

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA METODOLOJİSİ
VE BİR SANAYİ UYGULAMASI

Levent KÖK
(Teknik Öğretmen)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Muhittin ŞİMŞEK

İSTANBUL 2007

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA METODOLOJİSİ
VE BİR SANAYİ UYGULAMASI

Levent KÖK
(Teknik Öğretmen)
(141102220030517)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Muhittin ŞİMŞEK

İSTANBUL 2007

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresinde her konuda bana güvenen, değerli fikirleri ile bana yol gösteren hocamız Prof. Dr. Muhittin Şimşek'e, çalışmamın hazırlanmasında bana her türlü desteği veren değerli eşim Ebrar Kök'e ve altı sigma metodolojisinin fabrikasında uygulanmasına imkân tanıyan Sn. Mehmet Fırat'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKLER

SAYFA

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ü
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	x
BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
I.1. ALTI SİGMA TANIMI	2
I.2. ALTI SIGMANIN DİĞER TANIMLARI.....	5
I.3. ALTI SIGMANIN FAYDASI.....	6
BÖLÜM II. ALTI SİGMA	9
II.1. ALTI SİGMA	9
II.1.1. Tarihçe	9
II.1.2. Altı Sigma Yöntemi	10
II.2. ALTI SIGMANIN GELİŞİMİ.....	11
II.2.1. Altı Sigma	12

II.2.2. Altı Sigmanın Amaçları	14
II.2.3. Altı Sigma Uygulamaları	18
II.2.3.1. Aselsan Uygulamaları	18
II.2.3.2. Arçelik Uygulamaları.....	20
II.2.3.3. General Elektrik Uygulamaları	21
II.2.4. Altı Sigma'nın Bilinmeyen Yönleri	23
II.2.5. Dünya'da ve Türkiye'de Altı Sigma	24
II.2.6. Altı Sigma Yol Haritası	25
II.2.7. Altı Sigma Hesap Yöntemleri	25
II.2.7.1. Fırsatlar ve Hatalar Yöntemi.....	26
II.2.7.2. Milyonda Hatalı Parça Sayısı Yöntemi.....	26
II.2.7.3. Ortalamadan, Standart Sapmadan ve Özellik Limitin den Sigma Seviyesinin Bulunması Yöntemi.....	26
II.2.7.4. İlk Kontrol Sonrası Sigma Değerlerinin Hesaplanması Yöntemi.....	27
II.2.8. T Dağılımı	27
BÖLÜM III. ALTI SIGMANIN SEKTÖREL KULLANIMI.....	30
III.1. ALTI SIGMANIN SEKTÖREL KULLANIMI	30
III.1.1. İmalat Sektörü	30
III.1.2 Finans Sektörü.....	31
III.1.3. Sağlık Sektörü	32
III.1.4. Mühendislik ve İnşaat Sektörü	32
III.1.5. Araştırma ve Geliştirme Sektörü.....	33
III.2. ALTI SİGMA METODUNDA İZLENİLMESİ GEREKEN ADIMLAR	33
III.2.1. Altı Sigmanın Metodolojisi ve Proje Seçimi.....	34

III.2.2 Altı Sigma ve Toplam Kalite.....	35
BÖLÜM IV. ALTI SİGMA METODU İLE BİR SANAYİ UYGU-	
LAMASI.....	37
IV.1. ARAŞTIRMANIN AMACI	37
IV.2. PROBLEMİN TANIMI	37
IV.3. MİNİTAB PROGRAMI.....	38
IV.4. VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ	39
IV.5. YAPILAN TESTLER.....	39
IV.5.1. Temel Bileşenler Analizi	40
IV.5.2. Anova.....	41
IV.5.2.1. Normal Dağılıma Uygunluk Testi	41
IV.5.2.2. Eş Varyans Testi	42
IV.5.2.3. General Linear Model.....	43
IV.5.3. Malzeme Analizi.....	43
IV.5.3.1. Two-Sample T Testi	44
IV.5.4. DOE	48
IV.5.5. Altı Sigma Kusur Oranında iyileştirme	50
BÖLÜM V. SONUÇ.....	52
KAYNAKÇA	54
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ÖZET

ALTI SİGMA METODOLOJİSİ VE BİR SANAYİ UYGULAMASI

Günümüzde rekabetin inanılmaz bir şekilde artması firmaların ayakta kalabilmesi gittikçe daha da zorlaştırmaktadır. Müşterinin beklentisine ancak en doğru şekilde cevap verebilen şirketler gelecekte var olabildiğini sürdürebilecektirler. Müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda en kaliteli ürünü en uygun fiyattan piyasaya sunabilmek günümüz şirketlerinin temel hedeflerinden biridir.

Hızla globalleşen dünyada özellikle sanayi sektöründe üretim merkezleri, en kaliteli üretimi en düşük maliyette üretebilen ülkelere kaymaya başlamıştır. Türkiye özellikle imalat sektöründe dünyanın üretim merkezi haline gelmiştir. Ancak asıl önemli olan, Türkiye'nin bu konumu koruması, avantajını ileriki dönemlere de taşıyabilmesidir.

Altı sigma yaklaşımının imalat sektörü için önemi çok büyüktür. Asıl amacı üretimdeki kusurları minimuma çekebilmek, ürün kalitesini yükseltmek ve üretim süreçlerinde iyileştirmeler yapmak olan firmalar için altı sigma metodu çok cazip bir yöntemdir.

Bu tezde altı sigma metodu kullanılarak, imalat sektöründe üretim yapan bir firma için farklı imalatçılardan gelen saç parçalarının kalitesinde iyileştirme yapılarak parça kalitesinde meydana gelen iyileştirme sayesinde maliyetlerde ne kadar bir azalma olacağı araştırılmıştır. Zaten altı sigmanın çıkış noktası mevcut kalitenin artırılmasıdır. Sanılanın aksine altı sigma metodu doğru bir şekilde uygulandığında maliyetlerin artmadığı görülmüştür.

Tezin ilk iki bölümünde altı sigmanın ortaya çıkışı, amaçları, uygulamaları ve hesap yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde altı sigmanın sektörel kullanımı, altı sigma yönteminde izlenmesi gereken adımlar ve toplam kalite konularına değinilmiştir. Son olarak da dördüncü bölümde altı sigma metodu ile bir sanayi uygulaması yer almaktadır.

Nisan 2007

Levent KÖK

ABSTRACT

SIX SIGMA METHOD AND AN INDUSTRIAL APPLICATION

As the competition incredibly increases today, the survival of the firms becomes more difficult. The company, which can accurately satisfy customer expectations, will continue to exist. To supply the high-quality products with the most competitive price is the most indispensable provision for the current companies.

In the rapidly globalizing world, production centers (particularly in industry sector) have begun to be established in the countries which achieve the high-quality production with the lowest cost. Turkey has become the production center of the world especially in the manufacturing sector. However, it is vital that Turkey can maintain its position and use its advantage in the future. Six Sigma approach is a priceless opportunity particularly for the manufacturing sector. Six Sigma method is an appealing method for the firms whose main aim is to minimize the defects in production, increase the product quality and make improvements in production processes.

In this thesis, a study was performed for a manufacturing company on the reduction of cost through improvement of quality of parts supplied by different companies, by using six sigma method.

In the first two chapters, the history of six sigma, the aims of six sigma, the calculation methods of six sigma and the applications of six sigma are presented. Chapter 3 describes the steps followed in six sigma as an industrial method, total quality and sector in which it is applied. And finally, in chapter 4 application of the six sigma method is presented.

April 2007

Levent KÖK

SEMBOL LİSTESİ

Bkz	: Bakınız
TKY	: Toplam kalite yönetimi
TKK	: Toplam kalite kontrolü
Tü	: Tolerans üst sınır
Ta	: Tolerans alt sınır
Cp	: Süreç yeteneği indeksi
ÜÖL	: Üst özellik limit
AÖL	: Alt özellik limit
MFHO	: Milyon fırsattaki hata oranı
FPY	: First pass yield
DOE	: Deneysel tasarım
H₀	: Veriler normal dağılıma uygundur
H_a	: Veriler normal dağılıma uygun değildir
σ	: Sigma

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil II.1	Altı Sigma uygulamasında yer alan kişilerin görev dağılımları.....	15
Şekil II.2	Ölçüm tipleri ve örnekleri. Girdi, Süreç ve Çıktı ölçümleri uzun dönemli etkilere ve neticelere bakar	16
Şekil II.3	T ve Z dağılımı grafiği.....	29
Şekil IV.1	Temel Bileşenler Analizi.....	40
Şekil IV.2	Normal Dağılıma Uygunluk Testi.....	41
Şekil IV.3	Eşvaryans Testi	42
Şekil IV.4	Uzama Değişkeni İçin Two Sample T Testi	45
Şekil IV.5	Çekme Değişkeni İçin Two Sample T Testi	46
Şekil IV.6	Akma Değişkeni İçin Two Sample T Testi.....	47
Şekil IV.7	Üretimde İyileştirme Yapılmadan Ölçülen Sigma Seviyesi	50
Şekil IV.8	Üretimde İyileştirme Yapıldıktan Sonra Ölçülen Sigma Seviyesi.....	51

TABLO LİSTESİ

SAYFA NO

Tablo I.1	Merkezden Uzaklık ve Sigma Seviyelerine Göre Milyonda Hata Sayısı.....	4
Tablo II.1	Firmaların Yıllık Karları.....	13
Tablo II.2	Firmaların Performansının Altı Sigma Düzeyi İle Ölçülmesi ve Karşılaştırılması	13
Tablo II.3	Altı Sigma Uygulanırken İzlenen Adımlar	14
Tablo II.4	Altı Sigma Eğitimlerinde Yetiştirilen Kişilerin Unvanları ve Nitelikleri	15
Tablo II.5	El Terazisi ve batarya bloğunun Alt Sigma Uygulaması	19
Tablo II.6	Arçelik'te Altı Sigma Çalışmaları.....	21
Tablo III.1	İmalat Sektöründe Altı Sigmadan Sağlanan Raporlanmış Fayda ve Tasarruflar	30
Tablo IV.1	Parti, Üretim, Makine, Tezgâh Hızlarına Göre Ret Parça Adetleri	38
Tablo IV. 2	Parti, Makine ve Tezgah Hızlarının Karşılaştırılması	43
Tablo IV. 3	Parti, Makine ve Tezgah Hızı ve Hatanın Kıyaslanması.....	43
Tablo IV.4	Saç Parçaların Mekanik ve Kimyasal Test Sonuçları	44
Tablo IV.5	Hurda Adedi, versus Hammadde, Makine, Kesme Hızı	48
Tablo IV.6	Hurda İçin Varyans Analizi.....	49

BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ

I.GİRİŞ

Her geçen gün firmalar açısından piyasada var olabilmek daha da güç bir hal almaktadır. Rekabetin çok yoğun olmasından dolayı gelecek, firmalar için daha da zorlu olacaktır. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de değişen piyasa koşullarına karşı en kaliteli ürünü veya hizmeti sunabilmek firmaların en önemli hedefidir. İş verimliliğinin ve müşteri tatmin seviyesinin artırılmasında 1980'lerden günümüze önemi gittikçe da artan en etkili metotlardan biri olarak karşımıza altı sigma yöntemi çıkmaktadır.

Tezin ilk iki bölümünde altı sigmanın ortaya çıkışı, amaçları uygulamaları ve hesap yöntemleri hakkında genel bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde altı sigmanın sektörel kullanımı, altı sigma yönteminde izlenmesi gereken adımlar ve toplam kalite konularına değinilmiştir.

Son bölümde ise altı sigma metodu kullanılarak sanayi sektöründe imalat yapan bir firma için üretim proseslerinde iyileştirme yapılması hedeflenmiştir. Temel Bileşenler Analizi, Varyans Analizi, General Linear Model kullanımı, Two-Sample T testi ve deneysel tasarım yapılarak; üretim sırasında hurdaya çıkan parça adetlerinde iyileştirme yapılabilmesinin yolları araştırılmıştır. Altı sigma metodu kullanılarak ve altı sigma metodu kullanılmayarak yapılan üretimlerdeki sigma seviyesi, ret parça adetleri ve bu ret parçaların üretimde meydana getirdiği maliyet karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

I.1. ALTI SİGMA TANIMI

Altı Sigma için farklı yorumlar yapılır. Bunlardan ilk grup, Altı Sigma'nın yeni bir şey olmadığını eski araçları kullanan bir yöntem olduğunu ve Altı Sigma için yapılan bunca gürültü ve özeni eleştirirler.

İkinci grup, Altı Sigma ile son derece fayda sağlanıldığına inanırlar. Profesyonel kalite topluluklarının bu çalışmaları uygulamalarını ve faydalarını görmelerini isterler.

Üçüncü grup ise araçların yeni olmadığını fakat sert bir moda olarak ortaya çıktığını savunurlar. Normal çalışan kadrodan çok daha üst seviyede kadro için uygun olduğuna inanırlar.

Yorumlardan çıkarılacak sonuç; kullanılan teknikler yeni olmasa da Altı Sigma; bir sistematiklik içerisinde, değişkenliği ölçen, mükemmellik düzeyini artıran gelişim stratejisidir.

Şu şekilde tanımlayabiliriz: Altı Sigma tasarım, üretim ve müşteri ile ilgili aktivitelerde güçlü istatistiksel analizler ve ölçümler sağlayarak ürün ve hizmetten kaynaklanan hataları tahmin edilemeyecek seviyede azaltan ve sıfır kusur stratejisinin ulaşılabilir bir hedef olarak yaşama geçirilmesinde büyük rol oynayan bir kalite yöntem metodolojisidir.

Toplam Kalite Yönetimi (TKY) sürekli gelişim felsefesidir. Buna ulaşmak için birçok araç kullanılır. Altı Sigma, sürekli gelişim felsefesinin uygulanabilirliğini maksimum düzeyde ve somut olarak karşılayan, çalışmalara ivme katacak bir TKY aracıdır.

"Altı Sigma sosyal ve teknik sistemlerin evliliği gibi görünebilir" [1].

Peter J. Billington and Ahmad Ahmadian Altı Sigma programını daha detaylı olarak, İşletimsel ve Yönetimsel olmak üzere iki seviyede tanımlarlar:

İşletimsel seviye: Altı Sigma ; birçok istatistiksel ölçümleri hata seviyeleri ve proses yeteneklerini karakterize etmede, ayırmada kullanır. Bu ölçümlerin en iyi bilineni 3.4 ppm hata oranını yakalamaktır.

Yönetimsel seviye: Altı Sigma iyileştirme prosesi olarak karşımıza çıkar ve tüm çalışanlar Altı Sigma'yı ürün kalitesi, servis ve proseslerin geliştirilmesinde kullanır [2].

Altı Sigma teknik bakış açısı; proses değişkenliğinden bahseder, yönetim ve müşteri bakış açısı; kalite standardı için milyondaki hata sayısından bahseder [3].

İstatistikî bağlamda;

- *Teknik tolerans sınırları* $= \left[\frac{T_a + T_{\bar{u}}}{2} \pm 6\sigma \right]$, yani
- $(T_{\bar{u}} - T_a = 12 \text{ Sigma})$, dolayısıyla
- *Tolerans Üst Sunır* $T_{\bar{u}} = \frac{T_{\bar{u}} + T_a}{2} + 6\text{Sigma}$ ve
- *Tolerans Alt Sunır* $T_a = \frac{T_{\bar{u}} + T_a}{2} - 6\text{Sigma}$
- Süreç yeteneği (yeterliliği) endeksi $C_p = 2.0$,

olması anlamına gelmektedir [4].

Hata ya da kusur; bir ihtiyaç ve beklenti, spesifikasyonları karşılayamama durumudur. Tedarik edilen parçanın retti, üretimde yeniden işleme ve hurdanın olması, müşteriden şikayet gelmesi veya geri dönüşe neden olan tüm unsurlar "hata (kusur)" olarak tanımlanır [5]. Altı sigma düzeyinde süreç yeteneğine ulaşıldığında, hata oranı milyonda 3.4 düzeyine inebilmektedir. Süreç ortalamasının +/- 1.5 sigma kadar sapabileceği dolayısıyla milyonda 3.4 hata sayısına ulaşılacağı Motorola tarafından ortaya konulmuştur. Tablo: I'de süreç ortalamasının tolerans aralığı ortasından sapma seviyeleri ve sigma seviyelerine göre milyonda hata oranları verilmektedir. Kültürel bir değişim ve karlılıkta önemli bir sıçrama ile hataları azaltmak ve yok ederek müşteri memnuniyetini artırmak, Altı Sigma programının en önemli amacıdır.

Altı Sigma, işte başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaştırmak için kapsamlı ve esnek bir sistemdir. Altı Sigma'yı işleten benzersiz metodoloji, müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine anlama; gerekleri, verileri ve istatistiksel analizleri

bir disiplin çerçevesinde kullanma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir [6].

Tablo I.1 Merkezden Uzaklık ve Sigma Seviyelerine Göre Milyonda Hata Sayısı[7].

Mer. uzaklık	Sigma/kalite seviyesi						
	3 sigma	3.5 sigma	4 sigma	4.5 sigma	5 sigma	5.5 sigma	6sigma
0	2,700	465	63	6.8	0.57	0.034	0.002
0.25 σ	3,577	666	99	12.8	1.02	0.1056	0.0063
0.5 σ	6,440	1,382	236	32	3.4	0.71	0.019
0.75 σ	12,288	3,011	665	88.5	11	1.02	0.1
1.0 σ	22,832	6,433	1,350	233	32	3.4	0.39
1.25 σ	40,111	12,201	3,000	577	88.5	10.7	1
1.5 σ	66,803	22,800	6,200	1,350	233	32	3.4
1.75 σ	105,601	40,100	12,200	3,000	577	88.4	11
2.0 σ	158,700	66,800	22,800	6,200	1,300	233	32

I.2. ALTI SİGMANIN DİĞER TANIMLARI

- Altı sigma, bir işletmenin bütünsel olarak iyileştirilmesi ve yenilenmesi programının adıdır.
- Ürün ve süreçlerin optimalleştirilmesine yönelik istatistiksel ve mühendislik yönü baskın olan bir yöntemdir.
- Altı Sigma, her ürün, her süreç ve her dönüştürme eyleminin neredeyse hatasız olarak yapılabilmesine uygun bir programdır. Müşteri gereksinimlerinin tam olarak karşılanmasıdır.
- İşletmede müşteri memnuniyetini yükseltme, karlılık ve yararlılığı güvenceye almayı amaçlayan bir kültür dönüşümüdür.
- Altı Sigma, toplam kalite yönetiminin kristalleşmiş halidir. Altı Sigma, işletme başarısını sağlamaya, sürdürmeye ve yükseltmeye yönelik kapsamlı ve esnek bir sistemdir.
- Uygulama amacı; müşteri gereksinimlerinin önemsenmesi, ve tam olarak karşılanmasıdır.
- Metodolojisi olguların, verilerin ve istatistiksel analizin disiplinli bir şekilde kullanılması, her tür uygulamanın büyük bir özenle gerçekleştirilmesidir.
- Altı Sigma, endüstri tarafından endüstri için geliştirilmiş, somut başarılar ortaya konabildiği için yayılma şansını yakalamış stratejik bir kalite yönetim sistemidir. Bir moda değildir.
- Altı Sigma hem üretim hem de hizmet kesiminde uygulanabilen, hedefi maliyet düşürmek ve satışı / pazar payını yükseltmek olan ve bir işletmeyi bütünsel olarak kapsayan bir stratejik inisiyatiftir.
- Altı Sigma, oldukça sıkı bir çalışma ve olağanüstü dikkat / özen gerektiren uzun soluklu stratejik inisiyatiftir.
- Altı Sigma, öncelikle değişkenlik, işlem süreleri ve yararlılık derecesi faktörlerine yönelik iyileştirmelere uygun, projeye dayanan, son derece sonuç odaklı, sistemli (sistematik) bir metodolojidir.

- Altı Sigma, ciddi ve ayakları yere basan yönetim kadrosu ile öğrenen organizasyon özelliğine sahip işletmelerde başarıya götüren bir sistemdir.

Altı Sigma yaklaşımı bir iş aktivitesinin kabiliyetinin ölçümünde bir kıyaslama (benchmarking) metodu olarak kullanılabilir. Altı Sigma metodoloji ile tüm ürünlerin veya hizmetlerin sigma skalası boyutunda kalite düzeyleri ölçülebilmektedir [8].

I.3. ALTI SİGMANIN FAYDASI

İster büyük, ister küçük ve orta boy işletmelerde olsun kuruluşları Altı Sigma yatırımına iten nedenler pek çoktur.

Altı sigma, kuruluşlarda üretim veya müşteri memnuniyetinde kullanılan yaygın bir metriktir. Sınıfında en iyilerle veya rakiplerle kıyaslama için temel teşkil eder veya iyileşmeleri sene sene izleme olanağı sağlar. Yüksek sigma seviyesi, düşük hata veya az memnun olmayan müşteri göstergesi olduğu için, operasyonun ne kadar iyi işletildiğinin ölçüsüdür [9].

Kuruluşlar Altı Sigma çerçevesinde: teknoloji kullanımı, yaratıcı teknikler ve yenilikçi programlarını uygulayarak kendileri ve müşterileri için daha çok verim, daha az maliyet ve daha iyi çevre olanağı sağlamış olurlar.

Etkin ve iyi yetiştirilmiş liderler aracılığı ile organizasyonu yüksek karlılığa sahip hızlı, esnek ve değişen koşullara uyum sağlayan bir yapıya dönüştürür.

Kuruluşlar paydaşlarını mutlu edecek son seviyede gelişmeler kaydederler. Müşteriler ürün ve hizmet memnuniyetinden doyuma ulaşırlar.

Altı Sigma kuruluşları kalıcı başarıya götürür ve iyileşme oranını artırır [6]. Maliyet, zaman ve diğer iş konularına ilişkin iyileştirme araçlarının kullanımını ve gelişmesini sağlar.

Altı Sigma, kalite araçları serisinin çoğunu iskartaya çıkarmaktadır. Temelden gelişmişe kadar değişiklik gösteren bir araç setini kapsamında tutmaktadır. Altı Sigma, ufak istatistiksel araçları yararsız sayarak kapsam dışı bırakır ve kalite uzmanlığının ISO 9000 ve Malcolm Baldrige gibi dengelerini tamamen göz ardı eder. Eğitim, işle ilgili somut sonuçlara ulaşmak için araçların kullanılmasına odaklanır, teoriye değil [10].

Altı Sigma da kullanılan araçların kalite ve verimlilik üzerinde olağanüstü etkisi olmuştur. Bunlardan bazıları:

- Müşteri kazanımı
- Büyüyen Pazar
- Hataların azalması
- Maliyet azalması
- Çevrim zamanının azalması
- Hızlı ürün/servis geliştirilmesi
- Yüksek seviyede sermayenin geri dönüşü

Altı Sigma, organizasyonun hedeflerini bir bütün olarak iyileştirme çabasında bütünleştirir. Tabii ki, kalite iyidir. Ancak, diğer iş hedeflerinden bağımsız değildir. Altı Sigma, tüm bir organizasyonun çıkarlarının göz önünde bulundurulmasını sağlayan en üst düzey bir yönetim oluşturur.

Altı Sigma, dünya çapında yaygın bir performans arayışındadır. Altı Sigma standardı, milyonda bir olanak için 3.4 ppm'dir. Hatalara bakmaktan ötedir. En iyi Altı Sigma uygulayıcısı, müşterilerinin beklentilerini karşılamaya ya da milyonda 999,996.4 defa kusursuzluk sunmaya çalışmaktadır.

Altı Sigma, kalite departmanında istihdam edilmeyen farklı uzmanlara ilişkin bir altyapı olanağı sunar. Bu kişiler, kendi alanlarındaki ya da diğer alanlardaki projelerde full-time ve part-time olarak çalışmaktadır.

Altı Sigma'da üst yönetimin bilinçlendirilmesi ile başlayıp uzman karakuşak, karakuşak yetiştirmeye ve onlarında yeşil kuşakları yetiştirmesine uzanan sürekli eğitim söz konusudur. Kara kuşaklar istatistiksel uygulamalar konusunda derinlemesine deneyim kazanırlar ve kuruluşa kendi işlerinin nasıl işlediği konusunu öğretirler. Kalite profesyonelleri geçen birkaç senede nelerin yapıldığını gösteren, yem bir patron kazanırlar. Altı Sigma kara kuşakları, Altı Sigmada kariyer yapmaz. Aslında, onlar iki yıl boyunca Altı Sigmaya odaklanmakta ve daha sonra kariyerlerine başka bir yerde devam etmektedir. Yeşil Kuşaklar diğer işlerini yürütürken, Altı Sigma projeleri üzerinde çalışmaktadır. Söz konusu bu uzmanlara, işlemleri iyileştirmeleri için gereken becerileri kazanmalarına yönelik eğitim verilmektedir. Altı Sigma "ku-

şak", yaklaşımı müşterilerin, hissedarların ve çalışanların çıkarları doğrultusunda kullandıklarını kanıtlayamadıkları sürece onaylanmazlar[10].

Sonuç itibari ile sürekli kontrol edilen, ölçülen bir yöntemdir Altı Sigma [10].

BÖLÜM II. ALTI SİGMA

II.1. ALTI SİGMA

II.1.1. Tarihçe

Altı Sigma, sanıldığıının aksine çok yakın tarihli bir kalite sistemi değildir. 1980'li yılların başında Motorola firmasından Robert Galvin, bu sistemin oluşmasına öncülük etmiştir. Bu sistemi organizasyonuna yerleştirerek çağrı cihazlarının ve telefonların kalitesini artırmayı hedeflemiştir. Altı Sigma'da kullanılan teknikler, Motorola içinde yapılan eğitimler sayesinde çalışanlara aktarılmıştır. 1981 yılında Motorola'nın firma içinde belirlediği 10 hedefin ilk sırasında, Altı Sigma yöntemi ile üretimdeki kaliteyi 1986 yılından önce 10 misli arttırmak yer almıştır.

Birkaç sene sonra da, hata oranları, yüzde bazında değil milyonda bazında ifade edilmeye başlandı. 1988 senesinde geliştirdiği bu kalite sistemi sayesinde Motorola firması, Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü'nü almaya hak kazandı. Motorola'nın bu başarısı birçok uluslararası firma tarafından gıpta ile karşılandı ve kullandıkları yöntem olan Altı Sigma, Motorola düzeyine ulaşmak isteyenlerin ilgisini çekmeye başladı.

IBM de, bu sistemi ilk deneyen firmalar arasında yerini almıştır. Bu sistem sayesinde bu kez IBM firmasına bağlı Application Business System bölümü, 1990 senesindeki Malcolm Baldrige Ödülü'nü aldı. Bu ödül, ABD şirketlerine müşterilerini memnun etme ve kurum bazında performans ve yeterliliklerini tüm kademelerde geliştirme konularında yardımcı olmaktadır.[11] Altı Sigma, bu olaydan sonra kısa bir süre içinde kritik başarı faktörü olarak kabul edilmeye başladı.

Bir sonraki önemli olay ise 1991 senesinde, Jack Welch'in General Electric (GE) firmasının başına geçmesinden sonra gerçekleşmiştir. Jack Welch'in kişisel hedeflerinin ilk sırasında, firma içinde yeniden yapılandırma yer almaktadır. General Elektrik firması, 12 ana iş kolundan oluşmaktaydı. 1995 senesinde GE kendi kalite programına 3 sigma seviyesinden başladı. Henüz 2 sene geçmemişti ki firmanın 3 sigma olan seviyesi 3.5 sigma seviyesine çıkmıştı ve ilerleme devam ediyordu. GE, 2000 senesinde hedeflediği '6 Sigma' seviyesine ulaşmıştır.

Burada vurgulanması gereken, hangi alanda ve sektörde olursa olsun bu tip başarıları ulaşmak için gerekli yatırımların yapılmasının şart olduğudur. GE firması kendi hedefini gerçekleştirmek için sadece 2000 senesinde 450.000 USD'lik harcama yaptı. Bununla beraber, Altı Sigma başarısını maliyetlere yansıtmayı ve 1.2 milyar \$'lık tasarruf sağlamayı başardı. Jack Welch, görevde bulunduğu süre içinde, şirketin değerini 25 milyar USD'den 90 milyar USD'ye çıkartmayı başarmış; müşteri odaklı, karlılık düzeyi yüksek, kaliteli bir şirket yaratmıştır. GE firmasının 2001 yılı piyasa değeri 500 milyar USD ve 2000 senesi net işletme kar oranı ise (tüm masraflar düşüldükten sonra) %19 olarak açıklanmıştır.

Yalnızca bazı Altı Sigma tekniklerini kullandığı için bir "Altı Sigma organizasyonu" haline gelmez ve bu isim ile adlandırmamalıdır. Altı Sigma'yı tam anlamıyla uygulayabilmek için şirket kültürünün değişmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda kapalı çevrimin uygulanıyor olması çok önemlidir. Bu çalışmalarda gelişmeler takip edilmeli ve aksaklıklar giderilmelidir. Ancak Altı Sigma'nın tüm gereklerini yerine getiren firmalar, kendilerini Altı Sigma organizasyonu olarak tanımlayabilirler [6].

II.1.2. Altı Sigma Yöntemi

Altı Sigma yöntemi, müşteri memnuniyetini arttırmak, hataların önüne geçmek ve azaltmak için bir işletme felsefesi oluşturmaktadır.[12] Bu yöntemin amacı, en yüksek düzeyde müşteri memnuniyetini sağlamak, bir işin doğru zamanda ve bir seferde; yapılması sayesinde işletme giderlerini azaltmaktır. Ayrıca yöntem, istatistiksel bir yol izleyerek, yapılan işlerdeki gelişmeleri karşılaştırmayı kolaylaştırmaktadır [6]. Sonuç olarak, bu sistemi benimsemiş firmalar sürekli olarak hataları azaltmaya ve ürünlerini veya hizmetlerini geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu açıdan Altı Sigma yöntemi bir iş geliştirme aracı ve yeni bir firma kültürü olarak düşünülebilir.

Günümüzde bir çok firma ve kuruluş ortalama 3 sigma seviyesinde çalışmaktadır. Bu değer Altı Sigma'ya çevrildiğinde kabaca milyonda 67.000 hataya denk gelmektedir. Ortalama 4 sigma seviyesinde olan üreticiler için durum, ortalama 2 sigma seviyesinde olan hizmet sektöründen daha iyidir.

Bu duruma sayısal bir örnek vermek gerekirse, 3 sigma seviyesinde çalışan bir havayolu şirketi tek bir istikamette günde 50 valizi geç teslim edecektir. Havaalanı içinde teslim edilemeyen bagajların müşterilerin evine kadar götürülmesi gerekecektir.

tir. Bu teslimatları yapabilmek ve sınırlı müşterilere durumu açıklayabilmek için ek olarak en az 8 çalışan istihdam etmek gereklidir. Yapılan tüm bu harcamalar toplandığında senede 1.5 milyon USD daha fazla harcama yapıldığı ortaya çıkmaktadır. Söz edilen İşletme içinde Altı Sigma yöntemi, stratejik planlamadan, operasyonlar ve müşteri hizmetlerine kadar birçok farklı faaliyet alanında uygulanabilir. Ayrıca tüm işletme için uygulanabileceği gibi sadece bölümler dahilinde de çalışmalar yapmak mümkün olmaktadır.

Altı Sigma, bir yöntem veya stratejiye bağlı kalmadan ve daha esnek bir yapı içinde pazarda lider firma olmak ve verimliliği arttırmak için yapılan çalışmaların bütünü olarak da görülebilir. Geçmişte ve günümüzde uygulanan yönetim fikirlerini bir araya getirerek firma yöneticilerine ve çalışanlarına farklı bir bakış açısı sunmaktadır.

II.2. ALTI SİGMANIN GELİŞİMİ

Bir kalite geliştirme yöntemi olan Altı Sigma, 1980'li yılların başında Motorola firmasının bu sistemi organizasyonuna yerleştirmesiyle ortaya çıkmıştır. Motorola Cihazlarının ve telefonlarının kalitesini arttırmayı hedeflemiştir. Altı Sigma'da kullanılan teknikler, Motorola içinde yapılan eğitimler sayesinde çalışanlara aktarılmıştır. 1981 yılında Motorola'nın firma içinde belirlediği 10 hedefin ilk sırasında, Altı Sigma yöntemi ile üretimdeki kaliteyi 1986 yılından önce 10 misli arttırmak yer almıştır. Birkaç sene sonra da, hata oranları, yüzde bazında değil milyonda bazında ifade edilmeye başlandı. 1988 senesinde geliştirdiği bu kalite sistemi sayesinde Motorola firması, Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü'nü aldı. Motorola'nın kullandığı yöntem olan Altı Sigma, Motorola'nın düzeyine ulaşmak isteyen bir çok uluslararası firmanın ilgisini çekmeye başladı.

IBM de, bu sistemi ilk deneyen firmalar arasında yerini almıştır. Bu sistem sayesinde bu kez IBM firmasına bağlı Application Business System bölümü, 1990 senesindeki Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü'nü aldı. Bu ödül, ABD şirketlerine müşterilerini memnun etme ve kurum bazında performans ve yeterliliklerini tüm kademelerde geliştirme konularında yardımcı olmaktadır [14]. Altı Sigma, bu olaydan sonra kısa bir süre içinde kritik basan faktörü olarak kabul edilmeye başladı.

Bir sonraki önemli olay ise 1991 senesinde, Jack Welch'in General Electric (GE) firmasının başına geçmesinden sonra gerçekleşmiştir. Jack Welch'in hedefleri-

nin ilk sırasında, firma içinde yeniden yapılandırma yer almaktadır. 1995 senesinde GE kendi kalite programına 3 sigma seviyesinden başladı. Henüz 2 sene geçmemiştir ki firmanın 3 sigma olan seviyesi 3,5 sigma seviyesine çıkmıştır. Ve ilerleme devam ediyordu. GE, 2000 senesinde hedeflediği '6 Sigma' seviyesine ulaşmıştır. Burada vurgulanması gereken, hangi alanda ve sektörde olursa olsun bu tip basanlara ulaşmak için gerekli yatırımların yapılmasının şart olduğudur. GE firması kendi hedeflerini gerçekleştirmek için sadece 2000 senesinde 450,000 \$'lık harcama yaptı. Bununla beraber, Altı Sigma başarısını maliyetlere yansıtmayı ve 1,2 milyar \$'lık tasarruf sağlamayı başardı [15].

II.2.1. Altı Sigma

Sigma, süreç yeteneğini gösteren istatistiksel bir ölçü birimidir. Dağılımın merkezinden iki yana oluşan sapmalar sığmalardır. Sigma ölçü birimi; birimdeki kusur sayısı, bir milyondaki kusurlu sayısı ve başarısızlık/hata olasılığı gibi karakteristiklerle doğrudan ilişkilidir [16].

Genel olarak Altı Sigma bir kalite geliştirme yöntemidir. Her iki sistem de (Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma) müşteri memnuniyetine odaklı olup, sürekli geliştirmeyi ve uzun süreli başarıyı hedeflemektedir. Kullanılan teknikler ve felsefe olarak Toplam Kalite ve Altı Sigma yöntemleri benzerlik göstermelerine rağmen geniş bir perspektiften bakıldığında bazı farklar ortaya çıkmaktadır [6].

Altı Sigma, somut ve ölçülebilir hedefler ortaya koyarak, çok daha teşvik edici bir rol oynamaktadır [6].

Altı sigma, 1970'lerde çalışmaları başlamış ve 1980'lerde Motorola firması tarafından yayınlanmış Sıçramalı İyileştirme Stratejisidir. (Break-Through Strategy) [17].

Altı sigma, temel süreç bilgilerinin işlenmesiyle hataları yok etmeyi amaçlayan bir iş yapma filozofisidir. Girdiler ve çıktılar arasındaki bağlantılar yardımıyla, süreçleri inceleyerek, gerekli iyileştirme noktalarını tespit etmemize yarayan, özellikle Amerika'da çok yaygın olarak kullanılan, faydalı görüldükçe dünyanın diğer yerlerine de hızla yayılan bir metodolojidir.

Dünyada birçok şirket, Altı Sigma yöntemlerini kullanarak çok kısa sürelerde inanılmaz sonuçlar elde etmişlerdir. Etkin şekilde Altı Sigma Stratejisini kullanarak büyük kazançlar sağlayan bazı firmaların sonuçları aşağıda gösterilmiştir [18].

Tablo II.1 Firmaların Yıllık Karları [18].

FİRMALAR	KAZANÇ	SÜRE
General Electric (GE)	1,5 Milyar \$	3 yıl
Motorola	2,2 Milyar \$	2,6 yıl
Alled Signal	1,2 Milyar \$	2 yıl
ABB	900 Milyon \$	1 yıl
Texas Instruments	600 Milyon \$	1,8 yıl
Nokia	300 Milyon S	2 yıl
Siebe PLC	100 Milyon \$	9 ay

Bir firmanın performansı süreçlerindeki Sigma düzeyi ile ölçülür. Geleneksel firmalar 3 ila 4 sigma düzeyini yeterli olarak almaktadırlar. Fakat aşağıdaki tablolar incelendiğinde gerçek hayatta bu düzeylerin nelere mal olacağı görülmektedir [18].

Tablo II.2 Firmaların Performansının Altı Sigma Düzeyi İle Ölçülmesi ve Karşılaştırılması[18].

ÖRNEK	(3,8 Sigma)	(6 Sigma)
10,000 çalışanda kayıp işçilik saati	100 adam-gün	49 dakika
Bir günde kirli su içme zamanı	14,4 dakika	0,3 saniye
Aylık Elektrik kesintisi	7,2 saat	8,8 saniye
6 saatlik uçuşta ciddi hava boşluğu tehlikesi	3,6 dakika	0,1 saniye
1,000,000 \$ yatırımdaki kayıp	10,000 \$	3,4 \$

Altı Sigma verilerin ve gerçeklerin ışığında çalışan bir sistemdir. Hedeflere ulaşabilmek için öncelikle mevcut durumu en iyi şekilde analiz etmek gerekir. Bunun için de verilere ve gerçeklere ihtiyaç vardır [14].

Her proje için bir hedef belirlenmesi Altı Sigma yönteminin temel taşıdır. Altı Sigma yöntemi yapısı, sayesinde değişen hedeflere anında cevap verebilmektedir. Altı sigma'nın amaçları şunlardır [6].

II.2.2. Altı Sigmanın Amaçları

- Müşteri tatmininin artırılması,
- Hata oranının azaltılıp, çıktının iyileştirilmesi,
- Süreç yeteneğinin geliştirerek iş veriminin yükseltilmesi,
- Tutarlı ölçüm yönteminin geliştirilmesi,
- Rekabet gücünün artırılması,
- Garanti giderlerin azaltılması [16].

Süreçlerin sigma düzeylerinin artırılması, Altı Sigma stratejisinde kullanılan güçlü istatistiksel yöntemlerin doğru kullanılmasıyla çok daha kolaylaşmaktadır. Altı Sigma stratejisinde, hedeflerin gerçekleştirilmesi için problemlere, her biri güçlü istatistiksel yöntemlerle desteklenen dört ana bölüm ve sırayla yaklaşılmalıdır [18].

Tablo II.3 Altı Sigma Uygulanırken İzlenen Adımlar [18].

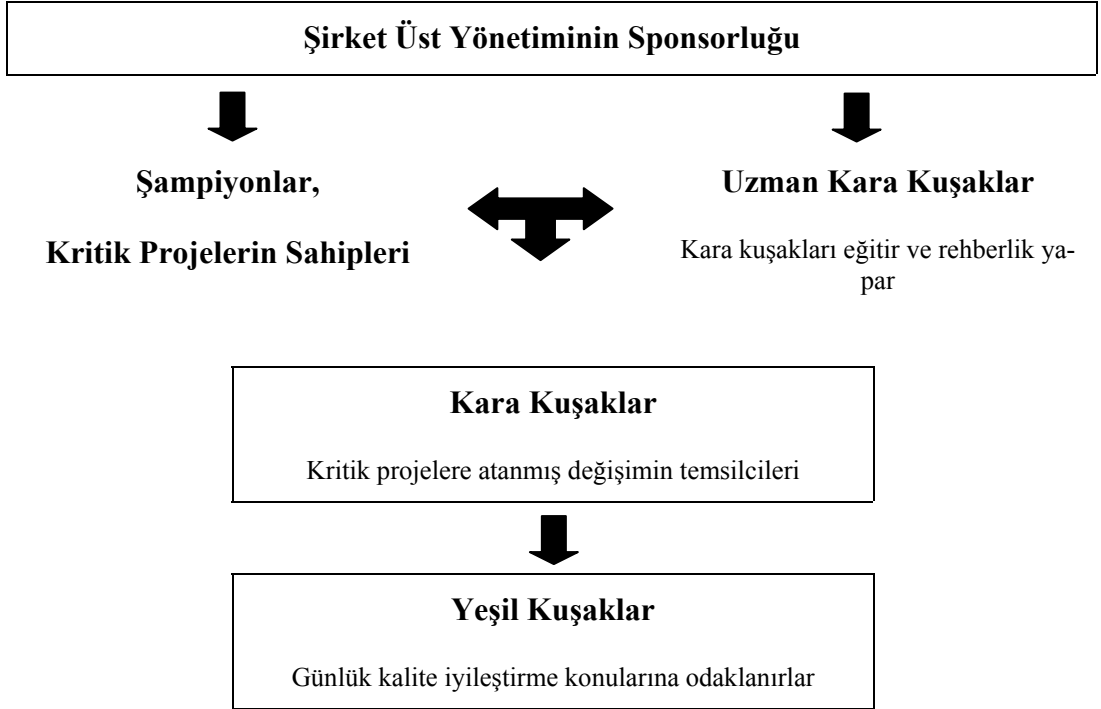
Ölçme:	Süreç doğru ölçülüyor mu, ölçülüyorsa yeterliliği nedir?
Analiz:	Hatalar nerede ve ne zaman oluşuyor?
İyileştirme:	Süreç yeterliliği nasıl Altı Sigma seviyesine ulaşır? Önemli girdiler nelerdir?
Kontrol:	İyileştirmeyi korumak için ne tür kontroller uygulanmalıdır?

Altı Sigma Eğitimlerinde, problemlerin çözümünde ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol araçlarını etkin olarak kullanabilecek Uzman Kara Kuşak, Kara Kuşak ve Yeşil Kuşak diye adlandırılan kişiler yetiştirilmektedir. Bu kişilerin görevleri aşağıdaki tabloda açıklanmıştır [18].

Tablo II.4 Altı Sigma Eğitimlerinde Yetiştirilen Kişilerin Unvanları ve Nitelikleri
[18].

Uzman Kara Kuşak	Kara Kuşaklar arasından seçilen, şirketlerde Altı Sigma konusunda teknik danışman gibi çalışan uzmanlardır. Altı Sigma programının devamlılığını sağlamak için Kara Kuşak gruplarını belirleyip eğitimlerini düzenler. Bunların dışında Kara Kuşak projelerini kolaylaştırır ve üst yönetimi destekler.
Kara Kuşak	Altı Sigma araçlarını çok iyi bilen ve projelerinde uygulanan; şirketlerdeki Altı Sigma programını itici gücüdürler. Projeler için takım oluşturulup, projeleri yönetirler ve şirketlere kazanç sağlarlar.
Yeşil Kuşak	Altı Sigma araçlarının daha çok ölçüm araçlarını iyi bilen, diğer araçlar konusunda temel bilgilere sahip Kara Kuşak projelerinde takım elemanı olarak çalışan kişilerdir.

Bu kişilerin görev dağılımları ise aşağıdaki gibi işlemektedir.



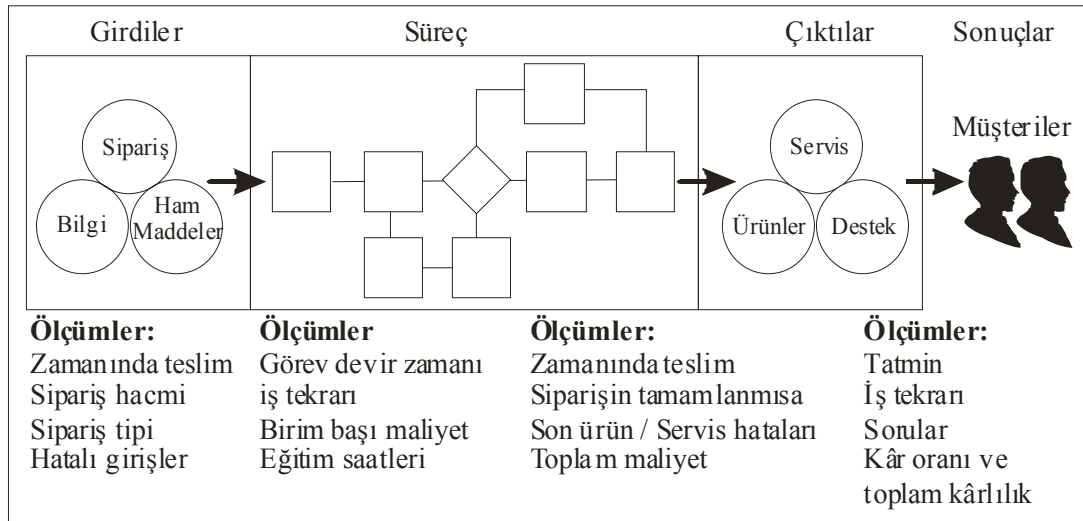
Şekil II.1 Altı Sigma uygulamasında yer alan kişilerin görev dağılımları[16]

Altı Sigma takımları, bir işin sürecini ele alır ve bu süreci kullanarak hem öncelikleri belirler hem de iyi kararlar alabilmek için gerekli olan ölçümlerin neler olduğuna karar verirler. Şekil 2'de görüldüğü gibi, bir süreç üç ana ölçüm kategorisinden oluşur [6].

❑ Çıktı veya Sonuç, sürecinin en son aşamasıdır. Çıktı ölçümleri, uzun dönemin neticelerine (kar, tatmin) ve anında oluşan sonuçlara (teslimler, hatalar, şikayetler) odaklanır.

❑ Süreç, takip edilebilen ve ölçülebilen unsurlardır. Bunlar genellikle takıma problemlerin nedenlerini başlatmasında yardımcı olur.

❑ Girdi, sürecin içine, çıktıları değiştirmek için giren şeylerdir. Kötü girdiler kötü sonuçlara yol açabilir dolayısıyla girdi ölçümleri problemlerin olası sonuçlarını belirlemeye yardımcı olur [6].



Şekil II. 2 Ölçüm tipleri ve örnekleri. Girdi, Süreç ve Çıktı ölçümleri uzun dönemli etkilere ve neticelere bakar. [16]

Altı Sigmanın amacı, mevcut problemleri çözmek, deneyimlere dayanan karar vermeden verilere dayanan karar verme sürecine yönelmek ve adım adım iyileştirmeden sıçramak iyileştirmeye yönelerek altı sigma kalitesinde yeni ürün ve süreçler tasarlamaktır. [19]

Altı Sigmanın amacı, sıfır hataya ulaşmada yeni bir adım oluşturmak, ürün ve servislerde %99,5 - %99,9 mükemmelliğe ulaşmaktır. Sadece %99'luk bir kalite, yıllık ya da milyon ürün bazında kalitesiz ürün ve servislerin mevcudiyeti demektir. Bu durum, bir müşteri bazında düşünüldüğünde %100'lük bir hata anlamına gelir.

Altı Sigma firmaların anahtar problemleri tanımlamalarına ve onları çözmele-
rine neden olur. Şimdiye kadar mücadele edilmiş birçok proje ise henüz Altı Sigma
takımları tarafından tam olarak tanımlanmamıştır.

Sigma ölçeği, süreç yeterliliğini yansıtan istatistiksel bir birimdir.[19] 6
Sigma'yı anlayabilmenin en iyi yollarından biri tanımlanmış problemlerin incelenme-
sidir. Bunun için birkaç durum aşağıda örnek olarak verilmiştir.

Durum 1: Büyük bir servis organizasyonu, müşterilerden gelen geri dönüm-
lerden, verilen sözlerin yapılması yeteneğinin geliştirilmesi gerektiğini çıkarmıştır.
Aletlerin tamirata sıkça gecikmektedir ve müşteriler aletlerin teslimatının gecikeceği-
nin bildirilmesi için arandığında hayal kırıldığına uğramaktadır. Süreçler incelen-
dikten sonra en önemli zaman kaybının ürünün tamire gitmesi ve müşteriye ulaştır-
ılmasında kaybedildiği ortaya çıktı.

Durum 2: Bir uydu iletişim hattı sağlayıcısı, kendisini müşteri şikayetleri,
dlayısıyla yeni bir iş sahası şansıya karşı karşıya bulmuştur. Şöyle ki, müşterileri
uzun dönemli kontratları ile hat tesis etmektedir. Diğer potansiyel müşteriler ise kısa
dönem bağlantılar istemektedir. Problem ise kısa dönem bağlantıların onayının da
uzun dönem bağlantıları kadar uzun sürmesidir, firma kısa dönem bağlantı isteyen
müşterilerini kaybetmektedir. Firma kontrat Sürecini daha hızlı hale getirdi. Sonuç
olarak firma sadece müşterilerini mutlu etmedi, yılda bir milyon dolar da kazandı.

Durum 3: Çok başarılı ağrı kesici üreten bir ilaç firması iki yüz milyon dolalık
bir proje ile kapasitesini iki katına çıkarmak üzereydi. Şirketin Altı Sigma takımı kısa
dönem üretimini incelemeye aldı ve verilerden gördü ki paketlenen ilaçların sadece
yüzde kırkı kullanılabilir. Araştırma genişletildi ve altı milyon dolardan az parayla
ürün verimi yüzde seksen beşlere çıkarıldı ve kapasite arttırmaya gerek kalmadı.

Durum 4: Büyük bir bilgisayar şirketi, telefon ile sipariş almaktaydı. Fakat
ödemelerin yüzde on ikisinden fazlası doksan günü geçiyordu. Yapılan araştırmalar
ile faturaların yanlış kişilere, yanlış yerlere kesildiğini gösteriyordu. Bunun nedeni-
nin; çağrı sayısına göre ödüllendirilen telefon temsilcilerinin çabuk bir biçime kar-

maşık siparişler alması olduğu görüldü. Yeni kurallarla çalışan yeni bir takım denendi ve sipariş hataları yüzde seksen azaldı.

Durum 5: Daha önce bahsettiğimiz servis uygulaması yapan şirket uzun dönemli bir sorun yaşamaktaydı. Müşterinin evde tamir için yediği siparişlerde, sesin devamı için farklı bir teknisyen gönderildiğinde bu hem müşteriye hem de firmaya sorun yaratmaktaydı. Şöyle ki;

- Yeni teknisyen problem hakkında bilgi sahibi değildir.
- Müşteri farklı bir teknisyen geldiği için şaşkındır.
- Tekrar belirleyici bir çalışma yapmak gerekir ve bu hem müşterinin zammına hem de firmanın parasına mal olur.
- Teknisyen başlamış olan işi tamamlayamamaktan rahatsız olur.

Çözüm ise basittir. Yeni bir programlama ile aynı servis teknisyeni kendi orijinal müşterisine gönderilir.

Altı Sigma projelerinin bu örnekleri dünya üzerinde gelişmekte ve değişmekte olan proseslerin sadece küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bazı insanlar "Bu sorunlar şimdiye kadar herhangi bir şekilde çözülemedi mi?" diye sorduğunda verilen cevap "evet bazıları çözebildi" 'dir [6].

II.2.3. Altı Sigma Uygulamaları

Bir Altı Sigma Organizasyonu; günlük yönetim faaliyetlerinde Altı Sigma araçlarını kullanan, süreç performansında ve müşteri memnuniyetinde gelişme gösteren firma olarak tanımlanmaktadır [14].

II.2.3.1. Aselsan Uygulamaları

İstatistiksel Proses Kontrol Uygulamaları

Ölçüm yapılmadan iyileştirme yapılamaz; bu nedenle ölçüm ve istatistik, toplam kalitenin ve altı sigmanın vazgeçilmez parçalarıdır.

İstatistiksel Proses Kontrol uygulamalarında olduğu gibi Altı Sigma'da da müşteri ön plandadır. Aselsan'da amaç gerek iç gerekse dış müşteri taleplerinin en ekonomik şekilde karşılamak olduğundan Altı Sigma'da tek bir kriter "Müşteri Spesifikasyonları" kullanılır. İstatistiksel Proses Kontrol terimindeki "Kontrol" keli-

mesi, tüm süreç çıktılarının müşterinin belirlediği spesifikasyon limitleri içinde olmasını güvence altına almaktadır. Müşterinin belirlediği spesifikasyonlar dışında kalan tüm veriler "Hata" olarak kabul edilir" [20].

İstatistiksel bilgiler hata kaynaklarının bulmak ve hatayı meydana gelmeden önlemek amacıyla kullanıldıklarından bu bilgileri toplamak kadar yorumlamak da oldukça önemlidir. Dolayısıyla firmaların aylık veya yıllık kalite yenilerini görmek için kalite kontrol fonksiyonunun ötesinde DPU (ürün başına hata sayısı) ve DPMO (bir milyon hata ihtimalindeki hata sayısı) bilgilerini izlemeleri ve yorumlamaları gereklidir.

ASELSAN tüm süreç çıktılarının sıfır hatayla gerçekleşmesi hedefiyle DPU ve DPMO verilerini izleyen ve kontrol altında tutan bir sistem oluşturmuştur. Tüm hata tipleri ye kaynakları kodlanmış ve kalite verilerinin ortak bir veritabanında oluşması sağlanmıştır. Bu sistemde tüm hata ihtimalleri belirlenmekte ve her yeni ürün ve süreç için bu çalışma tekrar yapılmaktadır. Spesifikasyon ümitleri' dışına çıkan kalite verileri anında belirlenmekte ve ilgili birimlere ağ üzerinden uyan mesajı gönderilmektedir. Doküman alışverişine gerek kalmadan, bilginin hızlı ve güvenli erişimi sağlanmaktadır. Böylelikle, oluşan kalite bilgisi üretici bölümlerce anında değerlendirilmekte, hataların kaynağına inilerek düzeltici/önleyici tedbirler alınmaktadır.

DPU ve DPMO göstergelerinin kullanılmasına ilişkin bir örnek aşağıda verilmektedir:

Örnek: Bir el telsizi ve batarya bloğunun son testlerinde 3'er hata bulunmuştur. Yani her iki ürünün de DPU bilgisi 3'tür. Ancak el telsizinde hata ihtimali 10,000 iken, batarya bloğunda 100 olduğunu varsayalım. DPU, DPMO ve sigma bilgileri aşağıda verilmektedir:

Tablo II.5 El Terazisi ve batarya bloğunun Alt Sigma Uygulaması[20].

Ürün	DPU	Hata İhtimali	DPMO	Sigma
El Telsizi	3	10.000	300	4,93
Batarya Bloğu	3	100	30.000	3,38

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere bir el telsizinde tespit edilen 3 hata ile batarya bloğunda tespit edilen üç hata farklı şeyleri ifade etmektedir. El telsizi kompleks bir cihaz iken batarya bloğu el telsizinin bir aksesuarıdır; ürünün kompleksliği ise hata yapma ihtimalini artırmaktadır. Ürün başına hata sayısı değerlendirilirken hata oluşma ihtimalinin dikkate alınmaması çok yanıltıcı sonuçlar doğurmaktadır. Bu sebeple ASELSAN'da sürdürülen uygulamada her ürün ve/veya süreç için hata yapma ihtimalleri titizlikle belirlenmekte ve tüm değerlendirmeler DPMO verilerini içeren detaylı analizlere dayandırılmaktadır [20].

Üç sigma, çıktıların müşteri spesifikasyon limitleri arasındaki normal dağılımını ifade eder. Üç sigma değerinde çıktıların % 99,73'ü müşteri spesifikasyonları içinde, % 0,27'si ise müşteri spesifikasyon limitleri dışındadır. Altı sigma değerinde ise çıktıların yalnızca % 0,00034'ü yani milyonda 3,4'ü limitler dışındadır. Sigma seviyesinin 5,6 ya çıkması için dünyanın önde gelen şirketleri önemli çaba sarf etmektedir. Dünya klasmanındaki mevcut ortalama 4 civarındadır; ASELSAN'da ise 1997 kümülatif sigma değeri 4,36'dır. Ancak bu rakam ülke koşullarına bağlı olarak (yan sanayiinin yeterliliği, teknolojik birikim, altyapı yatırımları, eğitim düzeyi vb.) ülkeden ülkeye değişmektedir. Bilindiği gibi Türkiye bu yönden şanslı değildir.

II.2.3.2. Arçelik Uygulamaları

Arçelik, 1998 yılından bu yana Altı Sigma felsefe ve sistemlerini kullanmaya başlamıştır. Arçelik'te Altı Sigma felsefesinin ana unsurlarını; liderlik, yaratıcılık, şirket içi iletişim, yapılan her işte hız ve mükemmellik, müşteri merkezli düşünce oluşturmaktadır.

Arçelik'te, Altı Sigma projeleri;

- içsel süreçlerin kalite, verimlilik ve hız açısından iyileşmelerini sağlar,
- Müşterilere daha düşük maliyetli ve daha fazla katma değer içeren ürün ve hizmetlerin sunulması yönünde odaklanır
- Altı Sigma Çalışmalarına Yürütülmesi ve Getirileri

Tablo II. 6 Arçelik'te Altı Sigma Çalışmaları[16].

Bir yönetim felsefesidir.	Mühendislik tekniklerinin bütünleşik kullanılmasıdır.	Bir yönetimdir.
• Hatasız çalışma ve üretme anlayışıdır. • Müşteri memnuniyetine odaklanmaktır. • İş ilk seferde doğru yapmaktır. • Sürekli gelişme anlayışıdır. • Rekabet stratejisidir. • Sınırsız düşüncedir. • Yaratıcılığı teşvik eden bir disiplindir.	• İleri İstatistik • İstatistiksel Proses Kontrol • Deney Tasarımı • Metroloji ve Kalibrasyon • Robust Tasarım ve Toleranslama • Benchmarking	• Problemin keşfedilmesi • Problemi anlama • Problemin kaynağına ulaşma • Problemin çözüm yöntemlerine ulaşma • Problemi çözme • Problemin gelecekte tekrar ortaya çıkmasını önleme

Arçelik'te 150'ye yakın çalışan şirket bünyesinde bulunan uzman kara kuşaklardan kara kuşak eğitimi alarak Altı Sigma projelerini yönetecek ve yönlendirecek düzeye ulaşmıştır. Proje konularının belirlenmesi ve kaynak sağlanması ise şampiyonların sorumluluğundadır. Günümüze kadar tamamlanan 100'ün üzerinde Altı Sigma projesinden 15 milyon dolar'dan fazla net kazanç sağlanmıştır[14].

II.2.3.3. General Elektrik Uygulamaları

Altı Sigma Kalitesi:

Altı Sigma girişimi 1996'da başlamış ve o zamanlar şirkete hiçbir mali getirişi olmamıştır. Ancak 1996'dan 1999 yılına kadar 2 milyardan fazla yarar sağlamıştır. Sonraki 10 yıl içinde de daha fazla yarar sağlanması beklenmektedir.

Altı Sigma'nın ilk uygulanma aşamalarında amaç 100 binden fazla kişiyi Altı Sigma bilim ve metodolojisi konusunda eğitmek ve binlerce : "proje"yi; verimliliği artırıp, sanayi tesislerinden finansal hizmetlere kadar tüm şirket içi faaliyetlerdeki farklılıkları azaltmaya odaklanmaktır. O günlerden beri GE, girişimi "Altı Sigma'lı" ürünler hazırlamaya yönlendirdi. Her GE ürün işletmesi ve finansal hizmet faaliyeti ürün tasarım ve gerçekleştirme sürecinde Altı Sigma'yı kullanıyor.

Altı Sigma ile hedeflenen, müşterinin istediği düşünölen kusursuz ürün ve hizmetleri söz verilen zamanda sağlamak değil, müşterinin gerçekten istediği zaman sağlamaktır.

Altı Sigma Sistemi:

İlgili sistem, önceki programların hatalarını yinelemeyecek şekilde şirket a-pında bir kalite kampanyasına nasıl ulaşılması gerektiğinin belirlenmesidir.

Rekabetin yoğunlaştığı ve çok iyi firmaların da ortaya çıktığı dönemde en önemli kriter kalite olmuştı. Altı Sigma Sistemi, Kaliteyi geliştirmek ve GE'yi dünyanın en rekabetçi şirketi haline getirecek strateji hamlesi olarak planlandı. Kalite kavramının GE'de yönetim için can alıcı bir odak haline getirilmesi amaçlanarak, Motorola'nın öncölük ettiği 6 sigma modeline geçilmeye karar verildi.

GE altı sigma programında, bir işletmenin ilerlemesini izlemeye yardımcı olacak 5 şirket ölçüsü tasarlamıştır.

Müşteri Tatmini:

Her işletme müşterilerine bir anket uygulanmakta ve müşteriden GE'yi derecelendirmesi, yaşamsal önem taşıyan kalite sorunlarında en iyi kategoriye belirtmesi istenmektedir. GE kusurları 1 milyon anket yanıtına göre ölçmektedir. Projedeki tüm ölçülerle sonuçlar, 3 aylık bazında raporlanmaktadır.

Düşük Kalitenin Maliyeti:

Değerleme; iç maliyetler, aşırı ıskarta ve yeniden işleme olarak ele alınmaktadır. GE 3 aylık bazındaki toplamı, gelirlerin bir yüzdesi olarak izlenmektedir.

Satıcının Kalitesi:

GE, alımların bir milyon birimi başına kalite için yaşamsal ölçü toleransının bir yada daha çok dışında kalan, geri gönderilen, yeniden işlenen yada programın dışına alınan kusurlu parçalan izlemektedir.

İç Başarı:

GE'nin kendi süreçleri tamundan yaratılan kusurluları ölçölmektedir. Ölçü, tüm kusurlular toplamının, KİY (Kalite İçin Yaşamsal)'in toleransı içindeki kusurlular toplamına bölümünü ifade etmektedir.

Üretilebilirlik için dizayn:

GE, KİY'e göre gözden geçirilen çizimlerin yüzdesini ve altı sigmaya göre dizayn edilmiş KİY'in yüzdesini ölçmektedir. Yeni ürünlerin çoğu şimdi saptanmış KİY ile dizayn edilmektedir [21].

II.2.4. Altı Sigma'nın Bilinmeyen Yönleri

GİZLİ GERÇEK 1

Altı Sigma başarı ve büyüme için gerekli olan en iyi iş uygulamaları ve yeteneklerini içerir. En başarılı sonuçların alındığı yerlerde, Altı Sigma analitik metotlara dayalı detaylı bir istatistikten fazlasıdır. Altı Sigma'yı stratejik planlamadan, üretime, müşteri hizmetlerine kadar çok farklı alanlara uygulayabilirsiniz.

GİZLİ GERÇEK 2

Altı Sigma'nın çok sayıda uygulama şekli bulunmaktadır. Belli bir reçeteyi takip etmek ya da başka bir şirketin modelini uygulamak başarısızlığı garantileyecek ya da yakınlaştıracaktır.

Altı Sigma'dan en fazla yarar tüm organizasyon ya da bölüm tarafından uygulandığında elde edilebilir. Bununla birlikte gayretlerinizi özel bir problemin takibinden, şirketinizin tamamını yeniden yapılandırılmasına kadar farklı ölçeklerde sürdürebilirsiniz.

GİZLİ GERÇEK 3

Altı Sigma'dan elde edilebilecek potansiyel kazançlar hizmet organizasyonlarında ve imalat dışı faaliyetlerde en az "teknik" ortamlar kadar fazladır.

Yönetim, finans, müşteri hizmetleri, pazarlama, tedarik ve bilgi teknolojileri gibi imalat dışı alanlardaki fırsatların varlığı iki sebebe dayanmaktadır. Birincisi bu faaliyetler günümüzde rekabetçi konumu elde bulundurmanın anahtarı haline gelmiştir. İkincisi imalat dışı faaliyetler % 70 oranında etkin olduğundan kazanılacak çok şey vardır.

Altı Sigma bu dokunulmamış altın madeninden maksimum fayda sağlayabilmeniz için ihtiyaç duyacağınız her şeyi size sağlayacaktır.

GİZLİ GERÇEK 4

Altı Sigma teknik bir mükemmellikten ziyade insan mükemmelliği ile ilgilidir.

Yaratıcılık, işbirliği, adanmışlık, iletişim; bunlar süper istatistikçilerin ürünlerinden çok daha kıymetlidir.

GİZLİ GERÇEK 5

İyileştirilmiş prosesler ve daha iyi bilgilendirilme sonucunda insanlarda oluşan tutum değişiklikleri en az diğer kazançlar kadar önemlidir.

II.2.5. Dünya’da Ve Türkiye’de Altı Sigma

Altı Şigma 1990ların ortasından itibaren bir yönetim metodolojisi olarak kullanılmasıyla daha doğrusu bu şekilde formüle edilmesiyle dikkat çekti. Öncelikle ABD’de Allied Signal, Motorola, GE’de kullanılan, Welch ile popülerlik kazanan, daha sonra bu şirketlerle işbirliği yapan bazı uzak doğu şirketlerinin bu metodolojiyle büyük gelişmeler sağlamış ve sağlamaya devam etmektedirler.

Altı Sigma, kritik kalite parametrelerini (CTQ: critical to quality) müşteri için en kritik olanlar diye tanımlar. "Hata" da Altı Sigma dilinde "müşteri isteklerinin karşılanamadığı durum" dur. Bu nedenle, müşterinin kim olduğu, neler bekleyebileceği ve neler istediği en baştan belirlenirse, iş hem daha kısa sürede hem de en tatmin edici şekilde sonuçlanacaktır. Bu da ürün/hizmet ve onu sağlayacak süreçlerin müşteri odaklı olarak tasarlanmasını gerektirir.

QFD (quality function deployment: kalite fonksiyon açılımı), bu nedenle altı sigma programlarıyla el ele gitmesi gereken bir metodolojidir [22].

"Kalitesizlik maliyeti" basitçe "doğru işleri doğru yapmamanın 1 toplam maliyeti" ya da çöpe giden para olarak düşünülebilir. Bu örnek 1' Türkiye'nin ulusal geliri üzerinden ya da fert başına düşen milli gelir 1 üzerinden düşünülürse... ülkemizin sistemlerinin genelde 3 Sigma 1 seviyesinin çok çok altlarında çalıştığı söylenebilir. Yani çok basitçe, Türkiye'nin ek hiç bir yatırım yapmadan, altı sigma gibi yaklaşımları | kullanarak süreçlerindeki verimsizlikleri ve hata kaynaklarını yok ederek, f gelişimini tahminen %75-100 artırması mümkündür.

II.2.6. Altı Sigma Yol Haritası

Günümüzde General Elektrik, Motorola, gibi birçok firma Altı Sigma yöntemi basan ile uygulamaktadır. Bu firmaların, uyguladıkları yöntem ile yakaladıkları basanlar ortadadır. Bu başarıyı gören ve Altı Sigma yöntemini firmalarında uygulamak isteyen firmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Ancak, sadece sayılı kişileri bu konuda eğiterek kısa süre içinde hataları azaltıp, karlılığı arttırmak mümkün olmamaktadır. Altı Sigma yöntemine bu tarzda, yaklaşan firmalar uygulamada başarısızlığa uğramışlardır. Bunun yerine, Altı Sigma yöntemini firma geneline yaymış ve bir şirket kültürü oluşturabilmiş firmalar istedikleri başarıyı yakalayabilmişlerdir.

Bir yol haritası yardımı ile Altı Sigma yöntemi için gerekli yapı hazırlanabilir. Hazırlanan yol haritası ile yapılacak tüm işler, harcamalar ve projenin tamamlanması için gerekli zaman önceden belirlenebilir [23].

Bu harita beş bölümden oluşmaktadır [6]:

- Ana süreci ve anahtar müşterileri belirleme
- Müşteri isteklerini tanımlama
- Mevcut performansın ölçülmesi
- Analiz ve iyileştirmenin uygulanması
- Genişletme ve Altı Sigma sistemine uyum sağlanması

Bir yol haritası oluşturulurken, işletmenin amaçları ve ihtiyaçları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yol haritası sayesinde, yapılacak işler düzenlenir ve projenin başarıya ulaşması için gerekli önlemler önceden alınır [15].

II.2.7. Altı Sigma Hesap Yöntemleri

Bu yöntemin amacı daha önce de belirttiğimiz gibi, en yüksek düzeyde müşteri memnuniyetini sağlamak, bir işin doğru zamanda ve bir seferde yapılması sayesinde işletme giderlerini azaltmaktır. Ayrıca yöntem, istatistiksel bir yol izleyerek, yapılan işlerde gelişme sağlanmasını kolaylaştırmaktadır [15].

Altı Sigma felsefesi, en üst düzeyde müşteri memnuniyeti ve mükemmellik üzerine kurulmuştur. Süreçlerin istatistiksel kontrolü, bu felsefeyi destekleyen araçlardan biridir. Bunun dışında bilinen tüm kalite araçları (Pareto tablosu, balıksırtı

diyagramı, kontrol tabloları, vs.), genel olarak Altı Sigma'yı desteklemektedir. Altı Sigma ölçü birimi olarak milyonda hata oranını kabul etmektedir. Hata oranlarının çok küçük olması istendiğinden, yüzde yerine milyonda birimi kullanılmaktadır [24].

II.2.7.1. Fırsatlar ve Hatalar Yöntemi

Fırsatlar ve hatalara göre yapılan hesap yöntemi, en fazla kullanılan hesaplama tekniğidir. Milyon fırsatta oluşan hatanın doğrudan Sigma'ya çevrilmesi ile sigma değerine ulaşılır.

$$\text{Milyon fırsattaki hata oranı} = (\text{Birimdeki arızalar/Birimdeki fırsatlar}) \times 1,000,000$$

Örnek: Bir süreç içinde 149 adet sağlam ve 1 adet arızalı ürün yapıldığını kabul edelim ve bu süreç için sigma değerini hesaplayalım.

$$\text{Milyon fırsattaki hata oranı} = (1/150) \times 1,000,000 = 6,666$$

Ek l'de verilen tablo üzerinde bakıldığında 6,666 sayısı 3,98 sigma değerine karşılık gelmektedir. Firma için bu sigma değerinin istenilen bir değer olması durumunda yapılan çalışmalar başarıya ulaşmış demektir. Fakat, bu hesaplanan değer konulan hedefin altında ise, yapılan düzeltme işlemlerinin tekrar gözden geçirilmesi ve geliştirme sürecine devam edilmesi gerekmektedir [24].

II.2.7.2. Milyonda Hatalı Parça Sayısı Yöntemi

Bazı işletmelerde elde edilen üretim adetleri çok yüksektir. Bu nedenle ölçümler milyon bazında yapılır. Milyon bazında yapılan ölçümlerdeki hata oranı, ek l'deki tablodan sigma değerinin hesaplanmasına yardımcı olur.

II.2.7.3. Ortalamadan, Standart Sapmadan ve Özellik Limitinden Sigma Seviyesinin Bulunması Yöntemi

Yapılan çalışmalarda toplanan örneklerin sayısının az veya yetersiz olması durumunda hataların sayılmasına gerek kalmadan sigma seviyesi ortalama değer, standart sapma ve özellik limitlerinden bulunmaktadır. Burada, gün ve saat gibi kısa dönem için ortalama değer ve standart sapma oranı hesaplanır. Aşağıdaki formülde gösterilen şekilde üst özellik limiti ile birlikte sigma seviyesi hesaplanır.

$$\text{Sigma Seviyesi} = [(\bar{U\ddot{O}L} - \mu_{kd}) / \sigma_{kd}]$$

μ_{kd} : kısa dönem içinde gerçekleşen ortalama,

σ_{kd} : kısa dönem içinde gerçekleşen standart sapma değeri.

Hesaplanan sigma değerinden ek l'deki tablo yardımı ile milyondaki hata değeri bulunabilir.

Uzun dönemli hesaplamalarda ise aşağıdaki formül genel olarak kullanılmaktadır.

$$\text{Sigma Seviyesi} = [(\bar{U\ddot{O}L} - \mu_{ud}) / \sigma_{ud}] + 1,5$$

Hem kısa dönem hem de uzun dönem için ortalama ve standart sapma değerleri yardımı ile sigma seviyesi hesaplanmaktadır[15].

II.2.7.4. İlk Kontrol Sonrası Sigma Değerlerinin Hesaplanması Yöntemi

Son alternatif olan ilk kontrol sonrası ortaya çıkan hatalardan toplam hata miktarını ve oradan da Sigma seviyesinin hesaplama yöntemi açıklanmaktadır.

$$\text{Milyon fırsattaki hata oranı} = [(1 - \text{FPY}) / \text{Operasyon Sayısı}] \times 1,000,000$$

Burada bahsedilen operasyon sayısı ürün, üretim hattından çıktıktan sonraki kontrol sayısını vermektedir[24].

II.2.8. T Dağılımı

Ortalaması ve standart sapması bilinen, normal dağılımdan seçilen her büyüklükteki örnek için, örneklem ortalamasının dağılımının normal olduğu bilinmektedir.

Merkezi limit teoremine göre ana kütle dağılımı ne olursa olsun 30 ve daha fazla gözlem için örneklem ortalamasının dağılımının normal dağılıma yakınsadığını da biliyoruz. Normal dağılımdan yapılan örneklemede σ 'nın bilinmemesi durumu sıkıntı yaratmaktadır, a bilinmemesi durumunda, σ yerine S istatistiği kullanılabilir-mektedir.

Ancak örneklem hacmi 30 dan küçük olursa ve σ bilinmiyorsa

$$\frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

rastsal değişkeninin, dağılımını aşağıdaki teoremden gösterilmiştir.

Teorem: Eğer Y ve Z birbirinden bağımsız iki rassal değişken, Y'nin dağılımı ν serbestlik dereceli X^2 , Z'nin dağılımı standart normal dağılım ise,

$$T = \frac{Z}{\sqrt{Y / \nu}}$$

rastsal değişkeninin dağılımı ν serbestlik dereceli t dağılımıdır. Dağılımın yoğunluk fonksiyonu,

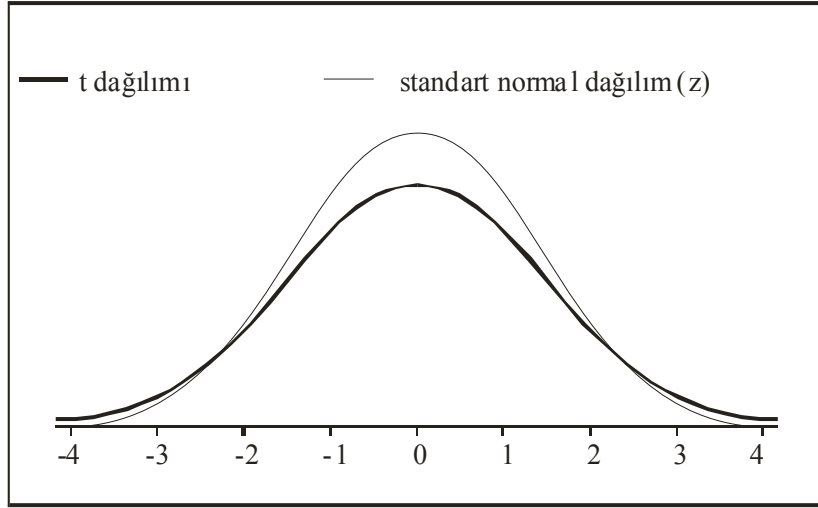
$$f(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{2\nu}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{\nu}\right)^{-\frac{\nu+1}{2}}, \quad -\infty < t < \infty$$

şeklindedir.

Bu dağılım W.S. Gosset tarafından geliştirilmiştir. Gosset bilimsel çalışmalarını "Student" ismiyle yayınladığından dağılımın ismi, Student'ın son harfi olan t ile anılmaktadır. T dağılımı için olasılık tablosu tezin sonundaki ek bölümünde verilmiştir. Tabloda sağ kuyruk alanı değerleri α değeri olarak sütun başlarında, serbestlik dereceleri de satır başlarında verilmiştir. Buna göre, örneğin $t_{\alpha,\nu} = t_{0,1,9} = 1,383$ olmaktadır. Diğer bir deyişle serbestlik derecesi 9 olan t dağılımından 1,383 değerinin sağında kalan alan 0,1 'dir. T dağılımı sıfır etrafında simetrik olduğundan -1,383 değerinin solunda kalan alan da 0,1 'dir. Serbestlik derecesi 30 ve daha fazla olursa t dağılımı standart normal dağılıma yaklaşır [25].

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi t dağılımı

- standart normal dağılımdan daha basık ve kuyruk alanları daha geniş
- simetrik
- ortalaması sıfır
- şekli serbestlik derecesine bağlı olan bir dağılımdır [26].



Serbestlik derecesi 3 olan t dağılımı ve standart normal dağılımı

Şekil II.3 T ve Z dağılımı grafiği [26].

Serbestlik derecesi 3 olan t dağılımı ve standart normal dağılımı Şekil 3. T ve Z dağılımı grafiği Ortalaması μ standart sapması σ olan bir normal dağılımdan tasarlanan n büyüklüğündeki örneklemin ortalaması $\bar{X}$ ve standart sapması S ise;

$$Y = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}$$

değişkeni $v = n - 1$ serbestlik dereceli X^2 dağılımına sahip ve

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

değişkeni de standart normal dağılıma sahip olduğundan, yukarıdaki teoreme göre,

$$T = \frac{\frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}}{\sqrt{S^2 / \sigma^2}} = \frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

değişkenin dağılımı $n - 1$ serbestlik dereceli t dağılımıdır. Eğer normal dağılmış bir ana kütlenin standart sapması bilinmiyorsa ve küçük örnek alınmış ise ana kütle ortalaması ile ilgili -çıkarımlarda t dağılımı kullanılmaktadır [25].

BÖLÜM III. ALTI SIĞMANIN SEKTÖREL KULLANIMI

III.1. ALTI SIĞMANIN SEKTÖREL KULLANIMI

Altı Sigma, imalat sürecini geliştirmek üzere imalat sektöründe doğmuştur. Birkaç yıl içinde, altı sigma stratejisini imalat sektöründe gösterdiği inanılmaz başarı sayesinde, diğer sektörler de; finans, sağlık, mühendislik ve inşaat, Ar-Ge sektörü gibi sektörlerde altı sigma yönteminin kullanımı hızla yayılmıştır.

III.1.1. İmalat Sektörü

Motorola, altı sigmayı kalite performans ölçümü ve gelişim programının bir parçası olarak kullanan ilk organizasyondur. Altı sigma o zamandan bu yana General Electric, Boeing, DuPont, Honeywell, Texas Instruments, Toshiba, Seagate, Allied Signal, Kodak, Sony gibi organizasyonlarda başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Tablo III.1 İmalat Sektöründe Altı Sigmadan Sağlanan Raporlanmış Fayda ve Tasarruflar [27].

Şirket/proje	Metrik/ölçümler	Fayda/tasarruflar
Motorola (1992)	Süreç içi kusur seviyeleri	150 kat azalma
Raytheon/Uçak entegrasyon sistemleri	Depo bakım denetim süresi	Gün içi ölçümlerde % 88 düşüş
GE/Otoray keasing işi	Onarım atölyelerindeki dolaşım süresi	% 62 azalma
Allied Signal (Honeywell) / Güney Carolina'da fabrika kurma	Kapasite, Devrim süresi, Envanter, Zamanında teslimat	%50 artış, %50 düşüş, %50 düşüş, yaklaşık %100 artış
Allied Signal (Honeywell) / bendix IQ fren yastıkları	Concept-to-shipment devrim süresi	18 aydan 8 aya düşürülmüştür

Hughes uçak füzesi sistem- leri grubu/dalgası birleş- tirme operasyonları	Kalite/verimlilik	% 1000 geliştirilmiştir, % 500 geliştirilmiştir
General Electric	Fin ansal	1999 'da 2 milyar \$
Motorola (1999)	Finansal	11 yılda 15 milyar \$
Davı Chemical/demiryolu dağıtım projesi	Finansal	Sermaye giderlerinde 2.45 milyon \$ tasarruf
DuPont/Yerkes New York fabrikası (2000)	Finansal	25 milyon \$'ın üzerinde tasarruf
Telefonica de Espana (2001)	Finansal	İlk 10 ayda gelirden 30 mil- yon euro tasarruf ve artış
Texas Instruments	Finansal	600 milyon \$
Johnson and Johnson	Finansal	500 milyon \$
Honeywell	Finansal	1.2 milyar \$

III.1.2 Finans Sektörü

Günümüzde, firmalar için rekabet inanılmaz boyuttur. Özellikle finans sektö-
ründe finans ve kredi departmanları nakit toplama devrim süresini ve toplama per-
formansındaki değişimi, süreyi azaltmak kaçınılmazdır. Finansal kuruluşlardaki en
çok uygulanan altı sigma projeleri: banka borçlarını, otomatik ödemeleri azaltmak
için nakit ödeneği doğruluğunu geliştirmeyi; belgesel kredi kusurlarını azaltmayı;
rapor etme doğruluğunu geliştirmeyi; çek toplama kusurlarını azaltmayı; tahsildar
performansındaki değişimi azaltmayı kapsamaktadır [29].

Amerika Bankası; operasyonların verimlilik düzeyini arttırmak, müşterileri
memnun ederek elinde tutmak ve krediler üzerinde rekabet yaratmak için altı sigma
kavramlarını benimseyen ve uygulayan öncülerden biridir. Ek hizmetler sunma,
mevduat ve problem çözümü alanlarında yüzlerce projesi vardır. Amerika Bankası,
altı sigmanın uygulanmasından sonra müşteri memnuniyetinin % 10.4 arttığını ve
müşteri sorunlarında % 24'lük bir azalmanın görüldüğünü bildirmiştir. American
Express, altı sigma ilkelerini dış satış süreçlerini geliştirmek ve alınmayan yenilen-

miş kredi kartlarından kurtulmak için uygulamıştır. Sonuçlar, bu durumların her birinde sigma seviyesinde 0.3'lük bir gelişmenin meydana geldiğini göstermiştir. GE Capital Corp., JP Morgan Chase ve SunTrust Bankaları'nın da içerisinde bulunduğu diğer finansal kuruluşlar müşteri ihtiyaçları ve memnuniyeti üzerinde yoğunlaşarak altı sigma yöntemini kullanmaktadırlar.

III.1.3. Sağlık Sektörü

Sağlık, niteliği gereği sıfır hata ile işlemesi gerekmektedir. Buda tıbbi hataları azaltma potansiyelinden dolayı altı sigma yöntemini, sağlık bakım sektörü için olmasa olmaz kılmaktadır. Başarılı bir şekilde uygulanmış bazı altı sigma projeleri; zamanında yapılan ve doğru iddiaların geri ödenmesini geliştirme sağlanan sağlık sürecinin verimlilik düzeyinin artırılması ve cerrahi donanım envanteri ile ilgili maliyetlerin azaltılması şeklindedir.

Tektaş Üniversitesi MD Anderson Kanseri Merkezi radyoloji film kütüphanesi de altı sigmayı benimsemiş ve hizmet faaliyetlerinde büyük gelişmeler sağlamıştır. Aynı kurumun hasta CT (bilgisayarlı tomografi) muayene laboratuvarında,, hasta hazırlama süreleri birçok durumda 45 dakikadan 5 dakikadan daha az bir süreye düşürülmüştür ve ek bir makine veya vardiya olmaksızın muayenelerin sayısında % 45'lik bir artış olmuştur.

III.1.4. Mühendislik ve İnşaat Sektörü

2002 yılında, önemli, mühendislik ve inşaat şirketlerinden biri olan Bechtel Şirketi; inşaatın tasarımı, çalışan ücret bordrolarının zamanında verilmesine kadar herşeyde meydana gelebilecek kusurları saptayarak engellemek amacıyla altı sigma programına 30 milyon \$'lık bir yatırım yapmış ve 200 milyon \$'lık bir tasarruf sağladığını bildirmiştir. Örneğin; altı sigma, kimyasal araçların etkisiz hale getirilmesi sürecinin verimlilik düzeyinin artırılmasında ve maliyet ile program yönetimini optimize etmeye yardımcı olacak bir telekomünikasyon projesinde uygulanmıştır.

III.1.5. Araştırma Ve Geliştirme Sektörü

Ar-Ge organizasyonlarında altı sigmayı uygulamanın amaçları; devreye alış süresini hızlandırmak, maliyeti düşürmek, Ar-Ge süreçleri geliştirmektir. Altı sigmanın etkililiğini ölçmek için organizasyonlar; veri güdümlü incelemeler, geliştirilen proje basan oranı ve Ar-Ge'nin saha çalışması süreçleri üzerinde yoğunlaşmalılar. Yapılan araştırmalar, 2003 yılında bu ilkeleri savunanların sadece % 37'sinin Ar-Ge organizasyonlarında bunları resmen uygulandığını göstermektedir.

III.2. ALTI SİGMA METODUNDA İZLENİLMESİ GEREKEN ADIMLAR

Yöneticiler, bu stratejiyi kullanarak, teknikten ziyade kararlarının etki gücüne odaklanmalıdırlar. Hız önemli değildir. Önemli olan sonuçlardır. Aşağıda verilen adımlar izlendiğinde, belki verilen kararlar daha etkili olacaktır;

Geribildirim alma: Kararın gerçek sonuçlarla ilgili şekilde devam ettiğinden emin olunmalıdır. Aynı zamanda kararın verimliliğı baklnda bilgi toplanmalı ve bu bizzat incelenmelidir.

Problemi sınıflandırma: Birçok problem sadece bir yere özgü değildir. Bu tür problemlerin oranı çok azdır. Birtakım genel problemler çok az sayıda şirkete özgü olabilir. Bazen, sadece bir firmaya özgü bir problemmiş gibi görünen problemlerin aslında genel bir problemin başlangıcı olduğı anlaşılır. Bütün genel problemleri kurallar veya ilkeler oluşturup bunları uygulayarak çözülebilir.

Sınır koşullarını tanımlama: Alınan karar; amaç ve hedefler gibi sınır koşullarını tatmin etmelidir. Mevcut koşullar değıştiğı takdirde karar da değışmelidir.

Problemi tanımlama: Yapılan tanımlamanın, gözlenebilir bütün gerçekleri açıkladığından ve sorumluluğı kolay hedeflere yüklediğinden emin olunmalıdır. Örneğın; 1960'lı yıllarda ABD otomobil endüstrisi, yaşanan otomobil kazası sayısının yüksek olmasını güvenli olmayan yollara ve eğitimsiz sürücülere bağlamıştır. Fakat, yollar ve verilen, eğitim geliştirildikçe yaşanan toplam kaza sayısı tırmanmayı sürdürmüş ve gerçek ortaya çıkmıştır: Gerçek daha dikkat çekicidir, daha güvenli arabalara ihtiyaç vardır.

Eyleme geçme: En çok zaman bir kararı eyleme dönüştürmek için atılan adımdır. Kararın bilmesi gereken insanlara anlattığından emin olunmalı, bu eylemde kimlerin yer alacağını ve sorumluluklarının paylaşımının ne olacağını önceden belirlenmelidir. Büyük bir imalatçı, ürettiğı modelden biri için üretimi durdurma karar verir ve bu modeli satın alan tüccara bundan bahsetmez. Sonuç olarak; üretim neticede durdurulduğunda, bu tüccar kendisine çok pahalıya mal olan bir envanterle sonuçlanan bu parçalan stoklamaya devam eder.

Altı sigma uygulaması bir dizi başarılı proje ile gerçekleştirmektedir. Projeler farklı boyut ve sürede olabilirler. Proje, altı sigma gelişim seviyelerini gerçekleştirmek amacıyla tasarlanmış, sistematik bir yaklaşım olarak tanımlanabilir. Projenin yrtldğı alana bağlı olarak şu şekilde sınıflandırılırlar:

- Geleneksel Kalite Geliştirme Projesi: Bir organizasyonun çeşitli fonksiyonlarını birleştirerek kalıtsal problemlerini çözmeyi amaçlamaktadır.
- İşlemsel İş Süreç Projesi: Organizasyon boyunca yayılan işlemsel iş süreç gelişimidir.
- Altı Sigma Proje Tasarımı: Müşteri istekleri ile altı sigma seviyesi hedeflerini ürün, süreç tasarımı ile birleştirmeyi amaçlayan projedir.

III.2.1. Altı Sigmanın Metodolojisi ve Proje Seçimi

Altı sigma metodolojisi; önemli birkaç faktörü, daha çok süreç kalitesini geliştirmede önem taşıyan faktörleri ve ortaya çıkan kr hanesi sonuçları saptamak için istatistiksel araçları kullanır. Bunlar:

- Sürecin mevcut performansını lme.
- Kusurları azaltmak yada ortadan kaldırmak için süreci geliştirme.
- Projeleri, hedeflerini tanımlama.
- Kusurların nedenlerini analiz etme.
- Süreç performansını kontrol etme.

şeklinde sıralanabilir.

Altı sigma metodolojisinde proje seçimi gerçekten çok önemlidir. Bu, araştırmak için çaba ve zaman harcamaya değer bir problemi geliştirme fırsatı sağlar. Yal-

nız proje seçimi gerçekten kolay bir iş değildir. Altı sigma içeriğinde kullanıldığı gibi, projeler süreçlerin sistematik biçimde değiştirilmesine yarayan araçlar olduğundan öncelik sıralaması yapılmalıdır. Projeler, planlama ile yapma arasında kurulmuş bir köprüdür. Proje planlama elbette proje yönetiminin doğasında bulunan bir bilgi ve uygulamadır. Burada, proje oluşturma altı sigma metodoloji alanıdır.

Birtakım örtüşen kavramlar varsa da ikisini birbirinden ayıran fark oldukça önemlidir. Öncelikle, proje ne yapılacağını tanımlarken; önceden plan, nasıl yapılacağını tanımlar.

III.2.2 Altı Sigma ve Toplam Kalite

Altı sigma; kusurları ve aşırı maliyetleri ortadan kaldırmak için kavranılması ve kontrol edilmesi gereken süreç değişkenleri ortaya çıkarmaktadır. Kusurları kökünden kazıyarak kâr hanesi sonuçlarını desteklemek için süreçleri ölçerek, analiz ederek, geliştirerek ve kontrol ederek kalitenin en üst düzeyini gerçekleştirmeyi amaçlayan bir yönetim yaklaşımıdır.

1980'lerde, Toplam Kalite Yönetimi (TQM: Total Quality Management) popülerdi. O da gelişim odaklı bir programdı.

Birçok insan altı sigmayı kalite hareketi ile birlikte düşünür. Bu nedenle, bu noktada bu bakış açısından başlamak mantıklı görünmektedir. Ancak, altı sigma son "kalite" trendinden çok daha öte bir şeydir. Gerçekte altı sigmayı uygulayan şirketler önemli finansal sonuçlar elde etmiş ve gelişmiş finansal performans ve büyüme için ilkeli, stratejik planlar geliştirmişlerdir.

Altı sigmayı geçmişteki kalite programlarından ayıran kilit özellikler; altı sigma müşteri odaklı olmasıdır. Gelişim çabalarını sürükleyen müşteri ihtiyaçlarını ön planda tutmak neredeyse olmazsa olmazlardandır. Altı sigma projeleri yatırım alanında önemli getiriler sağlar.

Altı sigma yönetimin işleyiş şeklini değiştirir. Altı sigma gelişim projelerinden öte bir şeydir. Bu işyerindeki üst düzey yönetici ve liderler altı sigma araç ve kavramlarını öğrenirler: düşünme, planlama ve sonuçlar elde etme için yürütme alanlarında yeni yaklaşımlar. Birçok durumda, altı sigma daha çok çalışanın değil daha akıllıca çalışanın fikirlerini uygulamaya koymaktır.

Altı sigma zaman içerisinde gelişmiştir. TQM veya ISO gibi sadece bir kalite sistemi olmaktan daha fazlasını ifade eder. Altı sigma bir iş yapma biçimidir.

Anbari altı sigmanın Toplam Kalite Yönetimi (TQM: Total Quality Management) ve Sürekli Kalite Gelişimi (CQI: Continuous Quality Improvement) gibi daha önceki kalite girişimlerinden daha kapsamlı olduğuna dikkat çekmiştir. Altı sigma metodu, ölçülüp rapor edilen finansal sonuçları içerir; daha gelişmiş ek veri analiz araçlarını kullanır; müşteri ilgilerine odaklanır; proje yönetim araçlarını ve metodolojisini kullanır. Anbari, altı sigma yönetim metodunu şu şekilde özetlemiştir [27].

Altı sigma = TQM (veya CQI) + Daha Güçlü Müşteri Odağı + Ek Veri Analiz Araçları + Finansal Sonuçlar + Proje Yönetimi

BÖLÜM IV. ALTI SİGMA METODU İLE BİR SANAYİ UYGULAMASI

IV.1 ARAŞTIRMANIN AMACI

Türkiye'de son yıllarda imalat sektörü inanılmaz derecede büyüme trendi içine girmiştir.

Özellikle mutfak eşyaları olan çatal, kaşık, bıçak vs. gibi ürünlerin devamlı kullanılması bu trendin artmasında önemli bir unsur haline gelmiştir. Burada önemli olan düşük maliyet, yüksek kalite ve müşteri memnuniyetidir.

Ancak bu koşullar sağlandığında başarı süreklilik gösterir. Bu doğrultuda araştırmanın amacı yüksek kapasite kullanımı yüzünden farklı imalatçılardan gelen çelik saçların altı sigma metodunu kullanarak yüksek bir kalite standardının sağlanması ve üretimde en düşük hurda oranının yakalanmasıdır.

IV.2. PROBLEMİN TANIMI

Yırtılma = Parça kenarlarında çapak + malzeme form edilebilirliği

Parça kenarlarında çapak = kesme yöntemi + taşlama kalitesi

Malzeme form edilebilirliği = Uzama+çekme mukavemeti+akma mukavemeti

Burada hangi bağımlı ve bağımsız değişkenlerin alınacağını belirlenebilmesi için mühendislerin görüşleri alındı.

Mevcut sorun olarak çelik saçın presle kesilmesi sırasında yırtılmanın ortaya çıkma olasılığı hesaplandı.

Yırtılmanın sebebi olarak parça kenarlarında çapak, malzeme form edilebilirliği ve kenarlarda incelmeye olduğu saptandı. Ayrıca parça kenarlarında çapak ve malzeme form edilebilirliği de teke tek bağımlı değişken yapılarak, bu malzeme form edilebilirliği etkileyen bağımsız değişkenler olarak uzama, çekme, ve akma mukavemeti; kenardaki incelmeyi etkileyen bağımsız değişken olarak dizayn edilen köşe uzaması belirlendi.

Tablo IV.1 Parti, Üretim, Makine, Tezgâh Hızlarına Göre Ret Parça Adetleri [29].

parti	Üretim	makine	Tezgâh hızı	ret parça
3	5.000	2	60	4
3	5.000	2	45	11
4	5.000	2	60	12
4	5.000	2	45	20
5	5.000	2	60	3
5	5.000	2	45	7
6	5.000	2	60	3
6	5.000	2	45	6
3	5.000	2	60	4
3	5.000	2	45	7
4	5.000	3	60	9
4	5.000	3	45	16
5	5.000	3	60	19
5	5.000	3	45	24
6	5.000	3	60	9
6	5.000	3	45	16
6	5.000	3	60	6
6	5.000	3	45	11

Yukarıdaki tabloya bakıldığında parti kolonu, o gün gelen yarı komple gruplarını göstermektedir. Üretim sürecinde 6 farklı imalatçıdan gelen parçalar parti kolonunda gösterilmiştir. 1 ve 2 nolu imalatçıdan gelen parçalardan ret parça çıkmamıştır. Üretim günlük 5.000 adettir. 3 tip makine vardır. 1. tip makine sıfır hata ile çalışmakta olduğu için analize dahil edilmemiştir. Burada 2 ve 3 nolu makine incelemektedir. Tezgah hızı; 60 ve 45 seklinde iki farklı hızda olup birimi saniyedir. Ret kolonu ise o gün sonunda işlenen çelik saçların kaç adedinin ıskartaya çıktığını göstermektedir. Veriler kontrollü denetim üretimi sırasında alınmıştır.

IV.3. MİNİTAB PROGRAMI

Minitab, Penn Eyaleti'nde 1972 istatistik dersleri alan öğrenciler için geliştirilmiştir. İlk çıktığı dönemden günümüze, Minitab; gelişmiş veri analizi derslerinde öğrencilerin, bilim adamlarının, mühendislerin, iş sahalarında yöneticilerin, hükümetin ve endüstrinin kullandığı kapsamlı bir istatistiksel sisteme dönüşmüştür. Minitab, istatistik öğretimi için kullanılan uluslararası bir standarttır. 60 ülkede 5,000'den fazla bölgede kullanılmaktadır.

Minitab, istatistikleri daha kolay kavranmasına yardımcı olan ve hesaplama süresini kısaltan bir bilgisayar yazılım paketidir. Aslında, istatistik öğreniminde yardımcı olması amacıyla kullanımı kolay bir istatistiksel sistem olarak tasarlanmıştır. Veri analizi ve grafikler için kullanılan güçlü bir pakete dönüşmüştür.

İstatistiksel yazılım uygulaması programları, mühendislikle ilgili veya bilimsel problemlere çözümler bulunmasına yardımcı olan istatistiksel metotların bir derlemesini içermektedir. Bu programlar kullanıcıların ilgi alanlarındaki veri grupları için kullanılan istatistiksel metotların birçoğuna ulaşmalarını sağlamaktadır [29].

IV.4. VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ

İlk etapta mühendisleri ile birlikte çelik sac'ta meydana gelen yırtılmanın nedenleri incelenmiş; bu yırtılmanın parça kenarlarında çapak olması ki çapakta kesme yöntemi ve taşlama kalitesi ile ilgili olduğu sonucuna varılmış ve sac parçanın mekanik özellikleri ile ilgili olmasından ortaya çıkabileceği konusunda hem fikir birliğine varılmıştır. Burada kast edilen mekanik özellikler sac parçaların uzama, çekme ve akma mukavemetidir. Sac parçaların analizi sırasında kalite güvence departmanının laboratuvarından faydalanılmıştır. Bu çalışmada veriler kontrollü denetim üretimi ve kalite güvence departmanının laboratuvarında yapılan incelemeler sonucunda elde edilmiştir. Özellikle çeliğin kimyasal ve mekanik özellikleri üzerinde durulmuştur. Kimyasal özellikler sac parçadaki kükürt ve alüminyum oranı; sac parçanın mekanik özellikleri ise çekme, akma ve uzama mukavemeti ile ilgili özellikleridir.

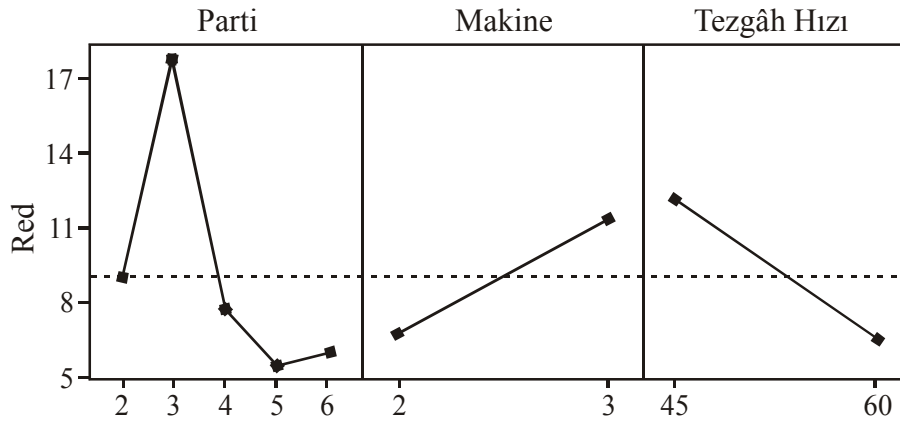
IV.5. YAPILAN TESTLER

İlk önce Temel Bileşenler Analizi yapılarak değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonraki aşamada Anova (Analysis of Variance) testi yapılmıştır. Ancak Anova testinin yapılmasından önce Anova'nın ön koşulu olan; verilerin normal dağılıma uygunluğu ve eş varyans olup olmadığına bakılmıştır. Daha sonraki aşamada General Linear Model yardımı ile bağımsız değişkenlerin parçanın ret olma olasılığı üzerinde etkili olup olunmadığı incelenmiştir. Bir sonraki aşamada sac parça üzerinde malzeme analizi yapılarak sac parçanın mekanik ve kimyasal özellikleri analiz edilmiştir. Burada amaç partiler arasında akma, çekme ve uzama mukavemeti özellikleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığının incelenmesidir bunun içinde Two-Sample T testi yapılmıştır. En son olarak Deneysel Tasa-

rım (DOE) yapılarak proses mühendislerince saptanan çelik saçta ki yırtılma sebeplerinin doğruluğu analiz edilmiştir. Aslında DOE bir bakıma ANOVA' dan elde edilen sonuçların sağlaması niteliğinde olmuştur.

IV.5.1. Temel Bileşenler Analizi

Burada X ve Y' ler arasındaki ilişki incelenmektedir.



Şekil IV.1 Temel Bileşenler Analizi

Grafiğe bakıldığında 2 nolu makinenin ve 60 saniyelik işleme hızının, 3 nolu makine ve 45 saniyelik işleme hızına göre daha az adette ret parça ürettiği görülmektedir. Daha detaylı bir şekilde grafik yorumlandığında 2 nolu makineden ortalama 6 adet ret parça çıkmaktayken 3 nolu makineden 11 adet ret parça çıkmaktadır. Tezgah hızları incelendiğinde ise 60 birim hızla iş yapan tezgahın ret adedi 6 iken 45 birim hızlı tezgahın adedi 11'dir. Gelen parti açısından bakıldığında ise partiler arası ret adedinde fark olduğu açıktır; 3 nolu partide ret adedi 18 iken 5 nolu partide ret adedi sadece 5' tir. Elde edilen veriler yardımı ile çıkan grafik yorumlandığında; makine / makine, parti / parti ve tezgah hızı / tezgah hızı arasındaki farklılığın Y üzerinde belirgin bir değişikliğe sebep olduğunu göstermektedir. Ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına bakmak için ANOVA testinin yapılması gerekmektedir.

IV.5.2. Anova

Altı sigmanın en etkili analiz metotlarından biridir. Multivari Chart ve Main Effect Plot sonuçlarını doğrulamak için yapılır. Sadece sayısal veri için kullanılır.

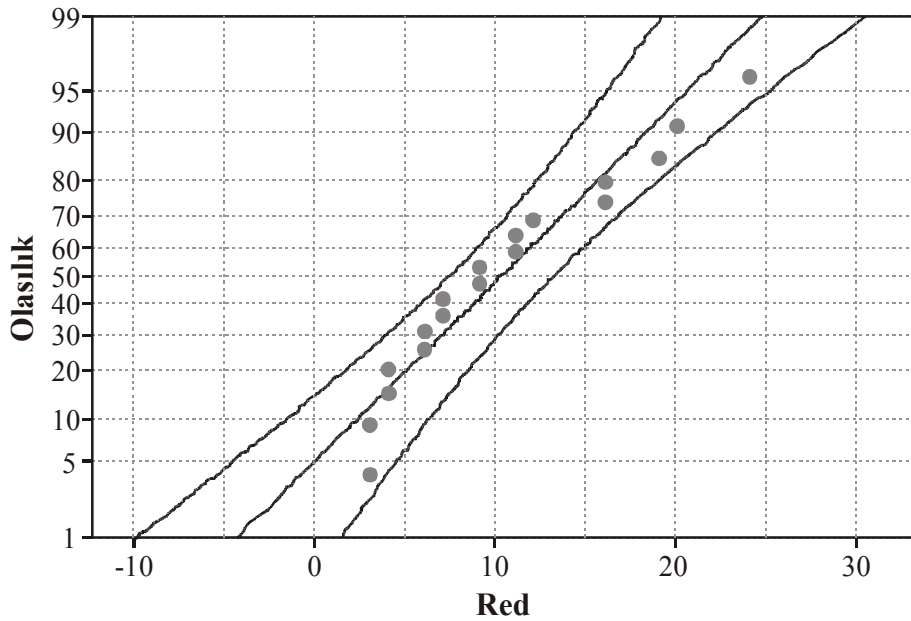
ANOVA yapılabilmesi için

- Verilerin normal dağılıma uygun olması
- Bağımsız değişkenlerin varyanslarının eşit olması gerekmektedir.

IV.5.2.1. Normal Dağılıma Uygunluk Testi

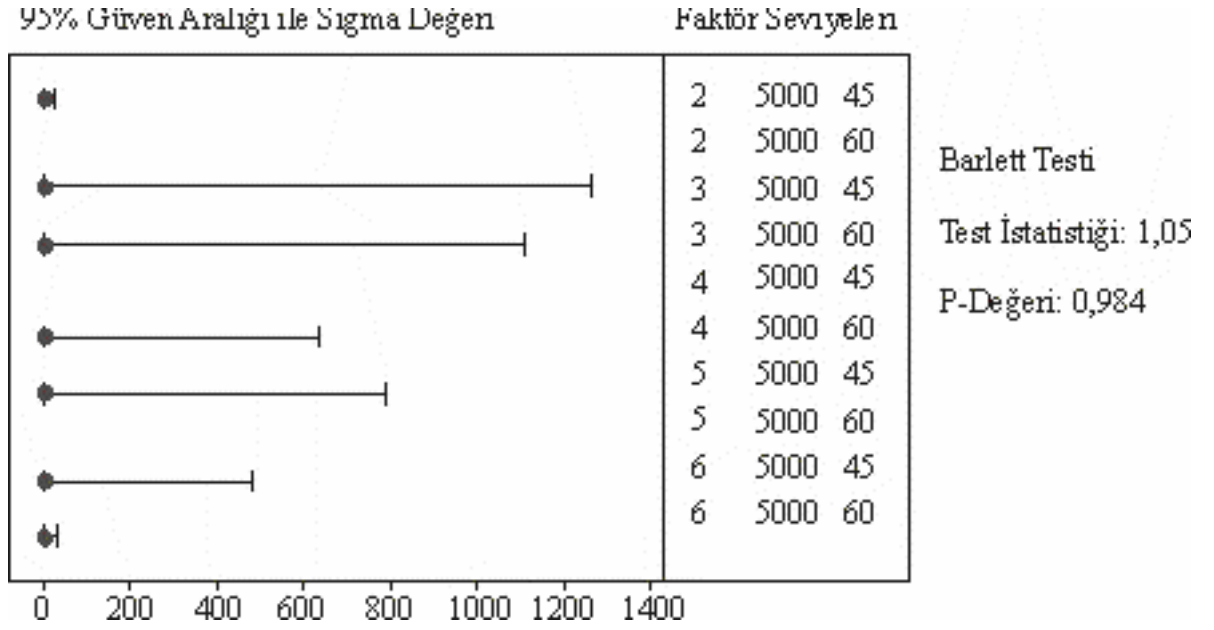
H₀ : Veriler normal dağılıma uygundur.

H_a : Veriler normal dağılıma uygun değildir.



Şekil IV.2 Normal Dağılıma Uygunluk Testi

P değeri 0,160 çıkmıştır. $P > 0.05$ olduğundan H_0 kabul edilir. Veriler normal dağılıma uygundur.



Şekil IV.3 Eşvaryans Testi

IV.5.2.2. Eş Varyans Testi

Ho : Varyanslar eşittir.

Ha : Varyanslar eşit değildir.

P değeri 0,984 çıkmıştır. $P > 0.05$ olduğu için H_0 kabul edilir, varyanslar eşittir.

ANOVA uygulamak için gerekli koşullar sağlanmıştır. Yalnız verilerin uygun olduğu 3 faktörlü (Parti, Makine, tezgah hızı) testini yapmadan önce General Linear Model testini analiz etmek gerekecektir.

IV.5.2.3. General Linear Model

Ho : Ortalamalar eşittir.

Ha : Ortalamalar eşit değildir.

General Linear Model: Red versus Parti, Makina, Tezgah Hızı

Tablo IV. 2 Parti, Makine ve Tezgah Hızlarının Karşılaştırılması

Faktör	Tıp	Seviye
Parti	karışık	4 3; 4; 5; 6
Makine	karışık	2 2 2; 3
tezgah hızı	karışık	2 45; 60

Red için varyans Analizi, using Adjusted ss for Tests

Tablo IV. 3 Parti, Makine ve Tezgah Hızı ve Hatanın Kıyaslanması

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Parti	3	174,28	143,90	47,97	2,46	0,048
Makine	1	132,30	132,30	132,30	6,78	0,023
tezgah hızı	1	133,39	133,39	133,39	6,83	0,023
Hata	12	68,72	68,72	4.77		
Toplam	17	508.69				

Bulunan bütün P değerleri $P < 0.05$ olduğundan H_0 ret edilir.

Parti, makine, tezgâh hızının; ret adedi üzerinde etkili olduğu sonucuna varılır.

Yalnız partiler arasında belirgin bir fark olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir bunun içinde partilerin mekanik özelliklerine bakmak gerekmektedir.

IV.5.3. Malzeme Analizi

Burada saç partilerin ret olma olasılığı üzerinde etkili olup olmadığı ve partiler arası bu değişikliğin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının incelenecektir.

Analiz sa malzemelerinin mekanik özellikleri kullanılarak ayrı ayrı yapılacaktır. Bunun için aşağıdaki tablo verilerinden faydalanılacaktır.

Mekanik ve Kimyasal Test Sonuçları

Tablo IV.4 Sa Parçaların Mekanik ve Kimyasal Test Sonuçları

spec.	% C	% Mn	% P	% S	ÇEKME	AKMA	UZAMA	ÇEKME 1	ÇEKME 2	AKMA 1	AKMA 2	UZAMA 1	UZAMA 2
1.0K	0.08	1,5	0.2	0.02	550	255	40	550	520	255	255	40	34
2.0K	0.08	1,5	0.2	0.02	555	255	38	555	510	255	255	38	32
3.0K	0.09	1,5	0.2	0.02	570	255	38	570	510	255	255	38	32
4.0K	0.14	1,5	0.3	0.01	530	255	35	530	500	255	255	35	32
1.RET	0.15	1,5	0.3	0.01	520	255	34						
2.RET	0.14	1,5	0.3	0.01	510	255	32						
3.RET	0.15	1,5	0.3	0.01	510	255	32						
4.RET	0.15	1,5	0.3	0.01	500	255	32						

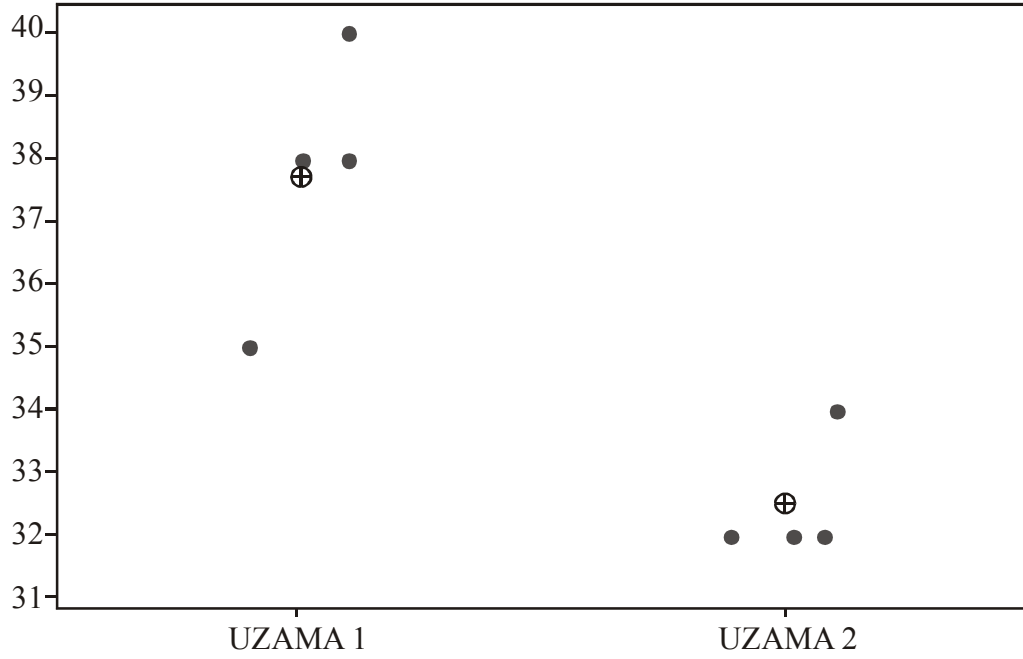
Veriler laboratuarda analizi sonucu elde edilmiş, olup eliğın kimyasal ve mekanik özellikleridir. %S ve %Mn kimyasal özellikleriyle ilgili değerlerdir. %S sa parçadaki kükürt oranını %Mn ise sa, parçadaki-Mangan oranını belirtir. Çekme, akma, uzama ise eliğın mekanik özellikleridir. İlk 4 satır ret olmayan parçalara ait, son 4 satır ise ret parçalara ait özellik değerleridir.

IV.5.3.1. Two-Sample T Testi

Two - Sample T testi ile 2 farklı örnek grubu arasında istatistiksel olarak bir fark olup olmadığı analiz edilecektir.

H₀ : Partiler arasında uzama özelliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_a : Partiler arasında uzama özelliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.



Şekil IV.4 Uzama Değişkeni İçin Two Sample T Testi

Two-Sample T-Testi ve CI: Uzama-1, Uzama-2

Two-sample T Uzama-1 vs Uzama-2

	N	Mean	St Dev	SE Mean
UZAMA 1	4	37,75	2,06	1,0
UZAMA 2	4	32,50	1,00	0,50

Difference = mu (UZAMA 1) - mu (UZAMA 2)

Estimate for difference: 5,25000

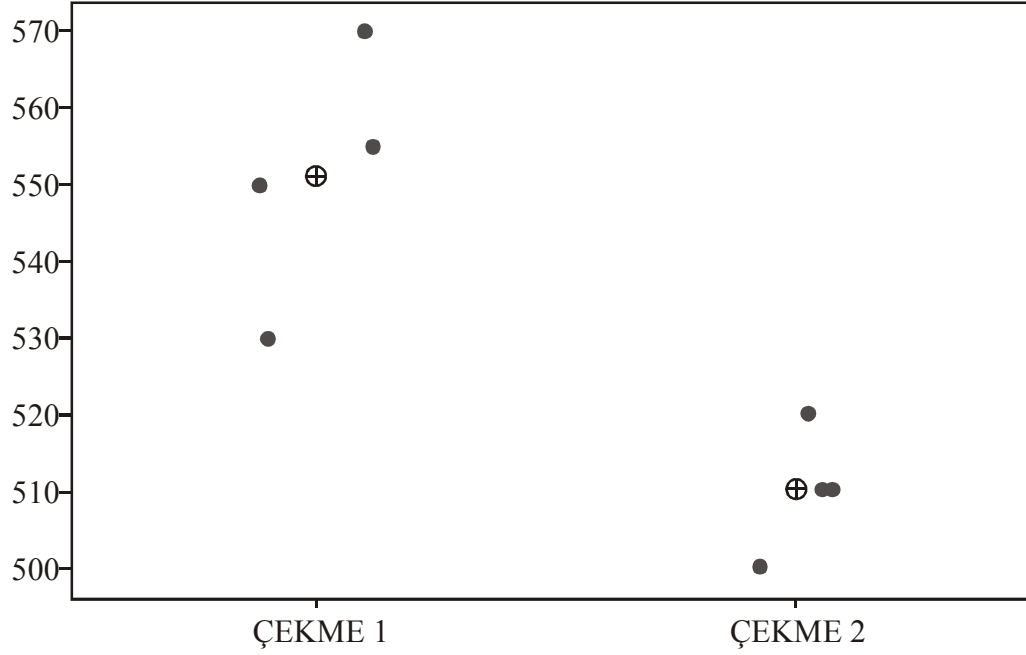
95% CI for difference: (2,06918; 8,43082)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 4,58 P-Value = 0,010

DF = 4

H₀ : Partiler arasında çekme özelliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_a : Partiler arasında çekme özelliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.



Şekil IV.5 Çekme Değişkeni İçin Two Sample T Testi

Two-Sample T – Test and CI: ÇEKME 1; ÇEKME 2

Two-sample T for ÇEKME 1 vs ÇEKME 2

	N	Mean	StDev	SE Mean
ÇEKME 1	4	551,3	16,5	8,3
ÇEKME 2	4	510,00	8,16	4,1

Difference = mu (ÇEKME 1) - mu (ÇEKME 2)

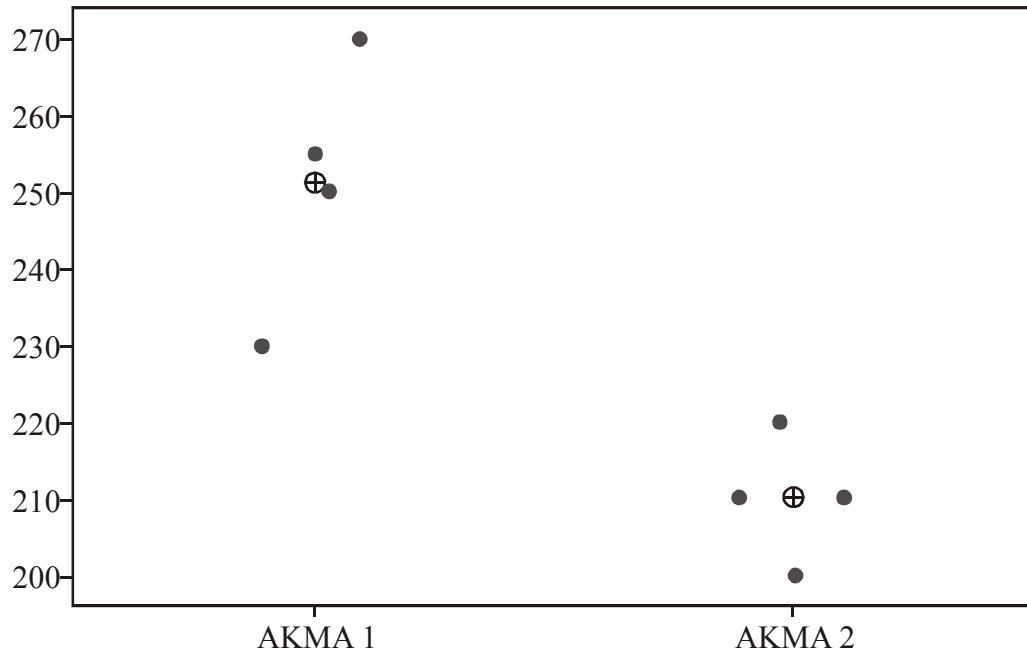
Estimate for difference: 41,2500

95% CI for difference: (15,6681; 66,8319).

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 4,48 P-Value = 0,011 DF = 4

H₀ : Partiler arasında akma özelliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_a : Partiler arasında akma özelliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.



Şekil IV.6 Akma Değişkeni İçin Two Sample T Testi

Two-Sample T-Test and CI: AKMA 1; AKMA 2

Two-sample T for AKMA 1 vs AKMA 2

	N	Mean	StDev	SE Mean v
AKMA 1	4	251,3	16,5	8,3
AKMA 2	4	210,00	8,16	4,1

Difference = μ (AKMA 1) - μ (AKMA 2)

Estimate for difference: 41,2500

95% CI for difference: (15,6681; 66,8319)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 4,48 P-Value = 0,011 DF = 4

$P < 0.05$ olduğundan H_0 ret edilir. Akma, çekme ve uzama mekanik özellikleri açısından partiler arasında istatistiksel olarak fark olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Yetenek testi ile uzama, çekme mukavemeti ve akma mukavemetinin malzeme form edilebilirliği üzerindeki etkisi incelenmiş ve uzama, akma ve çekme mukavemetinin malzeme form edilebilirliği açısından etkili olduğu görülmüştür. Yırtılan ve yırtılmayan saç parçalar birbirlerinden mekanik özellikleri nedeni ile istatistik olarak farklı olduğu sonucuna varılmıştır.

IV.5.4. DOE

ANOVA' nın sonuçlarını doğrulamak, 2. ve 3. seviyedeki etkileşimleri de görmek amacı ile DOE deneysel tasarım yapılmıştır. Makine ve işleme hızında 2 seviye hammadde 5 seviye General Linear Model tam faktorel deney tasarlanmıştır.

General Linear Model: Hurda Adedi, versus Hammadde, Makine, Kesme Hızı

Tablo IV.5 Hurda Adedi, versus Hammadde, Makine, Kesme Hızı

Faktör	Seviye tipi	Değer
Hammadde	Karışık	5 2 3 4 5 6
Makine	Karışık	2 2 3
Kesme Hi	Karışık	2 41 55

Tablo IV.6 Hurda İçin Varyans Analizi,

Kaynak	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Hammadde	4	50.5400	50.5400	12.6350	36.10	0.000
Makine	1	0.8100	0.8100	0.8100	2.31	0.013
Kesme Hi	1	2.2500	2.2500	2.2500	6.43	0.013
Hammadde*Makine	4	0.9400	0.9400	0.2350	0,67	0.614
Hammadde*Kesme Hi	4	2.3000	2.3000	0.5750	1.64	0.172
Makine*Kesme Hi	1	0.0100	0.0100	0.0100	0.03	0.866
Hammadde*Makine*Kesme Hi	4	0.9400	0.9400	0.2350	0.67	0.614
Hata	80	28.0000	28.0000	0.3500		
Toplam	99	85.7900				

H₀ : Faktör sonuç üzerinde etkili değildir.

H_a : Faktör sonuç üzerinde etkilidir.

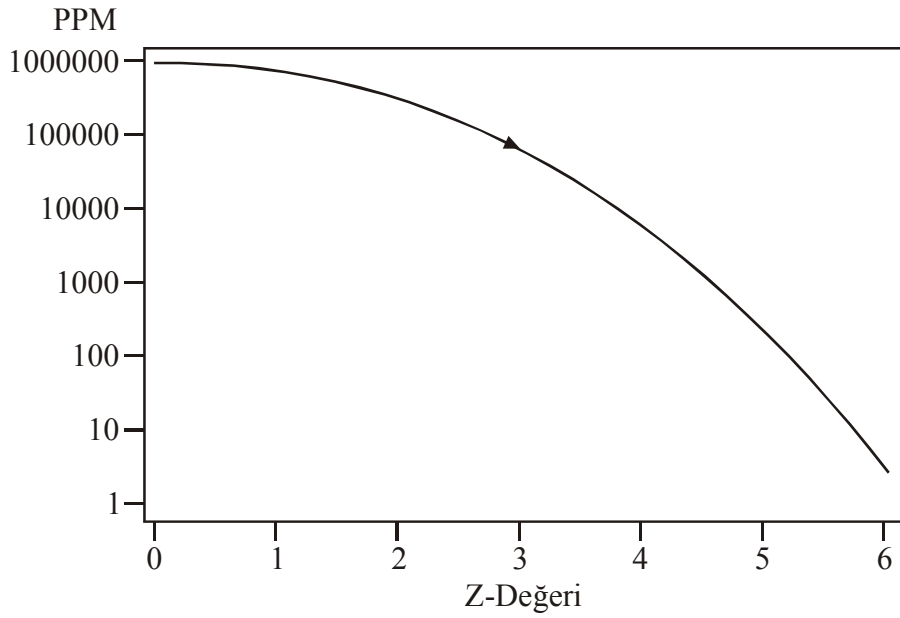
A,B ve C prosesin girdileri yani kesme metodu, malzeme tipi ve dizayndır. A*B, A* C, B*C ikili "etkileşim, A*B*C üçlü etkileşimi göstermektedir. Sonucu yorumlamak için $p=0,1$ ile karşılaştırdığımızda hammadde, makine tipi ve kesme hızının; ret parça sayısı üzerinde etkili ancak 2. ve 3. seviyedeki etkileşimlerin sonucu etkilemediği gözükmemektedir. Bu sonuç ANOVA testinden elde ettiğimiz sonucu doğrulamaktadır.

IV.5.5. Altı Sigma Kusur Oranında İyileştirme

Önceki altı sigma seviyesi

Rollup İstatistikleri

Charact	Defs	Units	Opps	TotOpps	DPU	DPO	PPM	ZShift	ZBench
	100	1000	1	1000	0.100	0.100000	100000	1.500	2,892
Total	100			1000		0.100000	100000	1.500	2,892

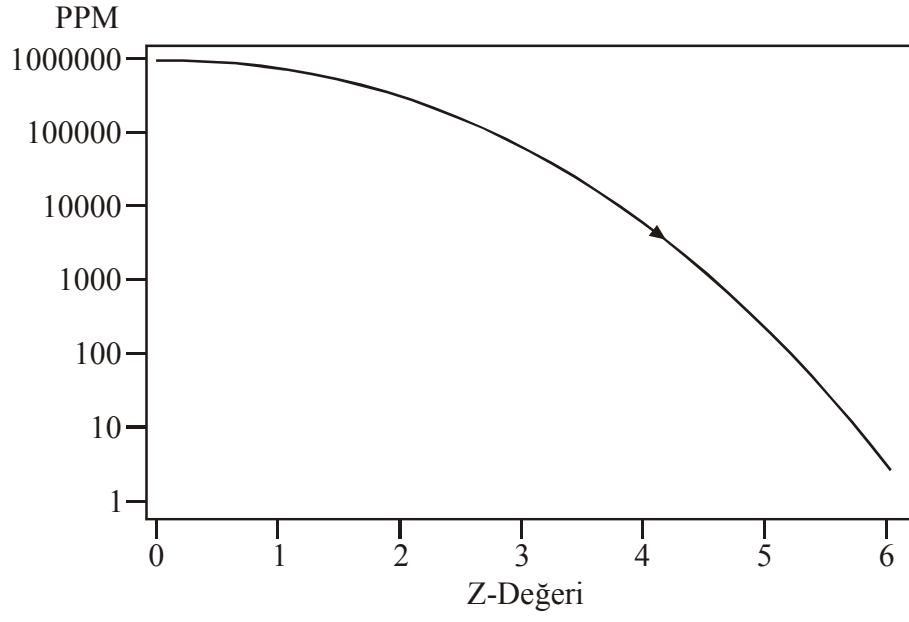


Şekil IV.7 Üretimde İyileştirme Yapılmadan Ölçülen Sigma Seviyesi

Uygulama sonucunda ki altı sigma seviyesi ise

Rollup İstatistikleri

Charact	Defs	Units	Opps	TotOpps	DPU	DPO	PPM	ZShift	ZBench
1	5	1000	1	1000	0.005	0.005000	5000	1.500	4,092
Total	5	1000				0.005000	5000	1.500	4,092



Şekil IV.8 Üretimde İyileştirme Yapıldıktan Sonra Ölçülen Sigma Seviyesi

Yapılan iyileştirmeler sonucunda sigma seviyesi 2,892 den 4,092 yükselmiştir.

BÖLÜM V. SONUÇ

Yapılan analizler sonucunda makine, kesme hızı ve farklı imalatçılardan gelen çelik saçların ret olma olasılığı üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. İlk öncelikle daha fazla hurda adedi üreten makine 3 yapılan iyileştirmeler ve modifikasyonlar sonucunda başarı oranı makine 2 düzeyine çıkarılmıştır. Tezgâh hızlarında ise 60 ve 45 saniyede parça işlenen değişken hızlar yerine tezgah hızları 60 saniyede parçaları işleyecek şekilde ayarlanmış, farklı imalatçılardan gelen partilerin analizi sonucunda en iyi sonucu veren 5 nolu partiyi gönderen imalatçının sahip olduğu parça özellikleri diğer imalatçılar içinde zorunlu tutulmaya başlanmıştır.

Altı sigma uygulamasına imalatçılar açısından baktığımızda 6 farklı imalatçının kalitesine bir standart getirilmesi ile imalatçılar arasında üretim kalitesinde gözle görünür bir artış meydana gelmiştir. Mevcut kaliteyi artırılması imalatçılar için yurt içi ve yurt dışındaki firmalar için yüksek kalitede üretim yapabilme şansı doğmuştur.

Yapılan bu iyileştirmeler sonucunda sigma seviyesinden 2,892' den 4,092'ye doğru sigma seviyesinde iyileştirme meydana gelmiş oldu. Firmanın yıllık tasarrufunu hesaplarsak; çatalın maliyeti 1 dolardır. Firmanın kapasitesi ise yıllık 1.800.000 adettir. Sigma seviyesi 2,892 iken 1 milyon adet üretimde kusurlu olma oranı 175.000' dir. Fakat yapılan iyileştirmeler sonucunda sigma seviyesi 4,092 çıkmış ve 1 milyon adet üretimde kusurlu olma adedi 42.300' e düşmüştür. Bu uygulama ile yaptığımız iyileştirme sonucu firmaya yıllık 132. 700 dolarlık bir maliyet azaltma işlemi gerçekleşmiş olmaktadır.

Altı sigma uygulamasına firma tarafından bakıldığında bütün bu iyileştirmeler sonucunda ret parça olasılığında çok büyük bir oranda düşüş sağlanmıştır. %90 olan başarı oranı % 99,5 çıkmıştır ki bu parça başına maliyeti azaltmakla kalmamış günlük yüksek adetli üretimlerde ıskarta parça sayısının azalması nedeni maliyetde de yüksek oranlı tasarrufa gidilmiştir. İncelenen parçalarda meydana gelen iyileştirmeden öğrenilen bilgi birikimi diğer saç parçalarında uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde firmalar açısından asıl amacın; müşteri memnuniyetini en yüksekte tutarak, en kaliteli ve en dayanıklı ürünü en uygun fiyattan satmak olduğundan uygulanan bu altı sigma projesi firmanın kazancını tartışılmaz kılmıştır.

Altı sigma metodunun asıl amacı organizasyonda ki kusurları sürekli azaltarak ürünlerini, hizmetlerini ve süreçlerini geliştirmede kullanımlı bir yönetimdir. Burada önemli olan müşteri ihtiyaçlarının çok iyi anlaşılması, gerçeklerin, verilerin ve istatistiksel analizin gerçekleştirilebilir olmasıdır. Asla akıldan çıkarılmaması gereken şey müşterinin kral olduğu ve firmalar; için her geçen gün rekabetin daha da artıdığıdır.

Firmalar açısından bakıldığında kalitenin maliyeti artıracakı düşünülürken altı sigma metodu doğru uygulandığında mevcut kalitenin artırılması ile maliyetin düşürülebileceği görülmüştür. Firmaların stratejisini ve kendisini kaliteye adanması firmaların geleceği, mevcut pazarlarını geliştirebilmeleri ve pazarda sürekli kalıcı olabilmeleri açısından gerçekten çok önemlidir.

Burada unutulmaması gereken altı sigma kalite yaklaşımının başarılı olabilmesi için içerisinde bir strateji ile kapsamlı eğitim proje yönlendirme ve organizasyon için birtakım tasarruflar sağlayan proje seçimi üzerinde yoğunlaşıldığı taktirde; sonuç mutlak başarı olduğudur.

Gelecekte düşük maliyetle yüksek ürün kalitesinde üretim yapabilen, müşterilerin ihtiyaçlarına daha fazla cevap veren ve en yüksek karma değeri yaratabilen firmalar ayakta kalacaktır. Özellikle imalat sektöründe maliyetlerin düşürülmesinde, verimliliğin artırılmasında, yeni müşteriler elde etmede, sürdürülebilir başarılar elde etmede bugün olduğu gibi gelecekte de altı sigma yöntemi çok büyük bir yol gösterici olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Joseph A. DeFeo.: “*Six Sigma: Road Map For Survival*”, www.juran.com
- [2] Fred R. McFadden.: “*Six Sigma Quality Programs*”, Quality Progress, June (1993) 37
- [3] Tadikamala, P.: “*The Confusion Over Six Sigma Quality*”, Quality Progress, November, (1994).
- [4] Kasa, Halit.: “*Altı Sigma Gerçeği*”, 6 Sigma Deneyim Paylaşımı Sempozyumu, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 28 Mart (2003) 2
- [5] Honeywell Authot Team, “*Corporate Sigma Calculation Methods*”, Version 3.0, February 11 Honeywell, (2000)5
- [6] Peter s. Pande.; Robert P. Neuman.; Roland R. Cavanagh.: “*The Sig Sigma Way*”, USA, McGraw-Hill, (2000) xi
- [7] Kim M. Henderson.; James R. Evans.: “*Successful Implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company*” Benchmarking: An International Journal, Vol. 7 No. 4,. # MCB University Press, 1463-5771(2000) 260-281
- [8] <http://www.isixsigma.com/library/content/c02081.a.asp> [05 Ocak 2005]
- [9] Ravi S. Behara, Gwen F. Fontenot, Alicia Gresham “*Customer Satisfaction measurement And Analysis Using Six Sigma*” International Journal of Quality& Reliability Management, MCB University Press Vol. 12 No. 3, (1995) 9-18

- [10] Pyzdek, Thomas.: *"Why Six Sigma is not TQM"*,
<http://www.isixsigma.com/library>, February (2001) 2
- [11] Emel, Saykan.: "Bir Kalite Sistemi Olarak Alt Sigma Yöntemi ve Honeywell Uygulama Örneği", *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, (2002)35
- [12] O'Rourke, Patricia.: *"Using Six Sigma in Safety Metrics at Motorola,"*
- [13] Gnibus, J. Robert.: *"S/x Sigma's Missing Link"*, Ouality Progress, Vol:33, No : 11(2001) 77
- [14] Çetin, Canan., *"Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi"*, 2. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul, (2001) 706
- [15] Soykan, Emre., *"Bir Kalite Sistemi Olarak Altı Sigma Yöntemi ve Honeywell Uygulama Örneği"*, M.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul (2002) 35
- [16] Arçelik A.Ş., *"Altı Sigma"*,
www.arcelikas.com.tr/kurumsal/05_kalite_6sigma.html, (16 Mayıs (2002).1
- [17] Altı Sigma Nedir?", <http://www.spac.com.tr/turkcegirisi.html>, (28 Mayıs 2002), s. L
- [18] <http://www.spac.com.tr/turkcegirisi.html>,
- [19] Özkan, Mehmet.: "6 Sigma", www.damsmend.com/konular/stratejiyon/str-6%20sigma.html ,(25 Nisan 2002).
- [20] Ünal, Perin.: www.aselsan.com.tr/dergi/temmuz98/tky_fr.html, (Temmuz 1998),
- [21] Sezen, Banu.; Coğun, Sinem .: Erbaş,Yeliz.: *"GE Başarı Stratejileri ve İnsan Kaynakları Politikaları"*, <http://www.humanitas.com.tr/geway.htm>, (29 Nisan 2002).

- [22] Akın, Bahadır.: http://sistem.ie.metu.edu.tr/alti_sigma_nerede.htm, (12 Mayıs 2002),
- [23] Gross, M. John.: "*A Road Map to Six Sigma Quality*", Quality Progress, Vol:34, No:11, (2001) 24
- [24] Bishop, Lane.: "*Corporate Sigma Calculation Methods*", Honeywell International Inc., (1998)15-18
- [25] Armutlu, İ.Hakkı.: "*İşletme İstatistiğine Giriş*", Alfa Yayınlan, Ekim (1999) 263
- [26] Gürsakal, Nemci.: "*Bilgisayar Uygulamalı İstatistik II*", Marmara Kitabevi Yayınlan, Bursa, (1998) 120-121
- [27] Y.H. Kwak.: "*Anbari. Benefits, Obstacles and Future of Six Sigma*" Approach, (2004) 32
- [28] Linderman, Kevin .; Roger, G. Schroder.; Zaheer Srilata.; S. Choo Adrian.: *Journal of Operations Management*. Volume 21, (2003) 193-203. www.elsevier.com/locate/dsw [02 Mayıs 2002],
- [29] Meyer Ruth.; David krueger.: *A Minitab Guide ta Statistics*. State Collage: Minitab, inc, (2001) 41.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Denizli’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Denizli’de tamamladı. Denizli teknik lise makine bölümünü bitirdi. 2003’de Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Öğretmenliği Bölümünden üçüncülükle mezun oldu. 2004 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans Eğitimine başladı. Şu an özel sektörde çalışmaktadır.