık bir dönem boyunca, herhangi bir anlamlı değişiklik olup olmadığını görmek için sürecin kilit adımının iki haftadaki çevrim zamanlarını kıyaslamak
- İki bölgedeki müşteri gelirini incelemek, bunun amacı birindeki gelir düzeyinin diğerinden belirgin bir şekilde daha yüksek ya da daha alçak olup olmadığını görmektir.
- Disket sürücülerin iki parçasındaki arama hızının farklı olup olmadığını görmek için deneme yapmak

T testi, iki grubun aritmetik ortalamasının istatistiksel olarak birbirinden farklı olup olmadığını yargılar. Bu analiz, ne zaman iki grubun aritmetik ortalamasını karşılaştırmak istersek uygundur. Şekil 5.6'da bir çalışmadaki kontrol ve uygulama gruplarının dağılımları görülmektedir (Özkan, 2006):



Şekil 5.6: Kontrol ve Uygulama Gruplarının Test Sonrası İdealleştirilmiş Dağılımları

T Testinin sorduğu soru, bu aritmetik ortalamaların istatistiksel olarak farklı olup olmadığıdır. İki grubun ortalamasının istatistiksel olarak farklı olması ne demektir? Şekil 5.7’de gösterilen üç durumu göz önüne alırsak, ilk göze çarpan şey aritmetik ortalamalar arasındaki farkın aynı olmasıdır. Ama farkedildiği üzere, bu üç durum aynı görünmemektedir – hepsi farklı bir durumu aktarır. Üstteki örnekte, her grupta orta düzeyde değişkenlikte skorlara sahip bir durum gözlenmektedir. Ortadaki örnekte, yüksek değişkenlikte bir durum söz konusudur. Alttaki örnekte ise, düşük değişkenlikte skora sahip bir durum görülmektedir. Şüphesiz, bu üç örneğe baktığımızda en farklı gördüğümüz iki grup, düşük değişkenliğe sahip olan durumdur. Çünkü, iki çan eğrisi arasında en az çakışmaya sahip olan durum bu örnektir. Yüksek değişkenlikteki durumda, grup farkı daha az görülmektedir, bunun sebebi, iki çan eğrisinin çok fazla çakışmasıdır. Bu bizi çok önemli bir sonuca yönlendirir: İki grubun skorları arasındaki farka baktığımız zaman, skorlarının aritmetik ortalamalarının arasındaki farkı, skorlarının varyasyonuna göreceli olarak yargılamalıyız. T testi, one-way ANOVA ile matematiksel olarak denktir ve sonuçları aynı çıkacaktır.



Şekil 5.7: Aritmetik Ortalamalar Arasındaki Fark için Üç Farklı Senaryo

5.3.2.3. 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 fazla analiz yapılması gerekir). Aşağıda, T testi için verilenlerle aynı örnekler verilmiştir. Fakat, koyu olarak yazılmış sayılar farklıdır (Yiğitalp, 2004):

- Üç aylık bir dönem boyunca, herhangi bir anlamlı değişiklik olup olmadığını görmek için sürecin kilit adımının **her** haftadaki çevrim zamanlarını kıyaslamak

- **Dört** bölgedeki müşteri gelirini incelemek, bunun amacı bir 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

Değişkenlik analizi, aşağıdaki varsayımların geçerli olmasını gerektirir (Işığışık, 2005):

- Örneklem verileri sürekli.
- Örneklem verileri bağımsızdır.
- Ana kütle normal dağılıma sahiptir.
- İki ana kütle karşılaştırılmasında ana kütlelerin varyansları birbirine eşittir.
- Normal veya eşit varyansa sahip ana kütlelerin ortalamaları, sütun ve satırlardan doğan etkilerin doğrusal bileşenleri olmalı yani etkiler toplanabilmelidir.

Değişkenlik analizi, Altı Sigma metodolojisinin analiz fazında yer alır ve bilinmeyen $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ ortalamalı K kitlenin her birinden rasgele örneklemelerin alınmasıyla yapılır (Çelebi, 2006).

Sıfır hipotezi:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

ve karşı hipotez:

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j \text{ bazı } i \text{ ve } j \text{ 'ler için (en az iki ortalama farklıdır)}$$

5.3.2.4. Çoklu Değişken Analizi (MANOVA)

Ki-kare testi, T testi ve ANOVA'da kıyaslamalar tek bir etkene ya da değişkene bağlıdır: Zaman, gelir, hız, vb. Elbette, bir grup ya da örnek içinde değişken başka etkenler de olabilir. Çoklu değişken analizi, çeşitli etkenlerin belirliliğini tanımlamak için kullanılır (Çoklu değişken analizinden önce bir ANOVA yapmak genellikle en iyisidir.) (Yığıtalp, 2004).

5.3.3. Regresyon ve Korelasyon Analizi

5.3.3.1. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak konu ile ilgili tahminler ya da kestirimler yapabilmek amacıyla yapılır. Doğada birçok olayda sebep-sonuç ilişkisine rastlamak mümkündür. Bu analiz tekniğinde iki (basit regresyon) veya daha fazla değişken (çoklu regresyon) arasındaki ilişkiyi açıklamak için matematiksel bir model kullanılır ve bu model Regresyon Modeli olarak adlandırılır. Basit regresyon modeli;

$$Y = \alpha + \beta x + \varepsilon$$

şeklinde bir bağımlı ve bir de bağımsız değişken içeren bir modeldir. Burada

Y; bağımlı (sonuç) değişken olup belli bir hataya sahip olduğu varsayılır.

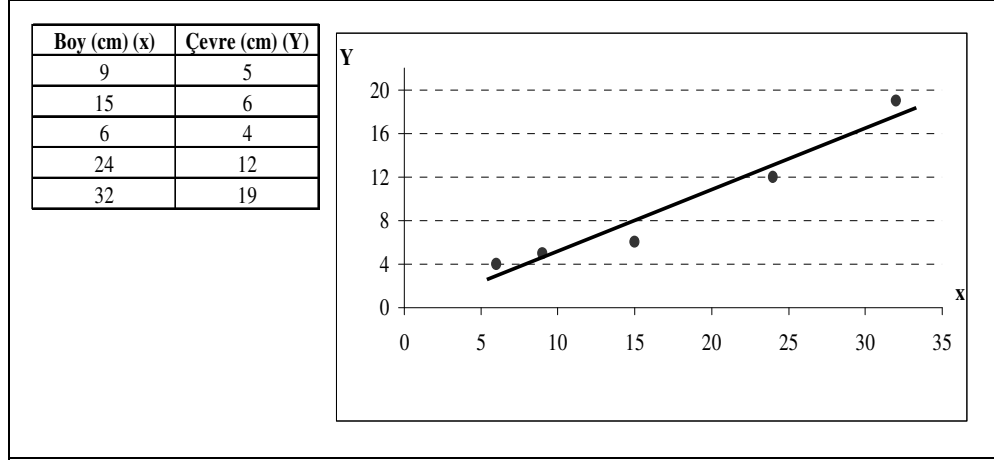
x; bağımsız (sebep) değişken olup hatasız ölçüldüğü varsayılır.

α ; sabit olup $X=0$ olduğunda **Y**'nin aldığı değerdir.

β ise regresyon katsayısı olup, **x**'in kendi birimi cinsinden 1 birim değişmesine karşılık **Y**'de kendi birimi cinsinden meydana gelecek değişme miktarını ifade eder.

ε ; tesadüfi hata terimi olup ortalaması sıfır varyansı σ^2 olan normal dağılım gösterdiği varsayılır. Bu varsayım parametre tahminleri için değil katsayıların önem kontrolleri için gereklidir.

Bir regresyon modeli oluşturulurken genelde en-küçük kareler ve en büyük olabilirlik teknikleri olarak bilinen iki yaklaşımdan birisi kullanılır. Eğer hata teriminin normal dağılım göstermesi şeklinde bir varsayım varsa en büyük olabilirlik, hata teriminin dağılışı ile ilgili herhangi bir varsayım söz konusu değilse en-küçük kareler tekniği kullanılarak parametreler tahmin edilir. Balığın, boy ve çevre ölçülerine göre yapılmış regresyon analizi Şekil 5.8'de görülmektedir:



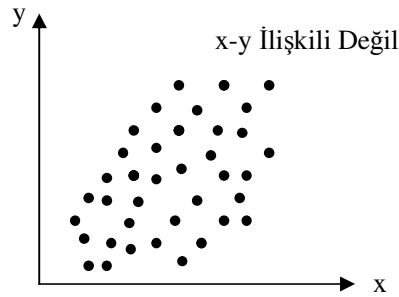
Şekil 5.8: Regresyon Analizi Örneği

5.3.3.2. Korelasyon Analizi

Korelasyon testi, ölçülebilir iki değişken arasındaki ilişkiyi gösteren test olarak tanımlanabilir. Korelasyon katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır (Özkan, 2006):

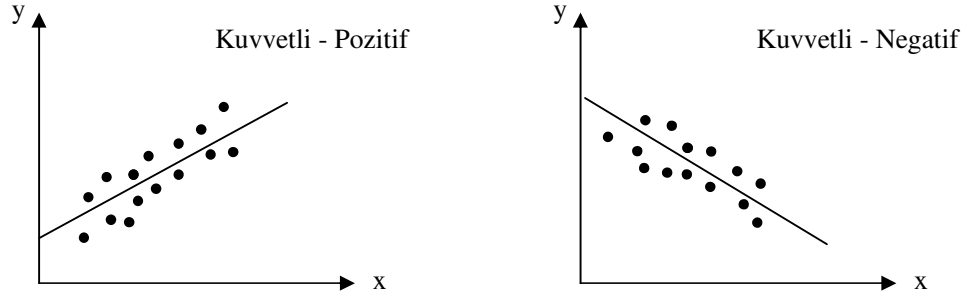
$$r_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sigma_x \times \sigma_y} \right]$$

İki değişken arasındaki ilişkinin kuvvetini matematiksel olarak tanımlayan korelasyon katsayısıdır. “r” ile gösterilir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. Hesaplanan korelasyon katsayısının -1 veya +1’e yakın olması korelasyonun kuvvetli olduğunu, 0’a yakın olması korelasyonun zayıf olduğunu gösterir. İki faktör (değişken) arasında hiçbir ilişki yoksa, Şekil 5.9’da olduğu gibi, veriler gelişigüzel dağılacak ve belirgin bir eğilim gözlenmeyecektir (Çelebi, 2006).

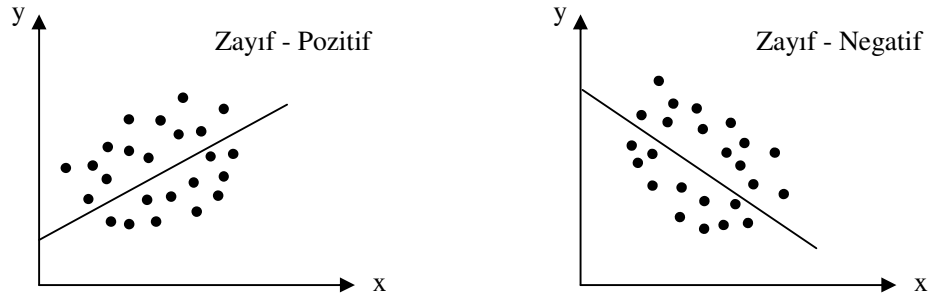


Şekil 5.9: Değişkenler Arasında İlişkisiz Durum

Çizginin artan x 'e göre yükselmesi, ilişkinin pozitif olduğunu; alçalması ise, ilişkinin negatif olduğunu gösterir. İki değişken arasındaki ilişki, pozitif ya da negatif olabileceği gibi, kuvvetli veya zayıf olabilir. Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de bu ilişkiler yer almaktadır (Çelebi, 2006).



Şekil 5.10: Değişkenler Arasındaki Kuvvetli Pozitif ve Kuvvetli Negatif İlişki



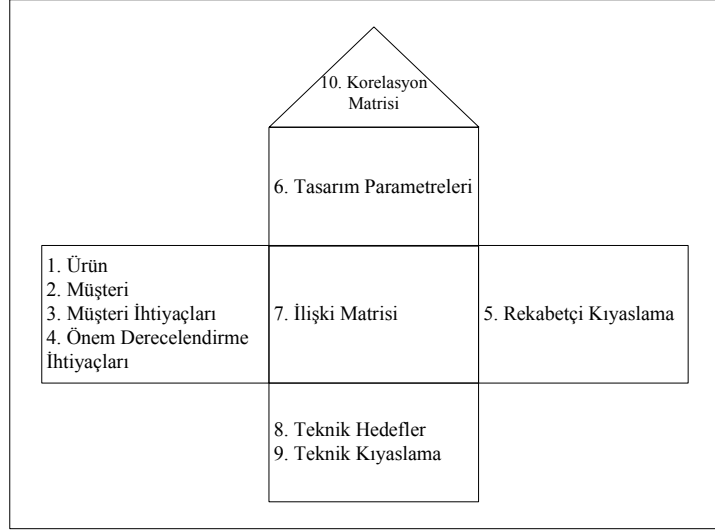
Şekil 5.11: Değişkenler Arasındaki Zayıf Pozitif ve Zayıf Negatif İlişki

5.3.4. Kalite Fonksiyon Yayılımı – KFY (QFD)

Kalite Fonksiyon Yayılımı, müşteri girdilerini öncelik sırasına koymak ve bunları bir ürün, servis ve/veya süreç için tasarıma ve spesifikasyona çevirmektir (Tuncel, 2004). Müşteri ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların ürün tasarımı özellikleri ile ilişkisi, Kalite Fonksiyon Yayılımı metodolojisinin temelini oluşturur. Bir ürünün kalitesi ve güvenilirliği, genellikle geliştirme sürecinin ilk aşamalarında belirlenir (Govers, 2001).

Kalite Evi adı verilen özel birçok boyutlu matris en iyi bilinen Kalite Fonksiyonu Yayılımı (KFY) yöntemidir. Tam bir KFY ürün tasarım projesi, müşterilerin ve rakiplerin ihtiyaçlarını ayrıntılı süreç spesifikasyonlarına çeviren bu matrislerden bir kısmıyla ilgilidir. “Kalite Evi”nde yeni bir ürün için planlamanın farklı adımları

özetlenmiştir. Şekil 5.12’deki Kalite Evi’nde ürün planlama fazının değişik adımları görülmektedir (Govers, 2001). KFY belgelerindeki tüm ayrıntılar arasında iki ana kavram yatar (Pande, 2005):



Şekil 5.12: Kalite Evi

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

- Müşteri girdisi ve rakip analizinin ürün veya hizmet özelliklerine çevirmek (temel tasarım elemanları)
- Ürün / hizmet özelliklerinin ürün / hizmet spesifikasyonları ve ölçülerine çevirmek
- Ürün / hizmet spesifikasyonları ve ölçülerini süreç tasarım özelliklerine çevirmek
- Süreç tasarım özelliklerini süreç performans spesifikasyonları ve ölçülerine çevirmek

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 belirler.

Temelde KFY Çevrimi, tasarım süreci sırasında akış sonrası Y’lerden (Müşteri Gereksinimleri ve Ürün Spesifikasyonları) akış öncesi X’lere (Süreç

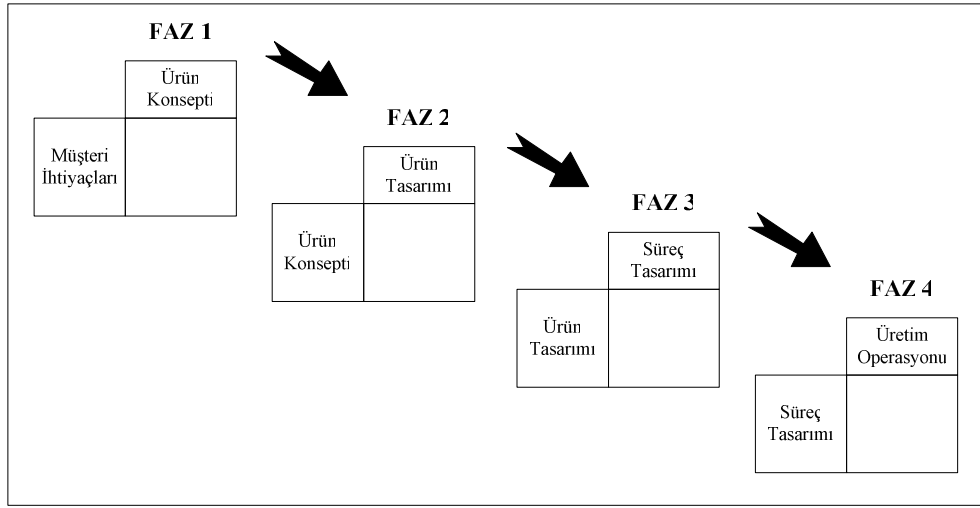
Spesifikasyonları) bağlantı sağlar. Mevcut bir süreç veya üründe daha önce hiç araştırılmamışsa, bu ilişkileri açığa kavuşturmak ve belgelemek için kullanılır. Kalite Evi'nin bir başka yararı da, kendi standart “çizgisel” düşünce sürecimizle düşünemeyeceğimiz kombinasyonları test ederek “çapraz” ilişkiyi test eden bir matris olmasıdır. Şekil 5.13'te, bir kalem tasarımı için sadeleştirilmiş bir L matrisi yer almaktadır (Pande, 2005):

		ÜRÜN / HİZMET ÖZELLİKLERİ							
		Uç kalınlığı seçeneği	Mürekkep renklerinin çeşitliliği	Gövde malzemesi (altın, mermer, vs.)	Uç değişik fiyatın olması	Boyuna asılabilmenin mümkün olması	Toksik olmayan mürekkep	Mücevherci ve hediyeelik eşya dükkanlarında bulunması	İnternet yoluyla doğrudan stılması
MÜŞTERİ GEREKSİNİMLERİ	Şıklık			●	△	△		●	△
	Çoklu Seçim	●	●	●	●	○		○	○
	Kullanım Kolaylığı			△		△	●		
	Parasal Bedeli	△		△	●			△	●
	Kaybetmenin Zor Olması			△		●			
KATKI		●	GÜÇLÜ	△	ORTA	○	ZAYIF		

Şekil 5.13: Kalite Evi Örneği

Ürün geliştirme aşamasındaki ulaşılmak istenen kalite seviyesi, sadece ürün kalitesi değildir, aynı zamanda satış sonrası hizmetleri ve hatta geri-dönüşüm veya yeniden kullanımı da desteklemelidir. Kalite Fonksiyon Yayılımının ürün planlama fazı, özellikle müşteri gereksinimlerinin tanımlanmasına hizmet eder. Aslında sadece müşteri gereksinimlerine cevap vermek de yeterli değildir, bunun yanında müşteri tarafından talep edilmeyen ancak olduğu varsayılan gizli kalite unsurlarını da benimsemek gerekir. Müşterinin talep ve ihtiyaçları, Pazar araştırmalarına baz oluşturması için ölçülebilir bir hale dönüştürülür. Müşterilerin dile getirdikleri her zaman net ve anlaşılır olmadığından, açıklığa kavuşturmak için tahmin yürütülmelidir. Temel olarak, Kalite Fonksiyon Yayılımı, sistematik olarak

müşterinin sesini operasyonel seviyeye getirir. Bütünsel geliştirme süreci Şekil 5.14'te görüldüğü gibi dört aşamada gösterilebilir (Govers, 2001):



Şekil 5.14: Planlamadan Üretime KFY Şeması

Aşağıdaki listede Kalite Fonksiyon Yayılımı uygulama adımları yer almaktadır (Wilson, 2005):

- Müşteriler ne ister?
- Müşterilerin öncelikleri nelerdir?
- Müşterilerin algıları nelerdir?
- Ürünler teknik olarak ne kadar iyidir?
- Teknik ürünler müşterilerin beklentilerini ne kadar karşılar?
- Teknik ürünlerin değişmesinin etkisi ne olur?
- Her teknik ürünün spesifikasyonları nedir?
- Rakipler teknik olarak nasıl kıyaslanır?
- Değişecek inisiyatifler nelerdir?
- Değişim ne kadar zor olacaktır?

Kalite Fonksiyon Yayılımı, pek çok değişkeni olan etkili bir yöntemdir. Bu nedenle kullanım alanları çok geniştir. Aşağıda Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın kullanım alanları sıralanmıştır (Pande, 2005):

- 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.

KFY, hiçbir şekilde tek başına kullanılan bir araç değildir. İşe yaraması “Müşterinin Sesi” girdisinden “Deney Tasarımı”na kadar değişik yöntemlere bağlıdır (Pande, 2005).

5.3.5. Hata Türleri ve Etkileri Analizi – HTEA (FMEA)

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA), hataların türlerini ve etkilerini belirleyerek, tasarım veya süreç açısından ürün veya sürecin karşılaşılabileceği olası hataları ve bunların etkilerini tanımak, değerlendirmek ve bunların oluşma ihtimallerini azaltacak veya ortadan kaldıracak önlemleri almak olarak tanımlanabilir. HTEA her hata türü için bir risk öncelik faktörü (RÖF - Risk Priority Number – RPN) oluşturur. RÖF değeri büyüdükçe hatanın ciddiyeti artmakta ve tasarım çabası içinde bu hata ile ilgilenilmesi önem kazanmaktadır. Risk Öncelik Faktörü (RÖF); Hata Olasılığı, Etkinin Önem Derecesi ve Hatanın Saptanabilirliği katsayılarının çarpımı ile hesaplanır. (Akarslan, 2004).

$$RÖF = \text{Hata Olasılığı} \times \text{Etkinin Önem Derecesi} \times \text{Hatanın Saptanabilirliği}$$

Tablo 5.4’te Hata Olasılığı Değerlendirmesi, Tablo 5.5’te Etkinin Önem Derecesi, Tablo 5.6’da Hatanın Saptanabilirliği ve Tablo 5.7’de Konsolide Risk Öncelik Değerlendirmesi yer almaktadır (Yang, 2003):

Tablo 5.4: Hata Olasılığı Değerlendirme Tablosu

Hata Olasılığı	Gerçekleşme Yüzdesi	Derece
Çok yüksek (hata kaçınılmaz)	$\geq \% 10$	10
	$\% 5$	9
Yüksek (tekrarlı hatalar)	$\% 2$	8
	$\% 1$	7
Orta (arasıra olan hatalar)	$\% 0,5$	6
	$\% 0,2$	5
	$\% 0,1$	4
Düşük (nadir olan hatalar)	$\% 0,05$	3
	$\% 0,01$	2
Hemen hemen olanaksız	$\leq \% 0,001$	1

Tablo 5.5: Etki Önem Derecesi Tablosu

Etki	Etkinin Önem Derecesi	Derece
Etki yok	Etki yok	1
Çok küçük	Önemsiz etki, hata ancak dikkatli müşteriler tarafından fark edilir	2
Küçük	Küçük şiddette etki, hata ortalama seviyedeki dikkatli müşteriler tarafından fark edilir	3
Çok düşük	Hata müşterilerin çoğu tarafından fark edilir	4
Düşük	Hata müşterilerde memnuniyetsizlik yaratır	5
Orta	Ürün kullanılabilir, ancak müşterilerde rahatsızlık yaratır	6
Yüksek	Ürün performansı azalmış bir şekilde kullanılabilir, müşteri memnuniyetsizliği ortaya çıkar	7
Çok Yüksek	Ürün birincil fonksiyonlarını kaybederek kullanılamaz hale gelir, müşteri memnuniyetsizliği yüksektir	8
Tehlikeli – İkaz var	Emniyetle ilgili bir arıza mevcuttur, hata bir ikazla meydana gelir	9
Tehlikeli – İkaz yok	Emniyetle ilgili bir arıza mevcuttur, hata bir ikaz olmadan meydana gelir	10

Tablo 5.6: Hatanın Saptanabilirliği Tablosu

Hatanın Saptanabilirlik Olasılığı	Derece
Hemen hemen kesin	1
Çok yüksek	2
Yüksek	3
Ortanın üstü	4
Orta	5
Düşük	6
Çok düşük	7
Uzak bir olasılık	8
Çok uzak bir olasılık	9
Hemen hemen olanaksız	10

Tablo 5.7: Konsolide Risk Öncelik Değerlendirme Tablosu

Derece	Etkinin Önem Derecesi	Hatanın Saptanabilirlik Olasılığı	Hata Olasılığı
10	Tehlikeli – İkaz yok	Hemen hemen olanaksız	Çok yüksek (hata kaçınılmaz)
9	Tehlikeli – İkaz var	Çok uzak bir olasılık	
8	Çok Yüksek	Uzak bir olasılık	Yüksek (tekrarlı hatalar)
7	Yüksek	Çok düşük	
6	Orta	Düşük	Orta (arasıra olan hatalar)
5	Düşük	Orta	
4	Çok düşük	Ortanın üstü	
3	Küçük	Yüksek	Düşük (nadir olan hatalar)
2	Çok küçük	Çok yüksek	
1	Etki yok	Hemen hemen kesin	Hemen hemen olanaksız

HTEA ile ilgili bir örnek verecek olursak; elektronik ticaret yapan bir şirketteki yöneticiler ve mühendisler, elektronik bir kataloğun güncellenmesinde hiçbir şeyin yanlış gitmeyeceğinden emin olmak istiyorlardı. İşte tanımladıkları sorunlardan ikisi ve yaptıkları analiz ile Risk Öncelik Faktörünü aşağıdaki şekilde belirlemişlerdir (Pande; 2004):

- Yeni bir malda yanlış süsleme kullanılmış.
Önem = 5
Hata olasılığı = 5
Saptanabilirlik = 3

$$\text{RÖF} = 5 \times 5 \times 3 = \mathbf{75}$$

- Alıcılar bir mal için sipariş veremiyorlar.

$$\text{Önem} = 8$$

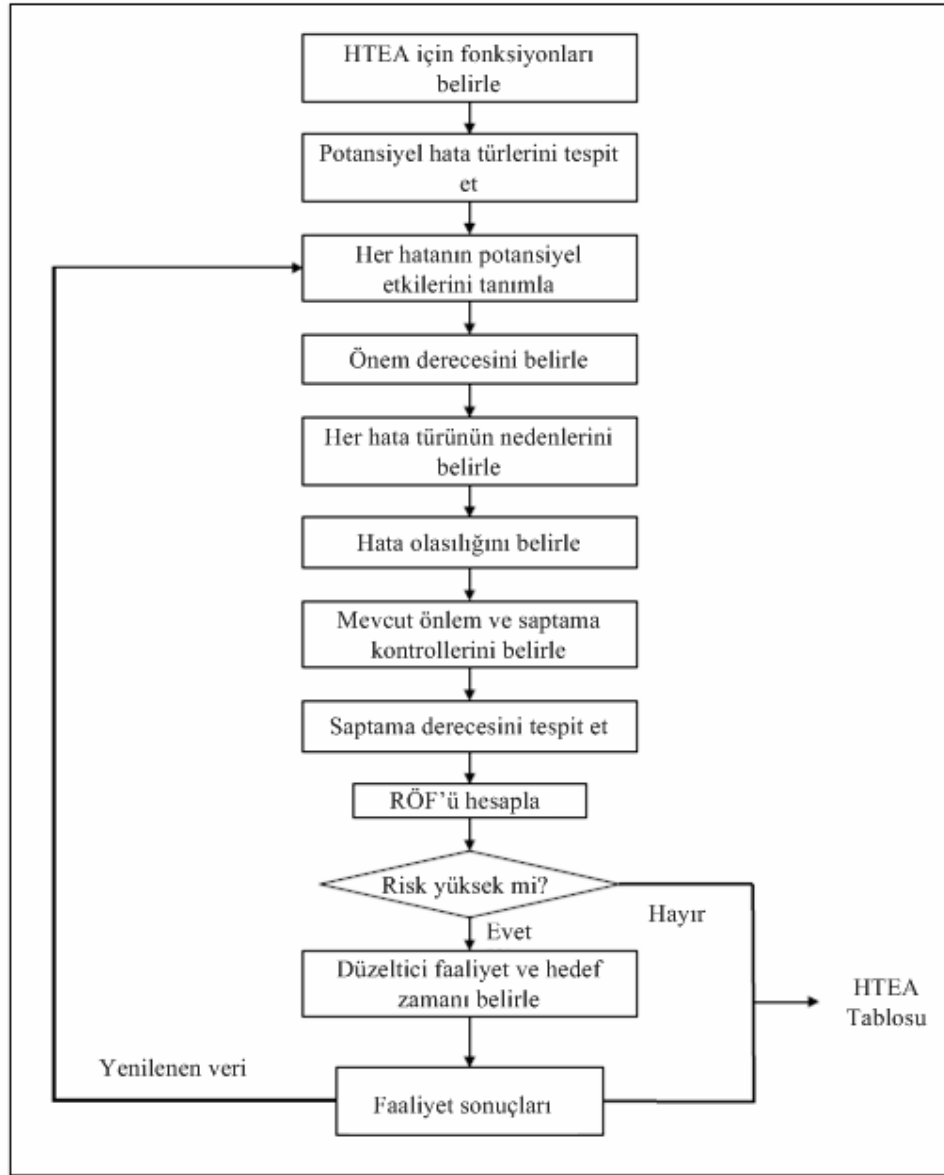
$$\text{Hata olasılığı} = 5$$

$$\text{Saptanabilirlik} = 6$$

$$\text{RÖF} = 8 \times 5 \times 6 = \mathbf{240}$$

Bu hesaplamayı temel olarak, siparişlerin verilememesi üzerinde odaklandılar ve tüm yeni ürün numaralarının sipariş sistemine gönderilmesinden emin olmak için önleyici ölçümler yaptılar (Pande; 2004).

Şekil 5.15'te HTEA süreci yer almaktadır (Su, 2007):



Şekil 5.15: HTEA Süreci

5.3.6. Hatasızlık (Poka-Yoke)

Poka-Yoke kavramı, Japonya’da geliştirilmiş bir terim olup Poka öngörülemeyen, tesadüfi hata, Yoke ise azaltma anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, bu teknik yardımıyla tesadüfi hatalar azaltılmalı, yani üretim sürecinde sadece hatasız ürünler üretilmesine yönelik koşullar sağlanmalıdır. Poka-Yoke ilk kez 1986 yılında Shigeo-Shingo tarafından açıklanmıştır. Poka-Yoke tekniği az da olsa HTEA benzeri bir teknik olup, gelecekte oluşabilecek hataların yüzde yüz önlenmesi hedefine yöneliktir. Poka-Yoke tekniğinin uygulanması çok gelişmiş bir kalite kültürünün

sağlanmış olmasını gerektirmektedir. Bu amaca yönelik ilk çalışma İstatistiksel Proses Kontrol sonuçlarından faydalanarak olası hata türlerinin belirlenmesine başlar. İkinci aşama, HTEA'nın problem çözümü aşaması benzeri olarak düşünülebilir ve bu Poka-Yoke'ye giden yolu ifade eder. Bu nedenle Poka-Yoke'nin, yeni uygulamaya konulan bir kalite sisteminin yapı taşı olması düşünülemez. Poka-Yoke'nin temel felsefesini, hataların yanlışlıklardan ve yanlışlıklardan kaynaklandığı yaklaşımı oluşturur. Bu tür yanlış ve yanlışlıkları aşağıdaki şekilde örneklendirmek olasıdır (Yiğitalp, 2004):

- Unutmak
- Karıştırmak
- Değiştirmek
- Yanlış anlamak
- Okuma hatası
- Bilgi ve iletişim eksikliği

Poka-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. Poka-Yoke basit ve geliştirilmiş olmak üzere iki şekilde yürütülebilir. Başlangıçta belirtildiği üzere, Poka-Yoke ancak üretim sürecinde olası her türlü hatanın eksiksiz belirlenmesini takiben düşünülebilir. Bu veriler HTEA formlarından elde edilir. Poka-Yoke, HTEA'nın bir uzantısı ya da Altı Sigma'da hatalardan kurtulmak için artı bir disiplin uygulaması olarak düşünülebilir. Poka-Yoke en iyi, tam bir HTEA önceden belirleme ve önleme çalışması sonrasında uygulanabilir. Sonrasında şunlar yapılabilir (Yiğitalp, 2004):

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

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

- Bir hata belirlendiğinde icra edilecek faaliyetin türü tanımlanıp seçilmelidir.

Temel Poka-Yoke Araçları şunlardır (Yiğitalp, 2004):

Kontrol: Süreci kendiliğinden düzelten bir faaliyet, örneğin otomatik bir imla düzelticisi.

Devreyi kapatmak: Bir hata olduğunda süreci kapatan bir prosedür veya bir alettir. Ürünlerin 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 örnektir. Bir sürecin kontolden 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 (Yiğitalp, 2004):

- 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, güncelleme prosedürleri ve basit iş akışları yanlışların, müşterilerin elinde kusurlara dönüşmesini engellemeye yardımcı olur.

Her adımda yapılan işi kontrol ederken artı bir dikkat de gerekir. İş yapan kişiler, ürünlerinin elden çıkmadan önce teftişini yaparlar; bu ürünü alan kişiler de ürünü teftiş ederler. Bu uyumlu hareket sayesinde olabilecek pekçok üretim hatası giderilmiş olur (Yiğitalp, 2004).

5.3.7. Veri Madenciliği

Büyük miktarlarda ve oldukça hızlı toplanan verilerin çeşitli analizler sonucunda anlamlı bilgilere dönüştürülmesi noktasında “Veri Madenciliği” süreci devreye girmektedir. Veri Madenciliği tanımları incelendiğinde, bu tanımlarda ortak olan unsurlardan ilki çok fazla miktarlarda verinin veri ambarlarında tutulması, ikincisi ise, bu verilerden anlamlı bilgiler elde edilmesidir. Veri Madenciliği, veri ambarlarında tutulan çok çeşitli verilere dayanarak daha önce keşfedilmemiş bilgileri ortaya çıkarmak, karar vermek ve eylem planını gerçekleştirmek için bunları kullanma sürecidir. Bu noktada, kendi başına bir çözüm değil, çözüme ulaşmak için verilecek karar sürecini destekleyen, problemi çözmek için gerekli olan bilgileri sağlamaya yarayan bir araçtır (Çelebi, 2006).

Veri Madenciliği ile ilgili yazılım ürünleri ve uygulamalarında Veri Madenciliğinin esasen istatistiğin kullanıldığı bir teknik olduğu görülmektedir. Dolayısıyla işletmelerde önemli bir kullanım alanı bulması çok doğaldır. Özellikle, çok müşterisi olan firmalar, bankalar tarafından büyük bir hızla benimsenmektedir. Veri Madenciliğinde vurgulanan unsurlar istatistiğin tanımı içinde zaten yer almaktadır. İstatistik verilerin toplanması, sınıflandırılması, özetlenmesi, grafik ve tablolar ile sunulması, analiz edilerek ana kütle hakkında anlamlı bilgiler elde edilmesi ve yorumlar yapılmasıdır. Veri Madenciliğinde ulaşılmak istenen amaç aslında istatistiksel biliminin amacıyla aynı doğrultudadır: Verilerden bilgiyi keşfetmek. Zaten Veri Madenciliğinde kullanılan temel aracın istatistiksel yöntemler olduğu birçok tanımda ve uygulamada vurgulanmaktadır. Her ikisinde de temel olan öğeler veri ve bilgidir. Bu nedenle, birbiri ile oldukça örtüşen konulardır (Çelebi, 2006).

5.4. İyileştirme Aşamasında Kullanılan Araçlar

5.4.1. Deney Tasarımı

Deney Tasarımı, bir sürecin, ürünün, hizmetin veya çözümün performansını test etmek ve en üst düzeye çıkarmak için kullanılan yöntemdir (Pande, 2004). Ürünün kalitesini etkileyen, ürün ya da sürece ait değişkenleri sistematik olarak araştırmak için kullanılır (Özkan, 2006). Deney Tasarım teknikleri optimum duruma ulaşmak amacıyla, sistemin yanıtları üzerinde etkili olan faktörlerin incelenmesini amaçlayan tekniklerdir. Deney Tasarım teknikleri; Deney Tasarımı ve Deneysel Veri Analizi

olarak iki grupta toplanır. Deney Tasarımı, sistem yanıtlarının teşhis edilebileceği en uygun deney koşullarının ne olduğu ile ilgilenir. Deneysel Veri Analizi ise, etkiyen faktörlere ağırlık cinsinden öncelikler vererek, sistem yanıtlarının nasıl tahmin edileceği ile ilgilenir (Çelebi, 2006).

Örnek olarak, çelik çubukların kaplama tipinin ve ocak sıcaklığının korozyon direncine olan etkisi araştırılmak isteniyor. Öyle bir deney tasarlamak gerekir ki, kaplama ve sıcaklığın şartlarının kombinasyonlarını içersin. Deneylerde, korozyon direnci her defasında ölçülmelidir. Sonuçta bulunan deney sonuçlarına göre, imalat şartlarına karar verilebilir. Sanayide imkanlar kısıtlıdır ve deney demek maliyet olduğundan her deneyden mümkün olduğunca çok bilgi almak asıl gayedir. İyi tasarlanmış deneyler, daha önemli bilgiler elde etmeye olanak sağlar ve genel olarak planlı olmayan, rasgele deney tasarımlarına göre de daha az deney sayısına sahiptirler (Özkan, 2006).

Deney Tasarımı yeni bir yöntem değildir. Aşağı yukarı yarım asırdır mühendislik ve temel bilimler disiplinlerinde kullanılan deney tasarımı tekniklerinin türevi olarak kalite yönetim metodolojilerine katılmıştır (Özkan, 2006). Deney Tasarımının kendine özgü yanı, sadece “Deneysel Gözlem” denen şekilde gerçek dünyadaki olayları gözlemenin ve onlar hakkında bilgi toplamanın tersine, bir deney yaparak değişkenleri planlamak ve kontrol etme fırsatını vermesidir. Deney Tasarımlarının bir Altı Sigma kuruluşunda pek çok olası uygulaması vardır (Pande, 2004):

- Müşterinin Sesi sistemlerini değerlendirmeye, müşterileri sıkmadan geçerli bilgiler üretmek için en iyi yöntem karmasını bulma,
- Bir sorun ya da hatanın yaşamsal temel nedenini diğerlerinden ayıracak etkenleri belirleme,
- En iyi iyileştirme stratejisini bulmak için olası sonuç kombinasyonlarını deneme,
- Potansiyel tanımları tanımlamak ve birinci günden itibaren hataları azaltmak için ürün ve hizmet tasarımları geliştirme.

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 elli oranında fırlamıştır (Pande, 2004).

Deneyleri tasarlamamanın temel adımları, aşağıdaki gibidir (Pande, 2004):

- **Değerlendirilecek Etkenlerin Tanımlanması:** Deney sonucunda ne öğrenilmek isteniyor? 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.
- **Test Edilecek Etkenlerin Düzeyinin Belirlenmesi:** Hız, zaman, ağırlık vb. değişken etkenler söz konusuysa, bunlar sonsuz sayıda düzeyde test edilebilir. Bu nedenle bu adımda sadece hangi değerlerin değil, aynı zamanda kaç tane farklı düzeyin test edilmek istendiğine karar verilmelidir.
- **Bir Deneyisel Kombinasyon Serisi Oluşturma:** Deney Tasarımında genellikle, her değişkenin ayrı olarak test edildiği bir seferde tek etken yaklaşımından kaçınmak iyi olur. Daha çok koşul serileri, tüm etkenler, temsil edecek veriler elde edilecek şekilde incelenmelidir. Olası kombinasyon ya da seriler, istatistik programları ile toplanabilir ya da tablolarda bulunabilir ve kullanılabilir her permütasyonu test etmekten kurtulmayı sağlar.
- **Deneyi Önceden Belirlenmiş Şartlarda Yürütme:** Burada amaç, diğer test edilmemiş etkenlerin sonuçları etkilemesine izin vermemektir.
- **Sonuçları Değerlendirme:** Deney Tasarımı verisinden çıkarılan sonuç ve kalıpları görmek için ANOVA ve Çoklu Regresyon gibi araçlar şarttır. Deneyisel veriden pek çok açık yanıt alınabilir. Ya da daha sonra ek deneylerle test edilebilecek ek sorunlar çıkabilir.

5.5. Kontrol Aşamasında Kullanılan Araçlar

5.5.1. İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK)

Kontrol, işleyen bir süreci önceden görülebilen bir değişkenlik çerçevesi içinde tutmak demektir. Amacı, süreç performansını sabit ve sürekli bir şekilde iyi tutmaktır. İstatistiksel Proses Kontrolünde (İPK), konuya istatistiksel kontrol kavramını da katarız. Yani, bir sürecin istatistiksel olarak kontrol altında mı, yoksa kontrol dışında mı olduğunu anlamak için, zaman içinde süreç ölçülmeli ve sonra da

toplanan verideki değişkenlik incelenmelidir (Pande, 2004). İPK, istatistiksel teknikleri kullanarak toplanan verileri değerlendirmek ve çözümler üretmek amacıyla uygulanır. Veri toplama, özetleme ve sonuçları değerlendirme gibi bütün prosedürler İstatistiksel Metotlar olarak bilinir. İstatistik, birçok diğer alanda olduğu gibi, süreç kontrolüne de yardımcı olur. Üretim yapısının ve metotlarının karmaşık doğası, genellikle yüksek kalite ve standart ürünler elde etmek için gerekli çabaları engeller. İstatistik, bu tür problemlerin çözümü için temel bir araçtır. Kontrol Şemaları, İPK metotları arasında en yaygın bilinen ve kullanılan metotlardır (İpek, 1999). İPK ve kontrol tablolarının kullanımı, kullanılan sürecin performansını gözlemek, gelecekte hedeflenen performansı ve düzeltmek için uygulanacak faaliyetin gerekliliğini göstermek için ideal bir yoldur. Kontrol tablolarının Altı Sigma sisteminde üç belirgin kullanımı vardır (Pande, 2004):

- TÖAİK projesinin ölçüm faaliyetlerinde, takımların, sorunların ya da kontrol dışında kalan durumların tiplerini ve sıklıklarını belirlemede yardımcı olur. Hatta, hangi türde araştırma veya düzeltme faaliyetinin en etkili olabileceği de söylenebilir.
- Bir süreç çözümü ya da değişkenliğinin (iyileştirme ya da kontrol aşamalarında denenmesi ya da uygulanmasında, değişkenliğin ve performansın nasıl etkilendiğini göstererek ve hatta başka çalışma ya da araştırma alanları da önererek sonuçların izlenmesine yardımcı olur.
- Kontrol tabloları sürekli olan bir alarm sistemi gibi hareket eder, inceleyen kişiyi süreçteki alışılmadık faaliyetler hakkında uyarır.

İPK uygulamasında olması gereken 14 boyut Tablo 5.8’de gösterilmiştir (Rungtusanatham, 2000):

Tablo 5.8: İPK Uygulama Tablosu

Boyut	Uygulama Alanı
1	İPK uygulamasını destekleyen yönetim aksiyonları ve politikalar
2	İPK için kontrol tablolarının kullanımının gerekliliği ve önemi
3	Kritik ölçüm karakteristiklerinin belirlenmesi
4	Teknolojik karmaşıklık ve ölçüm aletlerinin güvenilirliği
5	Kontrol şemalarının doğru uygulanması için Operatör tarafından gerçekleştirilen işler
6	Kontrol şemalarının doğrulanması
7	Sürekli iyileştirme için kontrol şemalarından elde edilen bilgileri kullanımı
8	Kontrol şemaları için örnekleme stratejileri
9	Proses kontrolü ve iyileştirmesi için istatistiksel ve bilişsel metotlarda eğitimin yapılması
10	İPK uygulamaları için teknik destek
11	İPK uygulamalarında kalite iyileştirme takımlarının desteği
12	Bir kalite kontrol stratejisi olarak son kontrolün olmaması
13	Proses bilgilerinin dokümantasyonu ve güncellemesi
14	İPK uygulamaları ve performansının denetimi ve izlenmesi

Bir süreçte normal şartlar altında, değişkenlerin rasgele olacağını beklediğimiz için kontrol dışı bir durumu işaret eden birkaç unsur vardır (Pande, 2004):

- 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

Kontrol tablolarındaki yanlış anlamaların biri de, kontrol altında olmanın iyi olmak anlamına geldiğini düşünmektir. Eğer bir bilgisayar tamir dükkanı, alışılmış tamir sürelerini ölçmeye karar verirse, mükemmel bir biçimde kontrol altına alınmış bir süreci gösteren çizelge yapabilir. Fakat asıl sorun, bu dükkanın ortalama çevrim süresinin beş gün olması, müşterilerin ise bu işin iki günde yapılmasını istemeleri durumunda baş gösterir (Pande, 2004).

6. FORD OTOSAN'DA ALTI SİGMA UYGULAMALARI

6.1. Şirket Tanıtımı

Türkiye Otomotiv sektörünün öncü kuruluşlarından olan Ford Otosan, 1959 yılında Otosan A.Ş. olarak kurulmuş ve sektörde faaliyet göstermeye başlamıştır. 1998 yılında Ford Motor Company ile imzalanan ortaklık anlaşması sonrasında şirketin ismi Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. yani Ford Otosan olarak değiştirilmiştir.

Şirketin kayıtlı sermayesi 500 Milyon YTL ve çıkarılmış sermayesi 350,91 Milyon YTL'dir. Koç Holding ve Ford Motor Company 143,9 Milyon YTL tutarındaki sermaye payları ve %41,04 hisseleriyle Ford Otomotiv Sanayii A.Ş'nin ana ortaklarıdır.

Ford Otosan'ın Türkiye'de 4 tesisi bulunmaktadır ve bu tesislerde 7858 işçi, 1444 memur olmak üzere toplam 9302 kişi görev yapmaktadır. 1998 yılında 750 Milyon € yatırımla inşasına başlanan ve 2001 yılında devreye alınan Kocaeli fabrikasında orta ticari araç Transit ve hafif ticari araç Transit Connect üretimi yapılmaktadır. Eskişehir İnönü fabrikasında Cargo kamyon, motor ve aktarma organları üretimi yapılırken, İstanbul Kartal'da ise Türkiye'nin en büyük yedek parça dağıtım merkezi olan Servis ve Yedek Parça bölümü bulunmaktadır.

Ford Otosan Türkiye'de Ka'dan Cargo'ya kadar geniş ürün yelpazesi ile otomotiv sektörünün tüm ana segmentlerinde yer almaktadır. Ayrıca Türkiye çapında 115 satış noktası (satış+servis+yedek parça) ve 68 satış sonrası (servis+yedek parça) bayisi olmak üzere toplamda 183 bayisi ile tüketicilere hizmet vermektedir.

2006 yılında toplam üretimini 2005 yılına göre %6 artıran Ford Otosan, 2006 yılında 258.126 araç üretti ve bu üretimin 184.456 adedini ihraç etti. İç pazar ve ihracat dahil olmak üzere toplam 298.182 araç satışı gerçekleştirmiş oldu.

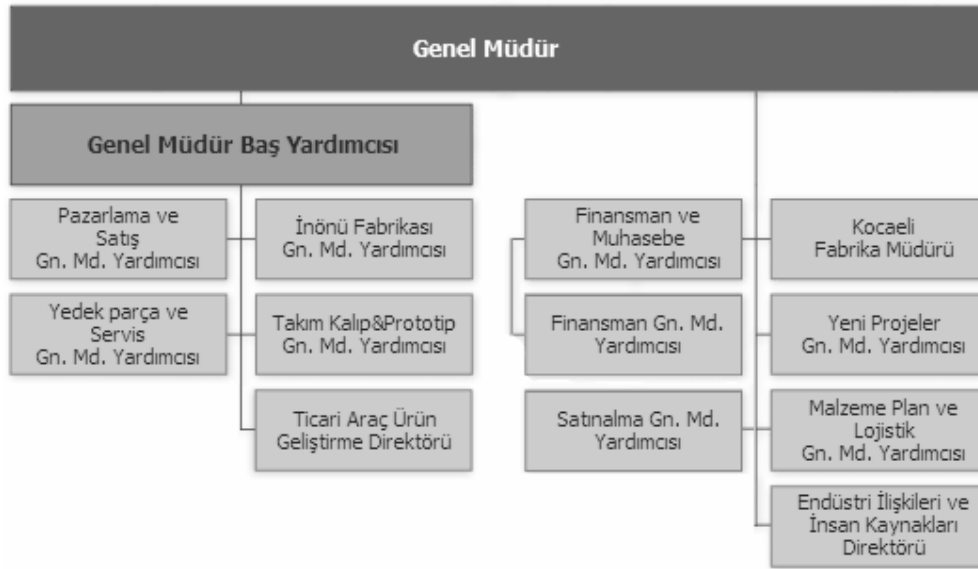
Ford Otosan 2007 yılında Transit Connect, Transit ve Cargo kamyon olmak üzere toplam 281,000 adet üzerinde bir üretim hedefliyor. Bu üretimin yaklaşık 203,000

adedinin ihraç edilmesi planlanıyor. Ayrıca ithal otomobiller de dahil edildiğinde Ford Otosan'ın 2007 yılındaki toplam satış hedefi 320,000 aracı geçmek olarak belirlendi.

Şirketin Vizyonu: “Otomotiv ürün ve hizmetlerinde Türkiye'nin lider tüketici odaklı şirketi olmak”

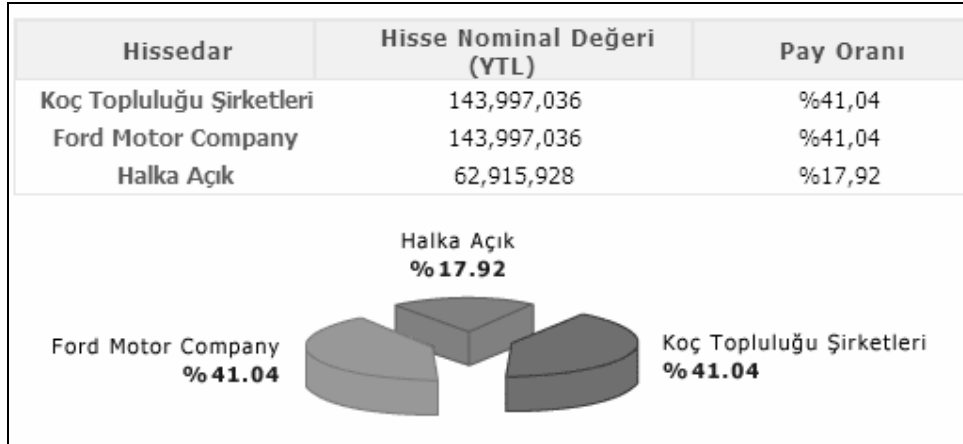
Şirketin Misyonu: “Müşteri ihtiyaç ve beklentilerine en uygun otomotiv ürün ve hizmetlerini sunarak Türkiye otomotiv pazarının lideri olmak ve Ford Avrupa'nın üretim merkezi olmak”

Şekil 6.1’de Ford Otosan’ın organizasyon şeması yer almaktadır:



Şekil 6.1: Ford Otosan Organizasyon Şeması

Şekil 6.2’de Ford Otosan’ın ortaklık yapısı görülmektedir:



Şekil 6.2: Ford Otosan Ortaklık Yapısı

6.2. Ford Otosan’da Altı Sigma

2001 yılından beri Altı sigma’yı bir kalite iyileştirme ve yönetimi felsefesi olarak uygulayan Ford Otosan, 2004 yılını 17 milyon \$ kazançla kapatırken, 2005 ve 2006 yılları sonunda 26 milyon \$ Altı Sigma kazancına ulaşmıştır. Tüm yapılan Altı Sigma projeleri, proje grubundan bağımsız çalışan finansal analistler tarafından bir bir incelenip ardından kazanç olarak kaydedilmektedir. Ford Otosan, Altı Sigma tecrübelerini, Altı Sigma uygulamak isteyen imalatçı ve bayilerle paylaşmak ve de Ford Otosan kalite anlayışını tüm iş ortaklarına yaygınlaştırmak amacıyla, bayi ve imalatçı yeşil kuşak eğitimleri düzenlemiştir. Ford Otosan, 2006 yılından itibaren, DFSS (Design for Six Sigma) konusunda çalışmalara başlamıştır. Sistemli olarak kullanılmakta olan TÖAİK metodolojisinin yerini uzun vadede DCOV (Define-Characterize- Optimize-Verify) adımları almış, kontrol gerektiren konularda TÖAİK metodolojisi kullanılmaktadır. Tablo 6.1’de Ford Otosan’da Altı Sigma projelerinin istatistikleri ve sağladığı kazançlar yer almaktadır (Bakış, 2006):

Tablo 6.1: Ford Otosan’da Altı Sigma İstatistikleri

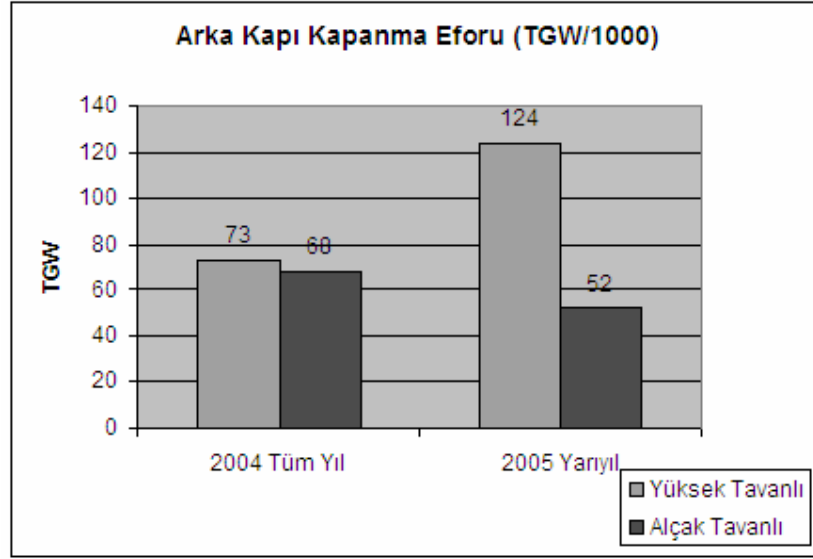
	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (ilk 6 ay)
Bitirilen Proje Sayısı	7	24	42	133	184	103
Kara Kuşak Sayısı	3	13	23	20	27	43
Uzman Kara Kuşak sayısı	0	1	1	2	1	1
Yeşil Kuşak Sayısı	30	92	254	450	600	650
Şampiyon Sayısı	4	38	72	84	92	92
Toplam Kazanç (x1000\$)	230	600	5.350	17.067	26.066	14.980

6.3. Ford Otosan’da Altı Sigma Uygulama Örneği

Uygulama örneği olarak, Ford Otosan Gölcük fabrikasında üretilen ve tüm dünyaya ihraç edilen Transit Connect araçlarında (Ürün Kodu: V227) yaşanan önemli bir müşteri şikayetine çözüm amaçlı yürütülen bir Altı Sigma siyah kuşak projesi ele alınmıştır. Proje, Ford Otosan Gölcük fabrikasında Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisi olarak çalışan kara kuşak Murat Bakış liderliğinde beş kişilik ekip tarafından altı ayda tanımlanmıştır ve Ford’un Avrupa fabrikalarındaki en iyi uygulama projesi seçilmiş ve imlattan sorumlu Ford Avrupa Başkan Yardımcısı tarafından tüm Ford fabrikalarında benzer çalışmalar için örnek proje olarak tavsiye edilmiştir. Bahsi geçen projede, Altı Sigma’nın uygulama metodolojisi olan TÖAİK kullanılarak, Ford Transit Connect aracının arka kapılarının kapanma eforlarının azaltması problemine çözüm getirilmesi amaçlanmıştır (Bakış, 2006).

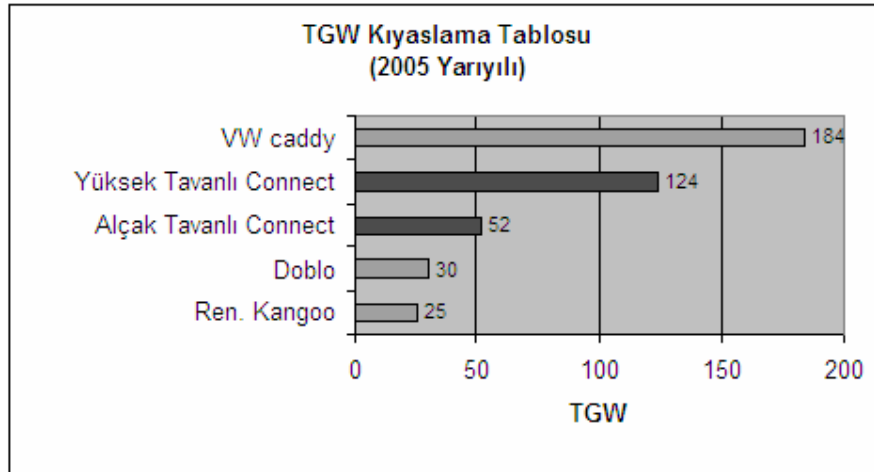
6.3.1. Tanımlama Aşaması

Projenin tanımlama aşamasında ilk olarak Ford Avrupa ve yerli market kalite göstergelerini analiz ederek problemin büyüklüğü hakkında bilgi toplanmıştır. Şekil 6.3’te senede 2 defa yapılan Ticari Araç Müşteri Kalite Anketi 2005 yılı yarıyıl sonucuna göre Transit Connect’in yüksek tavanlı modellerinde arka kapıların kapanma eforlarının yüksekliği en önemli müşteri şikayeti olarak ilk sırayı almış, alçak tavanlı araçlarda ise, ikinci önemli problem olarak raporlanmıştır (Bakış, 2006).



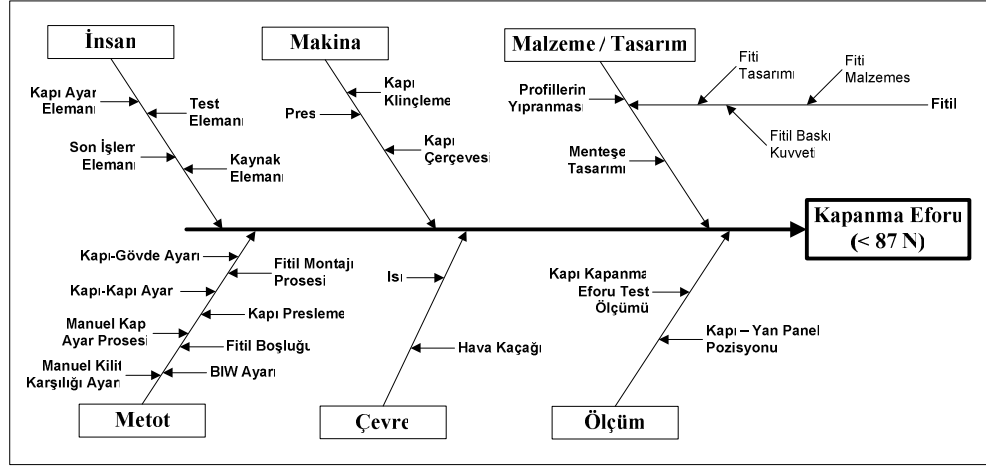
Şekil 6.3: Arka Kapı Kapanma Eforu Şikayetleri

İngilizce “Things Gone Wrong” (TGW) olarak ifade edilen problemler her 1000 araçtaki karşılaşılma sıklığına göre TGW/1000 metriğı ile ifade edilmektedir. 2005 yarıyıl Müşteri Anketi’ne göre yüksek tavanlı modellerde her 1000 aracın 124’ünde, alçak tavanlı modellerde her 1000 aracın 52’sinde müşteriler kapı kapanma eforlarından şikayetçi olmuşlardır. Ekip, rakip araçların TGW/1000 seviyelerini incelemiş, Şekil 6.4’te Türkiye’de satışa sunulan bazı modellerin arka kapı eforlarını ölçmüş ve Transit Connect araçların rakipleri arasında en kötülerden biri olduğunu da ayrıca tespit etmiştir (Bakış, 2006).



Şekil 6.4: TGW Kıyaslama Tablosu

Bu tespitten sonra, yüksek eforun muhtemel sebeplerini belirleyebilmek için sebep-sonuç analizleri ve beyin fırtınası toplantıları yapılmış ve transfer fonksiyonu hazırlanmıştır. Şekil 6.5'te Kapanma Eforunu 87 Newton'un altına düşürmek için yapılan Sebep-Sonuç Diyagramı görülmektedir (Bakış, 2006):



Şekil 6.5: Sebep-Sonuç Diyagramı

Yüksek Arka Kapı Kapanma Eforu Transfer Fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

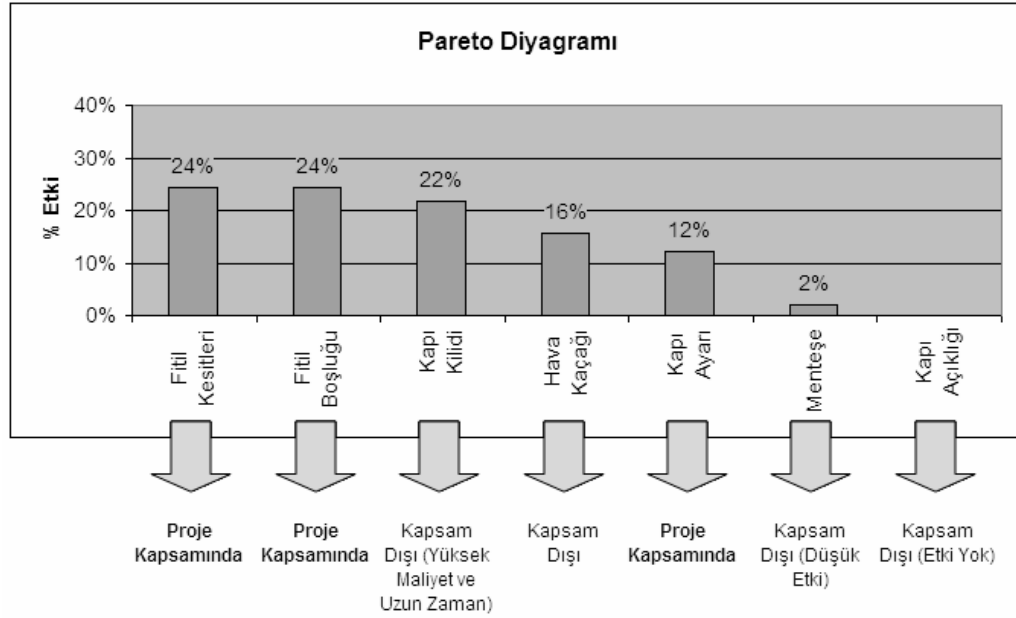
$$Y_{\text{YÜKSEK KAPANMA EFORU}} = X_1 \text{ KAPI AÇIKLIĞI VARYASYONU} + X_2 \text{ FİTİL KESİTLERİ} + X_3 \text{ FİTİL BOŞLUĞU VARYASYONU} + X_4 \text{ MENTEŞE} + X_5 \text{ HAVA KAÇAĞI} + X_6 \text{ KAPI AYARI} + X_7 \text{ KAPI KİLİDİ}$$

6.3.2. Ölçme Aşaması

Ölçme aşamasında ekip, transfer fonksiyonundaki her bir girdinin etkisini hesaplayabilmek için neleri ve nasıl ölçmesi gerektiğine karar vermiş ve bir veri toplama planı hazırlamıştır. Ayrıca bir Deney Tasarımı (Design of Experiment – DOE) çalışması planlamıştır. Bu veri toplama planı ve Deney Tasarımı çalışması kapsamında toplam 55 adet araçta kaynak gövde hattında seçilen 7 kritik noktada üç boyutlu ölçüm cihazı ile ölçüm alınmış, ayrıca bu araçlarda fitil çalışma boşlukları ile kapıların gövde ve birbirine göre uyumu 25 farklı noktadan ölçülmüştür. Ölçümler öncesi ölçüm sisteminin yetenek analizi Gauge R&R çalışması ile yetenekli olarak tespit edilmiştir (Bakış, 2006).

6.3.3. Analiz Aşaması

Analiz aşamasında ölçülen değerler ve Deney Tasarımı çalışması sonuçları Minitab programıyla analiz edilmiştir. Her bir ölçüm noktasının kapı kapanma eforuna etkisi Regresyon testleri yapılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Ölçüm noktalarının değerlendirilmesi ve belirlenen spesifik değerlere göre, üretimi yapılmış gövdelerle yapılan hat denemeleri sonucu kapanma eforuna etki eden her bir girdinin etki şiddeti hesaplanmış ve Şekil 6.6'da görüldüğü gibi bir Pareto Analizi ile raporlanmıştır (Bakış, 2006).



Şekil 6.6: Pareto Diyagramı

6.3.4. İyileştirme Aşaması

Analiz sonucu, efora etki eden üç faktör üzerinde iyileştirme çalışması yapıldığında şirket yönetiminin belirlediği proje hedefine ulaşabileceği hesaplanmış ve Kapı Ayar (Door Setup) ve Fıtil Çalışma Boşluğu (Seal Gap) proseslerinin ekip tarafından iyileştirilip yetenekli hale getirilmesi ve ayrıca arka kapı fitillerinin kesitlerinin değiştirilmesine karar verilmiştir (Bakış, 2006).

İlk iki faktör, Kaynak ve Montaj atelyelerinin proseslerindeki değişkenlikleri azaltma çalışması, üçüncü faktör ise tasarım değişkenliğine ihtiyaç duyulan bir faktördür (Bakış, 2006).

Montaj hattında yapılan kapı ayar prosesi için optimal bir ayar konumu belirlenmiş ve de bu optimal ayarın çalışan operatör bağımlılığından kurtulabilmesi için bir geçer-geçmez master devreye alınmıştır (Bakış, 2006).

Kapı çalışma boşluğunda meydana gelen değişkenlikler eforu arttıran diğer önemli bir konudur. Değişkenliklere sebep olan da gövde parçalarındaki boyutsal hatalardır. Parça bazında yapılan ölçümlerde tespit edilen hataları gidermek için Ford Otosan Pres Alan Müdürlüğü üretimi panel kalıplarında ve yan sanayi parçalarında kalıp modifikasyonları yapılmıştır (Bakış, 2006).

Üçüncü önemli bir madde olan kapı fitil kesitlerinde tasarım değişikliği rakip araçlarla yapılan kıyaslama sonucu ortaya çıkmıştır. Fitil balonlarının reaksiyon kuvvetlerinin ölçüm karşılaştırılması sonucu Transit Connect fitillerinin rakiplerine göre daha sert olduğu ve de akustik geçirgenlik bakımından daha zayıf olduğu tespit edilmiştir (Bakış, 2006).

6.3.5. Kontrol Aşaması

Kontrol aşamasında alınan iyileştirme tedbirlerinin proste devamlılığının sağlanması için Kaynak ve Montaj atelyelerinde proses sayfaları ve kontrol planları güncellenmiştir. İmalatçı parçalarında belirlenen ölçüm noktaları kritik özellikleri tanımlanmış, istatistiksel proses kontrol yöntemleriyle proseslerin kontrol altında devam etmesi sağlanmıştır (Bakış, 2006).

7. SONUÇLAR

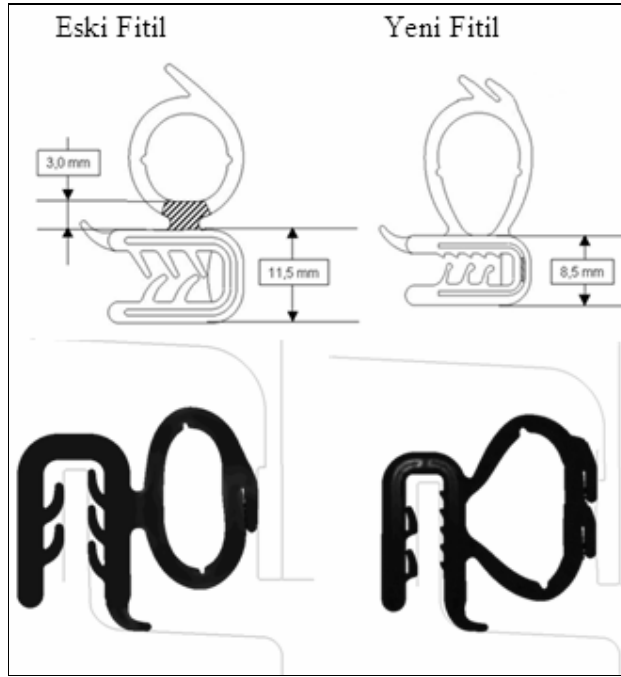
Ülkemizde günden güne sayısı artan Altı Sigma uygulamalarının işletmelere büyük faydalar sağladığı açıktır. Temel hedeflerinden biri süreçleri iyileştirmek ve bunun sonucunda verimliliği artırmak olan Altı Sigma, şirketlere önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır. Birçok alanda uygulama alanı bulan Altı Sigma, Ford Otosan'da da bir müşteri şikayeti olan arka kapı kapanma eforu problemine bir çözüm üretebilmek için uygulanmıştır. Tezde yer verilen uygulamaya göre, aşağıda yer alan iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir:

Kapı Ayarı: Kapı ayarı işlemlerinde kullanılan yeni yöntem sayesinde, 112 Newton olan arka kapı kapanma eforu 94 Newton'a düşürülmüştür. Bu iyileşmenin sağlanmasında, iki kapı arasında yer alan boşluğa ait 6 +/- 1,5 mm olan spesifikasyonların, minimum 5, maksimum 9 mm olarak değiştirilmesi etkili olmuştur .

Fitil Boşluğu: Fitil boşluğu'nun sebep olduğu kapı kapanma eforu için Ford Otosan, tedarikçileri olan Akpres ve Beyçelik firmalarından bu konuda çalışma istemiş ve bu çalışmalar sonucunda fitil ön paneli ve çıkıntılı kenar açısına ilişkin geliştirmeler sırasıyla Kasım 2005 ve Nisan 2006'da hayata geçirilmiştir. Bunun yanında çatı paneline ait yapılan ölçümlerin tanımlanmış spesifikasyonları dışında olduğu fark edilmiş ve 2006 yılının ikinci haftasında üretim durdurularak kalıp modifikasyonları gerçekleştirilmiş, Ocak ayının sonuna doğru ise yeni paneller kullanılmaya başlanmıştır. Son olarak, üst panel lokasyonunun da belirlenen spesifikasyonların dışına çıktığı fark edilmiş ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır.

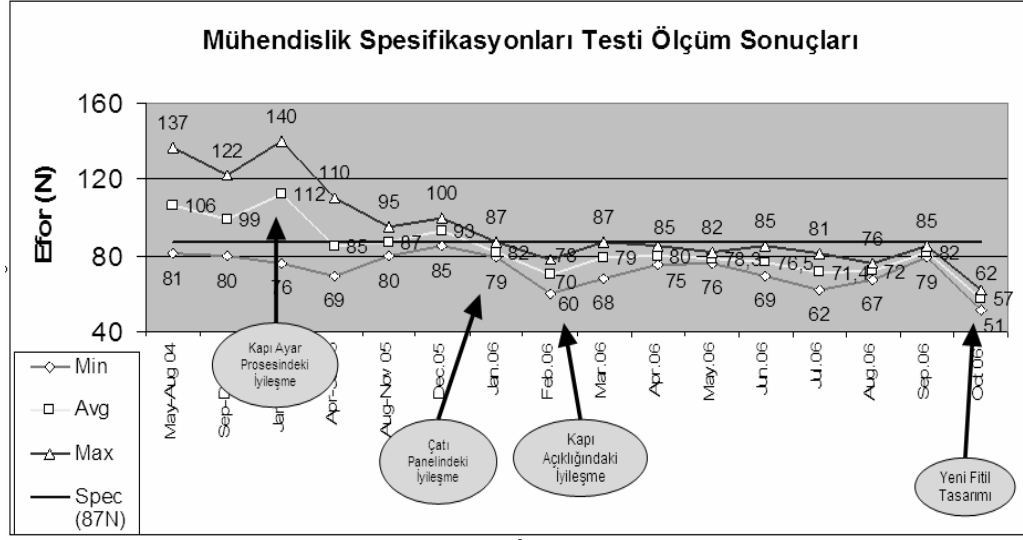
Fitil Kesitleri: Rakip araçlarla yapılan kıyaslamalar sonucunda, Renault araçların tek parçadan oluşan kapı sistemlerinin bulunduğu, bütün araçların kapılarının 90 dereceye kadar açılabilirdiği, Fitil baskı kuvvetlerinin hepsinin Transit Connect değerlerinden düşük olduğu ve rakip araçlarda su sızıntısını önlemek için ikili veya üçlü fitil kanallarının yer aldığı ortaya çıkmıştır. Bütün bu veriler değerlendirilerek Ford Otosan alternatif fitil kesidi tasarımına gitmiş ve mevcut tasarımı Şekil 7.1'de

olduğu gibi değiştirmiştir. Bu değişiklik sonucunda kapı kapanma eforu 15 Newton azalmış, su sızıntı oranı düşmüş ve fitilin dayanıklılığı artırılmıştır:



Şekil 7.1: Fitol Kesitlerindeki Değişim

Sonuç olarak, her 1000 araçtan 124'ünde müşteri şikayetine sebep olan ve 140 N (Newton) civarında bulunan kapı kapanma eforu, Altı Sigma sayesinde 60 N değerinin altına düşürülmüştür. Bu çalışma sonucunda arka kapı kapanma eforuna ait TGW değeri rakiplere göre en kötü durumdan en iyi duruma yükselmiştir. Şekil 7.2'de elde edilen iyileşmeler Efor-Zaman Grafiği üzerinde görülmektedir:



Şekil 7.2: Efor-Zaman Grafiği

Seçilen üç alt projenin sonuçlarından görüldüğü üzere, Altı Sigma sayesinde müşteri şikayetlerine bir çözüm üretilmiş olup rakiplere karşı bir rekabet üstünlüğü elde edilmiştir. Altı Sigma uygulaması sayesinde müşteri memnuniyeti artmış ve diğer Ford Otosan işletmelerinde uygulanabilecek örnek bir proje başarıyla sonuçlandırılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ada, Erhan ve Aracioğlu B.**, 2004. Türk İşletmelerinde Verimlilik Artışı için Altı Sigma Yönetim Sistemi Modeli, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği – XXIV. Ulusal Kongresi*, Gaziantep – Adana.
- Akarıslan, B.**, 2004. Altı Sigma Metodu ve Bir Şirket Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Andersson, R. and Eriksson H.**, 2006. Similarities and Differences between TQM, Six Sigma and Lean, *The TQM Magazine*, **18/3**, 282-296.
- Antony, J. and Kumar, M.**, 2007. Six Sigma in Service Organisations: Benefits, Challenges and Difficulties, Common Myths, Empirical Observations and Success Factors, *International Journal of Quality & Reliability Management*, **24/3**, 294-311.
- Bakiş, M.**, 2006. Gölcük'ten Transit Connect için Küresel Altı Sigma Çözümleri, *Altı Sigma Forum*, **8/2**, 30-33.
- Basu, R. and Wright N.**, 2003. Quality Beyond Six Sigma. Butterworth Heinemann, Oxford.
- Çelebi, S.**, 2006. Müşteri Odaklı Altı Sigma ve İmalat Sektöründe Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fairbanks, C.B.**, 2007. Using Six Sigma and Lean Methodologies to Improve OR Throughput, *AORN Journal* **86**, 73-82.
- Govers, C.P.M.**, 2001. QFD not just a Tool but a Way of Quality Management, *International Journal of Production Economics* **69**, 151-159.
- Hinton, M. and Francis, G.**, 2000. Best Practice Benchmarking in the UK, *Benchmarking: An International Journal* **7/1**, 52-61.
- İşığçok, E.**, 2005. Altı Sigma Kara Kuşaklar için Hipotez Testleri Yol Haritası. 4 Nokta Grafik Matbaacılık Ltd. Şti., İstanbul.
- İpek, H. and Ankara, H.**, 1999. The Application of Statistical Process Control, *Minerals Engineering*, **12/7**, 827-835.
- Kwak, Y.H. and Anbari, F.T.**, 2006. Benefits, Obstacles and Future of Six Sigma Approach, *Technovation*, **26**, 708-715.
- Linderman, K. and Schroeder, R.G.**, 2003. Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective, *Journal of Operations Management*, **21**, 193-203.
- Markarian, J.**, 2004. What is Six Sigma?, *Reinforced Plastics*, **34**, 46-49.
- Özkan, H.**, 2006. Endüstride Altı Sigma Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pande, P.S. and Neuman, R.P.**, 2004. Six Sigma Yolu, Klan Yayınları, İstanbul.
- Rungtusanatham, M.**, 2000. The Quality and Motivational Effects of Statistical Process Control, *Journal of Quality Management*, **4/2**, 243-264.
- Sokovic, M. and Pavletic, D.**, 2005. Application of Six Sigma Methodology for Process Design, *Journal of Materials Processing Technology*, **162-163**, 777-783

- Su, C.T. and Chou, C.,** 2007. A Systematic Methodology for the Creation of Six Sigma Projects: A Case Study of Semiconductor Foundry, *Expert Systems with Applications*, **10**, 10-16.
- Tuncel, S.,** 2004. Toplam Kalite Yönetimi Açısından Altı Sigma Çalışmaları Aracılığı ile Sayısal Performans Değerlendirmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Villareal, M. and Kleiner B.H.,** 1997. Analytical Tools for Facilitating Task Group Performance, *Journal of Workplace Learning*, **9/3**, 94-97.
- Yang, K. and El-Haik, B.,** 2003. Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development, McGraw-Hill, New York.
- Wilson, G.,** 2005. Six Sigma and the Product Development Cycle, Biddles Ltd., Great Britain.
- Wheat, B. and Mills, C.,** 2003. Leaning into Six Sigma, A Parable of the Journey to Six Sigma and a Lean Enterprise, McGraw-Hill, New York.
- Yiğitalp, L.,** 2004. Six Sigma ve İleri Düzeydeki Six Sigma Araçlarının Uygulamaları. *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Hürmüz Mine Kurt, 1980 Gölcük doğumludur. İlköğrenimini Dumlupınar İlkokulu'nda, orta öğrenimini Cumhuriyet İlköğretim Okulunda ve lise öğrenimini İzmit Lisesi'nde tamamladı. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Matematik Mühendisliği bölümünü kazandı. 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Matematik Öğretmenliği Tezsiz Yüksek Lisans bölümüne başladı. 2006 yılında mezun oldu. Hâlen Ray Sigorta A.Ş.'de çalışmaktadır. Hürmüz Mine Kurt iyi derecede İngilizce bilmektedir.