

Çevrim Süresinin Azaltılmasında Altı Sigma Yöntemilimi

Tuğper Ertuğrul

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı

Şubat 2010

Cycle Time Reduction with Six Sigma Methodology

Tuğper Ertuğrul

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Industrial Engineering

February 2010

Çevrim Süresinin Azaltılmasında Altı Sigma Yöntembilimi

Tuğper Ertuğrul

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. A. Sermet ANAGÜN

Şubat 2010

ONAY

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Tuğber ERTUĞRUL'un YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Çevrim Süresinin Azaltılmasında Altı Sigma Yöntembilimi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. A. Sermet ANAGÜN

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. A. Sermet ANAGÜN

Üye : Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Üye : Doç. Dr. Nuray GİRGİNER

Üye : Yrd. Doç.Dr. Sevil ŞENTÜRK

Üye : Yrd.Doç.Dr.Ezgi AKTAR DEMİRTAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Son yıllarda artan rekabet ve küresel krizler yüzünden işletmeler varlıklarını sürdürmek ve daha da yükselebilmek için, faaliyetlerini daha düşük maliyetle daha kaliteli nasıl yapabilirim sorusuna cevap aramaya başlamışlardır. Bu arayış sonucunda çoğu işletme Altı Sigma yöntemini kendine rehber olarak seçmiştir. Altı Sigma son 20 yılın kalite felsefesini, en modern yönetim ve istatistik araçları ile birleştirmektedir. Altı Sigma uygulaması ile işletmeler, maliyet düşürme, çevrim zamanının kısılması, verimin artırılması, hata oranı azalması ve müşteri sürekliliği gibi iyileştirmeler sağlamışlardır.

Bu çalışmada bir uçak motoru parçasının çevrim ve teslimat süresinin azaltılmasında Altı Sigma Yöntemini kullanılmıştır. İlk olarak çevrim ve teslimat sürelerinin uzunluğuna sebep olan nedenler tanımlanmıştır. Daha sonra parçanın üretim süreci için tanımlama belgesi, pareto diyagramı, akış şeması, sebep sonuç diyagramı ve Takt time grafiği gibi Altı Sigma araçları kullanılarak iyileştirmeler yapılmıştır. Parçanın çevrim süresindeki değişimin tespiti için benzetim uygulanmıştır. Parçanın üretim sürecinde öngörülen iyileştirmeler gerçekten uygulanarak çevrim ve teslimat süresinde önemli kısaltmalar sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, Çevrim Süresi, Teslimat Süresi, Uçak Motoru Parçası, Takt Time Grafiği, Benzetim

SUMMARY

In recent years, due to increased competition and global crisis the businesses have begun to seek answers of how can we do more quality work with lower costs to survive and to further increase their activities. As a result of this quest as many businesses choose Six Sigma methodology has its own guide. Six Sigma combines the quality approaches of the last 20 years with uptodate management and statistical tools and methods. Through the Six Sigma applications the businesses reaches improvements like reduction in costs and cycle times, increase in efficiency, customer focus, decrease in scrap rates.

In this study, which was applied in TEI, Six Sigma tools are used for reducing the cycle time and lead time for an aircraft engine part. Firstly, the reason of long cycle and lead time is defined. Then, operations of production process is improved with used definition document, pareto diagram, run chart, cause effect diagram and Takt time graph etc. Six Sigma tools. For the determining of improvement cycle time, simulation is used. Projected improvements are really done and cycle time and lead time significantly reduced.

Keywords: Six Sigma, Cycle Time, Lead Time, Aircraft Engine Part, Takt Time Chart, Simulation

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında değerli fikirleri ile beni aydınlatan ve benden hoşgörü ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. A. Sermet Anagün'e şükranlarımı sunuyorum.

Tez çalışması boyunca bana her konuda yardımcı olan TEI işletmesi çalışanlarına, özellikle de Sayın Serhan KURT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, çalışmanın başından sonuna kadar bana her türlü desteği vererek, her zaman yanımda olan sevgili eşim ve aileme teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ALTI SİGMA	3
2.1 Altı Sigma'nın Tanımı	3
2.2 Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişimi	15
2.2.1 Motorola ve Altı Sigma	16
2.2.2 AlliedSignal ve Altı Sigma	22
2.2.3 General Electric ve Altı Sigma	22
2.3 Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi	24
2.4 Altı Sigma'nın İlkeleri	26
2.4.1 Müşteri odaklılık	26
2.4.2 Verilere dayalı yönetim	27
2.4.3 Süreç odaklılık	27
2.4.4 Proaktif yönetim	28
2.4.5 Sınırsız işbirliği	28
2.4.6 Mükemmeli hedefleyerek başarısızlığa tolerans göstermek	29
2.5 Altı Sigma'nın Hedefleri	29
2.6 Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar	31
2.7 Dünya'da ve Türkiye'de Altı Sigma	34
3. ALTI SİGMA YÖNTEMBİLİMİ	38
3.1 Tanımlama	41

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2 Ölçme	43
3.3 Analiz	46
3.4 İyileştirme	47
3.5 Kontrol	48
3.6 Altı Sigma Süreç İyileştirmesinde Kullanılan Araçlar	49
3.6.1 Tanımlama belgesi	49
3.6.2 Ağaç diyagramı	51
3.6.3 Süreç haritası	52
3.6.4 Akış şeması	52
3.6.5 Pareto diyagramı	54
3.6.6 Histogram	54
3.6.7 Sebep/Sonuç diyagramı	55
3.6.8 Beyin fırtınası	56
3.6.9 Takt Time grafiği	56
3.6.10 Hata türü ve etkileri analizi	59
3.6.11 Varyans analizi (VARAN)	60
3.6.12 Deney tasarımı	61
3.6.13 Serpme diyagramı	61
3.6.14 Kontrol grafiği	62
4. ALTI SİGMA YÖNTEMBİLİMİ İLE BİR UÇAK MOTORU PARÇASININ	
 ÇEVİRİM SÜRESİNİ AZALTMA UYGULAMASI	64
4.1. İşletmenin Tanıtımı	66
4.2 Tanımlama Aşaması	70
4.3 Ölçme Aşaması	76
4.4 Analiz Aşaması	81
4.5 İyileştirme Aşaması	86
4.6 Kontrol Aşaması	97

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	101
6. KAYNAKLAR DİZİNİ	103

EKLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Üç Sigma ve Altı Sigma'nın istatistiksel gösterimi	4
2.2 Altı Sigma'ya doğru süren gelişme	9
2.3 Altı Sigma'nın var oluşunu anlatan kronolojik özet	16
2.4 Süreç sigma seviyesi ile hata oranı (DPMO) grafiği	30
2.5 Altı Sigma Örgütlenmesi	32
3.1 TÖAİK (DMAIC) Adımları	38
3.2 SIPOC modeli	52
3.3 Süreç akış şemasında kullanılan semboller	53
3.4 Ana ve tali sebeplerin gösterildiği sebep/sonuç diyagramı örneği	56
3.5 Takt Time uygulama örneği	58
3.6 Sürecin kontrolde, kontrol dışı ve indirgenen değişkenliği durumları	63
4.1 TEI Kalite Planı	68
4.2 TEI'de Altı Sigma Organizasyonu	68
4.3 TEI'de Altı Sigma Faaliyeti Akış Şeması	69
4.4 TEI'deki yıllara göre MOHS'ları	70
4.5 TEI'deki yıllara göre Altı Sigma projelerinin sayıları	70
4.6 Altı Sigma Proje tanımlama belgesi	71
4.7 Parçanın ön ve arka yüzden görünümü	72
4.8 Parçanın resimleri	72
4.9 Parçanın süreç akış şeması	73
4.10 Ölçeksiz olarak tezgah ve bölümlerin yerleri	76
4.11 Parçanın seri numaraları bazında fiili üretim sürelerini gösteren sütun grafiği.....	81
4.12 Parçanın seri numaraları bazında hazırlık, işlem, tekrar işleme sürelerini gösteren pareto diyagramı	82
4.13 İlk dört parça için operasyonlar arasında ortalama bekleme sürelerini gösteren sütun grafiği	83

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.14 TAKT Time grafiği	83
4.15 Aylara göre sipariş adetleri	84
4.16 Sebep sonuç diyagramı	85
4.17 Önerilen iyileştirmelerin özetlendiği süreç akış şeması	88
4.18 İyileştirmelerden sonraki süreç akış şeması	89
4.19 İyileştirme ncesi ve sonrası spagetthi chart	90
4.20 İyileştirme ncesi için benzetim modeli	93
4.21 İyileştirme sonrası için benzetim modeli	94
4.22 Benzetim alışmaları sonucunda elde edilen sonuç raporlarından bazıları	95
4.23 İyileştirme sonrası ve iyileştirme sonrasında öneri yer değişikliği	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Altı Sigma'nın Beş N Bir K'sı	8
2.2 Sigma Seviyeleri	11
2.3 Verimsizlik – Sigma İlişkisi	12
2.4 3,8 Sigma seviyesi ile 6 Sigma arasındaki karşılaştırmalı olaylar	12
2.5 Altı Sigma Ekiplerinin Rollerini	33
2.6 Bazı firmaların Altı Sigma ile elde ettikleri yıllık ortalama karlar	35
2.7 Ülkemizde ve dünyada Altı Sigma uygulayan önemli firmalar	37
3.1 Altı Sigma'nın Temel Adımları	39
3.2 Altı Sigma İyileştirme Modeli	40
3.3 Tanımlama süreci takip tablosu	43
3.4 Ölçme süreci takip tablosu	45
3.5 Ölçümlenme gerektiren alanlar	46
3.6 Örnek Tanımlama Belgesi	51
4.1 Parçanın seri numarası temelinde gerçek üretim süreleri	76
4.2 Parçanın seri numarası temelinde hazırlık, işlem, tekrar işleme süreleri	77
4.3 Operasyon numaralarına karşılık gelen tezgah/bölüm isimleri	78
4.4 Operasyonlar arasında bekleme süreleri (saat)	78
4.5 Operasyonlara ait işlem süreleri (saat)	79
4.6 Aylara göre parçanın sipariş adetleri	80
4.7 Operasyonlara göre tezgahlar/bölümler arası uzaklıklar (metre)	80
4.8 Operasyonlara göre yeni tezgahlar/bölümler arası mesafeler (metre)	91
4.9 İyileştirme öncesi ve sonrası işlem sürelerinin karşılaştırması	92
4.10 İyileştirme öncesi ve sonrası durum	96

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
σ	Küçük Sigma, Standart Sapma
σ^2	Varyans
Σ	Büyük Sigma, Toplam Sembolü
X	Bağımsız Değişken
Y	Bağımlı Değişken
μ	Normal Dağılımda Ana Kütle Ortalaması
n	Örneklem Büyüklüğü

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
TUSAŞ	Türk Uçak Sanayi A.Ş.
TEI	TUSAŞ Engine Industry
GE	General Electrics
TÖAİK	Tanımlama, Ölçme, Analiz etme, İyileştirme, Kontrol
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
MOHS	Milyon Olasılıkta Hata Sayısı
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
ISO	International Standart for Organization
CTQ	Critical to Quality
KKÖ	Kritik Kalite Karakteristikleri
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
VOC	Voice of Customer (Müşterinin Sesi)
HTEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis
ANOVA	Analysis of Variance
VARAN	Varyans Analizi
RÖS	Risk Öncelik Sayısı
DOE	Design of Experiments (Deney Tasarımı)
OÇ	Orta Çizgi
AKS	Alt Kontrol Sınırı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ÜKS	Üst Kontrol Sınırı
DPMO	Defect Per Million Opportunity

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda artan rekabet, her türlü işletmenin önce varlığını sonra da karlılığını sürdürebilmesi için daha fazla müşteri memnuniyeti üzerine çalışmaları gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Ancak yakın zamanda yaşanan küresel ekonomik kriz tüm dünya üzerinde sadece en iyilerin ayakta kalmasına sebep olmuştur. İşte bu noktada Altı Sigma gibi müşteri memnuniyetini işletmelerin en büyük hedefi haline getiren bir yönetim sistemi işletmeler için daha da popüler hale gelmiştir.

İlk olarak 80'li yılların ortalarında Motorola'da doğan Altı Sigma Motorola'nın kurtuluşu ve yükselişinde büyük paya sahiptir. İzleyen yıllarda AlliedSignal ve General Electric gibi işletmelere de sıçramış ve günümüze kadar Altı Sigma uygulayan işletme sayısı çığ gibi artmıştır. Birçok yazar ve araştırmacı tarafından Altı Sigma uygulamasında en başarılı işletmenin General Electric olduğu iddia edilmektedir. General Electric savunma sanayiden sağlığa kadar birçok alanda ve birçok ülkede ortaklıkları ile faaliyet göstermektedir. Türkiye'de TEI (Turkish Engine Industry) ile ortaklığı bulunan General Electric, kendi bünyesinde uyguladığı Altı Sigma yaklaşımının TEI' de de uygulanmasını sağlamış ve bu konuda TEI birçok başarıları imza atmıştır.

Altı Sigma'nın ilk ve hâlihazırda en iyi uygulayıcılarından biri olan General Electric (GE) Firması Altı Sigma'yı "Müşteri memnuniyetine giden yol haritası" şeklinde tanımlamaktadır (GE, 2007).

Honeywell CEO'su Dave Cote'a göre "Altı Sigma, içerisinde kuvvetli araçların bulunduğu bir teknik program gibi görünse de, aslında bütününde yönetsel ve kültürel bir değişim programıdır" (Polat vd., 2005).

Bu çalışmada imalatı yapılan önemli bir uçak motoru parçasının çevrim ve teslimat sürelerinin Altı Sigma yöntembiliminden faydalanılarak azaltılması amaçlanmıştır.

Beş bölümden oluşan çalışmanın ikinci bölümünde Altı Sigma'nın tanımlanmasına yer verilmiş ve Altı Sigma'nın gelişimi tarihsel olarak ele alınmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde ise Altı Sigma metodunun Tanımlama/Define, Ölçme/Measure, Analiz etme/Analyze, İyileştirme/Improve ve Kontrol/Control (TÖAİK/DMAIC) aşamaları sırasıyla incelenerek; amaçları ve detayları hakkında bilgiler verilmeye çalışılmış, TÖAİK/DMAIC aşamalarında kullanılan önemli araçlar ele alınmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, alanında Türkiye'de tek durumda bulunan TEI işletmesinde yurtdışına üretimi yapılan önemli bir uçak motor parçasının üretim aşamalarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesine ilişkin uygulama aktarılmıştır. Bu bölümde; tanımlama belgesi, pareto diyagramı, akış şeması, sebep sonuç diyagramı ve Takt time grafiği gibi Altı Sigma yönteminin temel araçları kullanılarak problemlerin temelinde yatan sebepler belirlenerek uygun iyileştirmelerle çevrim ve teslimat süresinde azalmalar sağlanmıştır. Ayrıca Arena paket programı ile parçaya ait işlem sürelerindeki iyileştirme öncesi ve sonrası benzetimleri yapılmıştır.

Sonuç ve Öneriler bölümünde ise çalışma ile elde edilen başarı irdelenirken yeni yerleşim önerileri ile taşıma mesafelerinde yeni iyileştirmeler öngörülmüştür. Ayrıca parça için bundan sonra yapılabilecek yeni uygulamalar da incelenmiştir.

BÖLÜM 2

ALTI SİGMA

2.1 Altı Sigma'nın Tanımı

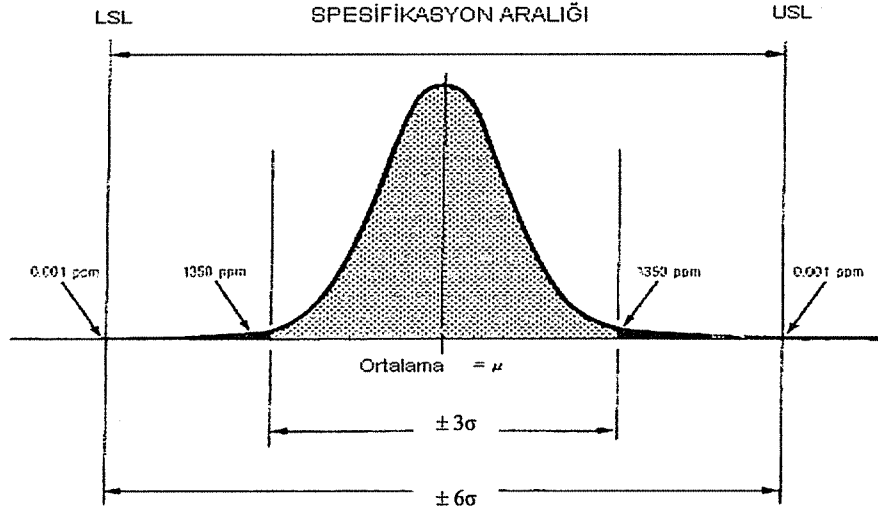
Yunan alfabesinin 18'inci harfi olan küçük sigma (σ), istatistikte bir değişkenlik ölçüsü olan standart sapmayı ifade etmektedir. Verilerin değerleri birbirlerine yakın olduğunda değişkenlik az, buna karşılık değerler birbirlerinden farklı olduğunda ise değişkenlik fazladır. İstatistiksel olarak değişkenlik çeşitli ölçülerle hesaplanabilir. Bunların arasında en sık kullanılanlar; değişim aralığı, standart sapma ve varyanstır.

Varyans rassal bir değişkenin ortalama değer dağılımının veya yayılımının ölçüsünü ifade etmektedir (Spiegel, et al., 2009). Bir diğer anlatımla, standart sapmanın karesi (σ^2) olarak ifade edilen varyans bir dağılımın yayılmasını ölçer (Dowdy, et al., 2004). Varyans, değişkenliğin temel ölçütüdür. Standart sapma, bir normal dağılım eğrisinde ortalama ile eğrinin iç bükeyden dış bükeye dönüş noktası arasındaki uzaklıktır.

Standart sapma istatistiksel olarak heterojen veya homojen bir dağılıma, yayılma, sapma, farklılaşma ölçüsüdür. Belirli koşullarda oluşan değerler arasındaki farklılaşma ne kadar büyükse, standart sapması da o kadar büyük bir değer olarak hesaplanmış olur. Farklılıklar azaldıkça, bunların ölçüsü olan standart sapma da küçülür.

Altı Sigma çalışmalarında, elde edilen bilgiler sayısal değerler ile ifade edilerek ortaya çıkan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilir. Hesaplanacak olan sigma değeri, hatanın ne miktarda olduğunu ifade etmektedir. Sigma değerinin 6'ya doğru yaklaşması, hataların azalması demektir. Burada hedef, milyonda 3.4 hata oranını yakalamaktır. Bu durum günümüzde az sayıda firmanın ulaşabileceği bir hedef olarak kabul edilmektedir (Pande and Holpp, 2002).

Ortalama spesifikasyon limitlerinin merkezinde olduğunda 3 sigma ve 6 sigma için her iki kuyrukta oluşan hata oranları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Üç Sigma ve Altı Sigma'nın istatistiksel gösterimi

Kaynak: Desphande, P.B., Makker, S.L., Goldstein, 1999, M. Boost Competitiveness via Six Sigma, Chemical Engineering Progress, September, s.65-70.

Sigma seviyesi, süreçlerin yeterliliği için kullanılan bir ölçüttür ve kusurların hangi sıklıkla meydana geldiğini ifade eder. Proseslerin sigma seviyelerinin artması, değişkenliğin azalması ve hata oranlarının parabolik olarak azalması demektir. Altı Sigma yönteminde ise kelime anlamı olarak sigma, üretim sürecinin müşteri memnuniyetini mükemmel olarak karşılayacak seviyeden ne kadar uzakta olduğunu gösteren istatistiksel bir terimdir. Sigma düzeyi artarken maliyet ve çevrim zamanı azalmakta, dolayısıyla kar ve müşteri memnuniyeti artmaktadır (İnternet-1).

Altı Sigma'nın birçok tanımı olmakla birlikte önemli ve bütünü ifade eden bazı tanımlar şu şekildedir;

Birçok yazar ve bilim adamı Altı Sigma'yı; bir yönetim stratejisi (Motorola ve diğer çok sayıda şirketi olağanüstü başarılarla taşıyan yönetim stratejisi), bir hedef (milyon parça başına 3,4 hata oranı ile mükemmel yakın müşteri memnuniyetini sağlama hedefi), istatistiksel bir yöntem (ürün ve süreçlerdeki değişkenliği azaltmak için kullanılan ileri istatistiksel yöntem) ve kültürel değişim süreci (şirketin müşteri

memnuniyeti ve karlılığını artırarak rekabetçi konumunu güçlendirmesi için gerekli kültürel değişim süreci) olarak tanımlamaktadırlar. Ancak bu tanımların hiçbiri Altı Sigma yaklaşımını tüm yönleri ile ortaya koyacak bir tanım olarak tek başına yeterli olmamaktadır (Pande et al., 2000).

Altı Sigma'nın ilk ve halihazırda en iyi uygulayıcılarından biri olan General Electric (GE) Firması Altı Sigma'yı "Müşteri memnuniyetine giden yol haritası" şeklinde tanımlamaktadır. Devamında Altı Sigma'yı şu şekilde anlatmaktadır (GE, 2007);

"Altı Sigma gizli bir kuruluş veya bir slogan değildir. Bize üretim ve hizmet sektöründe ürünlere ve verilen hizmete odaklanmamızda yardım eden çok disiplinli bir prosestir. Altı Sigma GE'nin DNA'sını değiştirdi ve şu anda yaptığımız her işte dizayn ettiğimiz her üründen "iş yapış şeklimiz" haline geldi."

Honeywel CEO'su Dave Cote'a göre "Altı Sigma, içerisinde kuvvetli araçların bulunduğu bir teknik program gibi görünse de, aslında bütününde yönetsel ve kültürel bir değişim programıdır" (Polat vd., 2005). Honeywell'in bu konudaki bir diğer açıklaması ise şöyledir: "Altı Sigma yalnızca istatistiksel bir önlem veya bir duvar tabelası değildir; genetik şifrelerimizin bir parçası ve ortak dilimizin kaynağıdır" (Hill and Kearney, 2003).

Altı Sigma; organizasyonun temel süreçlerini, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, değerlendirmek ve iyileştirmek için, şimdi ve gelecekte, tüm çalışanların bilgilerinin ve kantitatif metotların etkin olarak kullanılmasıdır (Baş, 2003).

İstatistiksel analiz yazılımını üreten Minitab şirketi Altı Sigma'yı; hataları azaltan, müşteri memnuniyetini artıran, süreçleri iyileştiren ve ölçülebilir finansal sonuçlar doğuran bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır. Farklı bir bakış açısıyla Motorola şirketi Altı Sigma'yı, bir iş stratejisi ve bir felsefe olarak açıklamaktadır. Altı Sigma'nın kurucularından Mikel Harry ise altı sigmayı şöyle ifade eder:

"...belirli hata kaynaklarını saptamak ve onları yok etmek için verileri toplayan ve istatistiksel analizleri kullanan bir yöntemdir" (Sitnikov, 2003).

Altı Sigma'yı işleten benzersiz mekanizmayı, müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmek oluşturmaktadır (Pande et al., 2004).

Altı Sigma, temelde tüketici memnuniyetini geliştirmek, çevrim süresini azaltmak ve hataları azaltmak olmak üzere üç hedefe ulaşmaya çalışmaktadır (Pande and Hollp, 2002).

Altı Sigma'nın kullandığı araç ve teknikler önceki kalite yönetim yaklaşımlarıyla benzerlik gösterse de, Altı Sigma kuruluşlara önceki yaklaşımlarda olmayan ciddi bir organizasyonel yapı sağlamaktadır. Kalite yönetimi konusunda gelişen bu yapı, iyileştirme faaliyetlerinin kontrolü sürecinde daha özenli bir yaklaşım sağlamaya yardımcı olmakta ve aynı zamanda farklı üyelerin katılımı ile problem çözümlerine yaratıcı bir içerik kazandırmaktadır (Schroeder et al., 2007).

Altı Sigma, sistematik olarak süreçlerin iyileştirilmesi ve süreç iyileştirmelerinin desteklenmesi için istatistiksel teknikleri ve verileri kullanır. Süreç parametreleri, ortalama ve standart ayrılışın spesifikasyonlar veya hedefler ile kıyaslanması temeline dayanarak değerlendirilir. Özet olarak ifade edilir ise Altı Sigma, daha sıkı çalışmak için değil; ancak daha akıllıca çalışmak için bir felsefe, iş stratejisidir (Wyper and Harison, 2000).

Altı Sigma'nın arkasındaki ana fikir; "eğer birileri bir süreçte ne kadar hata olduğunu ölçebilirse, birileride sistematik olarak hataları nasıl kaldıracakını araştırır ve böylece sistem sıfır hataya mümkün oldukça çabuk yaklaşabilir" şeklindedir (Desail and Shrivastava, 2008).

Temelde Altı Sigma, organizasyondaki herkese nasıl daha verimli ve etkili olabileceklerini öğretir. Ne yazık ki çoğu organizasyon verimsizdir ve etkili değildir. Bu, onların mutsuz müşterileri olduğu ve süreçleri optimum seviyede işletemediği için önemli miktarda parayı ziyan ettikleri anlamına gelir (Eckes, 2005). Altı Sigma, temel

düzeyde, aynı anda hem verimliliği hem de etkililiği iyileştirmeye yönelik bir girişimdir. Altı Sigmanın arkasında yatan konsept bir milyon olasılık başına kaç mutsuz müşteri deneyimi olabileceğinin teknik bir ölçütüdür. Örneğin her gün McDonald's bir milyon müşteriye hizmet veriyor ve yalnızca üç tanesi deneyimlerinden memnun kalmadıysa McDonald's o gün Altı Sigma'ya ulaşmış demektir. Bunun nedeni Altı Sigma'nın bir milyon olasılık başına yalnızca 3,4 tane kötü müşteri deneyimine eşit olmasıdır.

Altı Sigma müşteri tatmininin mükemmel yakın ölçütüdür. Çoğu şirket iki ila üç sigmalı performans düzeyindedir ki bu bir milyon müşteri ilişkisi başına 308538 ila 66807 müşteri memnuniyetsizliği anlamına gelmektedir (Eckes, 2005).

Altı Sigma iş ve organizasyon performansının geliştirilmesi için en etkili problem çözme yöntemidir. Altı Sigma ile çözülemeyecek hiçbir iş, teknik ya da süreç problemi yoktur. Geçmiş on yıl içerisinde dünyanın ileri gelen birçok işletmesi Altı Sigma yöntemini kullanarak toplamda karlarını 100 milyar dolar artırmışlardır. Altı Sigma organizasyonları devamlı düşük maliyet, gelir artırımı, müşteri tatmini, kapasite ve yapabilirlik artırımı, karmaşıklığın azaltılması, çevrim sürelerinin düşürülmesi ile hata ve hatalı işlemlerin en aza indirilmesi gibi performans gelişimleri için Altı Sigma yöntemini ve araçlarını kullanır (Gygi et al., 2005).

Altı Sigma'nın daha iyi anlaşılabilmesi için Çizelge 2.1 'de "Altı Sigmanın Beş N Bir K'sı" verilmiştir (Eckes, 2005).

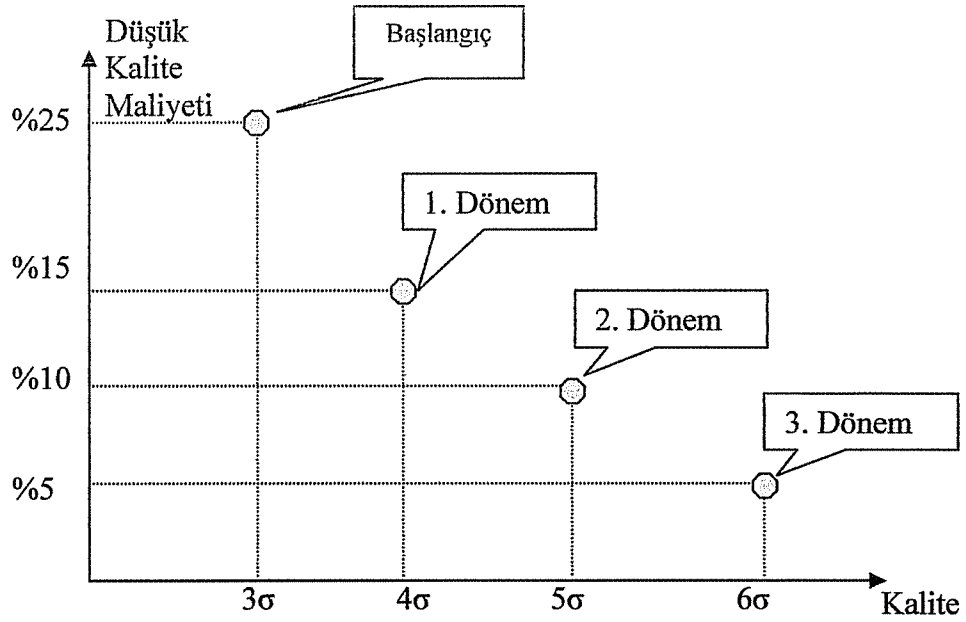
Çizelge 2.1. Altı Sigma'nın Beş N Bir K'sı

Altı Sigmanın Beş N Bir K'sı	
Neden Altı Sigma ?	Altı Sigma müşterileri tatmin etmek için kullanılır.
Kim yapar?	Yukarıdan aşağıya doğru yapılandırılmış bir hiyerarşi içinde, eğitilmiş personel tarafından gerçekleştirilir.
Nedir?	Değişkenlikleri ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için verilerden hareket eden istatistiksel düşüncedir .
Nerede uygulanır?	Standart "Tanımla-Ölç-Analiz et-İyileştir-Kontrol et" veya İngilizce kısaltmasıyla "DMAIC" adımları çerçevesinde uygulanır.
Nasıl yapılır?	Enformasyon analizleri için yazılım paketleri kullanılarak yapılır.
Ne zaman yapılır?	Projeler ile desteklenen çabalar içinde yapılır.

Altı Sigma, salt bir iyileştirme programı değildir. İyileştirme için iyileştirmeyi öngörmez. Müşteri tatminini ve işletme kârını arttırmak için stratejik problem çözme tekniklerini kullanır. Temel istatistik kavramlarına dayalı etkin bir karar verme mekanizması ve disiplini sağlar. Çalışanlara iş yapma şekillerini nasıl iyileştirebileceklerini ve yeni performans düzeylerini nasıl koruyabileceklerini öğretir. Altı Sigma yaklaşımı, süreç gücü ve insan gücünü çok iyi bir şekilde bir araya getirerek sinerji sağlar. Pek çok çalışan için en büyük ödül Altı Sigma projelerinden elde edilen somut sonuçlardır. Ayrıca Altı Sigma, kapsamlı ve esnek yapısı itibariyle stratejik planlamadan, iş programlarına; Ar-Ge çalışmalarından, müşteri hizmetlerine kadar hemen hemen tüm iş faaliyetlerine uygulanabilecek bir yaklaşımdır. Birkaç önemli sürecin iyileştirilmesinden, tüm organizasyonun yeniden yapılanmasına kadar çok farklı ölçeklerde kullanılabilir (Baş, 2003).

3σ kalite düzeyini işletebilecek düzeyde olan bir işletme, var olan sisteminin dışında daha iyi kalite düzeyine ulaşmayı denerse; bu, o işletme için maliyet artışına sebep olur. Aynı zamanda hem daha iyi kalite hem de düşük maliyetlere ulaşılacak yeni sistemler geliştirilmelidir. Bu aşamada Altı Sigma sistemine ihtiyaç duyulur. Altı sigma bir varış yeri ya da son nokta değildir, Altı Sigma sürekli gelişim için bir

yoiculuuktur. Altı Sigma yönetim felsefesinde hiçbir firma kısa sürede ve kolayca 3σ'dan 6σ'ya geçemez. Bunun yerine, genel performans önce 3σ'dan 4σ'ya, daha sonra 5σ'ya ve bunun gibi artan şekilde, insanların eğitimi ve sistemlerin yeniden tasarımı ve geliştirilmesi ile geçilir. Şekil 2.2.'de Altı Sigma'ya doğru süren gelişimi göstermektedir (Pyzdek, 2003).



Şekil 2.2. Altı Sigma'ya doğru süren gelişim

Kaynak: Pyzdek T., 2003, The Value of Six Sigma, <http://www.pyzdek.com/PDF/1999-12.pdf>

Altı Sigma yaklaşımında; kuruluşlar hemen hemen hatasız ürünler üretmekle kalmaz aynı zamanda müşteri hizmetlerini, insan kaynaklarını, satın almayı kapsayan şirket süreçleri ile eşgüdümlü çalışarak oldukça etkili üretim ve yönetim sistemleri kurabilirler. Bu sistemler, hatasız ürün tesliminin yanı sıra yeniden işleme ve artıkların yok edilmesine olanak tanır. Hatalar sadece süreç sonunda denetlenmek yerine istatistiksel kontrollerle ve girdilerin değerlendirilmesi ile sürecin her evresinde denetlenir. Müşteri hizmetleri, satın alma gibi üretim yapılmayan süreçlerde ise altı sigma; çevrim zamanının azaltılması, müşteriye zamanında ve hızlı cevap verme, tedarik yönetiminde ve envanter kontrolünde uygulanabilmektedir (O'rouke, 2003).

İstatistiksel olarak sıfır hataya yakın en anlamlı sigma düzeyi altı sigma seviyesidir. Altı sigma seviyesinde çalışan bir proseste milyon örnekte hata oranı olasılığı sadece 3,4 adettir. Halihazırda altı sigma seviyesinin üstünde çalışan prosesler mevcuttur. Buna havayollarının varış noktasına ulaşma performansını örnek verebiliriz. Bu prosesin ulaşılan mevcut performans düzeyi 7,4 sigma seviyesidir. Görüldüğü gibi bu yönetim felsefesi sıfır hatayı değil; istatistiksel olarak sıfır hataya yakınsanabilecek en ulaşılabilir hedef olarak gözüken 6 sigma düzeyini hedef olarak almaktadır.

Altı Sigma farklı kuruluşlara farklı anlamlar ifade edilebilir. Bir kuruluşta mükemmelliği hedefleyen topyekûn bir yönetim felsefesi iken, başka bir kuruluşta verimliliği artırmayı hedefleyen iyi tasarlanmış kapsamlı bir süreç iyileştirme yöntem bilimidir. Kuruluşlar Altı Sigma'yı kendilerince nasıl konumlandırırlarsa konumlandırırsınlar amaç mükemmelliğe yolculuktur (İnternet-2).

Uygulaması oldukça zor olan Altı Sigma'nın uluslararası firmalar çapında kabul görmesinin sebepleri araştırıldığında ilk fark edilen, bu sistemin firmalara sağladığı faydanın ilk yatırım maliyetinin çok üzerinde olmasıdır. Altı Sigma'nın net kar üzerindeki doğrudan etkileri, hataların azalması (Milyon Olasılıkta Hata Sayısı-MOHS, Sigma vb.), çevrim zamanında iyileşme ve maliyetlerde düşme (yeniden işleme, fireler vb.) gibi göstergelere doğrudan bağlı olabilir. Daha "zor" ancak uzun vadede mali açıdan daha anlamlı olan göstergeler ise kar marjları, müşteri sadakati, müşteri tutma oranı, yeni ürün satışları vb.dir (Pande et al., 2000).

Altı Sigma birçok firma için şaşırtıcı kazanımlar sağlamıştır;

- General Electric Altı Sigma uyguladığı beş yıl içinde 7 ila 10 milyar dolar arası kar elde etmiştir.
- Dupont Altı Sigma programına başladığı ilk iki yılda bütçesini 1 milyar dolar artırırken bu rakam dört yıl içinde 2.4 milyar dolara kadar ulaşmıştır.
- Bank of America üç yıl içerisinde milyonlarca dolar tasarruf sağlamakla birlikte, çevrim süresini yarıdan fazla seviyede azaltmış ve işlem hatalarını da ciddi seviyede düşürmüştür.

- Honeywell direk maliyetlerini 2 milyar dolar gibi rekor bir rakamla azaltmıştır.
- Altı Sigma'nın başladığı yer olan Motorola ise dört yıllık bir süre içerisinde 2,2 milyar dolar tasarruf sağlamıştır.

Sigma seviyesinin yüksekliği ilgili karakteristiğın yeteneğinin yüksekliğini de göstermektedir. Çizelge 2.2'de sigma seviyelerine karşılık gelen yüzde hata oranları ve milyondaki hata sayıları verilmiştir.

Çizelge 2.2. Sigma Seviyeleri

Sigma	Yüzde Hata Oranı	Milyondaki Hata Sayısı
1	69%	691.462
2	31%	308.538
3	6,7%	66.807
4	0,62%	6.210
5	0,023%	233
6	0,00034%	3,4
7	0,0000019%	0,019

Kaynak: Gygi, C., Decarlo, N., Williams, B., 2005, Six Sigma for Dummies, Wiley Publishing, Inc., Syf.23

Kurumların ulaştıkları sigma seviyeleri ile verimlilikleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. 2 Sigma seviyesindeki kuruluşlarda toplam giderlerin %35'i katma değersiz işler olarak boşa harcanmaktadır. 3 Sigma seviyesinde bu oran %25, 6 sigma seviyesindeki işletmelerde ise bu oran %10'ların altına kadar inmektedir. 6 Sigma ile ulaşılmak istenen amaç, süreçlerdeki hata oranını mümkün olduğunca azaltarak mükemmelere ulaşma çabasıdır.

Çizelge 2.3'de görüldüğü gibi sigma seviyeleri ile Milyondaki Hata Sayısı değerleri arasındaki ilişki doğrusal değil, paraboliktir. Örneğin 2 Sigma seviyesinden 3 Sigma seviyesine ulaşabilmek için sürecimizdeki hata oranlarının yaklaşık 5 kat iyileştirilmesi gerekirken, 3 Sigma'dan 4 Sigma seviyesine ulaşabilmek için bu oran yaklaşık 11 kat, 4 Sigmadan 5 Sigmaya yaklaşık 26 kat ve 5 sigmadan 6 sigmaya ise yaklaşık 68 kat iyileştirme gerekmektedir. Bu yüzden pek çok şirket klasik yöntemler ile süreçlerini 2 Sigma seviyesinden 3 Sigma seviyesine taşıyabilmekte, ancak bundan sonraki sigma seviyelerine ulaşamamaktadır. Süreçlerin bu denli radikal oranlarda iyileştirebilmesi

için klasik yöntemlerin dışında farklı bilimsel araçların ciddi bir şekilde kullanılması gerekir ki, Altı Sigma yönteminin istatistik bilimini bu denli etkin kullanmasının sebebi de budur (Polat vd., 2005).

Çizelge 2.3 Verimsizlik – Sigma İlişkisi

Kalitesizlik Maliyeti	Milyondaki Hata Sayısı	Sigma
Satışların 40-69%	691.462	1
Satışların 30-40%	308.538	2
Satışların 20-30%	66.807	3
Satışların 15-20%	6.210	4
Satışların 10-15%	233	5
Satışların <10%	3,4	6

Sigma seviyelerinin arasındaki farkı daha iyi anlayabilmek için Çizelge 2.4'de 3,8 Sigma seviyesi ile 6 Sigma arasındaki karşılaştırma örneklenmiştir.

Çizelge 2.4. 3,8 Sigma seviyesi ile 6 Sigma arasındaki karşılaştırması

99% İyi (3,8 Sigma)	99,99966% Çok İyi (Altı Sigma)
Her bir saatte kaybolan 20.000 posta	Her bir saatte kaybolan 7 posta
Her gün musluktan 15 dakika kullanılamayacak durumda su akması	Her 7 ayda musluktan 1 dakika kullanılamayacak durumda su akması
Haftada 5,000 hatalı cerrahi müdahale	Haftada 1,7 hatalı cerrahi müdahale
Her gün 2 sefer istenilenden uzun yada kısa iniş yapılan havayolları	Her 5 yılda 1 sefer istenilenden uzun yada kısa iniş yapılan havayolları
Her yıl 200.000 adet hatalı reçete	Her yıl 68 adet hatalı reçete
Her ay 7 saat elektrik kesintisi	34 yılda 1 saat elektrik kesintisi
New York borsasında her gün 11.8 milyon hatalı işlem	New York borsasında günde 4,021 milyon hatalı işlem
Her yeni otomobil için 3 garanti içi hata	980 yeni otomobil için 1 garanti içi hata
Her yıl 48.000 ila 96.000 arasında insanın hastanelerdeki hatalı tedavilerden dolayı ölmesi	Her yıl 17 ila 34 arasında insanın hastanelerdeki hatalı tedavilerden dolayı ölmesi

Altı Sigma'nın önemli özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Hislerle değil, verilerle karar vermeyi öngörür.

- Çıktıları izlemek yerine girdilere odaklanır. Girdileri kontrol altına alarak çıktılara hükmetmeyi amaçlar.
- Sistemattir, her adım bir sonrakine ışık tutar.
- Problemleri istatistiksel problemlere çevirir ve çözer. Girdi ve çıktılar, veri tabanlı olarak incelenir ve değerlendirilir.
- İyileştirmeler sürecin başlangıç yeteneğiyle karşılaştırılarak projenin başarısı net bir şekilde ortaya koyulur.
- Net bir kontrol planı ile süreçlerdeki iyileşmelerin sürekliliği sağlanır.
- Sonuçları finansal göstergelerle birleştirir ve finansal etkisi hesaplanarak parasal olarak ifade edilir (Gür, 2003).

Altı Sigma, yüksek düzeyde müşteri memnuniyetine ulaşmak için dünya çapında kaliteyi ve sürekli iyileşmeyi sağlayan bir iş felsefesidir. Bu çerçevede yapılandırılan herşey, organizasyonun stratejik amaçları ve müşterilerinin ihtiyaç ve beklentileri doğrultusunda kurulmuştur. Bu tanım organizasyonlara Altı Sigma potansiyelinin kilidini açması için gerekli altyapıyı sağlayacaktır. Gerçekleştirilebilecek iş başarıları, Altı Sigma'nın çok farklı alanlarda kanıtlanan yararlarından dolayı oldukça geniştir.

Altı Sigma uygulandığı işletmelerde;

- Maliyetlerde azalma,
- Üretkenlikte artış,
- Pazar payında artış,
- Müşteri tatmininde artış,
- İş çevrim süresinde azalma,
- Hata oranında azalma,
- Olumlu kültürel değişim,
- Ürün/hizmet geliştirme, gibi pek çok getiriye de beraberinde işletmelere sunmaktadır (İnternet-4).

Altı Sigma'nın diğer iyileştirme tekniklerinden en büyük farkı; Altı Sigma'nın tek bir yöntem ya da strateji üzerine kurulu, gelip geçici bir heyecan olmamasıdır.

Yöneticilik becerisini ve performansını iyileştirmeyi hedefleyen esnek bir sistem olmasıdır (Pande et al., 2000).

Genellikle tüm Altı Sigma yayılımları 3 temel aşamayı içerir; başarı için potansiyel belirleme, stratejik proses iyileştirme ve sürdürülebilirlik. Altı Sigma başlangıç aşamasında yüksek seviyede etkiyi elde eden firmaları incelediğinizde, tüm yayılım programını taklit eden, üç aşamalı proje seçimi uyguladıklarını görebilirsiniz. Bunlar; önemli ve etkisi yüksek projeleri seçmek, stratejik önceliklerle bağlantıyı sağlamak ve proses yönetim sistemini kullanmak şeklinde sıralanır (Bertels and Petterson, 2003).

Sonuç olarak Altı Sigma;

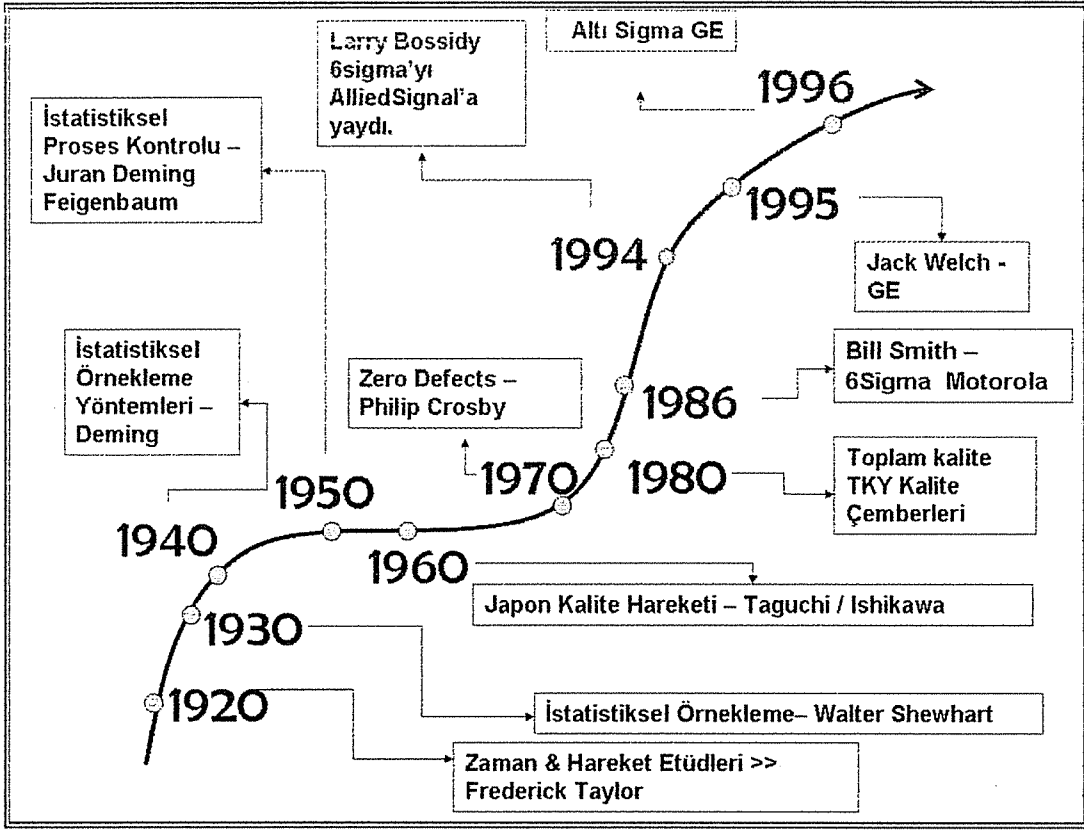
- Hedefi "mükemmel olmak" olan bir kalite ölçümüdür.
- Hizmetten üretime her türlü süreçteki hataları azaltmayı hedefleyen disiplinli ve veri odaklı bir metodolojidir.
- İyileştirme projeleri ile değişkenliğin azaltılmasına ve işlem (süreç) iyileştirmeye odaklanan ölçüm esaslı bir stratejidir.
- Bir yönetim felsefesidir.
- İstatistiğe dayalı bir yönetim şeklidir.
- Duruma dayalı izleme yöntemidir.
- Hatasız çalışma ve üretme anlayışıdır.
- Müşteri memnuniyetine odaklanmadır.
- Sürekli gelişme anlayışıdır.
- Yaratıcılığı teşvik eden bir yönetim şeklidir.
- Yapılan her işte hız ve mükemmelliktir.
- Şirket içi iletişimidir.
- Problemin tanımlanması, analiz edilmesi ve çözülmesidir. Problemin gelecekte ortaya çıkma olasılığını da önlemedir (Harry and Schroeder, 2000).

2.2 Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişimi

Altı Sigma, Dünya endüstrisine son yıllarda en hızlı yayılan işletme stratejisi ve yönetim sistemidir. Motorola, General Electric, AlliedSignal, Honeywell, Lockheed, Raytheon, Ford, Dupont, American Express, JP Morgan, BMW, Samsung gibi birçok şirket Altı Sigma'yı kendi şirketlerine uyarlamışlardır. Milyonlarca tasarruf elde edilen birçok başarı öyküsü kayıtlıdır, fakat programın başarısız olduğu işletmeler de olmuştur.

Altı Sigma 1980'lerin ortalarında Motorola tarafından geliştirildiği söylene de, birçok yazar yöntembilimin 100 yıllık geçmişe sahip olduğunu düşünmektedir. Bu düşünceye göre; Altı Sigma 1900 ve 1920'li yıllar arasında Frederick W. Taylor'un geliştirdiği Bilimsel Yönetim ve İstatistiksel Teorileri; Henry Ford'un, araba fabrikasındaki seri üretim hatlarını 84 ayrı istasyona ayrıştırarak Tam Zamanında Üretim ve Yalın Üretim uygulamalarını ilk olarak hayata geçirmesi; Walter Shewhart ve Joseph M. Juran'ın 1920 ve 1924 yılları arasındaki kalite geliştirme çalışmaları sonucunda üretim süreçlerindeki kaliteyi değerlendirmek üzere geliştirdikleri Kontrol Grafikleri ve Modern İstatistiksel Proses Kontrol Yöntemleri; 1950'li yıllarda Japon endüstrisinin kalite açısından en sıkıntılı dönemini yaşadığı zamanlarda Japonlara danışmanlık desteği sağlayarak Japon kalite devriminin yapılanmasına büyük katkı sağlayan ünlü yönetim düşünürleri (bu düşünürler daha sonra Amerikan kalite devriminin yapılanmasına da öncülük etmişlerdir), Dr. W. Edwards Deming, Dr. Joseph M. Juran, Dr. Armand Feingebaum ve Japon Toplam Kalite Yönetimi'nin liderlerinden Kaoru Ishikawa'nın çalışmaları sonucunda Japonların üstün rekabet gücüne ulaştığı 1970'li yıllar; Altı Sigma yöntembiliminin asıl tarihini başlatan süreçlerdir (Polat, 2003).

15 Ocak 1987 tarihi öncesine kadar Altı Sigma sadece istatistiksel bir terimdir. Bu tarihten sonra Motorola'da başlayan Altı Sigma yolculuğu mükemmellik için mücadele veren birçok şirkete yayılmıştır. Bu yayılma sürecinde, Altı Sigma kapsam olarak genişlemiş ve problem çözüm tekniği olmaktan çıkıp kalite stratejisi ve hatta ileri düzeyde bir kalite felsefesi haline gelerek evrim geçirmiştir (Polat, 2003). Altı Sigma'nın var oluşunu anlatan kronolojik özeti Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Altı Sigma'nın var oluşunu anlatan kronolojik özet

Kaynak: Ramdas V., 2007, What is 6 Sigma.ppt, Techvoyant

Altı Sigma ABD'de başlayan yolculuğunu Avrupa ve Asya'da sürdürmektedir. Bugün artık İngiltere, Almanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İspanya, Türkiye'de olduğu gibi Japonya, Çin, Güney Kore Altı Sigma'nın hızla yayılma olanağı bulunduğu ülkelerden önemlileridir (Arıtürk, 2001).

Günümüzde hava taşımacılığında kimya, otomotiv, elektroteknik, metal işleyen endüstrilere kadar yayılmaktadır. Benzer şekilde hizmet üretiminde, örneğin, finans kesiminde uygulamalarının yayıldığı gözlenmektedir.

2.2.1 Motorola ve Altı Sigma

Motorola kaliteyi zor yoldan – büyük zararlar, rekabetçi konumun kaybı, iflasın eşiğine gelme gibi – öğrenen pek çok şirketten sadece bir tanesidir. Ancak

Motorola'nın bu öğrenme sonrası verimlilik, üretkenlik, karlılık, müşteri tatmini gibi konularda sağladığı olağanüstü başarılar onu diğerlerinden ayırmaktadır. Şirketin 1988 yılındaki Genel Müdürü Bob Galvin'in, Beyaz Saray'da Malcolm Baldrige Kalite Ödülü'nü alırken, bu başarıyı Altı Sigma olarak adlandırdıkları bir yaklaşıma borçlu olduklarını söylemesi, Altı Sigma'yı çok sayıda şirketin ilgi odağı haline getirmiştir (Pyzdek, 2001).

Altı Sigma'nın Motorola'da doğuşunu irdeleyecek olursak; Japonya'da 2. Dünya Savaşı sonrası 1950'li yıllarda başlatılan kalite yükseltme çalışmalarından sonra, 1970'li yıllarda Japon kalite devrimi ilk meyvelerini vermeye başlamıştır. Japon'lar, müşteri beklentilerini karşılayabilen yüksek kalitedeki ürünleri ile Amerikan pazarına girerek bu pazarı ele geçirmeyi başarmışlardır. Birçok Amerikan şirketi Japon'ların kaliteli ve ucuz ürünleriyle o günün şartlarında baş edebilecek durumda değildi ve bu şirketlerden biri de Amerikan elektronik devi Motorola'ydı (Polat, 2003).

Japonların Amerikan pazarına girmesiyle birlikte Motorola kendi ülkesinde ki pazar payını öylesine yitirdi ki, televizyon üretimi yapan Quasar isimli şirketini yüksek verimsizlik ve çevrim maliyetleri nedeni ile Japon'ların ünlü bir holdingi olan Matsushita'ya satmak zorunda kaldı. Quasar'da ki verimsizlik %150 seviyelerine ulaşmıştı. Üretilen her 100 televizyonda toplam 150 tane parça hatalı çıkıyordu ve bu parçaların tamiri veya değiştirilmesi için harcanan zaman ve para %150'lere varan çok yüksek bir verimsizliğe yol açıyordu. Matsushita, 1970'lerde aldığı Quasar'da istatistiksel teknikleri kullanarak hızlı bir kalite devrimi başlattı ve televizyon üretim proseslerini süratle iyileştirerek birkaç yıl içinde verimsizlik seviyesini %150'lerden %3'lere kadar çekmeyi başardı. Amerika'da Amerikan işçisi ile yakalanan bu başarı, Japonlara kalite danışmanlığı yapan Kaoru Ishikawa tarafından tüm Amerika'da diğer şirketlere de emsal olması için Amerikan Kalite Derneği'ne (American Society of Quality) raporlandı (Polat, 2003). Diğer Amerikalı şirketler gibi Japon ürünleri karşısında süratle kan kaybetmeye devam eden Motorola, halen sorunu kendinde görme niyetinde değildi. 1980 yılının başında konu hakkında yönetiminin ulaştığı sonuç şuydu:

Onlara göre, Japon ürünleri kalitesizdi ve bu yüzden ucuzdu; müşteri ise kaliteli değil

ucuz ürünü tercih ediyordu ve Japon ürünlerinin ucuz olmasının sebebi, Japonya'da ki ucuz malzeme ve iş gücüydü. Japon ürünlerini tercih eden müşteriler uzun vade de mutlaka sorunlar yaşayacak ve tekrar kaliteli ürünlere, yani Motorola'ya döneceklerdi.

Bu düşünce neticesinde birçok Amerikan şirketi gibi Motorola'da Japon ürünlerine sınırlama ve kotalar konması için hükümete baskı yaptılar ve kısa süre içinde bunu başardılar. Daha sonrasında, Motorola kalite anlayışını geliştirme kapsamında yaptırdığı yeni bir araştırmada ise şu sonucu elde etti: Müşteriler Motorola ürünleri ile Japon ürünlerinin aynı fonksiyonları yerine getirmesine karşın, Motorola'nın daha pahalı olduğunu düşünüyorlar ve bu yüzden Japon ürünlerini tercih ettiklerini söylüyorlardı. Motorola uzmanlarına göre ise bu hala imkansızdı ve müşteriler yanılıyordu; onlara göre Japon ürünlerinde kullanılan malzemeler kalitesiz ve uygulanan proses kontrolleriyse zayıf olduğundan, bir Japon ürününün Motorola'yla aynı işlevleri yerine getirmesi imkansızdı... Motorola'ya cevap uzaklardan değil, çok yakınından geldi. Amerikan Kalite Derneği, Japonların eskiden Motorola'ya ait olan Quasar firmasındaki süreçleri hızla iyileştirerek tamir ve kontrol maliyetlerini minimize ettiği, bunun verimliliği ve dolayısıyla kaliteyi artırırken maliyetleri düşürdüğü; Japon ürünlerinin ucuz olma sebebinin ucuz malzeme ve iş gücü olmadığına, Amerika'da aynı malzeme ve Amerikan iş gücüyle ispatlandığının unutulmaması gerektiğini Motorola'ya bir rapor halinde sundu. Motorola'ya pek çok gerçeği çarpıcı bir dille sunan bu rapordan sonra, artık Motorola ve diğer Amerikan şirketleri için Japon kalite anlayışını gerçekçi gözlerle yorumlama zamanının çoktan geldiği de anlaşılmış oluyordu (Polat, 2003).

Motorola yönetimi bu rapordan sonra artık hatayı kendilerinde arayarak yönetim biçimlerini ve üretimde izledikleri yöntemleri masaya yatırdı. O dönemde Motorola'da çalışan (daha sonraları Altı Sigma Akademisi'ni kurarak aralarında General Electric'inde bulunduğu pek çok global şirkete danışmanlık hizmeti de verecek olan) Dr. Mikel Harry liderliğinde işe kalite konusundan başlayarak kaliteden sorumlu birim olarak Kalite Güvence Bölümü'nü görevlendirdiler, ancak diğer bölümlerin kalite konusunda sorumluluk altına girmeyerek kalite yükseltme çalışmalarına karşı ilgisiz davrandıkları fark edilince, her birim kendi kalitesinden sorumlu olacak şekilde sistem yeniden yapılandırıldı ve böylece tüm birimlerin bu sorumluluğun altına girmesi sağlandı. Kalite

Güvence Bölümü'nün görevi ise, kaliteyi yükseltme yolunda tüm departmanlara yardımcı olmak ve gerekli eğitimleri vermek olarak yeniden tanımlandı (Baş, 2006; Polat, 2003).

1981 yılında, Motorola'da 5 yıllık bir plan oluşturularak ilk hedef olarak süreçlerde 10 kat iyileşme sağlanması planlandı ve bu amaçla 3.500 çalışana eğitim vermeye başlandı (O dönemde Motorola'da ki çalışan sayısı 71.000 idi). Bu eğitimlerden ön plana çıkan iki tanesi Joseph M. Juran tarafından verilen "Kronik Kalite Sorunlarına Tanı Konulması" eğitimi ve Dorian Shainin tarafından verilen "İstatistiksel Deney Planlaması ve İstatistiksel Süreç Kontrolü" eğitimleriydi. Özellikle Joseph M. Juran, Japonlarla bu deneyimi daha önce de yaşamış bir kişi olarak Motorola için kalite yolunda iyi bir yol gösterici olmuştur (Kasa, 2002).

Japonların üründen çok süreç kalitesini gözeterek bu kaliteyi yeterlilik indeksleri ile sorgulayıp kontrol altında tutmaları ve süreçlerdeki hataları ölçerek istatistiksel yöntemlerle çözüm yollarına ulaşmaları, kalite yolculuğunda Motorola'nın da referans çizgisini oluşturdu. 5 yıllık plan sonunda Motorola uyguladığı bu yeni yöntemin ilk olumlu yansımalarını görmeye başladı ve 220 bin \$'lık yatırıma karşın 6,4 milyon \$'lık gelir elde ederek ne kadar doğru bir yolda olduğunu da kanıtlamış oldu. Ancak bu parasal başarıya rağmen Motorola'da hala ters giden bir şeyler vardı, çünkü müşteri memnuniyeti, istatistiksel yöntemlerin uygulanma başarısı ve çalışanların motivasyonu konularında bazı sıkıntılar göze çarpmaktaydı. O dönemde bir Japonya gezisi sonrasında Motorola Yönetim Kurulu Başkanı Bob Galvin izlenimlerini aktarırken şu ifadelere yer veriyordu: "Japonya'da süreç verimliliği Motorola'dakinden 1000 kat daha iyi; orada kalite adeta bir din gibi, bambaşka bir önem taşıyor..." Bu sözlerle Motorola Başkanı, daha kendileri için gidilecek çok yol olduğunu da açıkça ortaya koymuş oluyordu. İzlenimlerinden süratle ders çıkaran Motorola Başkanı, şirketi daha köklü bir değişim için hemen hazırlamaya başladı. Bundan sonra kendisi tarafından ilk sorgulanacak şeyin süreç kalitesi olacağını belirterek, bu konuda gereken çalışmalara vakit kaybedilmeden başlanılmasını istedi. İleriki yıllarda açıkça ortaya çıkacak olan Altı Sigma Felsefesi'nin de ilk gerçekçi adımları böylece Motorola'da atılmış oluyordu. Motorola'daki tüm birimler ve tüm ürünler için uygun bir kalite yaklaşım gerekmektedir. Ayrıca bu

yaklaşım objektif olmalı, veri ve ölçümlere dayanmalıydı. Bunun için hata oranlarını ölçen bir yaklaşım belirlemişlerdir. Bu yaklaşıma göre tüm ürünler, imalat sırasında uygun ya da uygun olmayan basamaklardan geçerler. Benzer durum her türlü hizmetin sağlanması için de geçerlidir. Dolayısıyla her bir süreç basamağı bir hata olasılığıdır ve bu olasılık standart bir ölçüm birimi olarak kullanılabilir. Basit ürünler daha az, karmaşık ürünler daha fazla hata olasılığına sahip olacaktır.

1985 yılında itibaren Motorola bu kalite ölçümünü somutlaştırmak için “bir milyon işlem basamağında hata yapma olasılığı” kavramını geliştirmiştir ve bu ölçütü uygulamaya koymuştur. Bunun bir ürün veya herhangi bir işlem sonucu ortaya çıkan çıktı olması önemli değildi, yani söz konusu olan durum sadece üretim proseslerini değil, şirketin genelini kapsıyordu. Yeni kalite anlayışıyla birlikte artık Motorola’da verimlilik “Sigma Seviyesi” adı verilen bir indeksle takip edilmeye başlandı (Kasa, 2002; Baş, 2006).

1987 yılında üst yönetimin kalite iyileştirme konusundaki iddialı gayretlerinin etkisi ile Altı Sigma hedefi, yani bir milyon basamakta 3,4 hata hedefi belirlenmiştir. Bu aynı zamanda, müşteri ihtiyaçlarını kusursuza yakın bir şekilde karşılama hedefini temsil etmekteydi (Harry, 1994). Ayrıca, Altı Sigma Felsefesi’nin benimsenmesi kararı ile birlikte, 1989’a kadar ürün ve servis kalitesinde 10 kat ve sonrasında 1991’e kadar 100 kat iyileşmede öngörülmüyordu. 1992’ye kadar ise asıl hedef olan 6 sigma seviyesine ulaşılması kararı alındı. Motorola, Altı Sigma Felsefesi’ni uygulama kararı ile birlikte öncelikle proses zamanlarının kısaltılmasını ve karımı yükseltmeyi amaçlıyordu; 6 sigma hedefinin uygulanabilir olması için ilk yapılacak iş bir alt yapı oluşturmaktı, çünkü şirketin alt yapısı bu hedefe uygun olarak hazırlanmadıkça başarılı olabilmek elbette ki imkansız olacaktı. O yüzden ilk iş olarak gerekli olan alt yapı hazırlıklarına başlandı. Basit grafik gösterimlerden ileri istatistiksel tekniklere kadar uzanan bu yöntem ve araçlar kalite iyileştirme yolunda sağlam bir alt yapı oluşturulmasını sağladı. Ancak elbette ki asıl fayda bu yöntemlerin şirketin tüm kademelerinde etkin olarak uygulanabilirliği ile sağlanabilirdi. Tüm şirketin Altı Sigma Felsefesi etrafında toplanması, Motorola’da bir kültür değişimini de beraberinde getirdi (Baş, 2006).

Motorola 1992 yılına gelindiğinde hedeflendiği gibi 6 sigma seviyesine ulaşmayı başardı. 1993'te Motorola Yönetim Kurulu Başkanı şu açıklamayı yaptı: "Biz 6 sigma hedefine bütün alanlarda olmasa da pek çok alanda ulaştık... Şu anda üretim yaklaşık 5 sigma seviyesinde gerçekleşiyor. Bu arada, "6 sigmanın ötesi" adlı yeni bir program başlattık, bununla 6 sigmanın geçildiği alanlarda iyileştirmelerin sürdürülmesini ve hata oranının her 2 yılda bir 10 kat azaltılmasını amaçlıyoruz..." (Kasa, 2002).

Motorola Başkanı'nın yaptığı bu açıklama şunu gösteriyordu ki, artık yönetim anlayışı olarak da Motorola'da pek çok şey değişime uğramıştı. 6 sigma seviyesinin ötesinden bahsedebilecek kadar cesur ve kendinden emin bir kalite anlayışına kavuşan Motorola, kendi yeniden doğuşuyla birlikte "Altı Sigma Felsefesi" adını verdikleri metodolojinin de doğuşunu ilan ediyordu.

Motorola'nın 1987'de Altı Sigma çalışmalarına başlamasından 1997 yılına kadar geçen 10 yıllık süre zarfında, Altı Sigma Metodolojisi'nin şirkete kazandırdıklarından bazıları şunlar oldu:

- Satışlarda sağlanan 5 kat artış ile birlikte, karın yılda yaklaşık % 20 artması.
- Altı Sigma çalışmalarıyla sağlanan toplam 14 milyar \$'lık tasarruf.
- Motorola'nın borsada ki hisselerinden elde edilen kazancın yıllık bileşik %21,3'lük bir orana ulaşması (Pande vd., 2003).

Altı Sigma, örgütte gerçekleştirilen her işlemde mükemmelliği sürdürme felsefesini yansıtıyordu. Muhtemelen, tasarlanan en başarılı programdı ve Motorola'ya önemli finansal karlar sağladı. Altı Sigma'nın yarattığı sinerji çok büyüktü. Motorola, iletişim, eğitim, liderlik, ekip çalışması, ölçüm ve müşterinin ihtiyaçları üzerine odaklanarak, Altı Sigma'yı işletmenin biçimini değiştirme yönünde uyguladı. Alan Larson'un dediği gibi "Altı Sigma bir kültüdü, davranışların yönünü belirledi" (Wilson, 1990). Altı Sigma'yı Motorola geliştirdi, destekledi, başarılar elde etti ve diğer firmaları hızla peşinden sürükledi.

2.2.2 AlliedSignal ve Altı Sigma

AlliedSignal kendi kalite iyileştirme etkinliklerini 1990'ların başında uygulamaya başlamıştır. Programa başlanıldığında şirketin performansı sadece 3 sigma düzeyinde idi, bu da milyonda 66.807 hata anlamına geliyordu. AlliedSignal 1998 yılında Altı Sigma ile birlikte pazarda %6 oranında verimlilik ve %13 oranında kar artışı hedefi koymuştur. Altı Sigma prensiplerinin uygulanması sonucunda, şirket 1998 yılında 500 Milyon \$ kazanarak pazar değerini %25 artırmış, kapasitede %30'luk artış sağlayacak 9 Milyon \$'lık gelir artışı sağlamıştır (Hunter and Smith, 1999).

Bu başarı sadece Altı Sigma ekiplerinin hata maliyetlerini azaltması ile değil, örneğin uçak motorlarındaki yeni parçaların tasarımlarına da aynı prensipleri uygulamaları ile elde edilmiştir. Tasarımdan sertifikasyona kadar olan süreç 42 aydan 33 aya indirilmiş, projenin tamamlanma süresindeki çalışma saatleri %30 oranında, değişkenlik miktarı %50 oranında azaltılmıştır. Altı Sigma'nın ürün tasarımlarına uygulanması, AlliedSignal'ı üç farklı açıdan etkilemiştir;

- Yeni ürün ile başarı oranları artmış,
- Çevrim zamanını azaltarak, pazardaki hızlarını artıracak rekabetçi avantaj kazandırmış,
- İşler daha hızlı yapılarak, maliyetler azaltılmış ve daha aza kaynakla daha fazla iş yapabilir konuma gelmişlerdir.

2.2.3 General Electric ve Altı sigma

Altı Sigma uygulamasında Motorola ve AlliedSignal kadar başarılı olan General Electric, Altı Sigma'yı verimlilik ve etkililikte iyileşmeyi artırmak için en etkileyici şekilde kullanan organizasyondur.

1981 yılının Nisan ayında GE'nin CEO'su olan Jack Welch'in en önemli uygulaması, ortada herhangi bir sorun yok iken GE'de yaptığı devrim olmuştur. Welch, şirketi, lider olmadığı iş kollarından çekmiş, çalışan sayısını 412 binden 229 bine indirmiş, hiyerarşi basamaklarını 9-12'den 4-6'ya çekmiştir. Bugün GE, küresel olarak faaliyette

bulunduğu 12 iş kolunda birinci konumdadır. Ciro ve kar10 yılda ikiye katlamış ve verimlilik artışı %2'den %5'e çıkmıştır.

Welch, 1995 yılının sonunda, işletmenin daha da başarılı olabilmesi için kolları sıvamıştır. Bu kez yeniden yapılanma için değil, yeni bir işletme ve yönetim stratejisi için başlangıç vermiştir ve Hedef: Altı Sigma yani; kaliteli ürün, düşük maliyet, yüksek müşteri tatminidir. Welch 1995 yılının Ekim ayında şirket yönetimini toplayarak GE'nin gelecekteki rekabet avantajının kalite olacağını açıklamıştır. Altı Sigma projesi, bu toplantının ardından, GE'nin dünyada faaliyette bulunduğu tüm merkezlerinde aynı anda başlatılmıştır. 5 yıllık bir zaman süresi konulmuş, 2000 yılına gelindiğinde şirketin her işleminin hatasız olması hedeflenmiştir. GE, Altı Sigma'yı tüm süreçlerinde uygulama yolunu seçmiştir.

Jack Welch "Straight from the Gut" adlı kitabında, Altı Sigma'nın uygulanmasıyla elde edilen pek çok başarıyı anlatıyor. Bunlarda biri şu şekilde; GE Plastics CD-Rom ve CD imalatı için kullanılmak üzere Sony'nin Lexan polikarbonat işini almak istemişti. Ancak saflık standartları çok yüksekti ve GE yalnızca 3,8 sigma seviyesinde çalışıyordu. Altı Sigma iyileştirme yöntemlerini uyguladıktan sonra 5,7 sigma seviyesine ulaştılar ve Sony işini aldılar (Welch and Byrne, 2001).

GE 1997 faaliyet raporunda, Altı Sigma uygulamaları ile ilgili olarak şunlar yazılmaktadır:

"Süreçlerimizi ve hizmetlerimizi her gün birbirimizle konuşarak tanımladık. Bu büyük şirket için hayallerimizin ve tutkularımızın odak noktası, Altı Sigma kalite programını yürütmek oldu. GE'nin eğitimli usta Kara Kuşakları ve Kara Kuşakları'nın müşteriyle bağlantılı her sürecin üzerine gitmeleri, her ürün ve hizmeti mükemmel yakın kalitede yapmaya çalışmalarıyla program hedeflediği gibi tamamlandı. Biz Altı Sigma'yı icat etmedik, öğrendik. Motorola öncülük etti ve AlliedSignal başarı ile uyguladı. Bu iki şirketin bizimle paylaştığı deneyimleri, girişimimizi basitleştirdi ve hızlandırdı. GE'nin bu hızlandırılmış kalite mücadelesinde büyük bir avantajı vardı; değişime açık, öğrenmeye aç olması ve iyi bir fikirde hızla hareket edebilecek heyecanının olmasıydı. Altı Sigma şirketimize kızgın bir ateş gibi yayıldı ve yaptığımız her işin biçimini

değiştirdi. Altı Sigma geleceğın liderleri için genetik kodun bir parçası oldu. 1994 yılındaki yazımızda, yönetim ekibine yönlendirdiğımız bir soru vardı; “Limonu daha fazla nasıl sıkar ve suyunu çıkarabiliriz?” ve cevabımız limitsizdi. Fakat limonun hepsini sıkarak bir şey elde edemedik. İnanıyoruz ki, GE’de çalışanların okyanuslar kadar geniş kıyısı ve sonu olmayan yaratıcılıkları, tutkuları ve enerjileri var. İncancımız, her şeyde iyileştirebileceğımız sonsuz bir kapasitemizin olduğuydu, ama bu incancımıza ilişkin bir yöntem ve ya disiplin olmadığını düşünüyorduk. Ama artık var; Altı Sigma kalitesi, kültürel öğrenme ile sonu olmayan bir heyecan” (Welch, 1998).

Sonuç olarak Altı Sigma GE’yi sonsuza dek değiştirmiştir. Japonların rekabetinden bunalan Motorola tarafından kullanıldığı 80’lerden sonra 1996 yılında Jack Welch’in GE’deki uygulaması ile gerçek gücünü gösterme fırsatı bulmuştur. Gelir ve giderlerin başa baş gittiğı başlangıç yıllarından sonra, net kazançlar giderek artmış, 1998 yılı sonunda 750 Milyon \$, 1999 yılı sonunda 2 Milyar \$, 2000 ve 2001 yıllarında ise toplam 8 Milyar \$’ın üzerine çıkmıştır. GE’nin son 10 yılda %10 mertebesinde seyreden faaliyet karları, her üç ayda bir rekor kırarak, %15’in üzerinde seyreder hale gelmiştir. GE liderleri, bu artışı, Altı Sigma’nın sağladığı mali iyileşmenin en somut kanıtı olarak göstermektedir. Jack Welch’in söylediğı gibi “GE Altı Sigma’yı icat etmedi, öğrendi. Motorola öncülük etti ve AlliedSignal başarı ile uyguladı.” Ama Altı Sigma ile en büyük başarılar imza attığı da aşikârdır.

2.3 Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi

Bir kuruluşun iş başarısının temelinde kuruluşun ürün ve servislerinin kalitesini sürekli olarak geliştirmesi yatmaktadır. Kuruluşlar kalitelerini geliştirmeye niyetlendiklerinde başta TKY ve son zamanlarda Altı Sigma sürekli iyileştirme programlarını takip etmektedirler (Zu, et al., 2009).

Temel olarak Altı Sigma bir kalite geliştirme yöntemidir. Kullanılan teknikler ve felsefe olarak Toplam Kalite ve Altı Sigma yöntemleri benzerlik göstermelerine rağmen geniş bir açıdan bakıldığında bazı önemli farklar ortaya çıkmaktadır. Her iki sistemde

müşteri memnuniyetine odaklı olup, sürekli gelişmeyi ve uzun süreli başarıyı hedeflemektedir. Asıl fark, yönetim anlayışından kaynaklanmaktadır. Toplam Kalite Yönetiminde (TKY) yöneticilerin hedef cümleleri çok soyut, felsefi ve genel olduğundan, iş yapabilen bir kalite yönetimi stratejisi oluşturmak çok güç olmaktadır. Başarısızlıktan etkilenen firmalar TKY'den vazgeçmekte veya dünya çapında olmasa da standart kabul edilen bir düzeyde başarıyı garantileyen ISO'yu tercih etmektedirler. Hâlbuki kalite teknik ve yöntemlerinin asıl amaçları olan "mümkün olan en başarılı sonucu elde etme" hedefine ulaşmalarını sağlayacağına inanan profesyonel yöneticiler tarafından geliştirilen Altı Sigma; somut ve ölçülebilir hedefler ortaya koyarak çok daha teşvik edici bir rol oynamaktadır (Pyzdek, 2001b).

TKY iş için hayati öneme sahip temel süreçlere odaklanır ve bunun sonucunda kar elde edilmesini sağlar. Gelir ve maliyetlere odaklanan geleneksel yaklaşım ise, işletme içi rekabete yol açmakta, işbirliğini yok ederek müşterinin istediği ürün ve/veya hizmetlerin sağlanmasının ikinci plana atılmasına neden olmaktadır. Amaç, firmanın ulaşmayı hedeflediği maliyet azaltılması ve kara ulaşılmasıdır. Altı Sigma ise TKY'den farklı olarak, müşteri ihtiyaçlarını karşılayan, hatta bu beklentilerin ötesine geçen ürün ve hizmetler sağlayabilecek bütünsel bir yaklaşım oluşturmaya çalışmaktadır.

"TKY = Altı Sigma" değildir. Altı Sigma, TKY felsefesine dayanan bir yaklaşımdır. Bu sebeptendir ki bir takım benzerlikleri vardır;

Altı Sigma'nın hedeflerinde süreçlerin iyileştirilmesi ve basitleştirilmesi, örgütsel sinerji ve örgütsel öğrenme; TKY'nin temel ilkelerinden müşteri odaklılık, sürekli geliştirme - iyileştirme ve eğitim ile içerik olarak aynıdır. Crosby'nin TKY'ye getirdiği temel görüş 'sıfır hata' kavramıdır. Altı Sigma'da da temel amaç işlemler sonucu oluşacak hataları mümkün olduğunca azaltmak ve hatta yok etmektir. Her iki yönetim sistemi de önleyici uygulamalardır; yani, iddialı hedefler oluşturmak, bunları sık sık gözden geçirmek, açık politikalar geliştirmek, problemlerin önlenmesine odaklanmak gibi başarı için gerekli kritik iş alışkanlıklarını uygulamaktır. Altı Sigma'da kullanılan kalite araçlarının, yöntem ve uygulamaların pek çoğu yeni değildir, TKY'de de bu araçlar kullanılmaktadır. Yeni olan, Altı Sigma'nın bu araçları tutarlı bir yönetim

sürecine dönüştürme becerisidir. TKY'nin temel ilkelerinden olan ekip çalışması, Altı Sigma'da özel ekipler (liderler, şampiyonlar, usta siyah kuşaklar, siyah kuşaklar, yeşil kuşaklar) olarak yer almaktadır. Altı Sigma, TKY'nin önemli araçlarından biri olan 'örnek edinme' kavramına da etkinlik kazandırmaktadır. Altı Sigma'da temel olarak bir örnek edinme faaliyetidir. İşletmeler birbirlerinin sigma düzeylerini esas alarak, kendi sigma düzeylerini yükseltmeyi amaç edinirler. Altı Sigma'da da TKY'de olduğu gibi üst yönetimin desteği şarttır. Üst yönetim Altı Sigma'yı benimsemeli, liderlik ve rehberlik etmeli ve uygulamanın örgütteki tüm çalışanlarca benimsenmesini sağlamalıdır (Kiriş, 2003).

Toplam Kalite Yönetimi'nden farklı olarak Altı Sigma liderlerin/yöneticilerin sorumluluklarını hafifletici yönde çok iyi tanımlanmış bir organizasyonel yapı sağlamaktadır (Schroeder, et al., 2007).

Altı Sigma, bir toplam kalite yönetimi aracı olarak, gücünü, öncelikle toplam kalite felsefesinin yaşama geçirilmesinden ve sonra da hata dediğimiz istenmeyen durumların, iyi yönetilemeyen değişkenlik olgusunun eseri olduğu gerçeğini önplana çıkarmış olmasından almaktadır (Kasa, 2003).

2.4 Altı Sigma'nın İlkeleri

Altı Sigma metodunun uygulanabilmesi için bazı ilkeler vardır. Bunlar; "müşteri odaklılık, verilere dayalı yönetim, süreç odaklılık, proaktif yönetim, sınırsız işbirliği ve mükemmeli hedefle, başarısızlığa tolerans göster" şeklindedir. Bu ilkelere gereği gibi uyulduğunda Altı Sigma uygulamasında başarılı olunur (Pande vd., 2000).

2.4.1 Müşteri odaklılık

Müşteriyle samimi olarak ilgilenme, yapılan iş ile "Müşterinin Sesi" arasında bağ kurmayı sağlayan sistem ve stratejilerle olduğu kadar, müşterinin gereksinimlerini üst sıraya yerleştiren bir yaklaşımla da desteklenmelidir (Pande et al., 2004).

Altı Sigma'da müşteri odaklılık ilkesi ilk sırada yer almaktadır. Altı Sigma'da performans ölçümü müşteri ile başlar. Altı Sigma'nın sağladığı iyileşmeler, müşteri memnuniyeti ve değeri üzerinde yaptığı etkiyle tanımlanır (Pyzdek, 2001).

Mal veya hizmet üreten işletmeler müşterilerinin istek ve ihtiyaçlarını hatta beklentilerini doğru olarak bilmek durumundadır. Müşteri istek, ihtiyaç ve beklentilerini doğru olarak anlamayan işletmelerin başarılı olmaları söz konusu olamaz.

2.4.2 Verilere dayalı yönetim

Altı Sigma, "gerçeğe dayalı yönetim" kavramını yeni ve daha güçlü bir konuma taşımaktadır. Ölçmeye, geliştirilmiş bilgi sistemlerine, bilgi yönetimine vb. son yıllarda verilen öneme karşın, iş konusundaki pek çok karar, yorumlara ve tahminlere dayanarak alınmaktadır. Altı Sigma uygulamalarının ilk basamağı, iş performansını tahmin etmek için gerekli anahtar ölçütlerin belirlenmesidir. Bu ölçütler daha sonra kritik değişkenleri anlamak ve sonuçları optimize etmek için kullanılır (Pyzdek, 2001).

Verilere ve bulgulara dayalı yönetim, hem sonuçları ve çıktıları (Y'ler) hem de süreç, girdi ve diğer önemli öngörülebilir etkenleri (X'ler) izleyen etkili ölçüm sistemlerine sahiptir (Pande vd., 2004).

2.4.3 Süreç odaklılık

Altı Sigma'da süreç, faaliyetin olduğu yerdir. Gerek şirket yönetimi gerekse ürün-hizmet tasarımı, performans ölçümü, etkinliğin artırılması ya da müşteri tatminin iyileştirilmesi olsun tüm alanlarda başarının anahtarı süreçlerdir. Altı Sigma uygulamalarında bu güne kadar sağlanan büyük kazançlar, süreçlerin müşteriye değer sağlayacak şekilde kullanımı ile gerçekleştirilmiştir (Balcı, 2005).

Sürece odaklanma, yönetim ve iyileşme, büyüme, başarının motoru gibidir. Altı Sigma'da süreçler sürekli olarak belgelenir, başkalarına duyurulur, ölçülür ve iyileştirilir. Ayrıca, müşteri gereksinimlerine ve işin koşullarına ayak uydurmak için

belirli aralıklarla tasarlanır ya da tasarımları güncellenir (Pande et al., 2000).

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

2.4.4 Proaktif yönetim

Proaktif yönetim, sorunları ve değişiklikleri önceden gören davranış ve uygulamaları benimsemek, bulgu ve verileri kullanmak, hedeflere ilişkin fikirleri ve “bir işin nasıl yapıldığını” sorgulamak demektir (Pande et al., 2004).

“Proaktif” sözcüğü “reaktif” sözcüğünün zıttı olup, olumsuzluk/hata olmadan önce önlem alma, harekete geçme anlamına gelmektedir. Bir diğer adı ise önleyici yönetimdir. Altı Sigma felsefesi proaktif yönetimi esas alır. Çeşitli faaliyetlerde olabilecek olumsuzlukları önceden doğru olarak tespit ederek, bunları olmadan önce önlemeyi amaçlar.

2.4.5 Sınırsız işbirliği

Altı Sigma'nın öncülerinden olan Jack Welch'e göre şirketlerin tedarikçileriyle, müşterileriyle ve şirket çalışanlarının da birbirleriyle kuracakları işbirliğinin getireceği fırsatlar büyüktür. Müşteriye değer yaratmak için ortak çalışması gereken gruplar arasındaki rekabet ve iletişim kopukluğundan dolayı, her gün yüksek miktarda zaman, para ve çaba israf edilmektedir.

İnsanlar rollerini daha iyi kavradıkça ve bir sürecin bütün aşamalarındaki etkinliklerin aslında birbirleriyle iç içe geçmiş olduğunu ayırmsayıp bunları değerlendirdikçe, Altı Sigma da yeni işbirliği olanakları sunmaya başlar. Altı Sigma için sınırsız işbirliğinin anlamı, kendini bilinçsizce feda etmek değildir, hem son kullanıcıların gerçek taleplerini, hem de bir süreç ya da üretim zincirindeki iş akışını

iyice anlamayı gerektirir. Dahası, müşteri ve süreç hakkındaki bilgileri herkesin yararına kullanmayı hedefleyen bir yaklaşım gerektirir. Böylece, Altı Sigma sistemi gerçek bir ekip çalışmasını destekleyecek ortamı ve yönetim yapısını oluşturabilir (Pyzdek, 2001).

2.4.6. Mükemmeli hedefleyerek başarısızlığa tolerans göstermek

Altı Sigma'yı hedefleyen bir şirket, kendini sürekli olarak daha mükemmel olmaya zorlamalıdır. Müşterinin mükemmel tanımı daima değişecektir ve arada sırada şirketler karşılaşacakları başarısızlıkları kabullenmeye ve onlarla baş etmeye hazırlıklı olmalıdır (Pande et al., 2000).

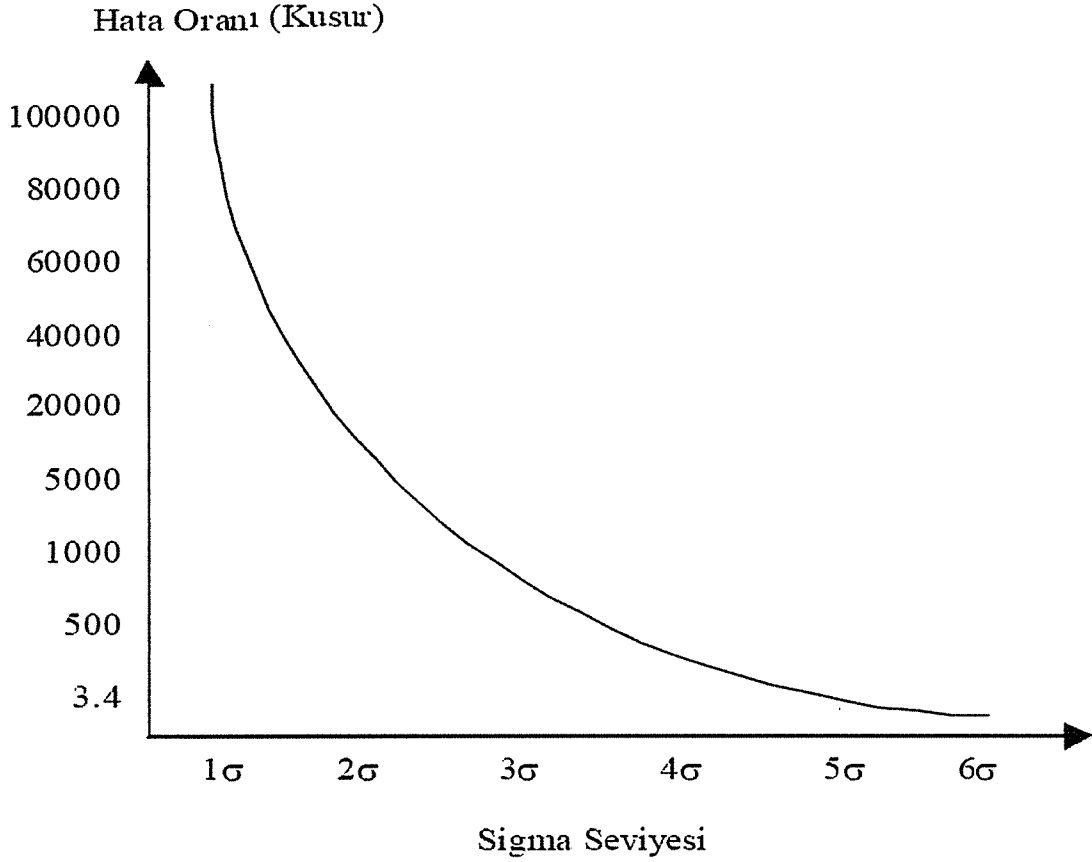
Mükemmele yönelik, hataya karşı hoşgörü, risk üstlendikleri ve yanlışlardan ders çıkardıkları sırada bile, bir Altı Sigma kuruluşundaki çalışanlara yeni yaklaşımları deneme özgürlüğü verir. Böylece performans ve müşteri memnuniyeti konusunda "çıtayı yükseltir".

2.5 Altı Sigma'nın Hedefleri

Altı Sigma yaklaşımını uygulayan kuruluşlar rekabet üstünlüğünün artırılmasında veya korunmasında büyük yararlar sağlamışlardır. Altı Sigma'nın bu yararları sağlarken bazı temel hedeflerinin olması gereklidir. Bu hedefler somut bir şekilde ortaya koyulmak zorundadır. Altı Sigma'nın hedeflerini özetleyecek olursak;

- **Hataların azaltılması:**

Hata/kusur; her türlü süreçteki müşteri beklenti ve ihtiyaç spesifikasyonlarının karşılanamama durumudur. Altı Sigma performansına ulaşmadaki hedef, bir sürecin değişkenliğinin (sigmasının) müşterinin talepleri doğrultusunda belirlenmiş sınırlar içerisine çekilmesi yoluyla, değişkenliği azaltmak ya da daraltmaktır. Sigma seviyesi ile hata oranı arasındaki ilişki grafiği Şekil 2.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Süreç sigma seviyesi ile hata oranı (DPMO) grafiği

Kaynak: Linderman, K., 2003, Journal of Operations Management, s.194

- Kalitenin artırılarak maliyetlerin azaltılması:

Altı Sigma etkin bir şekilde uygulandığında; yüksek kalitede bir ürünü ilk seferde üretememek, yeniden işleme, hurdaya ayrılan ürünlerin maliyeti, fazla mesai gibi zaman ve maliyet kaybının en az seviyeye düşürülmesi, üretim ve ürün kalitesinin artması, müşteri beklentilerinin daha iyi belirlenerek sürekli müşteri memnuniyetinin sağlanması, pazar payının artırılması, dağıtım ve kalite performansının artırılması, daha uygun tasarımlar yapılarak üretilebilirliğin artırılması ve tüm proseslerde kayıpların en aza indirilmesi sağlanmaktadır (Aydın, 2003).

- Kritik müşteri taleplerinin karşılanması:

Şirketlerin başarısı, müşteri beklentilerini karşılama yetenekleriyle doğrudan ilişkilidir. Müşteriler, üreticilerden ürün ve hizmetleri zamanında, hatasız ve en düşük

fiyatla temin etmek isterler. Üreticiler de, müşteri beklentilerine cevap verebilmek için, iç operasyonlarında en düşük maliyetle, hatasız ve en az çevrim süreleriyle ürün ya da hizmet üretmeye çalışırlar. Bu entegrasyon ne kadar güçlü olursa, üretilen iş de o kadar sağlıklı ve katma değerli olur (Polat vd., 2003).

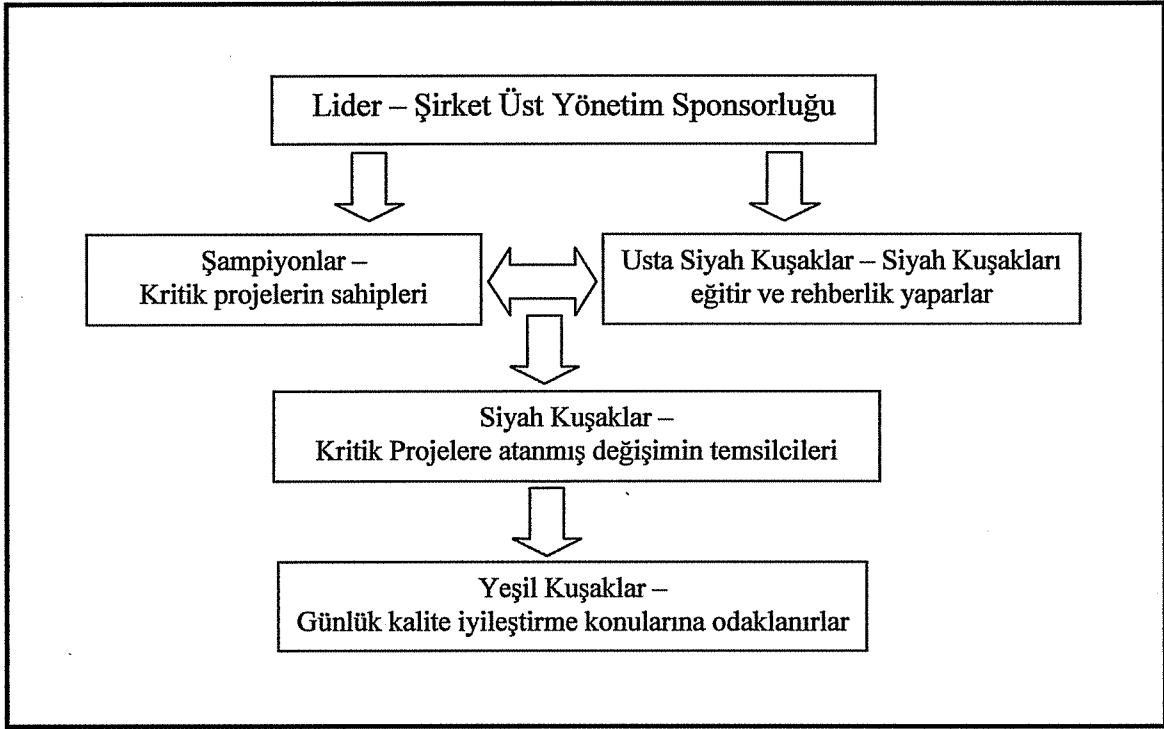
- Sürekli iyileştirme ve geliştirme:

İşletmelerin her türlü faaliyeti süreçlerden oluşmaktadır. İyileştirme çalışmalarına temel süreçlerden başlamak gerekir. Altı Sigma'nın önemli hedeflerinden biride sürekli bir iyileştirme ve doğal sonucu olarak sürekli gelişimdir.

2.6 Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar

Altı Sigma yöntembiliminin başarısı, yöntembilimin uygulanacağı işletmede herkesin görev tanımlamasının iyi yapılmasına bağlıdır. Çünkü işletmenin 6 sigma seviyesine giden yolda edineceği tecrübeler ve yapılacak iyileştirmelerin temelinde hep önce insan faktörü yer alacaktır. Bu nedenle kişilerin sorumluluklarını iyi anlaması, üst yönetim tarafından görev paylaşımının dengeli yapılması ve Altı Sigma metodunun ancak eksiksiz bir görev paylaşımı ile başarılabilceğinin asla unutulmaması gerekir.

Altı Sigma organizasyonu çalışmalarında yer alacak tüm personele aldıkları eğitime göre bir takım unvanlar, yetki ve sorumluluklar verilir. Uzakdoğu sporlarındaki unvanlarla aynı adları taşıyan Sarı Kuşak, Yeşil Kuşak ve Siyah Kuşak şeklinde adlandırmalarda bulunulmuştur. Bu isimlendirmelerin sebebi, mükemmel kaliteye giden yolda kalitesizliğe karşı verilen çabanın bir savaş olarak görülmesidir. İşletmeler kendi büyüklükleri ve uygulamaya yer verecekleri alanlara göre bu görevleri birleştirebilir ya da ek görevler oluşturabilirler (Baş, 2006; Kasa, 2002). Organizasyonda dört temel rol vardır. Bunlar; Kalite Konseyi, Liderler, Uzman siyah kuşaklar, Siyah kuşaklar, Yeşil kuşaklar - Ekip üyeleri şeklindedir. Roller arasındaki iletişim ve görevler Şekil 2.5.'te özetlenmiştir.



Şekil 2.5. Altı Sigma Örgütlenmesi

Kaynak: Polat, A., Cömert, B., Arıtürk, T., 2005, Altı Sigma Nedir?, 2.baskı, SPAC Altı Sigma Danışmanlık, Ankara, s.18

Altı Sigma projeleri organizasyonun orta kademesinde yer alan Siyah Kuşak'lar tarafından yürütülür. Ancak açık olan bir gerçek, üst yönetimin bu projelere yeterli desteği sağlamadığında hiçbir sonuç elde edilemeyeceğidir. Ayrıca üst yönetim Altı Sigma Metodu hakkında bilgi sahibi olmaz ve gerekli kaynakları projelere aktarmazsa Siyah Kuşak'ların başarı şansı yine olmayacaktır. Bu yüzden bir üst kalite konseyi kurularak bu eksikliğin giderilmesi amaçlanır (Baş, 2006).

Şampiyon, üst yönetim kademesindeki kişidir. Genellikle işletmelerdeki genel müdürler “şampiyon” rolünü üstlenir. Proje seçimlerini onaylarlar, gerekli kaynakları sağlarlar ve projeleri gözden geçirirler. Bununla birlikte, çalışmalarını yönlendirme konusunda iş liderlerinin rehberliğine ihtiyaç duyarlar (Pande et al., 2002).

Yeşil kuşaklar, ekip üyeleri olup her zamanki işlerini yaparken aynı zamanda bir veya daha fazla ekipte görev alarak seçilen proje ve çalışmalarda geçmiş deneyimlerini ve bilgilerini paylaşan kişilerdir. Ekip üyesi olarak, projelerden sorumludurlar, fakat siyah kuşaklar gibi tüm zamanlarını bu işe ayırmazlar. Projenin hedefine ulaşabilmesi için kendi sorumluluk alanları dahilinde projeye destek olurlar (Wilson, 2002).

Yeşil kuşakların temel istatistik bilgileri ile ölçüm ve analiz yöntemlerini çok iyi bilmeleri ve ayrıca bilgisayarlı destek yazılımları ile bu analizleri çok iyi yapabilmeleri gerekmektedir (İnternet-3). Altı Sigma örgütünün rolleri ve görevleri özetle Çizelge 2.5.'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. Altı Sigma Ekiplerinin Rollerini

Şampiyonlar	Uzman Siyah Kuşaklar	Siyah Kuşaklar	Yeşil Kuşaklar
Şirket Altı Sigma Vizyonunu oluşturma	Siyah kuşakları eğitme ve sertifikalandırmaya yardımcı olma	Proje engellerini belirleme	Günlük işlerin yanında yeşil kuşak fonksiyonlarını yerine getirme
Altı Sigma uygulama yolunu tanımlama	Şampiyonlarla işbirliği kurma	Projelerin gerçekleştirilmesinde ekipleri yönlendirme ve yönetme	Siyah kuşakların projelerine katılarak, sorumluluklarını yerine getirmek
Stratejiyi uygulamak için eğitim planı geliştirme	Örgütün birçok seviyedeki personeline eğitim verme	Liderlere gelişmeleri rapor etme	Projelerin uygulamasında Altı Sigma metotlarını öğrenme

Çizelge 2.5. Altı Sigma Ekiplerinin Rollerini (Devamı)

Şampiyonlar	Uzman Siyah Kuşaklar	Siyah Kuşaklar	Yeşil Kuşaklar
Etkisi yüksek olacak projeleri belirleme	Proje tanımlamasına yardımcı olma	Gerektiğinde şampiyonlardan yardım talep etme	Projelerin tamamlanmasından sonra da Altı Sigma metot ve araçları öğrenimi sürdürme
İstatistiksel düşünce sisteminin gelişimine destek olma	Proje çalışmalarına siyah kuşakları destekleme	Uygulamada kullanılacak en etkin araçları belirleme	
Siyah kuşakları denetleme	Gerekli olduğunda teknik danışmanlık verebilmek üzere proje incelemelerine katılma		

Kaynak: Harry, M., Schroeder, R., 2000, Six Sigma – The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations, s.198

2.7 Dünya’da ve Türkiye’de Altı Sigma

Altı Sigma 1980’li yılların başında Motorola firmasında filizlenmiş ve sonraki yıllarda kalite geliştirme konusunda en iyi yöntemlerinden birisi olduğunu General Electric’de sağlanan başarılarla tüm dünyaya kanıtlamıştır. Altı Sigma bugün dünyada ve Türkiye’de birçok şirkete büyük kazançlar sağlamaktadır.

Motorola Altı Sigma yöntemlerinin yaratıcısı durumundadır. Bugün Motorola Altı Sigmayı makro örgütsel bir strateji ile mikro taktikler bütününe dönüştürmüştür. Motorola günümüzde Altı Sigma metodolojisini miyopik derecede ürün kalitesi

üzerinde değil, işletmenin herhangi bir aşamasında bir dizi iyileştirme tekniği olarak kullanılmaktadır (Barney, 2002).

GE'nin Altı Sigma girişimi 1996'da başlamış ve 1996'dan 1999 yılına kadar 2 milyar \$'dan fazla kar elde etmiştir. 1996'dan bugüne GE, faaliyetlerini "Altı Sigma'lı" ürünler hazırlamaya yönlendirmiştir. Her GE ürün işletmesi ve finansal hizmet faaliyeti, ürün tasarım ve gerçekleştirme sürecinde Altı Sigma yaklaşımını kullanmaktadır (Uslu, 2002)

Bir diğer önemli firma olan AlliedSignal'ın Altı Sigma ile yönetilmesi, Forbes dergisine göre; çalışma alanı çeşitliliği açısından dünyanın en iyi şirketi ve Fortune dergisine göre de; en beğenilen uluslar arası havacılık şirketi ünvanlarını kazandırmıştır (Pande, et al., 2004).

Bu üç firmaya ek olarak Lockheed Martin, Boeing, BP, Shell, Dupont, Volkswagen, Bosh, ve Coca Cola gibi birçok firma Altı Sigma'nın ışığında büyük tasarruflar elde etmişlerdir. Çizelge 2.6'da bazı firmaların Altı Sigma ile elde ettikleri yıllık ortalama karlar verilmiştir.

Çizelge 2.6. Bazı firmaların Altı Sigma ile elde ettikleri yıllık ortalama karlar

Firmalar	Yıllık ortalama karları
Motorola INC.	850 Milyon \$
Allied Signal	600 Milyon \$
General Electric (GE)	500 Milyon \$
Texas Instruments	350 Milyon \$
Nokia	150 Milyon \$
Siebe PLC	150 Milyon \$
Polaroid	100 Milyon \$

Altı Sigma yöntemini her ne kadar 90'lı yılların başlarında dünya piyasasında kendini kanıtlayıp kabul görmüş olsa da ülkemize ulaşması ekonomik krizler, yüksek enflasyon gibi sebepler yüzünden gecikmeli şekilde olmuştur. Türkiye'de başlangıçta

yabancı ortaklı olarak çalışan kuruluşlarda uygulanmaya başlayan Altı Sigma, halihazırda birçok yerli kurumda da uygulanmaya başlanmıştır.

TEI, 1995 yılında bu yaklaşımı ortağı GE'nin de yardımıyla ilk uygulayan şirketlerden birisidir.

Borusan Holding Altı Sigma'yı bir kalite uygulamasından çok bütünsel bir yönetim modeli olarak tüm şirketlerinde uygulamıştır. Borusan'da Altı Sigma iş yapma biçimini ve kültürünü tamamen değiştirmiş ve geliştirmiştir.

Arçelik'te 1998 yılının ikinci yarısında üretim sürecindeki sorunlara öncelik veren Altı Sigma projeleri tanımlanmış, 2002 yılında da üretim dışı süreçlerde mükemmelliğe ulaşılması ve 6 Sigma Metodolojisi'nin yayılmasının sağlanması amacıyla çalışmalar başlamıştır. Bu firmaların haricinde ülkemizde pek çok firma bugün Altı Sigma'yı uygulamaktadır.

Ülkemizde ve dünyada Altı Sigma uygulaya önemli firmalar Çizelge 2.7'de verilmiştir (İnternet-4)

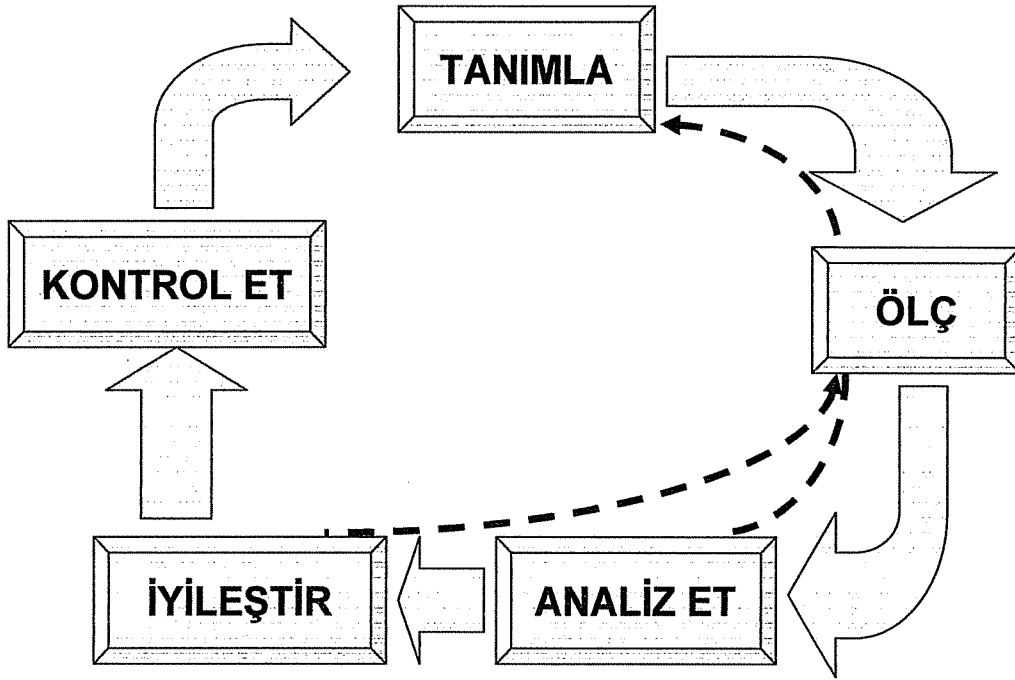
Çizelge 2.7. Ülkemizde ve dünyada Altı Sigma uygulayan önemli firmalar

Elektronik	Xerox	İlaç	Pfizer
	Sun Microsystems		Johnson&Johnson
	HP		Abbott
	Lexmark		Merck Wyeth
	Texas Instruments		Merck Bristol-Myers
	Intel		Squibb
	NCR		Schering-Plough
	Oracle		Bausch&Lomb
	Whirlpool		Baxter International
	Apple Computer		Lilly
	Alstom		
	York International		
	Bufer Legrand		
Kimya	DuPont	Savunma Sanayi	General Electric
	Dow Chemical		Lockheed Martin
	Kalekim		Boeing
	P&G		Raytheon
	Colgate-Palmolive		TEI/TUSAŞ
	3M		Kalekalp
Otomotiv	Autoliv	Petrol	Chevron
	Ford- Ford Otosan		Petrol Ofisi
	Volkswagen		BP
	Volvo		Shell
	Bosch Dizel Sis.		
	HP Pelzer Pimsa		
Beyaz Eşya	Arçelik	Gıda	Coca-Cola
	LG		Pepsi-Co
	Klimasan		Kellogg's
	General Electric		McDonald's
	Gizm Frit		Aromsa
Makine Endüstrisi	Caterpillar	Tekstil	Coca-Cola
	Black&Decker		Pepsi-Co
	Perkins		Kellogg
			McDonald's

Kaynak: www.eneraconsulting.com (Erişim Tarihi: 28.07.2009)

BÖLÜM 3**ALTI SİGMA YÖNTEMBİLİMİ**

Altı Sigma yöntembiliminde proje yönetim sistemi, istatistiksel araçlar kullanılarak mevcut bir problemi çözüme ulaştıracak 5 farklı adımdan oluşan “Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol - TÖAİK (Define, Measure, Analyze, Improve, Control – DMAIC)” modelini kullanır. Problemin ya da kazanç fırsatının tanımlanması ile başlayan bir Altı Sigma projesi, mevcut durumun istatistiksel olarak ölçülmesi ve çıktıya etki eden olası faktörlerin analiz edilmesiyle devam eder. Altı Sigma Metodu, tespit edilen en etkili faktörlerin iyileştirilmesi ve son olarak da iyileştirilen yapının/sürecin korunması için oluşturulan kontrol adımları ile son bulur (Tok, 2006). TÖAİK adımları ve birbirleri ile olan etkileşimleri Şekil 3.1.’de verilmiştir.



Şekil 3.1. TÖAİK (DMAIC) Adımları

Kaynak: Kiriş, G., 2003, 6 Sigma Yaklaşımı TEİ’de Uygulama Örneği, Anadolu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Temmuz, s.103

TÖAİK entegrasyonu, kilit istatistiksel araçları, Altı Sigma konularını tanımlama ve iyileştirme süreçlerini, sırasıyla ölçme, analiz etme, uygulama ve kontrol etme adımlarıyla birleştirir. Bu entegrasyon, Altı Sigma'yı etkin bir iyileştirme yöntembilimi haline getirir (Cheng, 2006).

Bir diğer anlatımla Altı Sigma metodu, endüstriyel süreçleri optimize ve karakterize etmek için kullanılan, 5 sayfaya bölünmüş bir araçlar kümesidir. Her proje kronolojik sıralaması ile bu beş aşamayı tamamlamak zorundadır. Her bir ürünün veya sürecin kritik kalite değişkenleri konusunda $Y = f(x)$ ilişkisini kurabilmek için Altı Sigma'nın temel adımlarında belirli sorular sorulmalıdır. Bunlar aşağıda sırasıyla verilmiştir (Harry, 2000):

1. Tanımlama Aşaması (Define Phase): Süreçten müşteri beklentileri nelerdir?
2. Ölçme Aşaması (Measure Phase): Hataların frekansı (sıklığı) nedir?
3. Analiz Aşaması (Analyze Phase): Neden, ne zaman ve nerelerde hatalar olmaktadır?
4. İyileştirme Aşaması (Improve Phase): Süreç nasıl iyileştirilebilir?
5. Kontrol Aşaması (Control Phase): Süreç iyileştirildikten sonra bu şekilde kalmasını ve daha da iyileştirilmesini nasıl sağlanabilir?

Ölçme ve analiz adımları, “süreç karakterizasyonu”, iyileştirme ve kontrol adımları ise “süreç optimizasyonu” olarak adlandırılır. Çizelge 3.1’de bu süreç özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Altı Sigma'nın Temel Adımları

Tanımlama: Problemi tanımlama	
Ölçme: Değişkenleri ölç	Süreç Karakterizasyonu
Analiz: Hipotezleri oluştur, test ve analiz et	
İyileştirme: Süreci iyileştir	Süreç Optimizasyonu
Kontrol: Süreci kontrol et	

Kaynak: Harry, Schroeder and Linsenmann, 2000, Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations, s. 154

Organizasyonda var olan ve çözümünü bilinmeyen her hangi bir problemi konu alan TÖAİK süreci, net sayısal amaçlar elde eder. Altı Sigma projeleri ölçülebilir bir maliyet, plan veya kalite iyileştirmeleri ile sonuçlanmalıdır. Projeler, genellikle üç ila altı ay arasında değişen bir zaman dilimi içerisinde yerine getirilmelidir. Problemin çözümü sırasında projeler, DMAIC sürecini takip etmeli ve gerekli altı sigma araçlarını kullanmalıdır (Lynch et al., 2003).

Altı Sigma'nın her fazında fazın içeriğine uygun olarak; yönetsel, teknik veya istatistiksel araçlar kullanılmaktadır. Çizelge 3.2'de bunlar özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Altı Sigma İyileştirme Modeli

Aşamalar	Yapılacaklar	Araçlar - Uygulamalar
1. Tanımlama Aşaması	<ul style="list-style-type: none"> • Doğru projenin seçimi - İyileşecek ürün/özellik? - İyileştirilecek süreç? • Kriterler: - Müşteri için yararı? - İşletmeye yararı? - Sürecin karmaşıklığı - Maliyet iyileştirme? 	<ul style="list-style-type: none"> • Altı Sigma Ölçme Sistemi • Müşteri yakınmaları • Müşteri anketleri • İşletme içi öneri sistemi • Günlük veriler/veri tabanı • İstatistiksel değerlendirmeler • Pareto analizi • Sebep-sonuç diyagramları, 7 araç (hatalar, fazla üretim, nakliye, bekleme, stok)
2. Ölçme Aşaması	<ul style="list-style-type: none"> • İlgili ürün/süreçte etkili faktör ve özellikler? • Özellik ve etmenlere ilişkin veri derleme, • Veri tipi, • Ölçme gereç duyarlılığı, • Örnek Büyüklüğü, • Ölçüm aralığı ve süresi, • Ölçme duyarlılığı yüksek? 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli oluşan veriler, veri tabanlarının analizi yoluyla değişkenlik, etki, hata ölçümleri, • Planlanmış deneyler yoluyla yapılan yüksek duyarlılıkta ölçüm, • Benchmarking, • Beyin fırtınası, • FMEA...

Çizelge 3.2. Altı Sigma İyileştirme Modeli (Devam)

3. Analiz Aşaması	<ul style="list-style-type: none"> • Değişik etmenlerin ilgilenilen özellik üzerindeki etkilerine ilişkin ölçümler değerlendirilir. $Y = t(x_1, x_2, \dots, x_k, e)$ $Y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$	<ul style="list-style-type: none"> • Milyonda kusur, • Sigma değeri • KK.Şemaları-y'nin kestirilmesi? • Yetenek-verimlilik değerlerinin hesabı ve bunların işletmedeki/başka işletmelerdeki benzer ürün ve süreçlerle kıyaslanması, • İyileştirme hedeflerinin belirlenmesi
4. İyileştirme Aşaması	<ul style="list-style-type: none"> • Ölçülen y değerlerinin iyileştirilmesi gerekir mi? • Evet: - Öngörülebilirlik mi? - Değişkenlik mi? - Ortalama mı? - Hangi etmenler ne kadar etkili? 	<ul style="list-style-type: none"> • Kolay iyileştirme olanakları? - Ortalama açısından iyileştirme daha kolaydır. - Değişik istatistiksel teknikler, - 7 basit yöntem, • Zor olan değişkenliğe dönük keşif ve önlemlerdir. - Deney planlaması - ANOVA
5. Kontrol Aşaması	<ul style="list-style-type: none"> • İyileştirme çalışmaları gerçekleştirildikten sonra, - İlgili değişkene ilişkin planlanmış olan iyileştirmeler gerçekten başarılı mı anlamında kontrolü/ denetlemesi, • Sonuçların kurumsallaştırılması 	<ul style="list-style-type: none"> • Öngörülebilirliğin denetlenmesi ve iyileştirmelerin uzun dönemlerin uzun dönemli etkilerinin izlenmesi • Sonuçların kurumsallaştırılması açısından, - Akış şemaları, ürün resimleri, - Gelecek dönem için sağlanacak maliyet iyileşmesi öngörülere - Sonuçların kurum içinde paylaşılması.

Kaynak : Stelzer D., Melis W. and Herzwurm G., 1996, Software Process Improvement via ISO 9000 Results of Two Surveys Among European Software Houses, Software Process: Improvement and Practice, Vol.2, Issue 3., Germany, s. 93

3.1 Tanımlama

Tanımlamanın amacı, belirlenen problemin ekip tarafından daha iyi anlaşılması ve kavranmasıdır. Buna ilave olarak, ekibin organize olması, sorumlulukların belirlenmesi, hedeflerin ortaya koyulması ve genel bir gelişme planının yapılmasına

yardımcı olmaktadır. Ekip kendisine “Ne üzerinde çalışıyoruz?, Niçin bu belirli problem üzerinde çalışıyoruz?, Müşteri kim?, Müşteri ihtiyaçları ne?, Mevcut durumda iş nasıl işliyor?, İyileşme sonucunda elde edilecek kar ne?” gibi sorular sormalıdır. Bu çeşit soruların sorulmasının nedeni, geçmişte çoğunlukla önemsenmeyen iş problemleri hakkında yeni ve orijinal düşünme yolları sağlamaktır. Tüm bu sorunların yanıtlanması ile ekip, ürün ya da sürecin müşterisini, müşteri gözüyle kritik olan kalite değerlerinin ve süreçteki problemin tanımını yapmış olmaktadır (İnternet-4).

Tanımlama aşamasının adımları;

- Problemin tanımlanması,
- Müşterinin belirlenmesi,
- Kritik Kalite Karakteristikleri'nin belirlenmesi,
- Süreç haritasının çizilmesi,
- Süreç kapsamının rafine edilmesi,
- Proje dosyasının güncellenmesinden oluşmaktadır.

Her projenin yapısına göre değişiklik gösterse de Tanımlama safhasında en çok kullanılan teknik araçlar şunlardır (Pyzdek, 2003):

- Proje önceliklendirme matrisleri
- Süreç analizleri (SIPOC) (Süreç haritaları, Süreç akış şemaları),
- Müşterinin sesini (VOC) dinleme teknikleri (mektup, telefon, yüz yüze konuşma, toplantı, konferans vb.),
- Kıyaslama,
- Grafikle gösterim,
- Taslak veri toplama,
- Beyin fırtınası,
- Sebep/sonuç diyagramı,
- Pareto analizi,
- Yakınlık diyagramları

Bir projenin konusu belirlendikten sonra, tanımlama safhasında kullanılacak takip tekniklerinin belirlenmesi için Çizelge 3.3.'den yararlanılabilir.

Çizelge 3.3. Tanımlama süreci takip tablosu

Adımlar	Sorulacak Sorular	Kullanılacak Uygulamalar
Fırsatların belirlenmesi	Neden buradayız?	Problemin belirlenmesi
	Amacımız nedir?	Amaç ağacı
	Organizasyonun veya takımın değerleri ile ortak bir çalışma yaptığımızdan nasıl emin olabiliriz?	Proje tutanağı
	Ne kadar zamanımız var?	Proje planı
Proje alanı	Müşterimiz kimler ve ne istiyorlar?	Müşteri istekleri
	Tedarikçilerden neler istiyoruz?	Tedarikçi istekleri
	Sistemimiz nasıl çalışıyor?	Değer akış şeması
	Sorun nerede ve ne zaman oluştu?	Sorun belirleme çalışması
	Sorun hangi sıklıkla meydana geliyor?	Pareto analizi

Bu aşamanın çıktısı (İnternet-4);

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

Tanımlama aşamasında elde edilenlerin tamamı bir sonraki aşamalara temel oluşturmaktadır. Uygulama temellerinin bu aşamada sağlam atılması halinde sonraki aşamalarda yapılan analizlerde ve iyileştirmelerde etkinlik artacaktır.

3.2 Ölçme

Altı Sigma uygulamasının ikinci aşaması olan ölçme aşamasının amacı, geliştirilecek olan sürecin sınırları tanımlandıktan sonra geliştirilecek sürecin

performansını ölçmektir. Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan işlemlerin etkilerini belirlemek mümkün değildir. Bu aşamadaki en kritik faktör, neyin ya da nelerin ölçüleceğinin doğru belirlenmesidir. Tüm problem çözme teknikleri ve istatistiksel teknikler kullanılarak Altı Sigma kapsamına alınacak süreçlerin mevcut durumları ortaya çıkarılmaktadır. Kalite için birincil önceliğe sahip değerleri etkileyen kilit iç süreçler belirlenmekte ve belirlenmiş değerlere göre ortaya çıkan kusurlular ölçülmektedir (Kiriş, 2003). Bu bilgi analiz aşamasında araştırmamız gereken potansiyel nedenlerin alanlarını daraltmamız konusunda bize yardımcı olur (Rath and Strong, 2001).

Ölçme aşamasının iki temel amacı vardır; projede ele alınan problemi sayısal verilere dayanarak doğrulamak, verileri toplamak ve problemin nedenleri hakkında ipucu veren gerçekleri sayısal olarak ölçmek. Problemin oluştuğu sürecin girdi, işleme ve çıktı alanlarının tümünü kapsayacak şekilde problemin nedenlerini araştırmak, problemin çözümünü sağlayacak verilerin doğru bir şekilde toplanmasını sağlamak bu aşamada yapılan temel faaliyetlerdir (Madenli, 2006).

Ölçme aşaması tanımlama aşamasının genişletilmiş hali ve analiz aşaması için de veri kaynağıdır. Ölçme aşamasında; öncelikle tanımlama aşamasının raporu takım ile birlikte tekrar elden geçirilmelidir. Tanımlama aşamasının raporu yapılan proje tanımları ve bilgileri detaylandırılmalıdır. Sonrasında; akış şemaları ve süreç haritalarının elden geçirilmesi, sebep sonuç matrislerinin oluşturulması, muhtemel sebeplerin belirlenmesi, veri toplanması maksadıyla yapılacak ölçümün hangi sahadan ve hangi ölçüm metodu ile toplanacağı belirlenmesi, ölçüm sistemi hatasının belirlenmesi, veri toplama planının yayınlanması, alınan verilerin analiz edilmesi ve mevcut süreç performansının belirlenmesidir (Yang and El-Haik, 2003).

Ölçme safhasında en çok kullanılan teknik araçlar şunlardır (İnternet-4);

- Veri Toplama Planı
- Çetele Diyagramı
- Frekans dağılımları

- Ölçüm Sistemi Analizi (Tekrar Edebilme ve Yeniden Üretebilme)
- Pareto Şeması
- Hata Tipi ve Etkileri Analizi (HTEA)
- Süreç Yeterliliği ve Süreç Sıgması
- Kontrol Grafikleri

Ölçme aşamasında kullanılacak takip tekniklerinin belirlenmesi için Çizelge 3.4.'den yararlanılabilir.

Çizelge 3.4. Ölçme süreci takip tablosu

Adımlar	Sorulacak Sorular	Kullanılacak Uygulamalar
Mevcut durumun analizi	Hangi girdiler performansı etkiliyor?	Müşteri-Süreç matrisi
	Hangi girdiler çıktıları etkiliyor?	Detaylı akış şeması
	Süreç ne kadar?	Ürün akış şeması
	Mevcut sürecin maliyeti ne kadar?	Süreç maliyet tekniği
	Hangi işler ofis içinde dolaşiyor?	Fiziksel dizilim
	Hangi işler bölümler arası dolaşiyor?	Fonksiyonel süreç haritası
Proje alanı	Kaç farklı değişken var?	Histogram veya nokta taslağı
	Çevrim zamanını nasıl azaltabiliriz?	"Olmalı" akış şeması
	Çeşitliliği azaltmak için ulaşılabilecek hedef nedir?	Kontrol tablosu

Çizelge 3.5'de ölçümün gerçekleşmesi gereken üç alanı göstermektedir. Bu üç alan, müşteri için önemli olan çıktı ölçütleri, işi yapmanız için önemli olan girdi ölçütleri ve sürecin kendisini merkez alır (Eckes, 2005).

Çizelge 3.5. Ölçümlenme gerektiren alanlar

Süreç Ölçütleri (İşletmenin Verimliliği)	Girdi Ölçütleri (Tedarikçi Etkililiği)	Çıktı Ölçütleri (İşletmenin Etkinliği)
Süreç verimliliği ölçütleri: * Çevrim süresi * Maliyetler * Değerler * İş gücü	Tedarikçilere verilen anahtar kalite ölçütleri	Müşterilerin beklentilerini ne kadar karşılandığı/ geçildiğinin ölçütü

Altı Sigma adımları içerisinde, verilen önem ve değer, harcanan para ve zaman açısından en fazla göz ardı edilen aşamanın ölçüm olduğu söylenebilir. Ölçüm sırasında somut bir sonuç elde edilmediğinden bu aşamaya çok fazla dikkat edilmez. Bu nedenle, bu basamağı bir an önce geçme eğilimi yaygındır. Fakat bu doğru değildir. Çünkü kantitatif veriler Altı Sigma'nın temelini oluşturur. İyi veri olmaksızın iyi kararlar alınmaz (Balcı, 2005).

3.3 Analiz

Analiz aşamasında sistemin ya da sürecin mevcut performansı ile arzu edilen hedef arasındaki boşluğu ortadan kaldırmak için yöntemleri saptamak adına sistem analiz edilir (Pyzdek, 2003). Bir diğer anlatımla; tanımlama aşamasında tespit edilen ve ölçme aşamasında ölçülen potansiyel süreç faktörlerinin, iyileştirme aşamasına geçmeden önce yeniden değerlendirilerek süzgeçten geçirildiği ve sürece gerçekten etkisi olan faktörlerin iyileştirme aşaması için seçildiği aşamadır.

Analiz aşamasında proje ekibinin karşılaştığı en büyük zorluk, doğru analiz araçlarının kullanılmasıdır. Genellikle basit altı sigma araçları nedenleri bulmaya yetebilir. Fakat problemler ve diğer faktörler karmaşıktıkça daha gelişmiş istatistiksel tekniklere ihtiyaç duyulabilir (Pande and Holpp, 2002). Bu aşamada kullanılan araçlar aşağıdaki gibidir (Polat, 2003):

- Pareto Analizi
- Sebep-Sonuç Diyagramı
- Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA)
- Hipotez Testleri
- ANOVA
- T-Testi
- Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler

Analiz fazında takım ile belirlenen muhtemel kök nedenlerin doğrulanması sağlanır. Analizler sonucunda doğrulanmayan, verilere dayandırılmayan sebepler ve bunlara dayalı olarak yapılacak iyileştirmeler hiçbir zaman süreci başarıya taşımayacaktır (Eckes, 2003). Bu aşamayla birlikte problem sahaları doğru olarak belirlenmiş ve problemlerin büyüklüğü sayısal olarak ortaya konmuştur. Bundan sonra elde edilmiş olan veriler yorumlanır ve öncelikli problemler belirlenir.

3.4 İyileştirme

İyileştirme süreci, planlama ve sonuçlara başarıyla ulaşma aşamasıdır. Süreçlerin performanslarını etkileyen tüm faktörlerin değişkenlik nedenleri, birbirleri ile etkileşimleri ve süreçler üzerindeki etki düzeyleri ortaya çıkarılmaktadır.

İyileştirme aşamasının amaçları (Kiriş, 2003);

- Çözüm için fikir üretmek,
- İyileştirmeyi tasarlamak için denemek ve uygulamak,
- İyileştirmeyi doğrulamak, şeklinde sıralanabilir.

Çözümleri hemen uygulamaya koymadan, bundan önceki üç basamaktan elde edilenleri gözden geçirmek gerekmektedir. Bu gözden geçirme sonucunda problem, herkes tarafından anlaşılabilir derecede net ve ayrıntılı olarak tanımlanmış, mevcut imkân ve kaynaklarla çözülebilecek niteliğe sahip, giderilmesi halinde şirkete büyük yarar sağlayacak, çözümüne yardımcı olacak doğru verilere sahip ve problemin temel

nedenleri ve bunların nasıl giderileceği doğru olarak belirlenmiş ise eldeki çözümler denenmelidir. Bu çözümler insanların daha çok çalışmasını, daha fazla gayret göstermesini öngören tavsiyeler değildir. Çözümler daha iyi bir tahmini, daha iyi bir programlamayı, daha iyi bir prosedürü ya da daha iyi bir ekipmanı içermelidir. Bu “Daha fazla çalışın!” görüşünden çok daha farklıdır (Chua, 2003). Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar şunlardır (İnternet-2):

- Deneysel Tasarım
- Beyin Fırtınası
- Akış Diyagramları
- Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA)
- Hipotez Testleri
- Paydaş Analizi

Sonuç olarak iyileştirme aşamasının ana fikri çözüm geliştirmedir. Çözüm geliştirirken en iyi çözümleri bulmak ve bunlar sonucunda oluşacak en güçlü performansı yakalamak hedef olmalıdır (Gupta, 2004).

3.5 Kontrol

Kontrol aşaması yapılan iyileştirmelerin Altı Sigma düzeyinde kalıcı olması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla süreçlerin standartlaştırılması ve kontrolü aşamasıdır. Bir süreci iyileştirmek kadar, elde edilen başarı seviyesinin devamlılığını da sağlamak önemlidir. Bunun için analiz öncesi ve sonrası sonuçlar karşılaştırılır, elde edilen sonuç ve bilgiler dokümanite edilir (Rath and Strong, 2000).

İyileştirme aşamasından sonra ekip, sürecin kontrolünü ve idaresini sürecin asıl sahibine devretmelidir. Bu aşamada istatistiksel süreç kontrol teknikleri ile süreçlerin performans yeterliliklerinin sürekliliğinin takibi ve kontrolü yapılmaktadır.

Bu son aşamanın amacı, istatistiksel süreç kontrolü ya da basit işaretleme listeleri gibi araçları kullanarak, değiştirilmiş sürecin kilit değişkenlerinin en yüksek kabul

edilebilir aralıkta kalmasını garanti altına almaktır (Kiriş, 2003). Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar (İnternet-4):

- Kontrol grafikleri
- Veri toplama
- Akış diyagramları
- Standardizasyon
- Öncesi ve sonrası kontrol için frekans dağılımı
- Pareto analizi

Günümüz işletmelerinde de temel problem, nasıl başarılı olunacağından ziyade nasıl başarılı kalınacağıdır. Bunun için mevcut durum her zaman sorgulanmalıdır. Bu aşamanın çıktıları:

- İyileştirmeye konu olan sürecin son durumu,
- İyileştirme sonucu sağlanan kazançlar,
- İyileştirme sonucu ortaya çıkan fırsatlar ve tavsiyelerdir.

Kontrol aşaması, başarının sürdürülebilmesi açısından Altı Sigma'nın en önemli aşamasıdır. Bu aşamada; ilk dört aşama sonunda sağlanan kazançlar değerlendirilir, bu kazançların sürdürülmesi ve artırılması için neler yapılabileceği kararlaştırılır ve Altı Sigma'nın güçlü araçları yardımı ile en küçük başarıların dahi kalıcı olması sağlanır (Kasa, 2003).

3.6 Altı Sigma Süreç İyileştirmesinde Kullanılan Araçlar

İşletmeler Altı Sigma'yı uygularken Altı Sigma'nın tüm tekniklerine ihtiyaç duymayabilirler. İşletmeler süreçlerine uygun olan tekniklerden bir veya birkaçını kullanabilirler. Bu bölümde Altı Sigma uygulamalarında en sık kullanılan tekniklerden bahsedilecektir.

3.6.1 Tanımlama belgesi

Birçok kaynakta tanımlama belgesi, proje tanımlama belgesi ve ya tüzük gibi

isimlerle adlandırılır. Altı Sigma ekibinin işini yapabilmesi için bir amaç ve isteklendirme sağlayan bir dokümandır. Projeye başlanıldığında doldurulması gereken ilk evrak olan tanımlama belgesi şunları içerir:

- İşin yapılma nedeni: Bu projenin neden yapılması gerektiğini ve neden diğer projelerden öncelikli olduğunu bildiren ve projenin etkilediği stratejik iş hedeflerini gösteren kısa bir açıklamadır.
- Problem ifadesi: Problem hakkında kısa ve ölçülebilir bir ya da iki cümledir. Problemin ne kadar süredir devam ettiğini göstermeli, mevcut ve istenilen durumu açıklamalı problemin tüm sistem üzerindeki etkisini herhangi bir suçlama yapmadan anlatmalıdır.
- Proje kapsamı: Altı Sigma ekibinin ne üzerine odaklanması gerektiğini ve ne ile uğraşmaması gerektiğini açıklayan bölümdür.
- Kilometre taşları: Kilometre taşları, ekibe TÖAİK süreci içerisinde nerede ve ne zaman hangi noktalarda olmaları gerektiğini gösterir (Eckes, 2005).
- Proje ekibinin rolleri ve sorumlulukları: Her Altı Sigma projesinde Siyah Kuşak liderliğinde bir proje takımı oluşturulmalıdır. Bu proje takımına Altı Sigma eğitimi almış kişiler dışında, proje ile ilgili olan bölümlerden uzman kişilerin katılımı da sağlanmalıdır. Proje takımında Siyah Kuşak ya da Yeşil Kuşak'lara teknik konularda danışmanlık yapacak bir Uzman Siyah Kuşak'ın ve yönetsel problemlerin aşılmasında yardımcı olacak olan Şampiyon'unda bulunması yararlı olacaktır.
- Çıktılar: Her bir Altı Sigma projesinden şirkete kazandıracak parasal bir kazancın olması beklenir. Dolayısıyla projenin hedefi/amaçları kısmında belirtilen birim kazançların parasal karşılıklarının hesaplanması gerekmektedir (Tok, 2006). Çizelge 3.6'da örnek bir tanımlama belgesi verilmiştir.

Çizelge 3.6. Örnek Tanımlama Belgesi

Firma Adı		Altı Sigma Tanımlama Belgesi	
İşin Yapılma Nedeni (Stratejik iş hedefleriyle bağlantısı)			
Proje Kapsamı			
Kapsam İçinde		Kapsam Dışında	
Hedef ve Amaçlar		Özel Konu Uzmanları	
Onay			
Şampiyon:			
Tarih:			
Ekip Lideri:			
Tarih:			
Altı Sigma Direktörü:			
Tarih:			

Kaynak : Eckes, G., 2001, Herkes için Altı Sigma, Media Cat Yayıncılık, İstanbul, s.128

3.6.2 Ağaç diyagramı

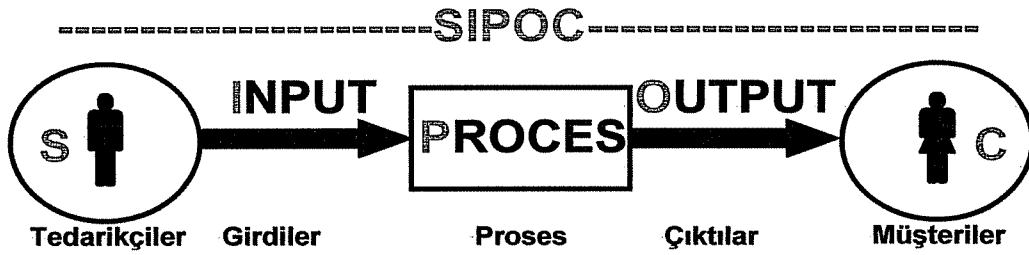
Ağaç diyagramı müşteri gereksinimlerini ya da süreçleri detaya indirgeyen, alt Kalite Kritiklerinin (Critical to Quality - CTQ) elde edilmesini sağlayan bir araçtır. Ağaç diyagramında yatay veya dikey sınıflandırma yapılabilir.

Ağaç diyagramında öncelikle problem en sola yazılır. Daha sonra bu probleme neden olabilecek faktörler, sağa doğru ilerleyerek gitgide detaylandırılır. En sağda

detaylandırılan faktörler kalite karakteristikleri olarak ele alınmaktadır. Ağaç diyagramı özellikle yeni ürün ve hizmetlerin tasarlanmasında ve tanımlanmış problemlere çözüm bulmak için bir uygulama planı oluşturulmasında da kullanışlı bir araçtır (İnternet-5).

3.6.3 Süreç haritası

Süreç haritası ya da SIPOC olarak adlandırılmakta olan Altı Sigma aracı tedarikçi (supplier), girdi (input), süreç (process), çıktı (output), müşteri (customer) kelimelerinin İngilizce karşılıklarının ilk harflerinden birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Şekil 3.2' de SIPOC modeli verilmiştir.



Şekil 3.2. SIPOC modeli

Kaynak: Genç, S., 2007, Altı Sigma K1., ISO/KADEK TÜBİTAK/TÜSSİDE, İst., s.81

Süreç haritası, başlıca iş süreçlerini şekillendirmede ve olası ölçüleri tanımlamada tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem, baştan aşağıya tüm süreci ele alarak alt süreçleri ve temel faaliyetleri saptamada kullanılır. Bu yöntem çok fazla detaya inmeden sürecin kritik elamanlarını belirlemek ve sınırlarını çizmek amacıyla kullanılır (Pande and Holpp, 2002).









3.6.4 Akış şeması

Akış şeması belli bir süreçteki adımları grafik sembollerle gösteren şemadır. Sürecin temel girdi ve çıktı değişkenleriyle birlikte tam olarak algılanması için süreç akış şeması oluşturulur. Süreç akış şeması, sürecin yazılı hale getirilmesi ve şekilsel bir gösterimidir. Akış şemaları kullanılarak büyük bir süreçte çeşitli basamaklar tanımlanır ve yapılan işin herkes tarafından anlaşılması sağlanır. Çoğu zaman süreçte meydana gelen olaylar gerçekte olması gerekenden farklıdır. Akış şeması oluşturmakla belli bir

süreçte atılması gereken adımlara daha yakından bakma imkanına kavuşulur. Akış şemaları aynı zamanda sürece kimin nasıl katılacağını belirlemede önemli katkı sağlamaktadır.

Akış şeması ile zaman içinde süreçte meydana gelen değişkenlerden kaynaklanan değişkenliğin azaltılması, gereksiz faaliyetlerin belirlenmesi ve kontrolün sağlanması amaçlanır (Albayrak, 2007).

Akış diyagramlarında gösterilen adımlar, “değer katan adımlar” ve “değer katmayan adımlar” olmak üzere ikiye ayrılır. Değer katan adımlar; müşterinin para ödemekten kaçınmayacağı, ürünü fiziksel olarak değiştiren ve ilk defada doğru yapılan adımlardır. Değer katmayan adımlar ise; süreç çıktısı için temel oluşturmayan, çıktıya değer katmayan ve hata, hazırlık, kontrol, nakliyat, bekleme, gecikme gibi durumları içeren adımlardır (Day, 1997). Hazırlanan şemanın herkes tarafından aynı yorumlanabilmesi için, süreç akış şemaları Şekil 3.3’de verilen standart sembollerle ifade edilir.

Sembol	Anlamı	Sembol	Anlamı
	İşlem		Başlama/ Bitiş
	Veri		Karar
	Depolama		Taşıma
	Devam bağlacı		Gecikme

Şekil 3.3. Süreç akış şemasında kullanılan semboller

Akış şemalarını hazırlamak ve kullanmak yönetim ve üretimle ilgili süreçlerde, süreç kontrolüne olanak sağlayan en önemli faaliyetler arasında yer almaktadır. Bir süreci kontrol altında tutma ve geliştirme olanaklarının görülebilmesinin ilk ve en önemli unsuru, o sürecin eksiksiz anlaşılmasından ve tanımlanmasından geçmektedir (Tapık, 1998).

Süreç akış şeması oluşturulurken aşağıdaki adımlar izlenir:

1. Genel girdilerin ve önemli çıktı değişkenlerinin belirlenmesi,
2. Katma değer yaratan ve yaratmayan adımların tanımlanması,
3. Sürecin her adımında temel çıktıların gösterilmesi,
4. Temel girdilerin listelenmesi ve süreç girdilerinin sınıflandırılması,
5. Kontrol edilebilir ve kritik girdiler için operasyon spesifikasyonlarının ve süreç hedeflerinin eklenmesi.

Süreç akış şemalarının faydaları kısaca aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

- Olayların sırasını açık olarak anlamaya yardımcı olur.
- İyileştirme fırsatlarını belirlemeye yardımcı olur.
- Veri toplanacak alanları ve teknikleri tarif etmeyi kolaylaştırır (Albayrak, 2007).

3.6.5 Pareto diyagramı

Pareto analizi, problemin veya gelişmelerin, olayların, koşulların değişik nedenlerinin göreceli frekansını görüntülemek için kullanılan bir çubuk diyagramıdır (Tapık, 1998).

Pareto, veriyi en büyükten en küçüğe gruplar halinde katmanlara ayırmak için kullanılır. Pareto, bir sorunun en yaygın olma nedenlerini tanımlamaya yarar. Pareto diyagramını kullanmak için, elinizde kesikli veya kategori verisi olması gerekir, ağırlık ya da sıcaklık gibi ölçülerle yani sürekli veriyle işe yaramaz. Pareto diyagramı kategorize edilmiş verilerin incelendiği bir araçtır. Pareto diyagramı; problemi oluşturan bölümlerin oransal etkisini ortaya koymak, probleme sebep olan en büyük nedeni bulmak ve nereye odaklanılacağı kararını vermek için kullanılır (Gündüz, 2007).

3.6.6 Histogram

Histogram, gruplandırılan ölçüm değerlerinin bir dikdörtgenler dizisi şeklinde grafik olarak gösterilmesidir (Kartal, 1999). Histogramdan yararlanma, çeşitli konuların özetlenmesi, analizi, verileri karşılaştırma ve düzensizlikleri gösterme şeklinde olabilmektedir. Histogramda verilerin dağılımının gösterilmesinin yanı sıra, bir verinin

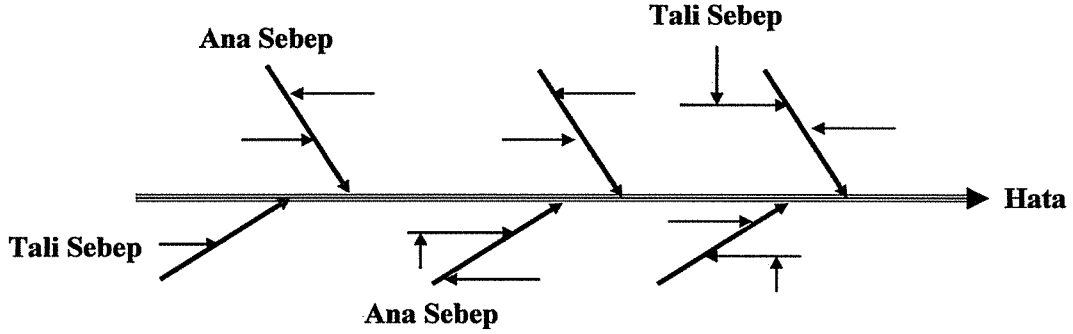
herhangi bir değerinin tekrar edilme durumunu da göstermektedir. Böylece problemin nedenini net olarak ortaya çıkarmaktadır (Efil, 1999).

Histogramlar genellikle boyut, ağırlık, sıcaklık gibi ölçülebilir özelliklerin ölçümünden elde edilen verilerin, yani çok sayıdaki gözlemin dağılımını ve belirli bir zaman içindeki değişkenliğinin gösteriminde kullanılmaktadır. Bu değişkenliğin yorumlanmasıyla nedenlerin ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmaların geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Histogramlar süreci kontrol altında tutmanın en önemli araçlarından biridir. Histogramların oluşturulmasında ortalama, mod, medyan, dağılım aralığı, sınıf sayısı, standart sapma gibi istatistiksel büyüklüklerden yararlanılmaktadır (Tapık ve Keleş, 1998).

3.6.7 Sebep/Sonuç diyagramı

Sebep/sonuç diyagramı, japon kalite devriminin öncü isimlerinden olan ve Kaoru Ishikawa'nın geliştirdiği bir araçtır; bu yüzden Ishikawa diyagramı olarak da adlandırılır. Ayrıca oluşturulan diyagramların balık kılçığına benzemesi sebebiyle balık kılçığı diyagramı olarak da bilinir.

Sebep/sonuç diyagramında öncelikle problem çıktısı sağ tarafa yazılır, bu yazıya yatay bir çizgi çekilir, üzerine yukarıda adı geçen 6 ana başlık çizgisi balık kılçığı görüntüsü oluşturacak şekilde bağlanır. Daha sonra takımla birlikte beyin fırtınası yapılarak çıktıya etki edebilecek faktörler ait olduğu ana başlığın altına not edilir. Böylece hangi ana başlığa öncelik verileceği ve hangisinin daha önemli olduğu takım tarafından öngörülür. Bu analizin en önemli yararı bütün faaliyetleri beraberce görme, aralarındaki ilişkileri inceleme ve alt faaliyetler arası iletişimi kolaylaştırmaktır (Akın, 1996). Şekil 3.4'de sebep/sonuç diyagramı üzerindeki ana sebep ve tali sebeplerin yerleşimi verilmiştir.



Şekil 3.4. Ana ve tali sebeplerin gösterildiği sebep/sonuç diyagramı örneği

Kaynak: Kartal, M., 1999, İstatistiksel Kalite Kontrol, Şafak Yayınevi, Sivas, S.269

3.6.8 Beyin fırtınası

Bu yöntemde bir grup bireyin bir sorunu çözmek için kişisel yeteneklerinin birleştirilmesi amacıyla, katılım ve yaratıcılığı kolaylaştırıcı bir ortam yaratarak, pek çok fikrin ortaya çıkmasını amaçlayan, süreç performansındaki değişikliğin azaltılması amacıyla yürütülen kapsamlı bir faaliyettir. Her biri değişik özel becerilere sahip ekip üyelerinin tam bir serbestlik içinde, belirli kurallara uyarak bir sorun hakkında fikir üretmelerine ve bir çözüm geliştirmek için kendi bireysel uzmanlıklarıyla katkıda bulunabilmelerine olanak sağlamaktadır.

Beyin fırtınası iki evreden oluşur:

- Çok sayıda düşünce, bu düşüncenin kalitesine bakılmaksızın araştırılır.
- Daha sonra düşüncelerin kalitesi konusunda ayırım yapılır (Şimşek, 2004).

3.6.9 Takt Time grafiği

Takt kelimesi Almanca "taktzeit" kelimesinden türetilmiş olup; bir kısaltma değildir. "Takt" kelimesi almancada müzikal bir vuruş veya ritim anlamına gelmektedir. Müşterilerden gelen siparişlerle doğru orantılı olarak şirketin üretim sistemini düzenlemesi sonucunda ortaya çıkan zaman aralığına takt süresi denir. Takt time günlük çalışma süresinin günlük müşteri talebine bölünmesiyle hesaplanır (Seth and Gupta, 2005).

Takt time ve gözlenen her iş istasyonunun çevrim süresi darboğaz oluşturan iş istasyonlarının yerini tespit etmek için kullanılmaktadır (Liua and Chiang, 2007).

Takt time'in formülasyonu;

A = sahip olunan net çalışma zamanı (örneğin dakika/gün cinsinden)

B = toplam talep (örneğin adet/gün cinsinden) biliniyorsa,

$A/B = T =$ takt zamanı (dakika / adet cinsinden) bulunur.

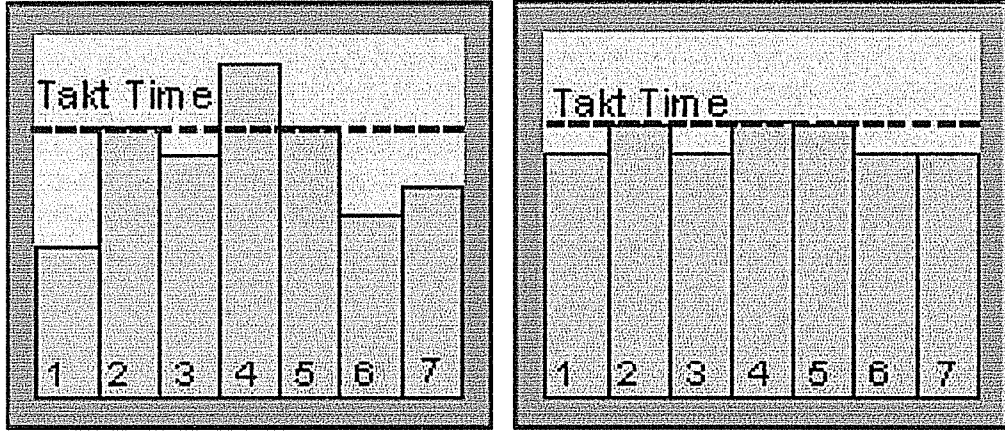
Takt Time talebin karşılanması için gereken üretime ayrılan en uzun süre olarak tanımlanabilir, diğer bir deyimle "çevrim süresidir".

Takt time üretim işletmesinin günlük planlanan üretim rakamlarına ulaşmak için sahip olması gereken teorik işlem süresidir (Duanmu and Taaffe, 2007). Takt time kullanılabilir zaman dilimi/müşteri talep dönemi olarak tanımlanır. Örneğin, bir işletmenin günlük 2.880 adetlik siparişi varken 8 saatlik (28.800 saniye) çalışma süresine sahip ise; Takt time'in uzunluğu $28.800 / 2.880$ yani; 10 saniyedir. İşletme bu talebi karşılama istiyorsa hiçbir işlem süresi 10 saniyenin üzerine çıkamaz. İşlem süreleri Takt time'in üzerinde ise Takt time'a çekmek için çeşitli iyileştirmeleri gerçekleştirmek gerekmektedir (Schroer, 2004).

Takt Time bir operasyonun ne kadar sürmesi gerektiği şeklinde düşünülmemelidir. Talep veya net çalışma süresinin değişmesi ile değişir. İşletmenin operasyon sürelerini kısaltması Takt Time'ı değiştirmez ancak olası kayıplara karşı tampon kapasite sağlanmış olur ama aksiliklerin sayısını azaltarak "net çalışma süresini" daha yüksek veya daha güvenilir bir seviyeye taşıyabilir.

Takt Time iş ortamında her türlü operasyon için – üretim eylemi, müşteri servisi, çağrı merkezi operasyonu, ürün teslimatı – kullanılabilir ancak yaygın olarak üretim yapılan yerlerde uygulanmaktadır. Takt Time bütün operasyon adımları için bir üst limit çizdiği için işletmeyi daha verimli ve hızlı olmaya sevk eder ancak diğer yandan kısaltıkça sistem üzerinde baskı artar (İnternet-6).

Şekil 3.5.'de yer alan 2 grafikte Takt Time uygulamasının nasıl limit çizgisi oluşturduğu görülmektedir. Birinci grafikte 4 numaralı operasyonun uyulması gereken takt time süresinden uzun olduğu görülmektedir. Bu durumda hedeflenen sayı üretilmeyecektir. Yapılan çalışma sonucu 4 numaralı işlem kısaltılmış buna karşılık 1, 6 ve 7 nolu işlemlerin çevrim süresi artmıştır (Takt Time'dan kısa olduğu sürece herhangi bir işlemin çevrim süresinin uzaması üretilen sayıyı değiştirmez ancak üretimin içinde oluşacak problemlerin sonucu etkileme ihtimalini – kırılganlığını – artırır).



Şekil 3.5. Takt Time uygulama örneği

Takt time, sürekli üretimin olduğu üretim işletmelerinde müşteri talebini yetiştirmek ve stokları yükseltmemek amacıyla iş istasyonlarına dengeli bir üretim hızı verir. Takt time'ın ayarlanması ile üretim sisteminin kontrolü ve öngörülebilirliği geliştirilmiş olacaktır (Slomp et al., 2009). Her an farklı bir sipariş alıp onu yetiştirmek zorunda olan işletmeler için çok geçerli olmayabilir.

TAKT Time analizinin faydalarından bazıları:

- Üretimin dengeli ve istikrarlı olmasını sağlar.
- Hücresel üretim gerektiren yerlerde, iş hücrelerinin tasarlanmasında büyük kolaylık sağlar.
- Psikolojik olarak etkilidir. Takt zamanını takip eden ve yakalamaya çalışan

çalışanlarda, süreç çıktıları ve potansiyel problemlerle ilgili bilinç artışı gözlenir. Motivasyon ve geribildirim artması da oldukça hızlı gözlemlenen etkilerindedir.

Takt zamanı kavramı çok kullanışlı ve değerlidir ancak her kavram gibi limitleri vardır ve doğru yerde doğru şekilde kullanıldığında iyi sonuç verir. Ayrıca %100 verimlilikle çalışılmayacağı, arada oluşabilecek duruş, fire vb. göz önünde bulundurularak hesaplanan takt zamanından daha hızlı üretim yapılması gerekeceği de gözden kaçırılmaması gereken bir konudur (İnternet-6).

3.6.10 Hata türü ve etkileri analizi

Hata türü ve etkileri analizi (HTEA - Failure Mode and Effects Analysis: FMEA), riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata türü ve etkileri analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır. HTEA'yı uygulayan kuruluşlar, sürecin ve tasarımın geliştirilmesi aşamasında oluşabilecek problemleri önceden tahmin ederek problemin oluşmasını engellemeyi amaçlar. HTEA yönteminin kuruluşlarda doğru olarak uygulanması iç ve dış müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesinde büyük önem taşır.

Önleyici bir teknik olan HTEA; potansiyel, diğer bir deyişle gerçekleşme olasılığı bulunan hataların türleri ve etkileri ile ilgilenir (Yavuz, 2006). Hata sektörden sektöre de ciddiyeti açısından fark yaratmaktadır. Örneğin; herhangi bir otomobilin motorunda üretimden kaynaklanan bir hata, en fazla otomobilin durmasına neden olurken, bir uçağın motorundaki hata yüzlerce insanın hayatına mal olabilir. Sonuçta her iki ürünü üreten şirketin de hata sonucu oluşan mali kayıpları olacaktır. Ancak uçak üreten firmanın belki de iflasına neden olacaktır. Bu perspektiften bakıldığında, hatanın müşteriye yansımadan önce çözümlenmesi firmanın pazar kaybı dolayısı ile göğüslemesi gereken maliyeti azaltacağı kuşkusuzdur. Diğer taraftan üretim sırasında oluşan hatanın da üretimin mümkün olduğunca erken aşamasında ortadan kaldırılması üretim maliyetini en aza indirecektir (Akın vd., 1998).

3.6.11 Varyans analizi (VARAN)

Varyans analizi R.A. Fisher tarafından 1924 yılında geliştirilmiştir. Bu teknik varyanslar arasındaki farkın karşılaştırılmasına dayandığından “Varyans Analizi” adını almıştır. Varyans Analizi, esas itibariyle serilerin toplam varyansını, her biri ayrı bir değişim kaynağına bağlı unsurlara bölerek bunların arasında önemli bir fark bulunup bulunmadığını araştırmak, dolayısıyla çeşitli kaynakların önemini tespit etmek amacıyla kullanılır (Gürtan, 1982).

Varyans analizi, çeşitli süreç seviyelerinde alınan örneklemeler arasındaki farklılıkları değerlendiren bir araçtır. Bu farklılıkların ne oranda hata oluşturup oluşturamayacağını saptamak amacıyla kullanılan varyans analizinde ilk adım, süreç çıktı değişkenliğini kullanarak problemi tanımlamaktır.

Problemin tanımından sonra analiz konusu tanımlanarak sıfır hipotezi ve alternatif hipotezler saptanır. Yeterli büyüklükte bir örneklem seçilerek varyans analizi tablosu oluşturulur. Hipotezlerin eşitliği test edildikten sonra ANOVA tablosundan da yararlanarak süreçler hakkında hipotez kararı verilir. Denklem sonucunda elde edilen sayısal bulgular sorunları gidermeye yönelik olarak sürece uyarlanır. Etkisi incelenecek faktör sayısının ikiden fazla olması durumunda hipotez testleri varyans analizi metodu kullanılarak, F dağılımına göre yapılır.

3.6.12 Deney tasarımı

Altı Sigma yönteminin en önemli araçlarından biri olan deney tasarımı (Design of Experiments) sayesinde, süreç çıktıları ile girdiler arasındaki ilişkiler araştırılır ve sürecin çıktısını etkileyen önemli girdiler bulunur. Deneyler sayesinde, girdilerin değişik durumları, çıktı üzerindeki etkileri incelenerek; önemli az girdiler ve bunların çıktı üzerinde yaptığı etkiler sayısallaştırılır. Süreç çıktısını en iyi hale getirmek için üç farklı yöntem kullanılabilir. Bunlardan birincisi deneme-yanılma, ikincisi her seferinde bir faktör yaklaşımı, üçüncüsü de tasarlanmış deneylerdir (Polat, vd., 2005).

Değişkenlik düzeyleri arasında önemli bir istatistiksel fark varsa bu farkın belirlenmesinde varyans analizi ve regresyon teknikleri kullanışlı araçlardır. Örneğin

varyans analizi; departmanlar, tedarikçiler, makineler arasındaki farkları içeren testleri ele alır. Regresyon tekniği ise, bir ürünün boyutları ve çevrim zamanı gibi süreç çıktıları üzerinde ısının, basıncın, gecikmelerin ve diğer kilit süreç girdilerinin etkilerini tanımlamada kullanılmaktadır. Varyans analizi ve regresyon tekniği süreçte herhangi bir değişiklik yapmaksızın farklılıkların kaynaklarını belirlemeye yardımcı olurlar. Örneğin bir regresyon analizi ısının, bir sürecin çıktısına etkisini göstermeyebilir. Bu gibi durumlarda deney tasarımı tekniğinin kullanılması daha iyi sonuçlar doğurur (Madenli, 2006).

Deney tasarımı;

- Müşterinin Sesi sistemlerini değerlendirmeye, müşterileri sıkmadan geçerli bilgiler üretmek için en iyi yöntem karmasını bulmaya,
- Bir hatanın temel nedenini diğerlerinden ayıracak etkenleri belirlemeye,
- En iyi iyileştirme stratejisini bulmak için olası sonuç kombinasyonlarını denemeye,
- Potansiyel sorunları tanımlamak ve ilk andan itibaren hataları azaltmak için ürün ve hizmet tasarımları geliştirmeye imkan tanır.

3.6.13 Serpme diyagramı

Serpme diyagramı, yatay ekseninde problemin nedeninin, dikey ekseninde ise problemin yer aldığı bir x-y diyagramıdır. Problemin nedeni ve problem arasındaki ilişki, değişkenin aldığı ardışık değerlere karşılık gelen sonuç değerlerin ölçülmesi ile ortaya konur (Tapık ve Keleş, 1998).

Kalite iyileştirmesinde kullanılan serpme diyagramları:

- Bir kalite karakteristiği ile ona etki eden faktör arasındaki,
- Birbirine bağımlı iki kalite karakteristiği arasındaki,
- Bir kalite karakteristiğini etkileyen birbiriyle ilişkili iki faktör arasındaki bağıntıyı (korelasyon) bulmaya yarar.

Serpme diyagramı iki değişken arasındaki ilişkinin lineer, parabolik veya başka matematiksel bir ilişki olup olmadığını belirtir (Akın vd., 2001).

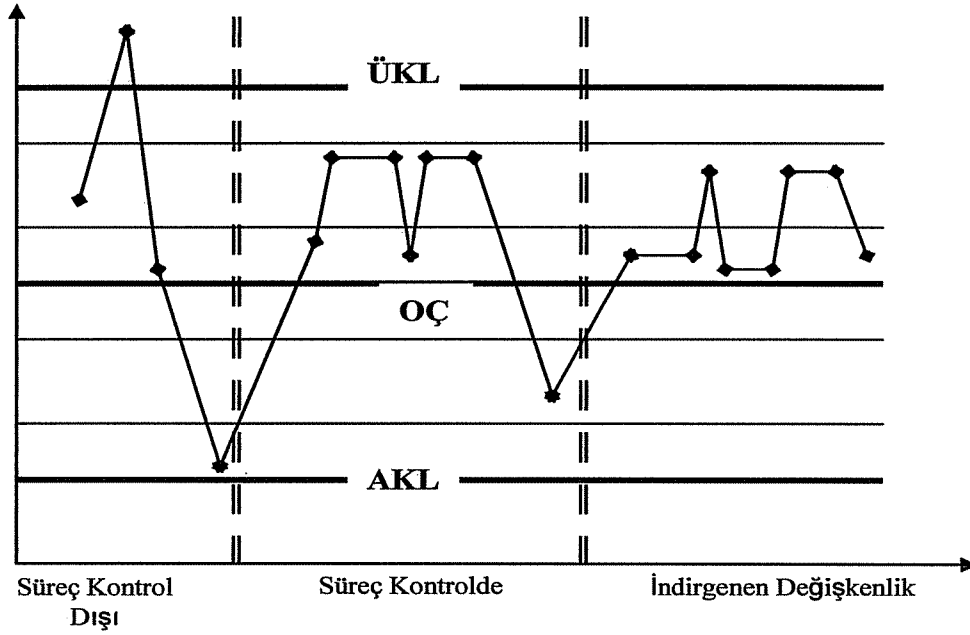
3.6.14 Kontrol grafikleri

İstatistiksel kontrol grafikleri, standartların karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılan istatistiksel tekniklerdir. Bir kontrol grafiği, düşey ekseninde yer alan süreç (kalite) karakteristiğinin yatay eksenindeki örnek numarasına, zamana ya da alınış sırasına göre grafik üzerine gösterimidir. Bir kontrol grafiği temel olarak üç çizgi içerir. Birincisi, ilgilenilen karakteristik Y olarak tanımlanırsa, süreç kontrol altında iken Y'nin ortalama değerini gösteren orta çizgidir. İkinci ve üçüncü çizgiler ise, örnek değerlerinin ya da istatistiklerinin aralarına düşmesi beklenen üst ve alt kontrol sınırlarıdır. Söz edilen çizgiler, ilgilenilen karakteristik Y'ye göre sırasıyla orta çizgi (OÇ), üst kontrol sınırı (ÜKS) ve alt kontrol sınırı (AKS) olarak gösterilir. Y sürekli ya da süreksiz değer alabilen bir süreç karakteristiği olabilir (Burnak, 1997).

Kontrol grafiklerinin Altı Sigma sisteminde üç belirgin kullanımı vardır:

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

Kontrol grafikleri ile bir sürecin denetim altında olup olmadığını anlamanın bir aracı, süreci denetim altında tutmaya yarayan bir aygıt, ürün kalitesindeki değişkenliği azaltıcı bir düzenek gibi bakılabilir. Bir sürecin denetim dışına çıkmasının çeşitli yolları vardır (Pande et al., 2004). Üç çeşit durum Şekil 3.6'daki şekilde grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Sürecin kontrolde, kontrol dışı ve indirgenen değişkenliği durumları

Kaynak: Newbold, P., 2002, İşletme ve İktisat için İstatistik, (Çev: Şenesen, Ü.), Literatür Yayınları, Yayın No:44, İstanbul, s.735.

Kontrol grafiklerinden hangisinin kullanılacağı genellikle sürecin kalite karakteristiğine bağlıdır. Kalite karakteristikleri ölçülebilen ve nitel özelliklerle ilgili ölçülemeyen kalite karakteristiği olarak iki gruba ayrılır. (Akın vd., 2001; Yavuz, 2006).

BÖLÜM 4

ALTI SİGMA YÖNTEMBİLİMİ İLE BİR UÇAK MOTORU PARÇASININ ÇEVİRİM SÜRESİNİ AZALTMA UYGULAMASI

Bu bölümde, önceki bölümlerde adımları ve yapısı ele alınmış olan Altı Sigma yöntembilimi ile bir uçak motoru parçasının üretimindeki çevrim ve teslimat süresinin azaltılması ile ilgili uygulama adımları açıklanacaktır.

4.1 İşletmenin Tanıtımı

TUSAŞ Motor Sanayii A.Ş. (TEI), Türk Uçak Sanayii A.Ş. (% 50,5), Türk Silahlı Kuvvetleri Güçlendirme Vakfı ve Türk Hava Kurumu (% 3,3) ile General Electric-ABD (%46,2) şirketi ile 1985 yılında Eskişehir'de kurulan bir ortak teşebbüştür.

1987 yılında ilk motorun ve motor parçalarının üretim ve sevkiyatını gerçekleştiren TEI, aradan geçen yıllar içerisinde uçak motoru üretim, montaj ve test teknolojisinin Türkiye'ye transferini gerçekleştirmiş; ayrıca uluslararası standartta, güvenilir, yüksek kaliteli üretimiyle kendini küresel pazarda kanıtlamıştır.

TEI, dinamik ve sürekli gelişen yapısıyla, gerek ulusal gerekse uluslararası alandaki değişim hareketlerini de yakından takip ederek uçak motoru teknolojisi, modern imalat süreç ve tekniklerinde Türkiye'nin ileri teknoloji uygulama merkezi konumuna gelmiştir.

TEI'nin yatırım ve girişimlerini sürdürdüğü başlıca faaliyet alanları;

- Motor montaj ve test,
- Parça imalat,
- Müşteri destek hizmetleri,
- Ürün geliştirmedir.

Günümüze kadar yüzlerce uçak motoru ile yüz binlerce motor parçasının üretimini tamamlayan TEI, F-16 uçaklarında kullanılan F110 motorlarına yönelik başlayan parça üretimini bugün 31 değişik motor programına ulaştırmıştır. Üretim tesisleri en son teknoloji, tezgah ve teçhizat ile donatılan TEI, imal ettiği birçok uçak motor parçasında tek kaynak olma özelliğini sürdürmektedir.

TEI kuruluş hedefleri: Şirketin konusu; uçak motorlarının ve diğer gaz türbinli motorların araştırma-geliştirme, tasarım ve imalatıdır. Şirketin amacı Türk Hava Kuvvetleri için F110 motorlarının ortak üretimi, bu motorların modifikasyon ve modernizasyonu, bir üretim tesisi kurulmak suretiyle, F110 ve diğer uçak motorlarının ve diğer gaz türbinli motorların ve diğer mamullerin üretim, bakım, modifikasyon ve modernizasyonu ve bunlarla ilgili hizmetlerin yapılması imkanlarının yaratılması, Türkiye'de modern bir motor endüstrisinin kurulması, işletilmesi ve idamesi için lüzumlu teknolojinin transferi ve tesislerin işletilmesi ve idamesi için gerekli personelin eğitimi ve yukarıdaki hususların gerçekleştirilmesi için Türk Kanunları ile her türlü işlerin yapılmasıdır.

TEI'nin üretim kabiliyetleri: Üretim tesislerinde en son teknoloji ve konvansiyonel tezgâh ve teçhizatı kullanan, tüm enternasyonal havacılık kalite şartnamelerine uyan TEI'nin başlıca hassas üretim kabiliyetleri şunlardır:

- CNC işleme/taşlama
- Disk broşlama
- Taşlama (Jig Grinding)
- Fabrikasyon işlemleri (şekil verme, zımbalama, honeycomb uygulamaları vs.)
- CNC hassas taşlama
- CNC Bilyeli dövme (Shot Peen)
- CNC Metal Püskürtme (Plasma spray)
- Electro-Kimyasal işleme, EDM, ECG (Metal kaldırma)
- Laser operasyonları
- STEM delme
- Vakumlu ısı işlem, Fırın kaynağı (Brazing)

- Tig/Rezistans kaynağı
- Gazaltı kaynağı
- Nikel ve Sert krom kaplama
- Macro etch, Blue etch
- Black oxide
- Sermetal kaplama
- Alkalin & Titanyum temizleme
- F.P.I./ M.P.I./ Ultrasonic ölçüm (Tahribatsız muayene yöntemleri)
- Eddy Current ölçüm/ X-Ray ölçüm/ C.M.M./ Stack Projection

TEI'nin montaj ve test kabiliyetleri ise şu şekildedir;

- İleri teknoloji montaj tesisi,
- En son takım ve avadanlıklar;
 - Yüksek hassasiyet balans ekipmaları,
 - Yüksek hızda rotor taşlama,
- Bremze (Test Cell), max 100,000 Lbs.;
 - Universal test kabiliyeti,
 - Veri toplama ve değerlendirme,
- Turboshaft/prop motor bremzesi.

TEI'nin kalite politikası ve toplam kalite yönetimi: TEI, havacılık sektöründe, alanında en iyi konumda olmanın ve rekabet edebilmenin gerekliliğini anlamış ve Toplam Kalite anlayışını örgütün her seviyesine yerleştirmeyi birincil öncelik olarak kabul etmiştir. Bu doğrultuda, müşteri taleplerine, en yüksek kalitede, en kısa sürede ve en uygun fiyat ile cevap vermenin esnek bir örgüt yapısı ve güçlü bir şirket kültürü ile mümkün olacağı düşüncesiyle, tüm yöneticilerin liderlik anlayışını kavramalarını sağlamıştır.

Kalite güvence sistemi olarak;

- AS/EN 9100 Rev: B Kalite yönetim sistemleri – Havacılık ve uzay
- EN ISO 9001: 2000 Kalite yönetim sistemleri
- BS/EN ISO 14001:2004 Çevre yönetim sistemleri

- OHSAS 18001:1999 Çalışan Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetim Sistemleri
 - Diğer müşteri şartnameleri
- gibi sistem standartlarına sahiptir.

Tahribatsız muayene ve özel işlemlerde 33 konuda yeterlilik belgesine sahiptir. Bunların 24 tanesi NADCAP onaylı olup, diğerleri müşteri onaylıdır.

TEI Altı Sigma vizyonu ve Altı Sigma uygulama nedenleri: TEI, Uçak Motor Sanayisinde, yüksek kalitede, düşük maliyette ve kısa çevrim zamanında hizmet vererek, müşterilerinin ihtiyaçlarını ve paydaşların beklentilerini karşılamayı ya da beklentilerin üzerine çıkarmayı hedeflemiştir. Bu doğrultuda vizyon, felsefe, hedef ve yöntemini şu şekilde belirlemiştir:

Vizyon: “Kilit ürünlerde, servis hizmetlerinde, tüm süreçlerde Altı Sigma kalite düzeyine erişmek”

Felsefe: “Müşteri ve veri odaklı kültürel değişim”

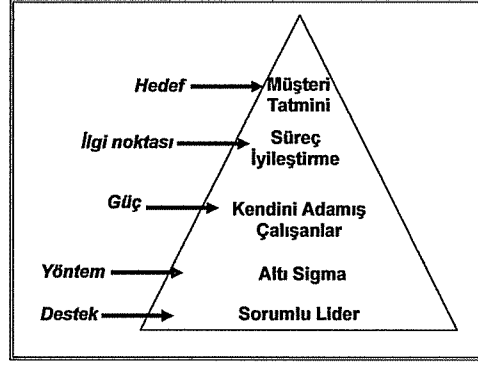
Hedef: “Kalite / değer yaklaşımı, yüksek müşteri tatmini ve verimlilik”

Yöntem: “Hataları ve değişkenliği ortadan kaldırmak için istatistiksel yöntemlerin kullanılması”

TEI pozisyonunu korumak için sürekli geliştirmek ve yeni yöntemler uygulamak zorundadır. TEI'nin Altı Sigma programını uygulama nedenleri:

- Belirsizlik, tüm iş dünyasının temel problemi haline gelmiştir. Tekrarlayan küresel ekonomik krizler, öngörülemeyen enerji ve hammadde fiyatları ile küresel pazarlardaki istikrarsızlık, bu belirsizliğin temel tetikleyici faktörleridir.
- Sektör hızlı bir değişim içindedir. TEI değişime ayak uydurmak zorundadır.
- Müşteriler, rakipler birleşmekte ve daha güçlü olmaktadır.
- Fiyat baskısı sürekli artmakta, teknoloji olgunlaşmaktadır. Rakipler rekabette daha da saldırgan hale gelmektedir.

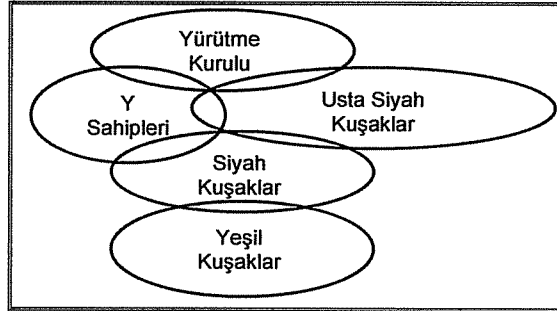
TEI hızlandırılmış Altı Sigma programıyla, müşteri odaklı kalite planını oluşturmuştur. TEI Kalite planı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. TEI Kalite Planı

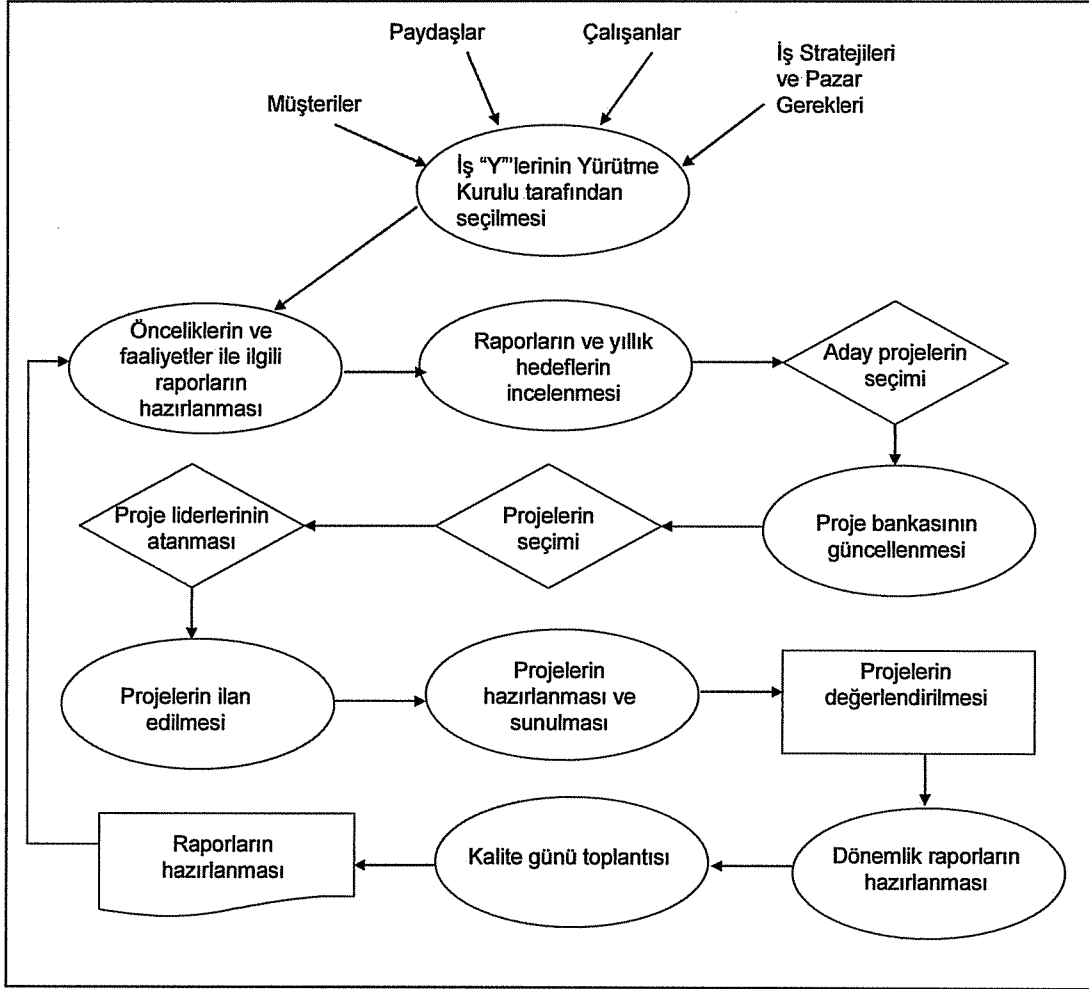
Kaynak: TEI işletme dokümanı

TEI Altı Sigma organizasyonu ve uygulama stratejileri: TEI, Altı Sigma seviyesinde kaliteye mümkün olduğunca çabuk ulaşabilmek için Altı Sigma yöntemine uygun örgütsel yapı ve gerekli olan kaynakları şekillendirmiştir. Şekil 4.2’de TEI’deki Altı Sigma organizasyon yapısında ilişkiler kesin çizgiler ile ayrılmamıştır. Kümeler şeklinde gösterilmesinin nedeni birbirleriyle sıkı ilişkiler içerisinde olmalarından ve üyelerin birbirlerini kapsamasından kaynaklanmaktadır.



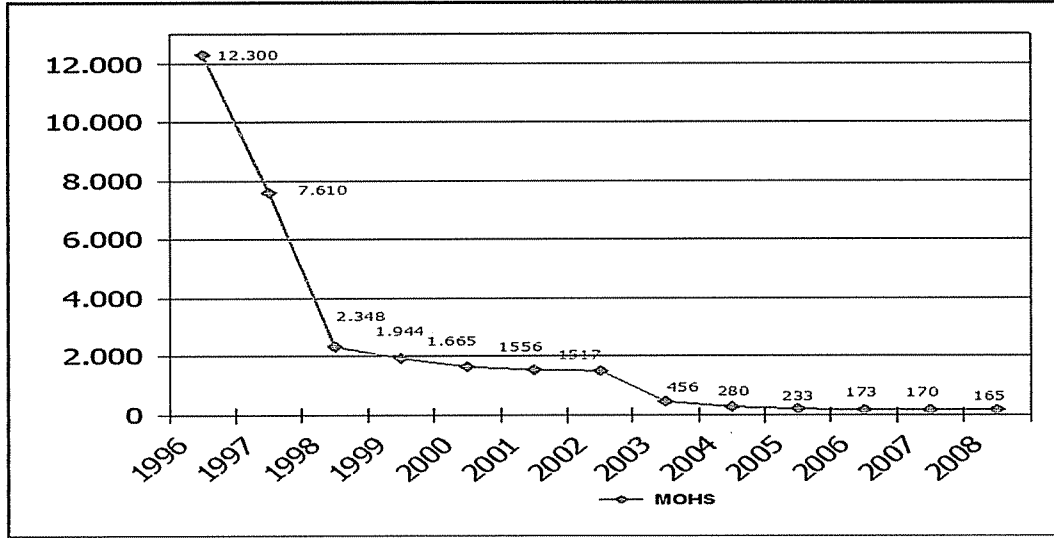
Şekil 4.2. TEI’de Altı Sigma Organizasyonu

TEI’de Altı Sigma faaliyet akışı Şekil 4.3’de gösterilmektedir.



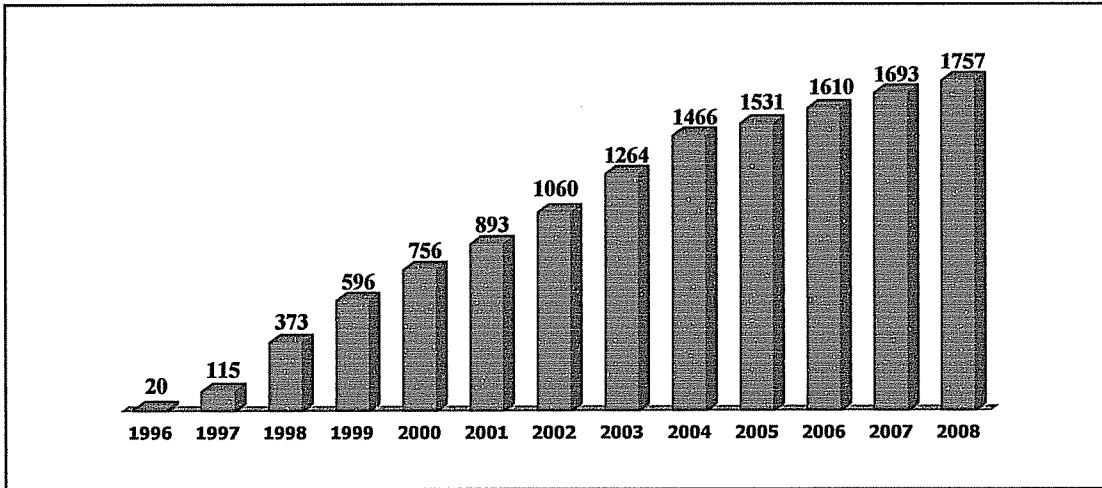
Şekil 4.3. TEI’de Altı Sigma Faaliyeti Akış Şeması

TEI’deki Altı Sigma projelerinin durumu: TEI’deki yıllara göre Milyon Olasılıkta Hata Sayıları (Defect Per Million Opportunity/DPMO = Milyon Olasılıkta Hata Sayısı/MOHS) Şekil 4.4’de verilmiş olup; yıllara göre MOHS’ların düzenli olarak azaldığı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.4. TEI'deki yıllara göre MOHS'ları

TEI'de yıllara göre Altı Sigma Projelerinin sayısı da düzenli bir artış olup, bu durum Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. TEI'deki yıllara göre Altı Sigma projelerinin sayıları

4.2 Tanımlama Aşaması

Projenin amacı çevrim süresinin uzun olduğu düşünülen 13xxxxxP0x parça numaralı parçanın çevrim süresinin Altı Sigma yöntemi kullanılarak azaltılmasıdır.

Birçok farklı üretim sürecine tabi tutulan parça için çeşitli iyileştirmeler uygulanacak olup yöntembilimin sonraki adımlarında bunlar detaylı olarak irdelenecektir. Bu aşamanın en önemli başlıklarından biri de ekip üyelerinin, diğer bir ifade ile; proje liderinin, liderlerin, finans ve bilgi işlem temsilcilerinin vb. tespit edilmesidir. Şekil 4.6'da projeye ait proje tanımlama belgesi verilmiştir.

Altı Sigma Proje Tanımlama Belgesi			
Proje Başlığı:	130000P0x Parça numaralı parçasının çevrim süresinin azaltılması	Proje Numarası:	Xxx
Projenin Durumu:	-	Beklenen Tamamlanma Tarihi:	09.2009
Proje Lideri:	X.X.	Y Sahipleri:	X.X./X.X.
Projenin Y'si:	Çevrim süresinin azaltılması	Finansal Fayda:	\$ xxxxx

Tanımlama	Ölçme	Analiz Etme	İyileştirme	Kontrol Etme
-----------	-------	-------------	-------------	--------------

↑

Alan: TEI-Üretim

Hedefler & Amaçlar: Operasyon süresinin ve tedarik süresinin azaltılması

Faydalar: * Üretim ve stok/malzeme taşıma maliyetlerini azaltmak, program değişikliklerine çabuk uyum sağlamak, * Makine kapasitesi yaratmak.

İsim	Görevi
1- X. X.	Proje Lideri
2- X. X.	Lider- Satın alma
3- X. X.	Lider- Takımhane
4- X. X.	Süreç Mühendisi
5- X. X.	Özel Süreç Kalite Kont. Müh.
6- X. X.	Kalite Kontrol Müh.
7- X. X.	Tezgah Kont. Yöneticisi
8- X. X.	Programcı
9- X. X.	Operatör
10- X. X.	Operatör
11- X. X.	Finans Temsilcisi
12- X. X.	Bilgi Sist. Temsilcisi

Gerçekleştirilenler: Takımın oluşturulması, proje amaçlarının belirlenmesi

Uygulanacak yöntemler: Takt time analizi / Sebep & Sonuç diyagramı/ Süreç akış şeması/ Pareto / Sütun Grafiği

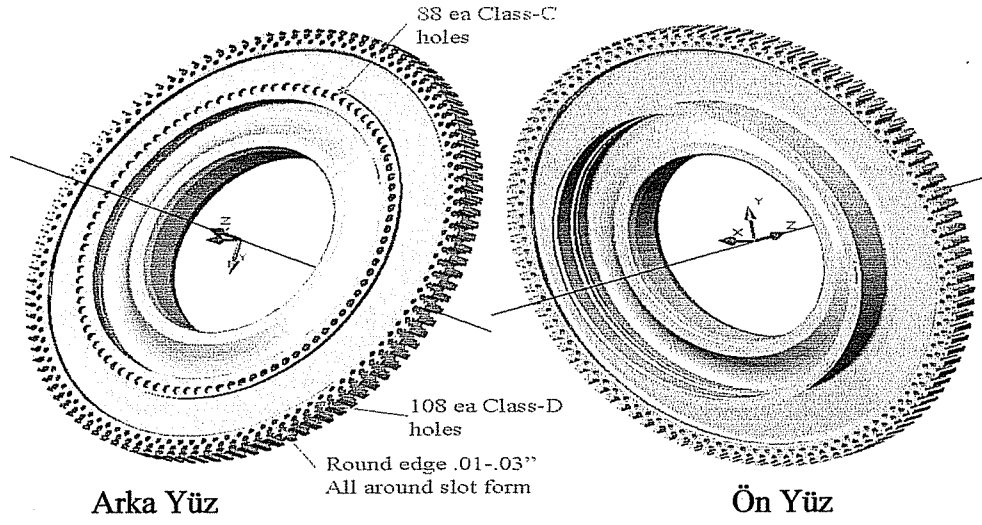
Önemli tespitler:

Sonraki Adım: Ölçme aşaması

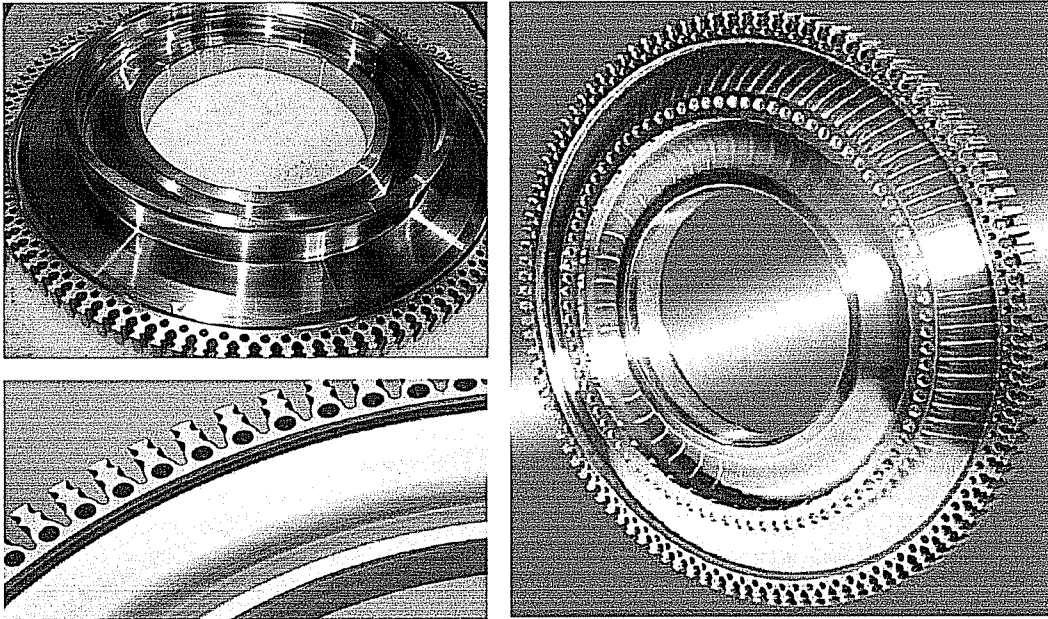
Uygulanacak ek yöntemler:

Şekil 4.6. Altı Sigma Proje tanımlama belgesi

Tanımlama aşamasında sözedilmesi gereken önemli bir hususta çevrim süresinin azaltılmasına çalışılan parça hakkında kısaca bilgi verilmesidir. Parça F110-GE-129 motoruna ait olup; General Electric (GE) üretimi olan bu motorlar F-16 C/D tipi uçaklarda kullanılmaktadır. Parça F110 motorlarının Alçak Basınç Türbini (Low Pressure Turbine) bölümünde bulunmaktadır (F-16 C/D, F110-GE-129 ve F110 asamble resimleri ekler bölümünde verilmiştir). Şekil 4.7'de parçanın ön ve arka yüz görüntüleri, Şekil 4.8'de ise parçanın resimleri verilmiştir. Parça hammaddesi GE tarafından gizli tutulmaktadır.



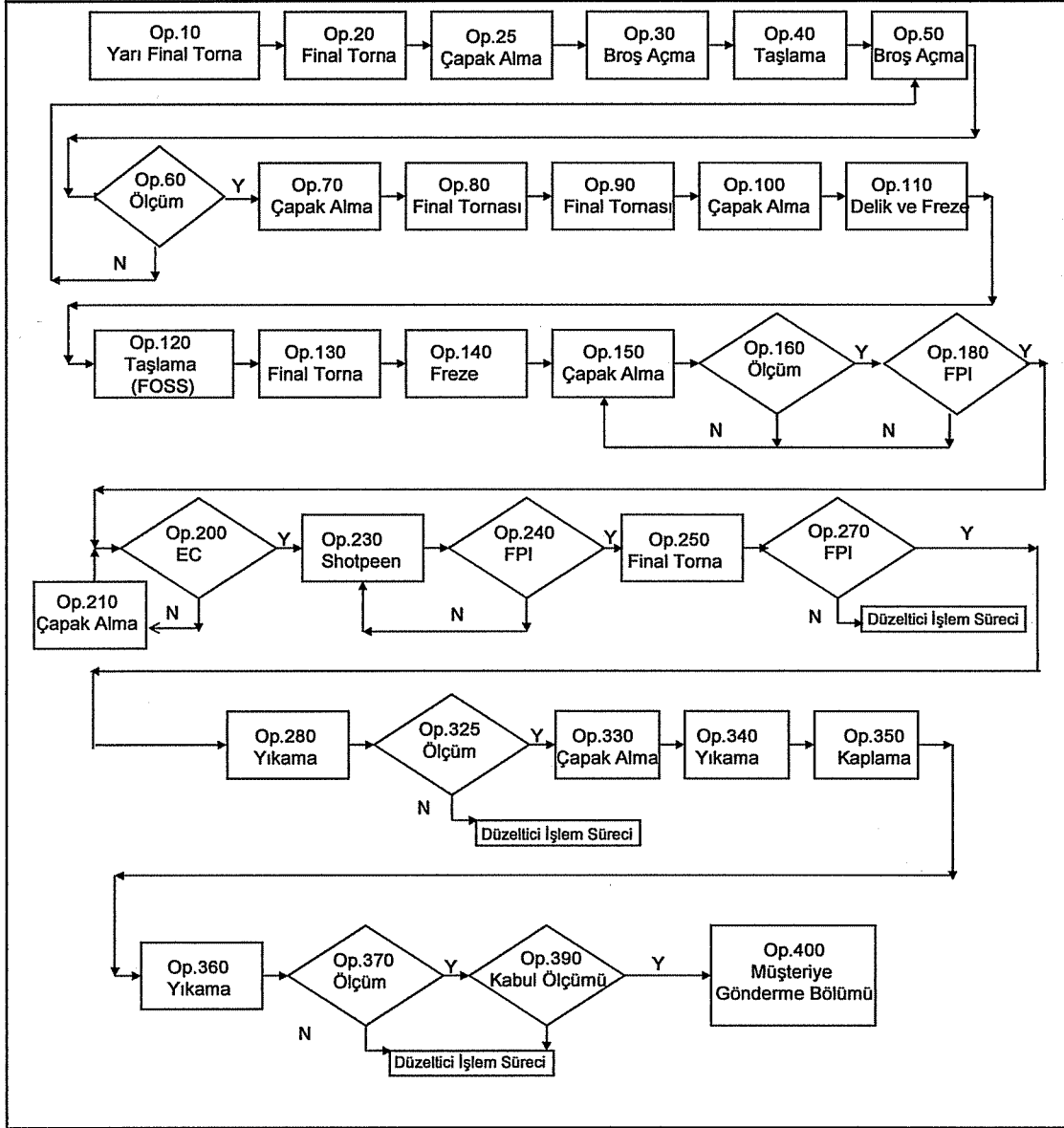
Şekil 4.7. Parçanın ön ve arka yüzden görünümü



Şekil 4.8. Parçanın resimleri

Parçanın süreç akış şeması: Parçanın üretim süreçleri Şekil 4.9'da verildiği gibi olup; bu süreçler için uygulama süresince iyileştirmeler yapılarak teslimat ve çevrim süresinin

kısaltılması ve parça ara stoklarının gezinme mesafelerinin azaltılması amaçlanmaktadır.



Şekil 4.9. Parçanın süreç akış şeması

Parça Şekil 4.9'daki süreç akış şemasında da görüldüğü gibi 33 adet üretim ve kontrol sürecine tabi tutulmakta olup; bu süreçler arasında kat ettiği mesafe yaklaşık 7500 metre gibi ciddi bir rakamdır. Parça op.10 ile op.150 arasında yer değişikliği yapılabilecek işlemlere tabi iken, op.160 ile başlayan yıkama, FPI, EC ve Bilyeli dövme gibi süreçler

yerleşimi kesinlikle değiştiremeyecek süreçlerdir. Dolayısıyla iyileştirilme çalışmaları esnasında yer değişikliği konusunda op.10 ve op.150 arası için değerlendirme yapılabilecektir.

Parçanın süreçlerinin açıklaması: Parçanın süreç akış şemasında da görülen süreçleri aşağıda kısaca açıklanmıştır:

Final/Yarı Final Torna: CNC torna tezgahlarıyla parça üzerinde otomatik, hassas ve tam bir hareket kontrolü ile talaş kaldırma işlemi yapılmakta ve parça istenen forma programlandığı şekilde getirmektedir.

Çapak Alma (Deburr): Torna ve freze gibi işlemlerden sonra parça üzerindeki çapakların ve pürüzlerin temizlenmesi için yapılan işlemdir.

Broş (Broach): Parça üzerindeki dovetail diye tabir edilen ve açılması özel bir tezgah ile yapılabilen uç çıkıntılarının açılması işlemidir.

Taşlama: Çok sayıda küçük aşındırıcı taneciklerin bir yapıştırıcı ile birleştirilip yüksek hızda dönerek, işlenecek parçadan çok ufak boyutta talaş kaldırması yoluyla istenilen ölçülere ve çok düzgün pürüzsüzlüğüne getirmek için kullanılan bir metal işleme yöntemidir.

Ölçüm: Çok farklı şekillerde yapılabilen ölçüm işlemi özetle parçanın istenilen özelliklere ve spesifikasyonlara göre uygunluğunun denetlenmesi işlemidir.

Yıkama (Clean): Parçaların işlem gördüğü süreçler boyunca üzerlerine yapışan kimyasalların, talaş ve toz parçalarının kimyasallar ile temizlenme ve yıkanma işlemleridir.

Delik ve Freze (Drill & Mill): Parça üzerindeki deliklerin açılması ve dikey konumda freze işlemidir.

FPI / Florasan Penatran Inspection: Parça üzerine penatran sıvı aktarıldıktan sonra özel florasan ışığı ile yüzey çatlakların tahribatsız olarak kontrol edilmesi işlemi olup; parçanın sadece dış yüzeyindeki çatlakların tespitinde kullanılır. Gözenekli malzemeler bu yöntemle kontrol edilemez.

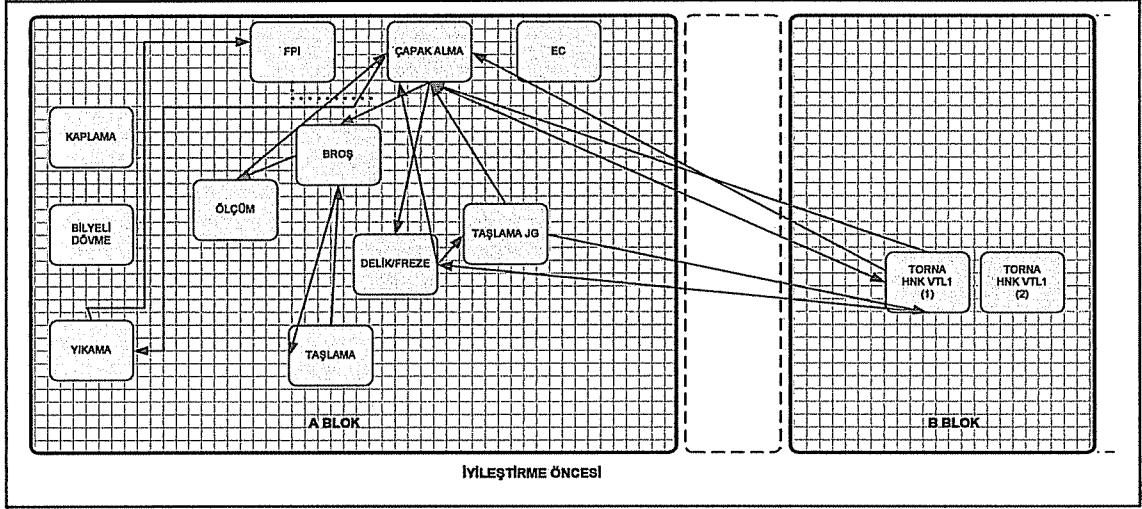
EC / Eddy Current: Bir alternatif manyetik alan tarafından iletken bir malzemede yaratılan alternatif akımlara Eddy akımları denilir. Eddy akımları aynı merkezli bir seri daireler şeklinde olup, bulunduğu düzlem onu oluşturan manyetik alana diktir. Elektromanyetik malzemeler üzerindeki yüzey ve yüzey altı hatalarının ve süreksizliklerinin tespiti, sertlik ve kalınlık ölçümü, iletkenlik değişimleri ve iletkenlik değişimleri ve iletken olmayan kaplama kalınlığı ölçümlerinde eddy akımlarının kullanılmasıyla uygulanan bir tahribatsız kontrol yöntemidir.

Bilyeli dövme (Shotpeen): Bilyeli dövme işlemi ile metal malzemeden yapılmış parçaların yorulma, korozyonlu yorulma, gerilmeli korozyon gibi hasar türlerine karşı direncinin artırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca ince metal parçaların istenilen formda şekillendirilmesi, yüzey sertleştirme, istenilen yüzey kalitesini elde etmek ve parçaların içindeki gözeneklerin ve yüzey gerilmelerinin giderilmesi için de uygulanmaktadır. Dövme işlemleri sonucu dövülmüş parçaların yüzeyleri de temizlenmiş olmaktadır.

Düzeltici İşlem Süreci (Disposition Cycle): Ölçüm ve kontrollerden sonra spesifikasyolara uymadığı tespit edilen parçaların uzman mühendisler tarafından tekrar işlemeye (rework'e) gönderilmesi veya ıskarta edilmesi kararlarının belirlendiği süreçtir.

Kaplama (Blasting): Parçanın ısı, salınım ve darbeye dayanıklılığını artırmak için parçanın üzerine özel kimyasalların uygulandığı işlemdir.

Parçanın işlem gördüğü tezgah/iş istasyonlarının yerleşimi: Parçanın işlem gördüğü tezgah ve operasyonların yerleşimi ölçeksiz olarak Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Ölçeksiz olarak tezgah ve bölümlerin yerleri

4.3 Ölçme Aşaması

Bu aşamada parça ve parçanın üretim süreci ile ilgili veriler toplanarak sürecin şu anki durumunun tespit edilmesine yönelik bazı veriler toplanmıştır.

Parçanın seri numarası temelinde gerçek üretim süreleri: Seri numaraları arka arkaya olmayan 15 adet parça için çevrim süreleri gün olarak Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Parçanın seri numarası temelinde gerçek üretim süreleri

No	Seri No	Çevrim Süresi (Gün)
1	VU002	75
2	VU003	73
3	VU004	136
4	VU005	132
5	VU010	23
6	VU009	31
7	VU011	31
8	VU008	30
9	VU012	39
10	VU013	34
11	VU007	39
12	VU016	15
13	VU025	17
14	VU017	19
15	VU024	20

Parçanın seri numarası temelinde hazırlık (set up), işlem (run) ve tekrar işleme (rework) süreleri : Seri numaraları arka arkaya olmayan ve çizelge 4.1’de verilen 15 adet parça için tezgah hazırlığı, işlem görme ve tekrar işleme süreleri saat olarak Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Parçanın seri numarası temelinde hazırlık, işlem, tekrar işleme süreleri

No	Seri No	Hazırlık (Saat)	İşlem (Saat)	Tekrar İşl. (Saat)	Toplam (Saat)
1	VU002	5,5	226,0	49,0	280,5
2	VU003	11,0	216,0	31,0	258
3	VU004	9,0	206,0	11,0	226
4	VU005	10,0	203,0	18,5	231,5
5	VU010	18,4	217,0	12,0	247,4
6	VU009	8,2	204,0	4,2	216,4
7	VU011	8,2	202,0	8,6	218,8
8	VU008	8,7	203,0	3,6	215,3
9	VU012	10,5	189,0	4,2	203,7
10	VU013	7,7	189,0	5,4	202,1
11	VU007	8,7	210,0	7,2	225,9
12	VU016	22,8	190,2	6,5	219,5
13	VU025	5,4	159,5	14,0	178,9
14	VU017	5,6	174,5	12,4	192,5
15	VU024	10,9	170,5	15,3	196,7

Operasyonlar arası bekleme süreleri: Operasyon numaralarına karşılık gelen tezgah/bölüm isimleri Çizelge 4.3’te verilmiştir. Seri numaraları ardışık dört parça için operasyonlar arasında bekleme süreleri belirlenerek ortalama bekleme süreleri saat olarak Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Operasyon numaralarına karşılık gelen tezgah/bölüm isimleri

Op. No	Operasyon Adı	Tezgah/Bölüm Adı	Op. No	Operasyon Adı	Tezgah/Bölüm Adı
10	Yarı Final Torna	HNK VTL1	190	Yıkama	Clean
20	Final Torna	HNK VTL1	200	Eddy Current	e/c
25	Çapak Alma	DEBURR	210	Çapak Alma	DEBURR
30	Broş	BROACH	215	Eddy Current	e/c
40	Taşılama	TAIYO-1	220	Yıkama	Clean
50	Broş	BROACH	230	Shotpeen	Shot2
60	Ölçüm	C.I.	240	FPI	FPI
70	Çapak Alma	DEBURR	250	Final Torna	HNK VTL1
80	Final Torna	HNK VTL1	280	Yıkama	Clean
90	Final Torna	HNK VTL1	270	FPI	FPI
100	Çapak Alma	DEBURR	280	Yıkama	Clean
110	Delik&Freze	FNC-2	325	Ölçüm	C.I.
120	Taşılama	TOSS	330	Çapak Alma	DEBURR
130	Final Torna	HNK VTL1	340	Yıkama	Clean
140	Freze	FNC-2	350	Kaplama	BLASTING
150	Çapak Alma	DEBURR	360	Yıkama	Clean
160	Ölçüm	C.I.	370	Ölçüm	C.I.
170	Yıkama	Clean	390	Kabul Ölçümü	Rec.Insp.
180	FPI	FPI	400	Alıcıya Gidiş	OV-Sp. Proces.

Çizelge 4.4. Operasyonlar arasında bekleme süreleri (saat)

		10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Parça Seri No	VU002	11	29	2	0	0	1	0
	VU003	4	29	0	1	0	1	0
	VU004	8	19	0	0	0	1	7
	VU005	8	20	1	1	0	0	5
Ort.		7,75	24,25	0,75	0,5	0	0,75	3

		80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
Parça Seri No	VU002	5	2	0	2	1	0	0
	VU003	0	0	5	3	1	1	1
	VU004	6	2	11	12	6	4	3
	VU005	6	1	18	9	11	7	9
Ort.		4,25	1,25	8,5	6,5	4,75	3	3,25

		150-160	160-180	180-200	200-230	230-240	240-250	250-270
Parça Seri No	VU002	2	0	1	7	1	1	0
	VU003	2	1	0	9	1	0	1
	VU004	1	6	3	18	2	25	1
	VU005	9	0	9	12	0	5	3
Ort.		3,5	1,75	3,25	11,5	1	7,75	1,25

Çizelge 4.4. Operasyonlar arasında bekleme süreleri (saat) Devamı

		270-325	325-330	330-350	350-370
Parça Seri No	VU002	0	0	1	0
	VU003	0	0	2	0
	VU004	1	0	0	3
	VU005	3	2	0	3
Ort.		1	0,5	0,75	1,5

Operasyonların ortalama süreleri: Parçanın tüm operasyonlarına ait işlem süreleri saat olarak Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Operasyonlara ait işlem süreleri (saat)

Op. No	Operasyon Adı	İşlem Süresi (Saat)	Op. No	Operasyon Adı	İşlem Süresi (Saat)
10	Yarı Final Torna	19,7	160	Ölçüm	4,8
20	Final Torna	3,5	180	FPI	0,9
25	Çapak Alma	0,5	200	Eddy Current	15,6
30	Broş	5,5	230	Shotpeen	1,2
40	Taşlama	8,2	240	FPI	0,4
50	Broş	5,75	250	Final Torna	6,7
60	Ölçüm	1	255	Çapak Alma	0,8
70	Çapak Alma	0,4	270	FPI	0,5
80	Final Torna	18	280	Yıkama	0,2
90	Final Torna	20,5	325	Ölçüm	0,5
100	Çapak Alma	10	330	Çapak Alma	0,8
110	Delik&Freze	23	340	Yıkama	0,2
120	Taşlama	30	350	Kaplama	3,1
130	Final Torna	8,3	370	Ölçüm	0,5
140	Freze	2	390	Kabul Ölçümü	0
150	Çapak Alma	4,7	400	Alıcıya Gidiş	0
				Toplam	197,3

Aylara göre parçanın sipariş adetleri: Parçanın Nisan 2009'dan Mart 2010 tarihine kadar ay bazında müşteri tarafından belirlenen sipariş adetleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Aylara göre parçanın sipariş adetleri

Tarih	Sipariş Adet	Tarih	Sipariş Adet
Nis.09	19	Eki.09	8
May.09	18	Kas.09	7
Haz.09	12	Ara.09	7
Tem.09	9	Oca.10	15
Ağu.09	6	Şub.10	9
Eyl.09	14	Mar.10	14
		Toplam	138

Operasyonlara göre tezgahlar/bölmüler arası mesafeler: Operasyonlara göre tezgahlar/bölmüler arası uzaklıklar Çizelge 4.7’de metre olarak verilmiştir.

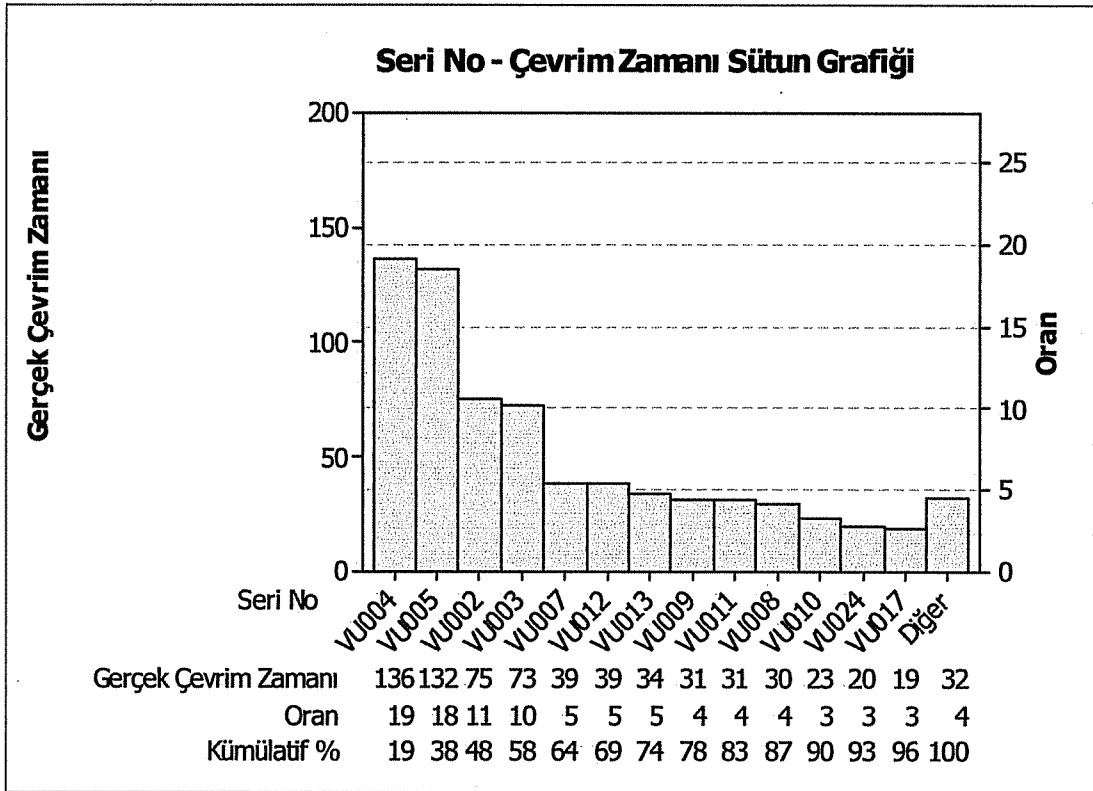
Çizelge 4.7. Operasyonlara göre tezgahlar/bölmüler arası uzaklıklar (metre)

Op. No	Operasyon Adı	Op. No	Operasyon Adı	Mesafe	Op. No	Operasyon Adı	Op. No	Operasyon Adı	Mesafe
10	Yarı Final Torna	20	Final Torna	73	160	Yıkama	180	FPI	503
20	Final Torna	25	Çapak Alma	389	180	FPI	200	Eddy Current	64
25	Çapak Alma	30	Broş	121	200	Eddy Current	210	Çapak Alma	37
30	Broş	40	Taşlama	157	210	Çapak Alma	200	Eddy Current	37
40	Taşlama	50	Broş	154	200	Eddy Current	230	Shotpeen	401
50	Broş	60	Ölçüm	42	230	Shotpeen	240	FPI	393
60	Ölçüm	70	Çapak Alma	202	240	FPI	250	Final Torna	502
70	Çapak Alma	80	Final Torna	409	250	Final Torna	270	FPI	511
80	Final Torna	90	Final Torna	34	270	FPI	280	Yıkama	404
90	Final Torna	100	Çapak Alma	397	280	Yıkama	325	Ölçüm	142
100	Çapak Alma	110	Delik&Freze	122	325	Ölçüm	330	Çapak Alma	195
110	Delik&Freze	120	Taşlama	43	330	Çapak Alma	340	Yıkama	432
120	Taşlama	130	Final Torna	302	340	Yıkama	350	Kaplama	154
130	Final Torna	140	Freze	404	350	Kaplama	370	Ölçüm	95
140	Freze	150	Çapak Alma	163	370	Ölçüm	390	Kabul Ölçümü	176
150	Çapak Alma	160	Yıkama	199	390	Kabul Ölçümü	400	Alıcıya Gidiş	189
								TOPLAM ≈	7446

4.4 Analiz Aşaması

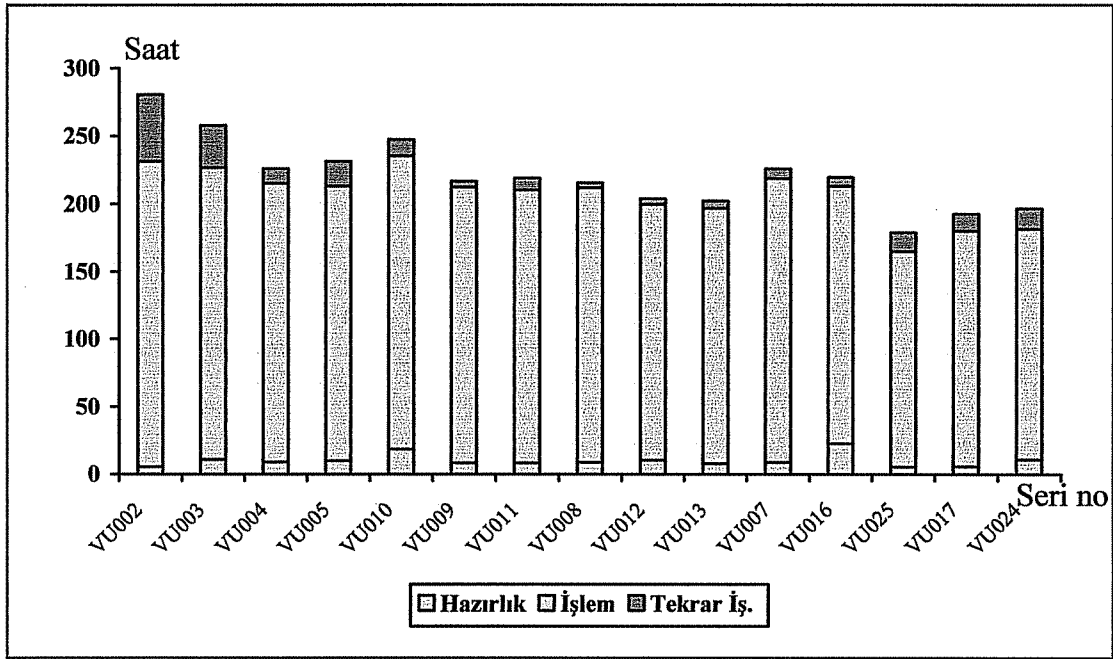
Projenin analiz aşamasında; ölçüm aşamasında elde edilen veriler doğrultusunda pareto diyagramı, sütun grafiği, sebep-sonuç diyagramı, TAKT Time grafiği gibi bazı Altı Sigma araçları kullanılarak iyileştirme aşamasında ele alınacak konulara ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Sütun Grafiği (1): Çizelge 4.1'deki 15 adet parçanın çevrim sürelerini gösteren sütun grafiği Şekil 4.11'de verilmiş olup; parça temelinde çevrim süreleri arasındaki değişkenlik açıkça görülmektedir. Hedef bir parça için çevrim süresini 45 günü geçmeyecek şekilde tutmaktır.



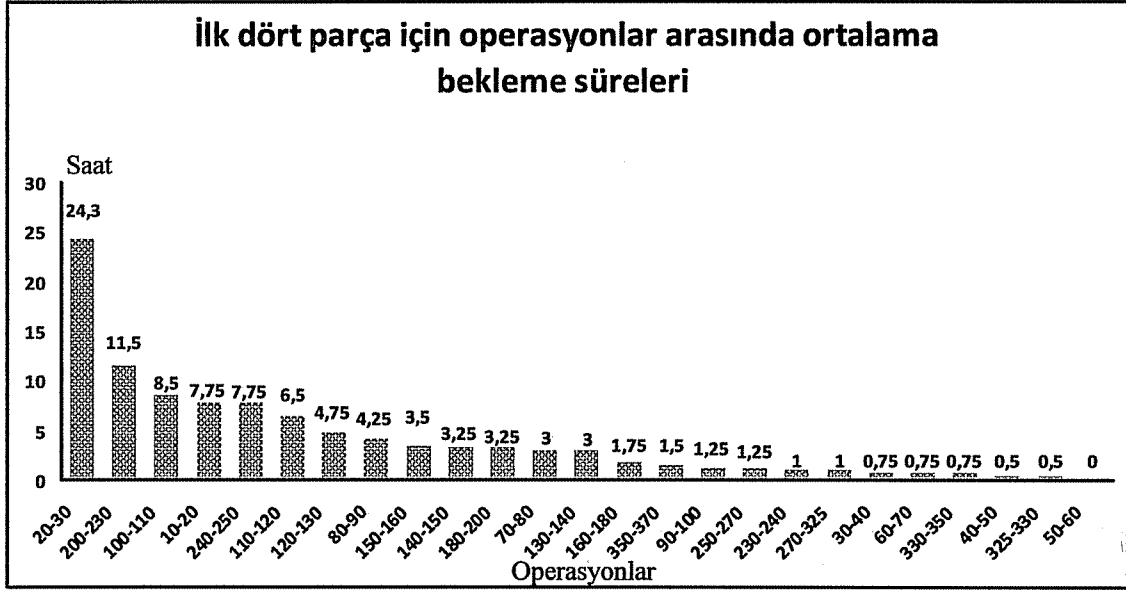
Şekil 4.11. Parçanın seri numaraları bazında gerçek üretim sürelerini gösteren sütun grafiği

Pareto Diyagramı: Seri numaraları arka arkaya olmayan 15 adet parça için tezgah hazırlığı, işlem ve tekrar işleme süreleri saat olarak Çizelge 4.2'deki verilere göre Şekil 4.12'deki pareto diyagramında gösterilmiştir. Analiz edilen grafikten hareketle parçaların hazırlık/işlem/tekrar işleme süreleri arasındaki değişkenlik açıkça görülmektedir.



Şekil 4.12. Parçanın seri numaraları bazında hazırlık, işlem, tekrar işleme sürelerini gösteren pareto diyagramı

Sütun Grafiği (2): İlk dört parça için operasyonlar arasında ortalama bekleme sürelerini gösteren sütun grafiği Çizelge 4.4'deki verilere göre hazırlanarak Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13. İlk dört parça için operasyonlar arasında ortalama bekleme sürelerini gösteren sütun grafiği

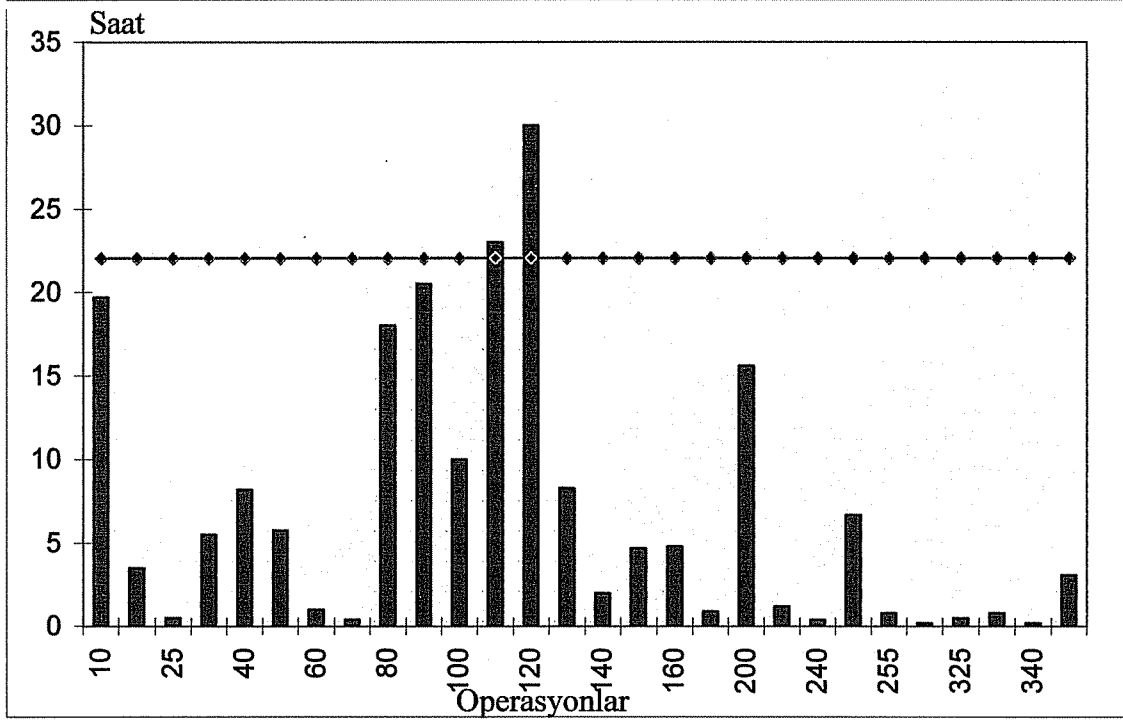
Şekil 4.13'deki sütun grafiğinin analiz edilmesi ile özellikle 20-30, 200-230, 100-110, 10-20, 240-250 ve 110-120 numaralı operasyonlar arasındaki bekleme süreleri için iyileştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

TAKT Time Analizi: TAKT Time müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek için bir operasyonun olması gereken en yüksek süredir. Eğer TAKT Time'ı aşan bir operasyon varsa en fazla TAKT Time'a çekilir. TAKT Time;

$$TAKT\ Time = \frac{Verimli\ Çalışma\ Zamanı}{Müşteri\ İsteği}$$

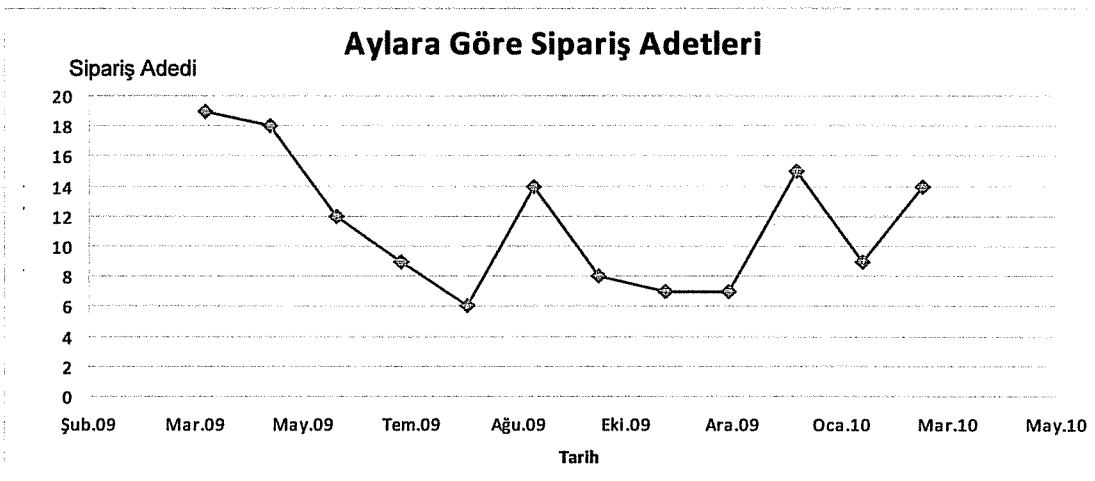
formülü ile hesaplanmaktadır.

Bu parça için TAKT Time = 22,05 saat olup, iki vardiya için hesaplanmıştır. Operasyon süreleri Çizelge 4.5'den alınmış olup; operasyon 110/delik&freze ve operasyon 120/taşlama işlemleri hariç diğer tüm operasyon süreleri istenen TAKT Time'ın altındadır. Oluşturulan TAKT Time grafiği Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14. TAKT Time grafiği

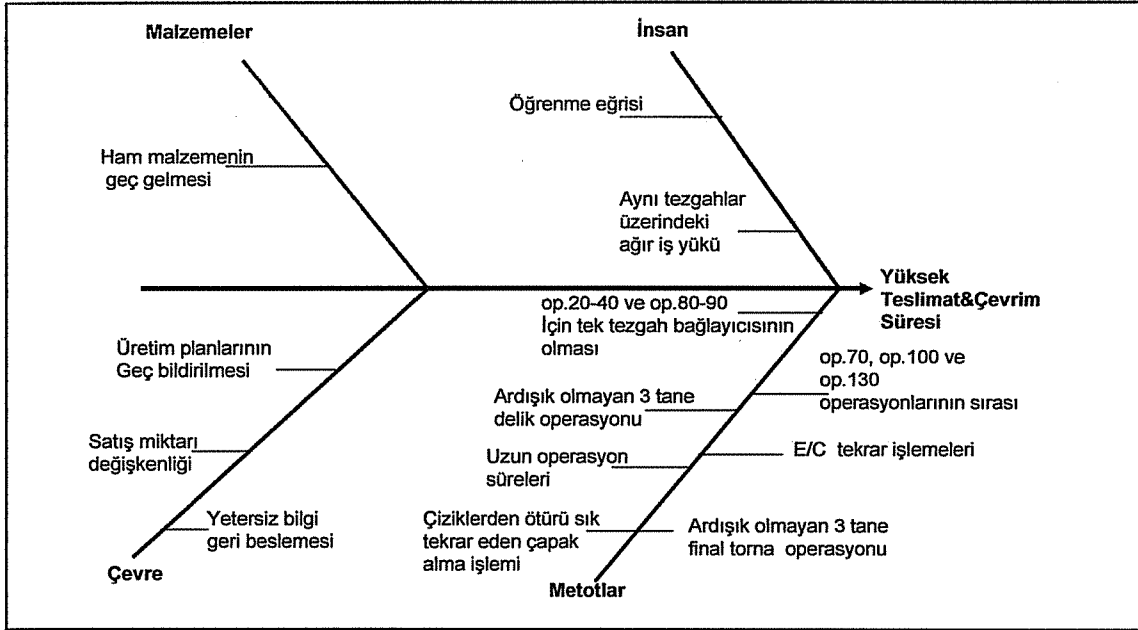
Sipariş planı grafiği: Parçanın Nisan 2009'dan Mart 2010 tarihine kadar olan aylara göre müşteri tarafından belirlenen sipariş adetleri Çizelge 4.6'daki verilere göre Şekil 4.15'de satış planı grafiği haline getirilmiştir.



Şekil 4.15. Aylara göre sipariş adetleri

Sipariş planı grafiği aylara göre parça üretim ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Sebep-Sonuç diyagramı: Proje boyunca ekip üyelerinin kendi aralarında Beyin Fırtınası uygulamaları doğrultusunda oluşturulan sebep sonuç diyagramı Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Sebep Sonuç diyagramı

Parçanın çevrim süresinin azaltılması çalışmasında:

- Malzemeler başlığında; ham malzeme temininde yaşanan gecikmelerin,
- Çevre başlığı altında; üretim planlarının geç bildirilmesi, yetersiz bilgi geri beslemesi ve satış miktarındaki değişkenliklerin,
- İnsan başlığı altında; personelin öğrenme eğrisi ve aynı tezgahlar üzerindeki aşırı iş yükünün,
- Metotlar başlığında ise; ardışık olmayan 3 delik operasyonu, uzun operasyon süreleri, Eddy current yeniden işlem sayılarının çokluğu, taşıma ve aktarmalar esnasında oluşan çiziklerden dolayı çapak alma işlemlerinin çokluğu ve tekrarlanması, ardışık sırada bulunmayan 3 adet final torna işleminin varlığı, 70, 100 ve 130 numaralı operasyonların sıralaması ve operasyon 20-40 ve 80-90 için ortak tezgah bağlayıcısının olmamasının, çevrim süresi üzerinde büyük etkisinin olduğu yapılan analizler, beyin fırtınası ve atölye personelinin önerileri ile belirlenmiştir.

4.5 İyileştirme Aşaması

Projenin bu aşamasında, analiz aşamasında tespit edilen problemlerin giderilmesi için bir takım iyileştirmeler yeşil kuşak ekip elemanlarının ve siyah kuşak ekip yöneticisinin önerileri ile oluşturulmuş olup; uzman siyah kuşak personelin onayı ile uygulanmıştır.

Yapılan iyileştirmeler: Yapılan beyin fırtınası ve öneri çalışmaları ile bazı değişkenlik sebeplerine çözümler geliştirilmiştir. Bunlar sırasıyla aşağıda özetlenmiştir:

- Parçanın ilk operasyonu olan yarı final tornası/op.10 işlemi, işlemin zorluk derecesinin azlığı, işlem süresinin yüksekliği ve final tornası/op.20 ile aynı tezgahta (HNK VTL1) yapılıyor olması ve bunun da darboğaza sebep olması nedenleriyle dışarıda yaptırılmaya (EJS: Esk. Jant San.) başlanmış olup, bu durum operasyonun süresi olan 19,7 saatlik bir kazanç sağlamıştır.
- Parçanın final tornası/op.20 ve taşıma/op.40 işlemleri için ortak tezgah bağlama aparatı ile iki işlem aynı tezgahta yapılabilir hale getirilmiştir. Böylece taşıma/op.40 işlemi ve operasyonlar arası taşıma süresi ortadan kaldırılarak, op.20 ve op.40'ın toplam süresi $(3,5+8,2)=11,7$ saatten 9,4 saate düşürülmüştür. Ayrıca op.20 HNK VTL1 isimli tezgahdaki darboğaz sebebiyle HNK VTL10 isimli tezgaha geçirilmiştir.
- Parçanın final tornası/op.80 ve final tornası/op.90 işlemleri için ortak tezgah bağlama aparatı ile iki işlem aynı tezgahta yapılabilir hale getirilmiştir. Böylece, final tornası/op.90 işlemi ve operasyonlar arası taşıma süresi ortadan kaldırılarak, op.80 ve op.90'ın toplam süresi $(18+20,5)=38,5$ saatten 27,5 saate düşürülmüştür.
- Parçanın iki farklı sırada bulunan çapak alma/op.70 ve çapak alma/op.100 işlemleri birleştirilerek bir operasyonda toplanmış, op.100 op.70'e eklenmiş ve işlem süresi 0,5 saat kadar kısaltılmıştır. Ayrıca final tornası/op.80 ile çapak alma/operasyon 100 arasındaki taşıma ve çapak alma/op.100 ile delik delme/op.110 arasındaki taşımalar ortadan kaldırılmıştır.

- Aynı tezgahta yapılan taşlama/op.120 ile delik delme/op.140 operasyonları birleştirilerek delik delme/op.140 işlemi ortadan kaldırılmıştır. Bu sayede operasyon süresi 32 saatten 15 saate düşürülerek 17 saat kazanç sağlanmıştır. Ayrıca delik delme/freze operasyonu aynı sırada olmadığı için parça delik delme/freze operasyonundan sonra farklı operasyonlara gitmekteydi. Delik delme/freze operasyonları taşlama/op.120 ile delik delme/op.140 operasyonlarının birleştirilmesi ile peş peşe aynı tezgahta (FNC-2) yapılmaya başlanmıştır. Böylelikle tezgahlar arası taşıma ortadan kaldırılmıştır.

- Delik delme ve taşlama operasyonlarının çok uzun işlem süreleri vardı. Delik delme/op.110 için iki tezgah daha onaylatılarak (Parçanın tabi olduğu her bir üretim süreci için kullanılacak tezgahların uygunluğu müşteri/GE tasarım mühendislerine onaylatılmak zorundadır. Onay alınmamış tezgahta işlem yapılamaz.) dar boğaz ortadan kaldırılmıştır.

- Final tornası işlemleri parça için 3 kez tekrarlanmaktaydı, ancak aynı sırada değildi. Final tornası/op.130 işlemi final tornası/op.80(90) işleminden sonraya alınarak, aynı tezgahta işlemlerin birkaç küçük ayardan sonra işlenir hale getirilmiş ve op.130 işlemi op.95 olarak değiştirilmiştir.

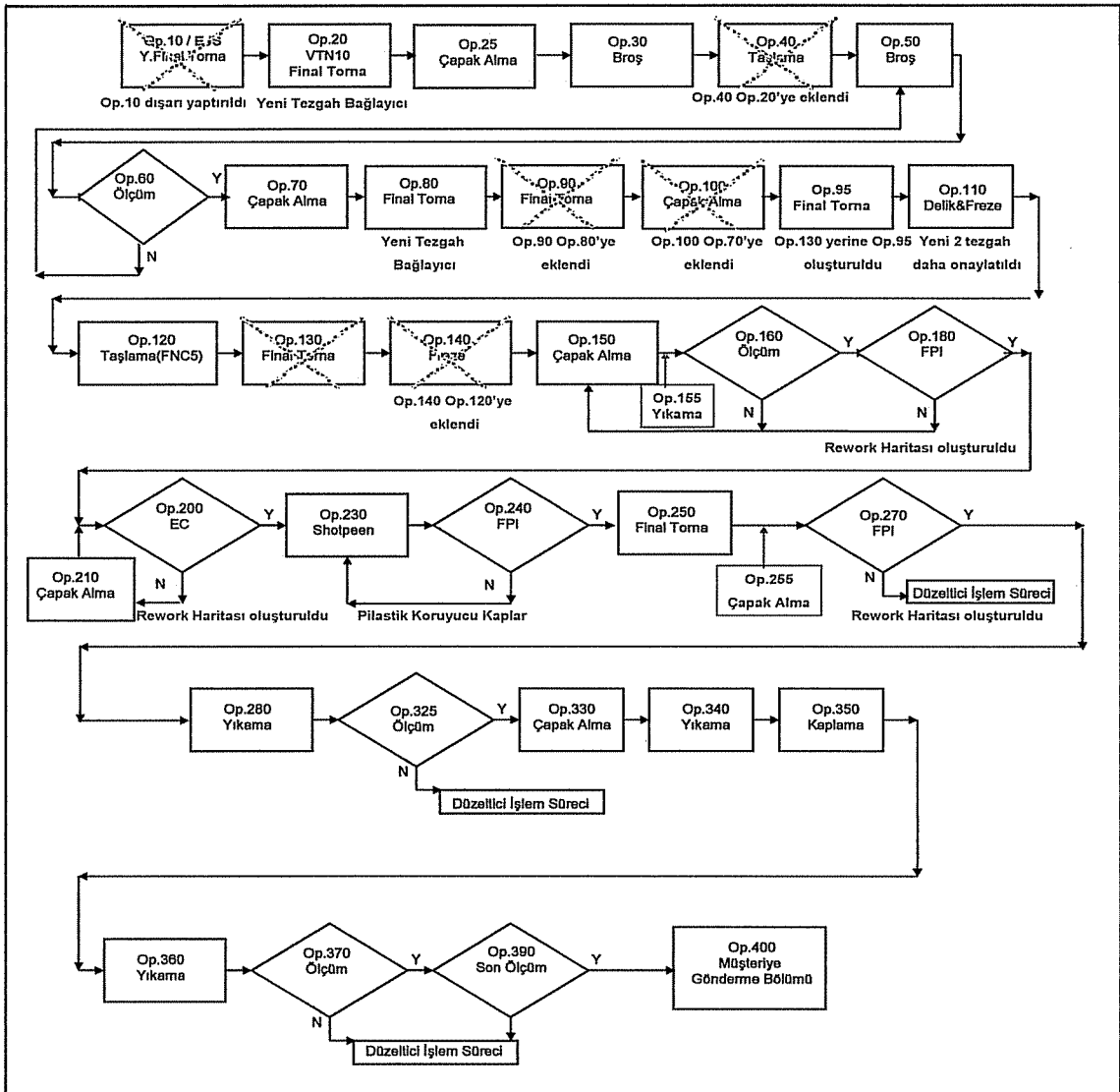
- Parça taşınması esnasında ufak çarpmalara maruz kalıyor ve parça üzerinde çizikler oluşuyordu ve bu çizikler tekrar çapak alma operasyonu ile giderilebiliyordu. Parça üzerinde çalışan tüm personel konu hakkında uyarılarak, özellikle bilyeli dövme sonrası taşımada parça kap içinde taşınmaya başlanmıştır.

- FPI ve EC tahribatsız muayene işlemlerinde gözlenen çok sayıda yeniden işlemleri azaltmak amacıyla tekrar işleme haritaları oluşturulmuş, personel konu hakkında bilgilendirilmiştir.

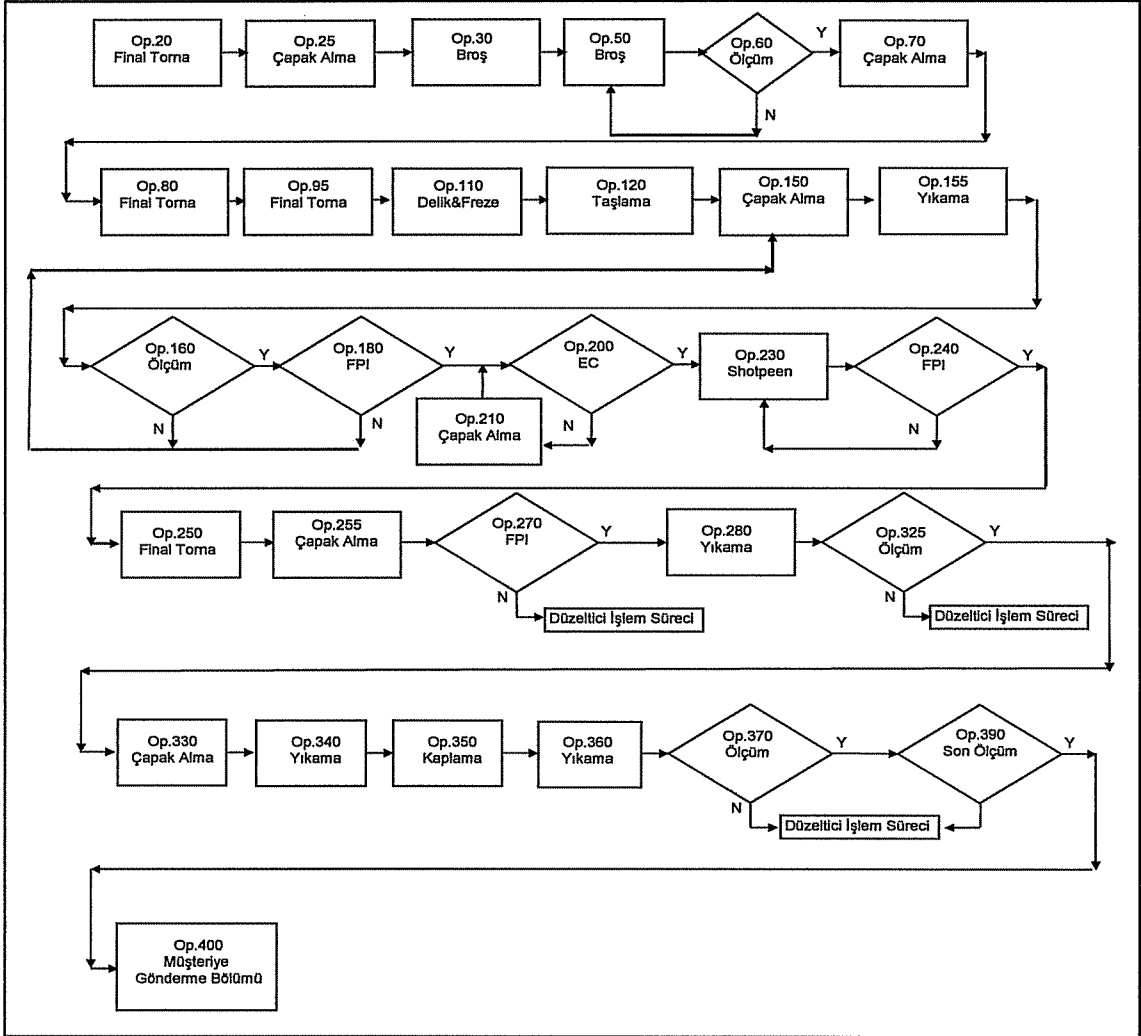
- İşletmede 3 adet EC tezgahı olması ve üretimi yapılan bir çok parçanın bu işleme tabi olması sebebiyle darboğaz oluşmaktaydı. Ayrıca EC işlemi sonrasında yapılan görsel kontrollerde tespit edilen çiziklere yönelik EC yeniden işleme talepleri sebebiyle zaten yoğun olan EC tezgahlarındaki beklemeleri daha da uzatmaktaydı. Bu durumu

düzeltilmek için görsel kontrollerden ötürü yeniden EC işlemi yapılması engellenmiş ve yeniden işlemlerden kaynaklanan beklemler azaltılmıştır.

Tüm bu iyileştirmeler Şekil 4.17'deki süreç akış şemasında özetlenmiş, iyileştirmelerin onaylaması sonrasındaki süreç akış şeması ise Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Önerilen iyileştirmelerin özetlendiği süreç akış şeması



Şekil 4.18. İyileştirmelerden sonraki süreç akış şeması

Süreç yoğunluğundaki değişimi göstermek amacıyla, iyileştirme öncesi ve sonrası oluşturulan spaghetti diyagramı Şekil 4.19'da verilmiştir. İlk şekilde parçanın iyileştirme öncesi hareket yön ve hatları verilmiş olup; parçanın aynı tezgahlar arasında sık sık gidip geldiği açıkça görülmekte ve yoğun bir hareketlilik fark edilmektedir. İkinci şekilde ise parçanın iyileştirme sonrası hareket yön ve hatları verilmiş olup; ilk şekile göre aynı tezgahlar arasında gitmeler ve hareket yoğunluğunun azaldığı açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.8. Operasyonlara göre yeni tezgahlar/bölmeler arası mesafeler (metre)

Op. No	Operasyon Adı	Op. No	Operasyon Adı	Mesafe	Op. No	Operasyon Adı	Op. No	Operasyon Adı	Mesafe
20	Final Torna	25	Çapak Alma	409	210	Çapak Alma	200	EC	37
25	Çapak Alma	30	Broş	121	200	EC	230	Bilyeli Döv.	401
30	Broş	50	Broş	0	230	Bilyeli Döv.	240	FPI	393
50	Broş	60	Ölçüm	42	240	FPI	250	Final Torna	502
60	Ölçüm	70	Çapak Alma	202	250	Final Torna	255	Çapak Alma	409
70	Çapak Alma	80	Final Torna	409	255	Çapak Alma	270	FPI	23
80	Final Torna	95	Final Torna	0	270	FPI	280	Yıkama	404
95	Final Torna	110	Delik/ Freze	404	280	Yıkama	325	Ölçüm	142
110	Delik/ Freze	120	Taşlama	43	325	Ölçüm	330	Çapak Alma	195
120	Taşlama	150	Çapak Alma	97	330	Çapak Alma	340	Yıkama	432
150	Çapak Alma	155	Yıkama	199	340	Yıkama	350	Kaplama	154
155	Yıkama	160	Ölçüm	72	350	Kaplama	370	Ölçüm	95
160	Ölçüm	180	FPI	503	370	Ölçüm	390	Kabul Ölçümü	176
180	FPI	200	EC	64	390	Kabul Ölçümü	400	Alıcıya Gidiş	189
200	EC	210	Çapak Alma	37					
								TOPLAM ≈	6117

Çizelge 4.7’de verilen operasyonlara göre tezgahlar/bölmeler arası mesafeler toplamı yaklaşık 7446 metre iken iyileştirmeler sonucunda bu mesafe 6117 metreye düşürülmüş olup;

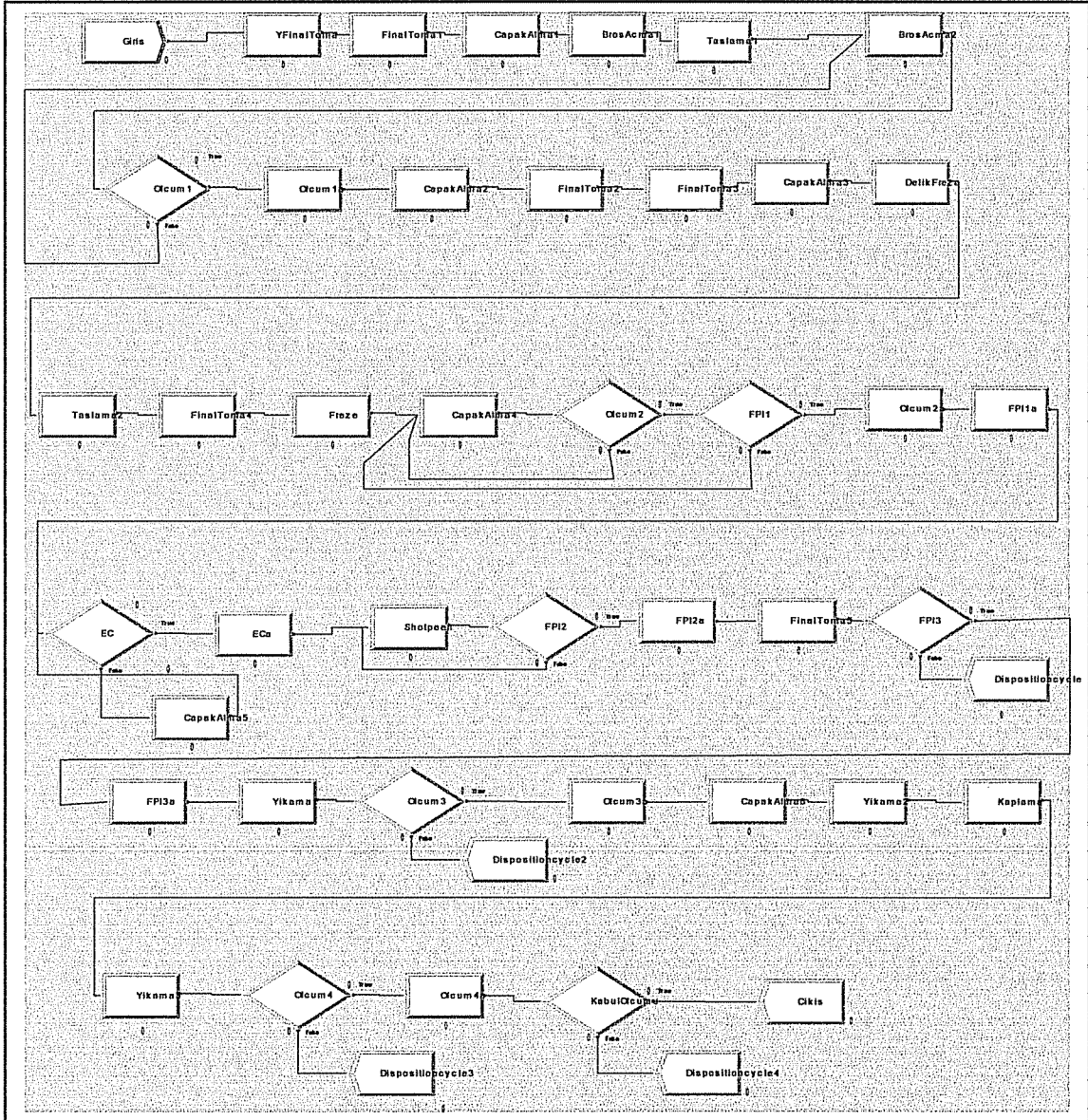
- bir parça için: $(7446 \text{ metre} - 6117 \text{ metre}) = 1329 \text{ metre}$,
- yıllık sipariş miktarı için: $(138 \text{ adet} \times 1329 \text{ metre}) = 183.402 \text{ metre}$ kazanılmıştır.

Ayrıca yapılan iyileştirmelerden önceki işlemlerin süreleri toplamı 197,3 saat iken iyileştirme sonrasında bu toplam 147 saate düşürülmüştür. Bu farkı yaratan işlem süreleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

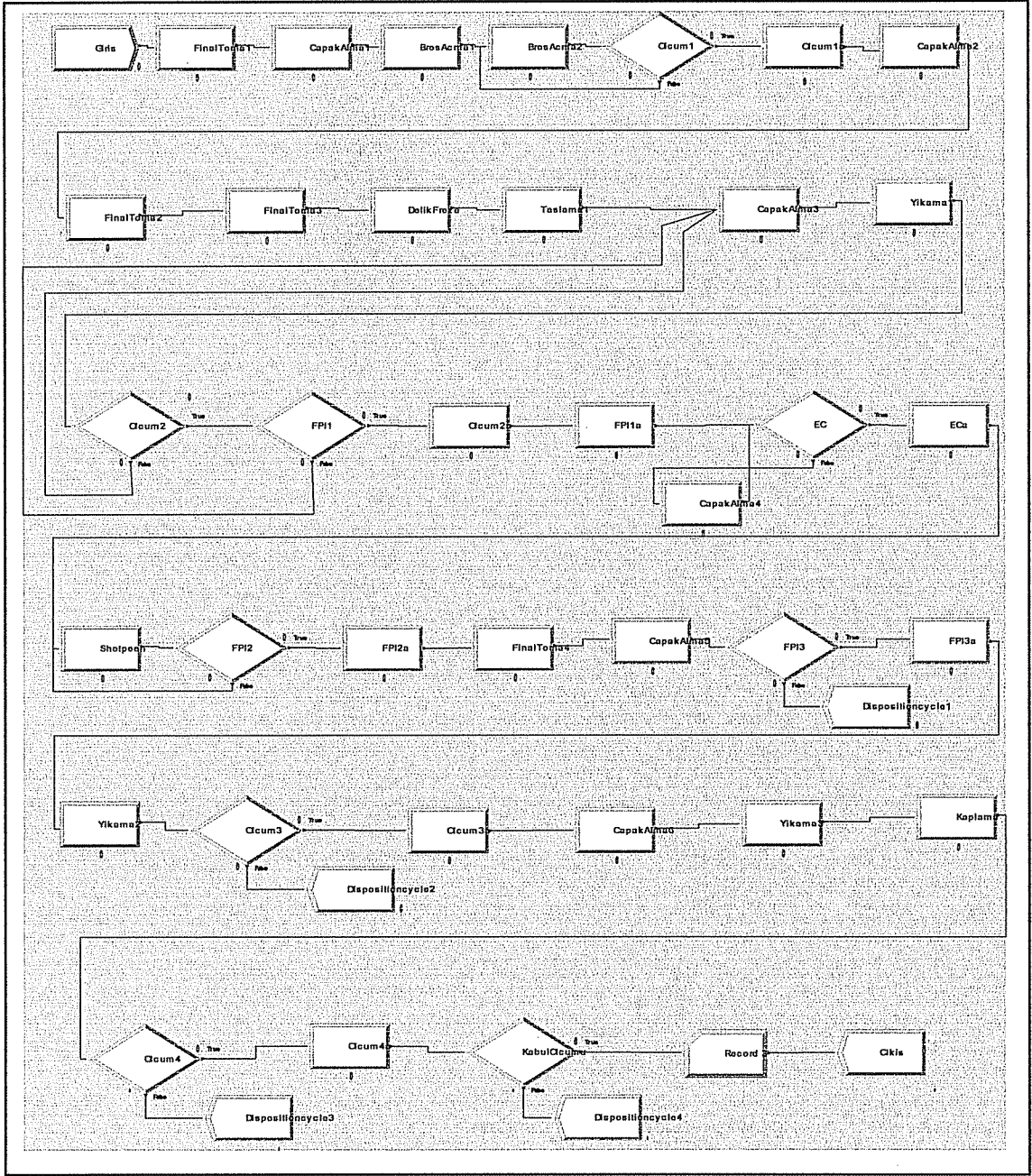
Çizelge 4.9. İyileştirme öncesi ve sonrası işlem sürelerinin karşılaştırması

Op. No	Operasyon Adı	İşlem süresi	Op. No	Operasyon Adı	İşlem süresi	Fark
10	Yarı Final Torna	19,7	10	Yarı Final Torna	0	-19,7
20	Final Torna	3,5	20	Final Torna	9,4	5,9
25	Çapak Alma	0,5	25	Çapak Alma	0,5	0
30	Broş	5,5	30	Broş	5,5	0
40	Taşlama	8,2	40	Taşlama	0	-8,2
50	Broş	5,75	50	Broş	5,75	0
60	Ölçüm	1	60	Ölçüm	1	0
70	Çapak Alma	0,4	70	Çapak Alma	9,9	9,5
80	Final Torna	18	80	Final Torna	27,5	9,5
90	Final Torna	20,5	90	Final Torna	0	-20,5
			95	Final Torna	8,3	8,3
100	Çapak Alma	10	100	Çapak Alma	0	-10
110	Delik&Freze	23	110	Delik&Freze	23	0
120	Taşlama	30	120	Taşlama	15	-15
130	Final Torna	8,3	130	Final Torna	0	-8,3
140	Freze	2	140	Freze	0	-2
150	Çapak Alma	4,7	150	Çapak Alma	4,7	0
			155	Yıkama	0,2	0,2
160	Ölçüm	4,8	160	Ölçüm	4,8	0
180	FPI	0,9	180	FPI	0,9	0
200	EC	15,6	200	EC	15,6	0
230	Bilyeli Dövme	1,2	230	Bilyeli Dövme	1,2	0
240	FPI	0,4	240	FPI	0,4	0
250	Final Torna	6,7	250	Final Torna	6,7	0
255	Çapak Alma	0,8	255	Çapak Alma	0,8	0
270	FPI	0,5	270	FPI	0,5	0
280	Yıkama	0,2	280	Yıkama	0,2	0
325	Ölçüm	0,5	325	Ölçüm	0,5	0
330	Çapak Alma	0,8	330	Çapak Alma	0,8	0
340	Yıkama	0,2	340	Yıkama	0,2	0
350	Kaplama	3,1	350	Kaplama	3,1	0
370	Ölçüm	0,5	370	Ölçüm	0,5	0
390	Kabul Ölçümü	0	390	Kabul Ölçümü	0	0
400	Alıcıya Gidiş	0	400	Alıcıya Gidiş	0	0
	Toplam	197,3		Toplam	147,0	-50,3

İyileştirme öncesi ve sonrasındaki işlem süresi değişiminin Benzetim ile tespiti: Parçanın operasyonlarına ait işlem sürelerinin iyileştirme öncesi ve sonrası durumlarını daha açık görebilmek için bir benzetim çalışması Arena paket programı ile 138 tekrarlı (üretilen yıllık planlı parça sayısı 138'dir.) olarak yapılmıştır. Benzetim çalışması ile iyileştirme sonrasında elde edilen gelişim açıkça görülmekte olup; Arena paket programı ile hazırlanan iyileştirme öncesi benzetim modeli Şekil 4.20'de, iyileştirme sonrası benzetim modeli ise Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.20 İyileştirme öncesi için benzetim modeli



Şekil 4.21 İyileştirme sonrası için benzetim modeli

Yapılan benzetim çalışmaları sonucunda elde edilen sonuç raporlarından bazıları Şekil 4.22’de, bir kısmı da Ekler bölümünde verilmiştir. Şekil 4.22’de verilen sonuç tablolarından ilk ikisinde iyileştirme öncesi toplam işlem süreleri 196,45 (1. çevrimde) ve 196,05 (138. çevrimde) saat olarak görülürken; son ikisinde iyileştirme sonrası

toplam işlem süreleri 146,95 (1. çevrimde) ve 146,95 (138. çevrimde) saat olarak görülmektedir. Bu da benzetim ile işlem sürelerindeki kısalmayı açıkça göstermiştir.

22:04:08		Category by Replication			Aralık 28, 2009	
LPT		Replications: 138				
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	196,45	Time Units: Hours
Entity						
Time						
<u>VA Time</u>		<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	
Entity 1		196.05	(Insufficient)	196.05	196.05	
22:04:08		Category by Replication			Aralık 28, 2009	
LPT		Replications: 138				
Replication 138		Start Time:	0,00	Stop Time:	196,45	Time Units: Hours
Entity						
Time						
<u>VA Time</u>		<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	
Entity 1		196.05	(Insufficient)	196.05	196.05	
İyileştirme öncesi benzetim modeli sonuç rapor örnekleri						
21:36:50		Category by Replication			Aralık 28, 2009	
İyileştirme sonrası LPT		Replications: 138				
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	146,95	Time Units: Hours
Entity						
Time						
<u>VA Time</u>		<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	
Entity 1		73.4750	(Insufficient)	0	146.95	
21:36:50		Category by Replication			Aralık 28, 2009	
İyileştirme sonrası LPT		Replications: 138				
Replication 138		Start Time:	0,00	Stop Time:	146,95	Time Units: Hours
Entity						
Time						
<u>Transfer Time</u>		<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	
<u>Other Time</u>		<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	
Entity 1		0	(Insufficient)	0	0	
<u>Total Time</u>		<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	
Entity 1		146.95	(Insufficient)	146.95	146.95	
İyileştirme sonrası benzetim modeli sonuç rapor örnekleri						

Şekil 4.22 Benzetim çalışmaları sonucunda elde edilen sonuç raporlarından bazıları

İyileştirme ile sağlanan kazanımlar: İyileştirme sonrasındaki işlem süreleri yapılan benzetim çalışmasının sonucunda elde edilen ortalama değere göre tespit edilirken; hazırlık ve tekrar işleme sürelerinde iyileştirme sonrası üretilen ilk parçaya göre belirlenmiştir. İyileştirme öncesi ve sonrası Çizelge 4.10'da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. İyileştirme öncesi ve sonrası durum

	İyileştirme öncesi	İyileştirme sonrası
Hazırlık süresi	10 saat	6,4 saat
İşlem süresi	197,3 saat	147 saat
Tekrar işleme süresi	13,5 saat	8,9 saat
Toplam süre	220,9 saat	162,3 saat

Çevrim süresindeki azalma özellikle parçanın işlem gördüğü tezgahlarda oluşan dar boğazların azalmasına neden olmakla birlikte, aynı tezgahlarda işlem gören diğer parçalar için daha fazla zaman ayrılabilmesini sağlamıştır. Ayrıca yapılan iyileştirmeler sonucu parça taşıma mesafesindeki kısaltmalar işçilik ve taşıma maliyetlerinin azalmasını sağlarken; tekrar işlemlerin azaltılması da ciddi maliyet tasarrufları sağlamıştır.

Parçanın teslimat süresi; parçanın ham malzemesinin yurtdışından geliş süresi, parçanın imalatı için geçen süre ve bitmiş ürün olarak parçanın yurtdışındaki alıcısına gidiş sürelerinin toplamı olarak hesaplanmaktadır. Parçanın ham malzemesi yurtdışından deniz yoluyla getirildiğinde 7 hafta, hava yoluyla ise bu süre 3 haftayı bulmakta olup; bu sürenin uzun olmasının sebepleri ham malzemenin Amerika'dan geliyor olması ve uzun gümrük işlemleridir. Parçanın imalat süresi ise yapılan iyileştirmeler sonrasında toplam 162,3 saate kadar düşürülmüştür. Parçanın bitmiş ürün olarak alıcısına gönderilmesi ise; deniz yoluyla 4 hafta, hava yoluyla 2 gün sürmektedir. Bu bilgiler ışığında parçanın teslimat süresi;

$$\text{Teslimat süresi} = \text{Malzemenin geliş süresi} + \text{İmalat ve satış süresi} + \text{Gidiş süresi}$$

- Malzemenin geliş süresi ≈ 5 hafta
- İmalat/satış süresi ≈ 2 hafta (İşlem süresi + Diğer beklemler)
(162,3 saat) / (24 saat/gün) ≈ 7 gün = 1 hafta
İşlem süresi / Günlük Çalışma süresi (8 saat x 3 vardiya = 24 saat/gün)
Diğer beklemler (tezgah bekleme, idari işler vs.) ≈ 1 hafta
- Bitmiş ürünün gidiş süresi ≈ 1 hafta
Teslimat süresi = (5 hafta + 2 hafta + 1 hafta) = 8 hafta
olarak hesaplanmaktadır.

İyileştirme öncesi teslimat süresi 10 hafta iken, Altı Sigma uygulaması sonrasında bu süre 8 haftaya düşürülmüş ve anlamlı bir süre kazanılmıştır.

4.6 Kontrol Aşaması

Uygulamanın bu aşaması ile; yapılan iyileştirmelerin kalıcı olması için neler yapılabileceği ile bu iyileştirmelerin nasıl daha iyiye götürülebileceğinin düzenli aralıklarla ele alınması amaçlanmaktadır.

Çevrim ve teslimat süresinin azaltılmasına yönelik çalışmalarda projenin başlangıcındaki durum; çevrim süresinin, taşıma mesafelerinin, ıskartaların ve yeniden işlemlerin fazlalığı konuları sebebiyle hata olarak kabul edilmektedir. Bu projede hata belli bir oranda giderilmiştir. Ancak tabii ki bu yeterli değildir, bundan sonraki aşamalarda, sürekli iyileştirme felsefesi içinde daha iyiye doğru çalışmalar devam edecektir. Sürecin iyileştirilmiş durumunun tersine gitmemesi için süreç; yeniden işlemler, ıskartalar, atıl zamanlar, çevrim süresi vb. başlıklarda istatistiksel süreç kontrolü yöntemleri ile kontrol altında tutulmalıdır. Bunun yanı sıra sürece dahil olan tüm personelin eğitimleri de geliştirilmelidir.

Proje sonunda elde edilen olumlu sonucun daha da geliştirilmesi için yer değişikliği önerisinde bulunulabilir. Özellikle tezgahlar arası en uzun taşıma mesafesine sahip HNK VTL1 tezgahında iyileştirme sonrasında da halen 4 adet final tornası işlemi

bulunmakta olup; bunlar op.20, op.80, op.85 ve op.250 operasyonlarıdır. Bu tezgah bir çeşit CNC dik torna tezgahı olup; atölyenin iki ana bölümünden biri olan B bloğunda bulunmaktadır. Ancak; HNK VTL1 haricinde parçanın işlendiği diğer tezgah ve bölümler A bloğunda bulunmaktadır. Bu tezgahın A bloğunda uygun bir alana taşınması ile ciddi miktarda taşıma mesafesi tasarrufu sağlanacak olup; ayrıca taşıma sırasında oluşabilecek yeniden işleme ve ıskarta problemlerinde de azalmalar olacaktır.

HNK VTL1 tezgahının A bloğunda uygun bir alana taşınması ile elde edilecek kazanç;

1. Op.20 final torna ile op.25 çapak alma arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği öncesi taşıma mesafesi: 409m.

Op.20 final torna ile op.25 çapak alma arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği sonrası taşıma mesafesi: 58 m.

Taşıma mesafesi kazancı : $409 - 58 = 351$ m.

2. Op.70 çapak alma ile op.80 final torna arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği öncesi taşıma mesafesi: 409 m.

Op.70 çapak alma ile op.80 final torna arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği sonrası taşıma mesafesi: 58 m. olmaktadır.

Taşıma mesafesi kazancı : $409 - 58 = 351$ m.

3. Op.130 final torna ile op.140 freze arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği öncesi taşıma mesafesi: 404 m.

Op.130 final torna ile op.140 freze arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği sonrası taşıma mesafesi: 69 m. olmaktadır.

Taşıma mesafesi kazancı: $404 - 69 = 335$ m.

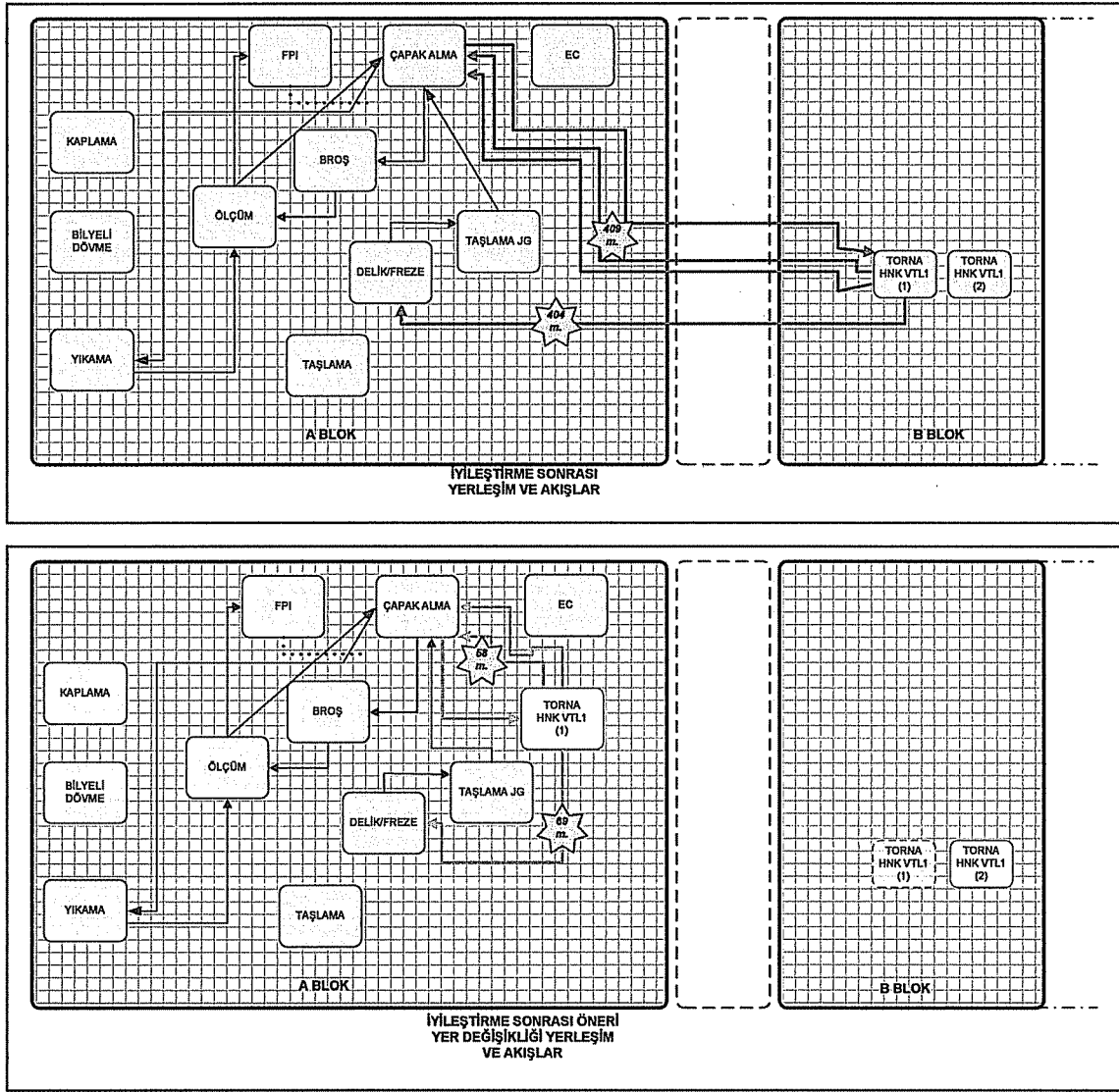
4. Op.250 final torna ile op.255 çapak alma arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği öncesi taşıma mesafesi: 409 m.

Op.250 final torna ile op.255 çapak alma arasındaki HNK VTL1 tezgahının yer değişikliği sonrası taşıma mesafesi: 58 m.

Taşıma mesafesi kazancı: $409 - 58 = 351$ m.

Toplam taşıma mesafesi kazancı: $351 + 351 + 335 + 351 = 1388$ m.

Bu öneri ile taşıma mesafesinde toplamda 1388 m.'lik azalma sağlanacak olup; iyileştirme sonrasında 6117 m. olan toplam taşıma mesafesi 4729 m.'ye indirilmiştir. Şekil 4.23'de iyileştirme sonrası ve iyileştirme sonrasında öneri yer değişikliği yerleşim ve akışları verilmiştir. İyileştirme sonrasında öneri yer değişikliğinde HNK VTL1 tezgahı B bloktan A bloğa uygun bir bölüme yerleştirilmiştir. Her iki şekilde de yer değiştirilecek tezgahın üretim sürecinde ilişkili olduğu tezgahlar ile arasındaki mesafeler öneri öncesi ve sonrası şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 4.23 İyileştirme sonrası ve iyileştirme sonrasında öneri yer değişikliği

Sonuç olarak; uygulama konusu parçanın çevrim ve teslim sürelerinin daha da azaltılması için sürekli olarak yeni çalışmaların yapılması ve yakalanan başarının sürekliliğinin sağlanması için iş sahiplerinin devamlı olarak süreci etkileyen parametreleri kontrol altında tutmaları gerekmektedir. Bu uygulamada da sürecin kontrol altında tutulması görevi iş sahipleri olan üretim hattına verilmiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada TEI işletmesinde üretimi yapılan bir uçak motor parçasının çevrim ve teslimat süresinin azaltılması amacıyla Altı Sigma yöntembilimi uygulanmıştır.

Uygulamada ilk olarak problem tanımlanmış ve yapılacak iyileştirmelerin tespitine ışık tutacak analizler yapılmış böylece çevrim ve teslimat süresindeki değişkenliğin sebepleri pareto analizi, sütun grafiği, takt time analizi, sebep sonuç diyagramı ve akış şeması gibi temel Altı Sigma araçları kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Özellikle takt time analizi üzerinde durulmuş olup; bu analiz aracı ile parçanın işlendiği operasyon sürelerinin en yüksek olabileceği süreler tespit edilmiştir. İyileştirme aşamasında Altı Sigma ekip üyelerince verilen öneriler doğrultusunda yeni düzenlemelere gidilmiş olup; sonuçta yıllık ortalama 183.402 metre parça taşıma mesafesi azaltılarak tasarruf sağlanırken, iyileştirme öncesi 220,9 saat olan ortalama çevrim süresi 162,3 saate ve teslimat süresi de 10 haftadan 8 haftaya düşürülmüştür. Ayrıca kontrol aşamasında açıklanan tezgah yerleşiminde değişiklik önerisi ile parçanın gezdiği mesafe ve üretim süresinde daha da kısaltmalar sağlanabilecektir.

Altı Sigma uygulamasına konu olan parça için yapılan çalışma sonucunda elde edilen iyileştirmelerin sürekliliği ve geliştirilmesi yeni Altı Sigma projelerinin parça için uygulanması ile sağlanacaktır. Bundan sonraki Altı Sigma projelerinde parça için Yalın Altı Sigma uygulaması yapılabileceği gibi; parçanın benzer disk parçalarıyla birlikte bir üretim hücresinde birleştirilerek hücresele üretim yapısına kavuşturulması çalışmaları gerçekleştirilebilir.

Genel olarak Altı Sigma yöntembilimi için düşünüldüğünde ise; Motorola tarafından yaratılan, GE ve AlliedSignal tarafından geliştirilen Altı Sigma son dönemde artan rekabet koşullarında işletmeler için daha da önemli hale gelmiştir. TEI'de 1996'da uygulanmaya başlanan Altı Sigma ile 13.000 üzerinde proje gerçekleştirilmiştir. Bu

projeler sayesinde, milyonda hata eğilimindeki büyük düşüşler sağlanırken, süreçlerdeki ve sonuçlardaki anlamlı iyileşmeler de açıkça görülmektedir.

Ülkemiz Altı Sigma uygulamaları açısından kısa bir geçmişe sahip olmasına rağmen yöntembilimin sonuçları alınmaya başlanmıştır. TEI, Borusan, Arçelik, Ford-Otosan ve Aselsan gibi firmalar Altı Sigma uygulamalarına önemli yatırımlar yaparak büyük kazanımlar sağlamışlardır.

İşletmelerin Altı Sigma uygulamalarında başarılı olabilmeleri, öncelikle bu yönetim stratejisini bir kültür olarak benimsemesine ve tüm faaliyetlerini bu yöntem ile gerçekleştirmesine bağlıdır. Üst yönetim öncülüğü ve desteği, tüm personelin istinasis sürece katılımı ve eğitimi, uygulamaların yapılacağı projelerin seçimi Altı Sigma uygulamalarında başarının anahtarlarıdır. Bu anahtarlar doğru bir şekilde uygulandığında işletmelerin Altı Sigma yöntembiliminden faydalar sağlayabilecekleri söylenebilir.

Sonuç olarak; ülkemizdeki işletmelerin dünya pazarına açılarak buralarda sağlam yerlere sahip olabilmeleri için yenilenen yönetim teorilerini yakından takip etmeleri ve sürekli olarak değişime ayak uydurmaları gerekmektedir ki; bu yönetim teorilerinin adı bugün Altı Sigma yarın Yalın Altı Sigma olabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akın, B., 1996, ISO 9000 Uygulamasında işletmelerde istatistik Proses Kontrol (İPK) Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 150 s.

Akın, B., Erol, V., Çetin, C., 1998, Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi, Beta Basım Yayım Dağıtım A.S., İstanbul, 342 s.

Akın, B., 1998, Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 182 s.

Akın, B., Çetin C., Erol, V., 2001, Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi, Beta Yayınları, 2.Baskı, İstanbul, 806 s.

Albayrak, B., 2007, Süreç İyileştirmede Altı Sigma Yaklaşımı: Petek Yapılı Malzeme Üretim Sürecinde Bir Uygulama, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 95 s.

Arıtürk, T., 2001, Altı Sigma metolojisinin Arçelik A.Ş. Yayılımı ve Uygulanması, KalDer 10.Ulusal Kalite Kongresi,

Aydın, M., 2003, Altı Sigma, <http://www.dde.com.tr/bilgi/6%20sigma.htm>

Balcı, Ş., 2005, Altı Sigma Süreç İyileştirme Tekniği Ve Sanayide Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 104 s.

Barney, M., 2002, Macro, Meso, Micro: Six Sigma”, The Industrial-Organizational Psychologist, Vol. 39/ No. 4, April, <http://siop.org /tip/backissues /TIPApr02 /15barney.htm>, 28.12.2009

Baş, T., 2003, Altı Sigma, <http://www.kaliteofisi.com/download/e-kitap.asp>, 39 s.

- Bertels, T., Patterson, G., 2003, Selecting Six Sigma Projects That Matter, Six Sigma Forum Magazine, Vol. 3, No. 1, November 2003, 13-15 p.
- Burnak, N.,1997, Toplam Kalite Yönetimi İstatistiksel Süreç Kontrolü, TekamYayın, Eskişehir, 222 s.
- Cheng, J. L., 2006, DMAIC Integration Necessary for Success, Six Sigma Forum Magazine, Vol. 5, No. 4, August 2006, 22-28
- Chua, R. C., 2003, Six Sigma: A Pursuit of Bottom Line Result, European Quality, Juran Institute Minnesota, 2 p.
- Day, R. G., 1997, Kalite Fonksiyon Yayılımı: Bir Şirketin Müşterileriyle Bütünleştirilmesi, Enternasyonel Tercüme Hizmetleri Ltd.Şti., İstanbul, 237 s.
- Desail T. N., Shrivastava R. L., 2008, Six Sigma: A Break through Business Improvement Strategy for Achieving Competitive Advantage – A Case Study, IEEE DOI 10.1109/ICETET.2008.263
- Desphande, P.B., Makker, S.L., Goldstein, 1999, M. Boost Competitiveness via Six Sigma, Chemical Engineering Progress, September, 65-70
- Dowdy S., Wearden S., Chilko D., 2004, Book Statistics for Research, John Wiley & Sons, Inc., 634 p.
- Duanmu J., Taaffe K., 2007, Measuring Manufacturing Throughput Using Takt Time Analysis And Simulation, Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference
- Eckes G., 2003, Six Sigma For Everyone, John Wiley & Sons Inc., USA, 128 p.
- Eckes, G., 2005, Herkes için Altı Sigma, (Çev. U. Hasdemir), Kapital Medya Hizmetleri, 128 s.

- Efil, İ., 1999, Yönetimde Kalite Çemberleri ve Uygulama Örnekleri, Alfa Yayınları, İstanbul, 304 s.
- Ertuğrul, İ., 2004, Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri, Ekin Kitabevi, Bursa, 394 s.
- GE, 2007, General Electrics "What is Six Sigma?", GE Şirket Dokümanları, 21 p.
- Genç, S., 2007, Altı Sigma Kılavuzu, ISO-KATEK, TÜBİTAK/TUSSİDE, 81 s.
- George E. B., Bisgaard P. S., 1987, The Scientific Context of Quality Improvement, Quality Progress, June 1987, 54-61
- Gupta P., 2004, Six Sigma Business Scorecard, Ensuring Performance for Profit, McGraw Hill Company, United States of America, 207 p.
- Gümüşoğlu, Ş., 1996, İstatistiksel Kalite Kontrolü, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 103 s.
- Gür, İ.İ., 2003, Kalite Yönetiminde 6 Sigma Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 97 s.
- Gürtan, K., 1982, İstatistik ve Araştırma Metotları, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 787 s.
- Gygi C., Decarlo N., Williams B., 2005, Six Sigma for Dummies, Wiley Publishing, Inc., 362 p.
- Harry, M.J., 1994, The Vision of Six Sigma: A Roadmap for Breakthrough, Six Sigma Publishing Co., 378 p.

- Harry, M. J., Schroeder, R., Linsenmann D.R., 2000, Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations, Curreng, 210 p.
- Hill, W.J., Kearney, W., 2003, Article: The Honeywell Experience, Six Sigma Forum Magazine, Vol. 2, No. 2, February 2003, 34-37.
- Hunter, D., Schmitt B., 1999, Six Sigma: Benefits and Approaches, Chemical Week, v. 161, n. 37, 35-36.
- Kartal, M., 1999, İstatistiksel Kalite Kontrolü, Şafak Yayınevi, Sivas, 269 s.
- Kasa H., 2003, KalDer 6 Sigma Deneyim Paylaşımı Sempozyumu, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul
- Kasa, H., 2003, İstatistiksel Test Uygulamalarında Yöntem Seçimi ve Yorumlamaya Yönelik Öneriler, Altı Sigma Forum Dergisi, Yıl. 3, Sayı. 9, 2006, 21 -24
- Kasa, H., 2002, Altı Sigma Gerçeği/Bildiri, KalDer Forum Nisan 2002, Yıl:2, Sayı:6, 6-7,
- Kiriş, G., 2003, 6 Sigma Yaklaşımı-Tusaş Motor Sanayii A.Ş. (TED)'de Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, 103 s.
- Kohler, H., 1988, Statistics for Business and Economics, Scott, Foresman and Company, 1043 p.
- Liu C. M., Chiang M. S., 2007, Systematic Lean Techniques for Improving Honeycomb Bonding Process, Dep. of Ind. Eng. and Sys. Man., Feng Chia University, Taiwan
- Lynch, D. P., 2003, How To Scope DMAIC Projects: The Importance of the right objective cannot be overestimated, Quality Progress, January 2003, 38-39

- Madenli, B., 2006, İmalat İşletmelerinde Altı Sigma Uygulama Gerekliliği: Alt Yapının Oluşturulması İçin Öneriler Ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Uuludağ. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, 110 s.
- Newbold, P., 2002, İşletme ve İktisat için İstatistik, (Çev: Şenesen, Ü.), Literatür Yayınları, Yayın No:44, İstanbul, 735 s.
- O'Rourke, P., 2003, Using Six Sigma in Safety Metrics, <http://www.sixsigmaacademy.ir/html/images/books/Using%20%20Six%20Sigma%20in%20Safety%20Metrics.pdf>, 7 p.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., Cavanagh, R. R., 2000, The Six Sigma Way: How GE Motorola and other top companies are improving their performance, 1th ed., McGraw-Hill, 433 p.
- Pande, P. S., Holpp, L., 2002, What is Six Sigma?, McGraw-Hill, 97 p.
- Pande, P. S., Neuman, P. R., Cavangh, R. R., 2002, Six Sigma Yolu, (Çev: N. Güder), İstanbul: Dharma Yayınları, 433 p.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., Cavanagah, R. R., 2004, Six Sigma Yolu, Klan Yayınları, (Çev. N. Güder ve G. Tokcan), 433 s.
- Polat, A., 2006, Altı Sigma Metodu'nun Toplam Kalite Yönetimi ve Tasarım Süreçlerindeki Yeri / Makale, Kal-Der Kalite Derneği, http://www.kalder.org.tr/preview_content.asp?contID=752&tempID=1®ID=2
- Polat, A., Cömert, B., Arıtürk, T., 2005, Altı Sigma Nedir?, SPAC Altı Sigma Danışmanlık Ltd Şti. Ankara, 136 s.
- Pyzdek, T., 2001, Six Sigma Handbook, A Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts and Managers at All Levels, McGraw Hill, 814 p., a

- Pyzdek, T., 2001, Why Six Sigma is not TQM, http://www.sixsigmatraining.org/six_sigma_vs_tqm, b
- Pyzdek T., 2003, The Value of Six Sigma, <http://www.pyzdek.com/PDF/1999-12.pdf>
- Ramdas V., 2007, What is 6 Sigma.ppt, Techvoyant co.
- Rath, A., Strong, J., 2000, Rath&Strong's Six Sigma Pocket Guide, Williams, M. A., Rath & Strong Management Consultants, Massachusetts, 191 p.
- Schroeder, R. G., Linderman K., C. Liedtke, Choo A. S., 2007, Six Sigma: Definition and underlying theory, Journal of Operations Management, Science Direct, 19 p.
- Schroer B.J., 2004 Simulation as a Tool in understanding the Concepts of Lean Manufacturing, The Society for Modeling and Simulation International, SIMULATION, Vol. 80, Issue 3, March 2004, 171-175
- Seth D., Gupta V., 2005, Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study, Production Planning & Control, Vol. 16, No. 1, 1 January, 2005, 44–59
- Sitnikov C., 2003, The Six Sigma Phenomena: Old or New Perception of Quality?, <http://sysdoc.doors.ch/MOTOROLA/SixsigmaSitnikov.pdf>, 14 p.
- Slatter, R., 2000, Jack Welch ve General Electric'in Yolu, (Çev: Arıkan, T., Özkal, S.) Literatür Yayınları, İstanbul, 294 s.
- Slomp J., Bokhorst J.A.C., Germs R., 2009, A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation, Production Planning & Control, Vol. 20, No. 7, October 2009, 586–595

Spiegel M.R., Schiller J.J., Srinivasan R.A., 2009, Probablity and Statistics, Mc Graw Hill, Third Edition, 433 p.

Stelzer D., Melis W. and Herzwurm G., 1996, Software Process Improvement via ISO 9000 Results of Two Surveys Amng European Software Houses, Software Process: Improvement and Practice, Vol.2, Issue 3., Germany, 93-99

Şimşek, M., 2004, Toplam Kalite Yönetimi, Alfa Yayınları, İstanbul, 324 s.

Tapık, Y., Keleş, Ö., 1998, Kalite Savaş Araçları, Kalder Yayınları, İstanbul, 186 s.

TEI İşletme Dokümanları Sayı no 2, 2003, Beyin Fırtınası

Tok, Ç., 2006, Kalite Yönetim Sistemi Olarak Altı Sigma Metodu Ve Soğutma Sektöründe Bir Altı Sigma Proje Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 191 s.

Uslu, L., 2002, Altı Sigma ve Sanayi Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 127 s.

Welch, J., Byrne, J.A., 2001, Straight From The Gut, Warner Brothers Books, 465 p.

Welch, J., Murphy E., Fresco, P., Opie, J., 1997 GE Annual Report (13 Feb. 1998) 6 p.

Wilson, P. M., 1999, Six Sigma: Understanging the Concept, Implications and Challenges Arizona: Advanced System Consultants, 210 p.

Wilson, M.P., 2002, Six Sigma Strategies: Creating Excellence in the Workplace, <http://www.qualitydigest.com/dec97/html/sixsigma.html>

Wyper, B., Harison, A., 2000, Deployment of Six Sigma Methodology in Human Resource Function: A Case Study, Total Quality Management, Vol. 11, 722 p.

Yang, K., El-haik, B., 2003, Design for Six Sigma “A Roadmap for Product Development”, McGraw Hill Companies, United States of America, 741 p.

Yavuz, S., 2006, Altı Sigma Yaklaşımı Ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulama, Doktora Tezi Atatürk Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, 236 s.

Yılmaz, B. , 2006, Altı Sigma Felsefesi/makale,2 s.

Zu X., Robbins T. L., Fredendall L. D., 2009, Mapping The Critical Links Between Organizational Culture and TQM/Six Sigma Practices, Int. J. Production Economics 123 (2010) 86–106

İnternet-1 <http://www.montegodata.co.uk/Educate/OptionTerms.htm> (Erişim Tarihi: 16 Temmuz 2009)

İnternet-2 <http://www.industryforum.co.uk> (Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2009)

İnternet-3 <http://www.spac.com.tr/Danismanlik/Page2.aspx> (Erişim Tarihi: 13 Temmuz 2009)

İnternet-4 www.procen.com.tr/altisigma1.htm (Erişim Tarihi: 13 Temmuz 2009)

İnternet-5 www.eneraconsulting.com (Erişim Tarihi: 28.07.2009)

İnternet-6 <http://www.kaliteofisi.com/makale2> (Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2009)

İnternet-7 <http://web2.concordia.ca/Quality/tools/28treediagram.pdf> (Erişim Tarihi: 28 Temmuz 2009)

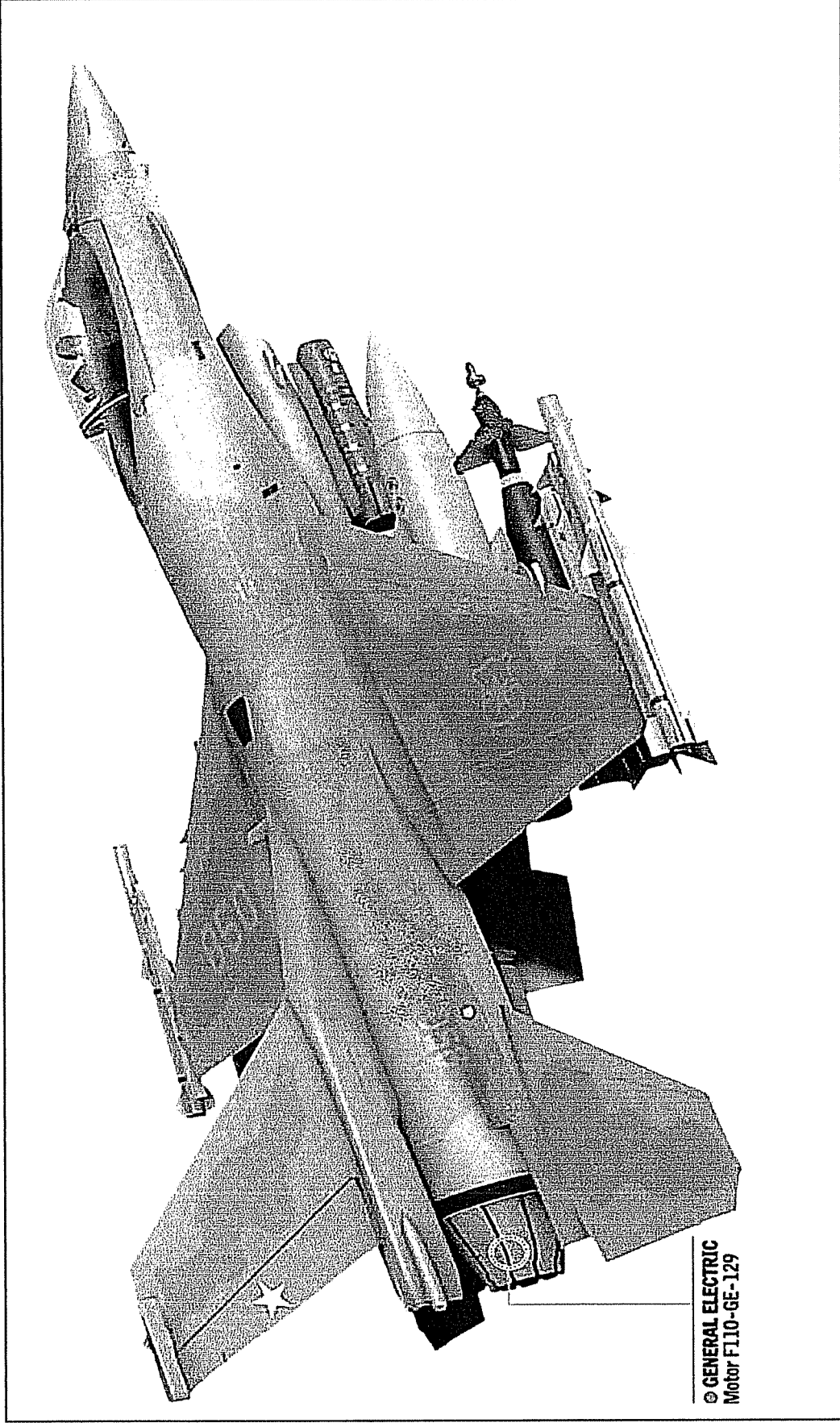
İnternet-8 www.cengizpak.com.tr (04.09.2009)

İnternet-9 <http://www.matrisas.com/sixsigma.html> (Erişim Tarihi: 19 Temmuz 2009)

EKLER

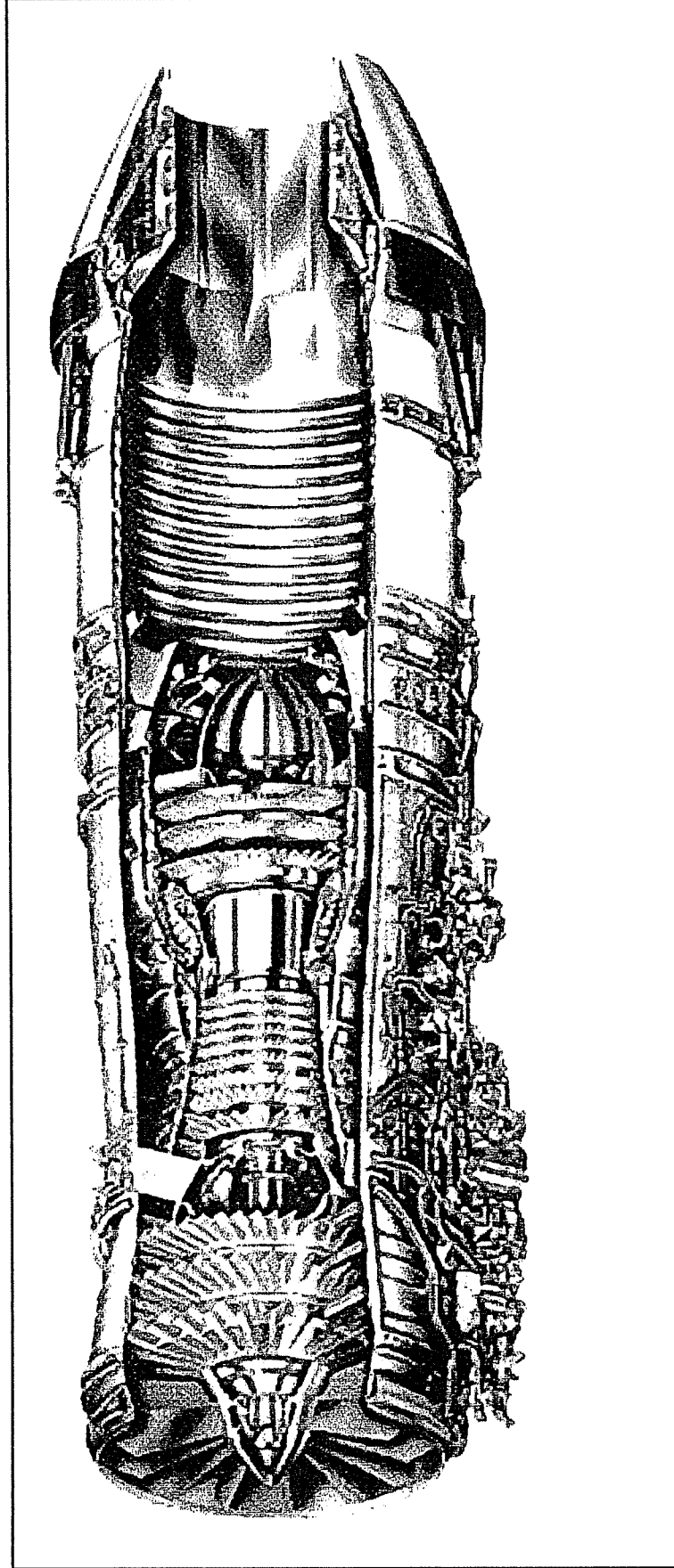
- Ek 1. F-16 C/D Uçağı Resmi
- Ek 2. F110-GE-129 Uçak Motoru Resmi
- Ek 3. F110 Uçak Motorunun Asambleleri
- Ek 4. Uygulama Parçasının İşlem Gördüğü Tezgah/Teçhizat Resimleri
- Ek 5. Arena Benzetim Paket Programı Çıktıları

Ek.1. F-16 C/D Uçağı Resmi

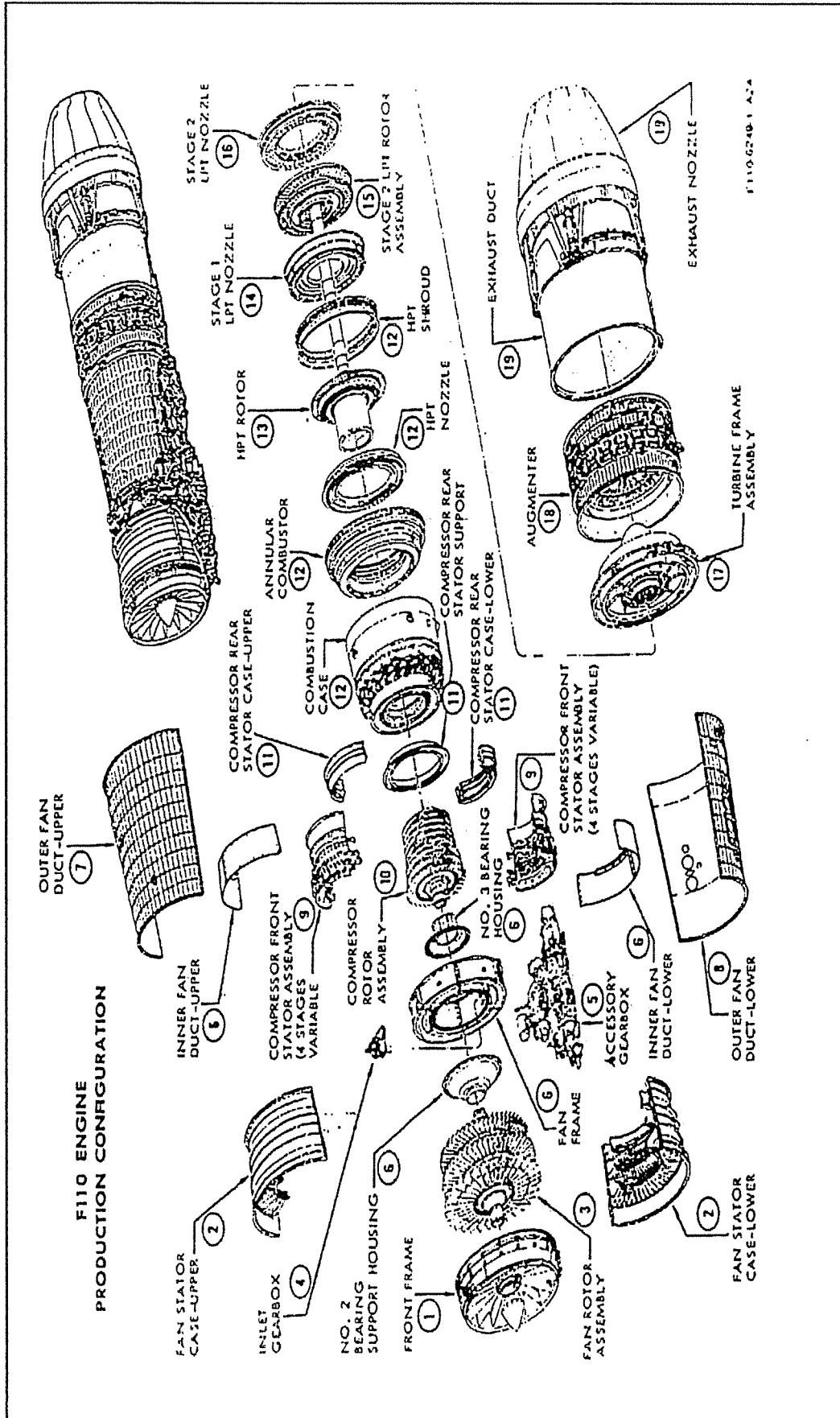


© GENERAL ELECTRIC
Motor F110-GE-129

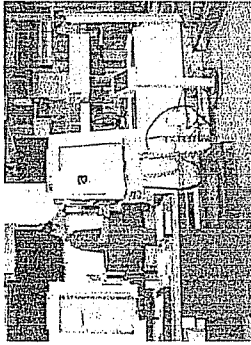
Ek.2. F110-GE-129 Uçak Motoru Resmi



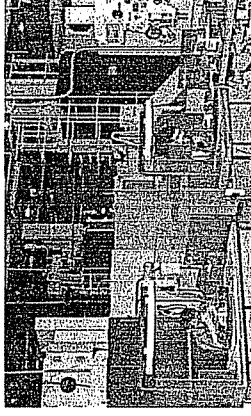
Ek.3. F110 Uçak Motorunun Asamblajları



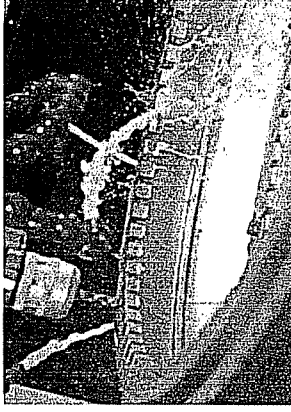
Ek 4. Uygulama Parçasının İşlem Gördüğü Tezgah/Teknik Resimleri



Torna İşlemi



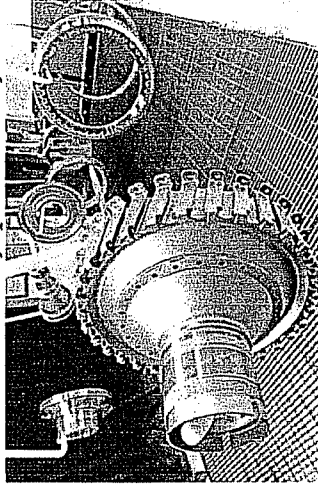
Çapak Alma İşlemi



Freze İşlemi



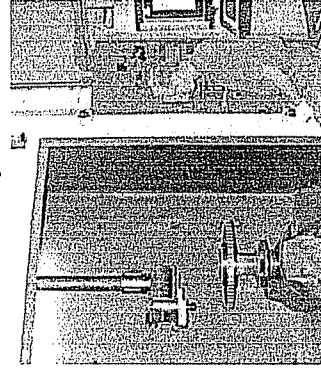
Freze İşlemi



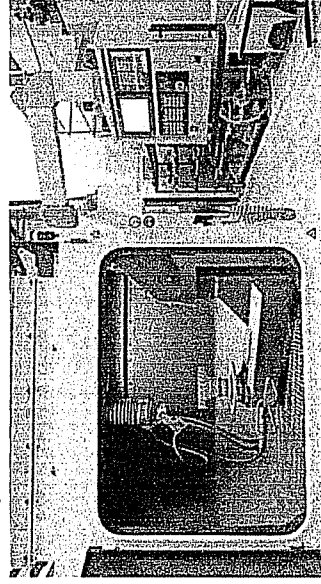
FPI İşlemi



EC İşlemi



Bilyeli Dövme İşlemi



Kaplama İşlemi

Ek.5. Arena Benzetim Paket Programı Çıktıları

Category by Replication

LPT Replications 138

Replication 1 Start Time: 0.00 Stop Time: 196.45 Time Units Hours

Entity

Cost	Average	Minimum	Maximum
Other Cost	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		
Total Cost	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		

Other

Number In	YBIR		
Entity 1	1		
Number Out	YBIR		
Entity 1	1		
WIP	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	1.0000	0	1.0000

Process

Time per Entity	Average	Minimum	Maximum
BrosAlma1	5.5000	5.5000	5.5000
BrosAlma2	5.7500	5.7500	5.7500
CapakAlma1	0.5000	0.5000	0.5000
CapakAlma2	0.4000	0.4000	0.4000
CapakAlma3	10.0000	10.0000	10.0000
CapakAlma4	4.7000	4.7000	4.7000
CapakAlma5	0	0	0
CapakAlma6	0.8000	0.8000	0.8000
DelifFreze	23.0000	23.0000	23.0000

FILE PRINT C:\ARENA\EXERCISES\138\138.PRT

Category by Replication

LPT Replications 138

Replication 1 Start Time: 0.00 Stop Time: 196.45 Time Units Hours

Entity

Time	Average	Minimum	Maximum
VA Time	196.05	196.05	196.05
Entity 1	(Insufficient)		
NVA Time	0.4000	0.4000	0.4000
Entity 1	(Insufficient)		
Wait Time	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		
Transfer Time	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		
Other Time	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		
Total Time	196.45	196.45	196.45
Entity 1	(Insufficient)		

Cost

VA Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	0	0
NVA Cost	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		
Wait Cost	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		
Transfer Cost	0	0	0
Entity 1	(Insufficient)		
Other Cost	0	0	0

FILE PRINT C:\ARENA\EXERCISES\138\138.PRT

Category by Replication

LPT Replications: 138

Replication 138 Start Time: 0.00 Stop Time: 156.45 Time Units Hours

Entity

Time	VA Time	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
Entity 1	156.05	(Insufficient)	156.05	156.05	156.05
NVA Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum	
Entity 1	0.4000	(Insufficient)	0.4000	0.4000	0.4000
Wait Time	Average	PartWidth	Minimum	Maximum	
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0	0
Transfer Time	Average	PartWidth	Minimum	Maximum	
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0	0
Other Time	Average	PartWidth	Minimum	Maximum	
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0	0
Total Time	Average	PartWidth	Minimum	Maximum	
Entity 1	156.45	(Insufficient)	156.45	156.45	156.45

Cost

VA Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0
NVA Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0
Wait Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0
Transfer Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0
Other Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0

FILE: P:\P001\01\REP\REP\REP.LPT

PAGE: 459 OF 1200

Category by Replication

LPT Replications: 138

Replication 138 Start Time: 0.00 Stop Time: 156.45 Time Units Hours

Entity

Cost	Other Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0	0
Total Cost	Average	PartWidth	Minimum	Maximum	
Entity 1	0	(Insufficient)	0	0	0
Other	Value				
Number In	Value				
Entity 1	1				
Number Out	Value				
Entity 1	1				
WIP	Average	PartWidth	Minimum	Maximum	
Entity 1	1.0000	(Insufficient)	0	1.0000	

Process

Time per Entity	VA Time Per Entity	Average	PartWidth	Minimum	Maximum
BrosAcma1	5.5000	(Insufficient)	5.5000	5.5000	5.5000
BrosAcma2	5.7500	(Insufficient)	5.7500	5.7500	5.7500
CapaxAlma1	0.5000	(Insufficient)	0.5000	0.5000	0.5000
CapaxAlma2	0.4000	(Insufficient)	0.4000	0.4000	0.4000
CapaxAlma3	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000	10.0000
CapaxAlma4	4.7000	(Insufficient)	4.7000	4.7000	4.7000
CapaxAlma5	0	(Unknown)	0	0	0
CapaxAlma6	0.6000	(Insufficient)	0.6000	0.6000	0.6000
DelitPreze	23.0000	(Insufficient)	23.0000	23.0000	23.0000

FILE: P:\P001\01\REP\REP\REP.LPT

PAGE: 459 OF 1200

lyileqtime sonrasi LPT

lyileqtime sonrasi LPT

Replication 1 Start Time: 0.00 Stop Time: 146.95 Time Units Hours

Replication 1 Start Time: 0.00 Stop Time: 146.95 Time Units Hours

Entity

Entity

Other Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Total Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0

VA Time	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	73.4750	(Insufficient)	146.95
NVA Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Wait Time	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Transfer Time	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Other Time	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Total Time	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	146.95	(Insufficient)	146.95

Other

Other

Number In	Yield		
Entity 1	1		
Number Out	Yield		
Entity 1	1		
WIP	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000

VA Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
NVA Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Wait Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Transfer Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0
Other Cost	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	0	(Insufficient)	0

Process

Cost

Time per Entity	Average	Minimum	Maximum
Entity 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000

VA Time Per Entity	Average	Minimum	Maximum
ErosAcma1	5.5000	(Insufficient)	5.5000
ErosAcma2	5.7500	(Insufficient)	5.7500
CapakAlma1	0.5000	(Insufficient)	0.5000
CapakAlma2	9.5000	(Insufficient)	9.5000
CapakAlma3	4.7000	(Insufficient)	4.7000
CapakAlma4	0	(Unknown)	0
CapakAlma5	0.8000	(Insufficient)	0.8000
CapakAlma6	0.8000	(Insufficient)	0.8000
Dellkrreza	22.0000	(Insufficient)	22.0000

27.11.15

Category by Replication

14.11.2015 11:11:15

lyileştime sonrası LPT Replications 138

Replication 137 Start Time: 0.00 Stop Time: 146.95 Time Units Hours

System

Cost

Idle Cost	Value
All Resources	0
Tran Cost	Value
All Entities	0
Usage Cost	Value
All Resources	0

Other

Number Out	Value
System	2

Replication 138 Start Time: 0.00 Stop Time: 146.95 Time Units Hours

Entity

Time	VA Time	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		73.4750	(Insufficient)	0	146.95
NVA Time	Average		Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0	0
Wait Time	Average		Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0	0
Transfer Time	Average		Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0	0

View Report: C:\ERASER\USER\ERASER3\REPORTS\REP137.DAT Page: 511 of 1500

27.11.15

Category by Replication

14.11.2015 11:11:15

lyileştime sonrası LPT Replications 138

Replication 138 Start Time: 0.00 Stop Time: 146.95 Time Units Hours

Entity

Time	Transfer Time	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Other Time	Average		Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0	0
Total Time	Average		Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		146.95	(Insufficient)	146.95	146.95

Cost

VA Cost	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0
NVA Cost	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0
Wait Cost	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0
Transfer Cost	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0
Other Cost	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0
Total Cost	Average	Part Width	Minimum	Maximum
Entity 1		0	(Insufficient)	0

Other

Number In	Value
Entity 1	1

View Report: C:\ERASER\USER\ERASER3\REPORTS\REP138.DAT Page: 512 of 1500