

KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



**ALTI SİGMA VE İLAÇ SEKTÖRÜNDE YER ALAN BİR  
FİRMADA UYGULAMA ÖNERİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

CANER CEBE

Mayıs,2013

CANER CEBE

YÜKSEK LISANS TEZİ

2013

ALTI SİGMA VE İLAÇ SEKTÖRÜNDE YER ALAN BİR FİRMADA  
UYGULAMA ÖNERİSİ

CANER CEBE

İŞLETME MBA Programı'nda Yüksek Lisans derecesi  
için gerekli kısmi şartların yerine getirilmesi amacıyla  
Sosyal Bilimler Enstitüsü"ne  
teslim edilmiştir.

KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ

Mayıs, 2013

KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA VE İLAÇ SEKTÖRÜNDE YER ALAN BİR FİRMADA UYGULAMA  
ÖNERİSİ

CANER CEBE

ONAYLAYANLAR:

Yrd. Doç. Dr. HATİCE C. AKDAĞ (Eş-Danışman) İstanbul Teknik Üniv. \_\_\_\_\_

Dr. PINAR İMER (Danışman) Kadir Has Üniversitesi \_\_\_\_\_

Doç Dr. HÜR BERSAM BOLAT İstanbul Teknik Üniv. \_\_\_\_\_

Dr. ELİF AKBEN SELÇUK Kadir Has Üniversitesi \_\_\_\_\_

ONAY TARİHİ: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

“Ben, CANER CEBE, bu Yüksek Lisans Tezinde sunulan çalışmanın şahsıma ait olduğunu ve başka çalışmalardan yaptığım alıntılarını kaynaklarını kurallara uygun biçimde tez içerisinde belirttiğimi onaylıyorum.”

---

Caner CEBE

## ÖZET

### ALTI SİGMA VE İLAÇ SEKTÖRÜNDE YER ALAN BİR FİRMADA UYGULAMA ÖNERİSİ

CANER CEBE

İŞLETME YÜKSEK LİSANS

Danışmanlar: Yrd. Doç. Dr. HATİCE CAMGÖZ AKDAĞ

Dr. PINAR İMER

Mayıs, 2013

Günümüz artan rekabet koşullarında hangi sektör içerisinde olursa olsun şirketler için verimlilik, düşük maliyet ve müşteri memnuniyeti gibi kavramların önemi giderek artmaktadır. İşletmelerin ürün veya hizmeti ucuza mal ederek kar sağlaması ve sürekliliğe sahip olabilmesi için, yüksek kalitede ve hata oranı düşük prosesler ortaya koyabilmesi gerekmektedir. Bu noktada popülaritesi yüksek bir kalite yaklaşımını şirket bünyesinde uygulamaya koyarak istenilen hedeflere kolayca varılabilir. Altı Sigma uygulamaları tam da bu noktada doğan ihtiyaçları karşılamak için endüstride doğmuş ve ardından akademik camianın ilgisiyle yükselişe geçerek birçok firma için tercih sebebi olmuştur.

Her geçen yıl büyüyüp gelişmekte olan ilaç sektöründe müşteriye sunulan ürünün kalitesi hayati önem taşımaktadır. Ayrıca ilaç sektöründe faaliyet gösteren firmalar karlı ürünler üretebilmek amacıyla bu yüksek maliyet gerektiren üretimlerini az kayıpla tamamlamak zorundadırlar.

Bu çalışma ülkemizde ilaç sektöründe faaliyet gösteren bir firmada; yüksek satış rakamlarına sahip olan bir ürünün prosesinde meydana gelen aksaklıkların tespit edilmesi ve iyileştirme önerilerinin sunulması amacıyla yürütülmüştür. TÖAİK(DMAIC) metodu kullanılarak Altı Sigma uygulaması gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, İlaç Sektörü, Üretim, TÖAİK(DMAIC), SIPOC, SPSS.**

## **ABSTRACT**

### **SIX SIGMA AND AN IMPLEMENTATION SUGGESTION FOR A PHARMACEUTICAL COMPANY**

**CANER CEBE**

**MASTER OF BUSINESS ADMINISTRATION**

**Advisors: Assoc. Prof. Dr. HATICE CAMGOZ AKDAG**

**Dr. PINAR IMER**

**MAY, 2013**

In today's business world where the competition has enduringly intensified; importance of terms like efficiency, low cost and customer satisfaction gradually grows up for companies which belongs any sector. Firms; have to introduce processes, which have high quality and less defects, for produce product or service with competitive price to make constant profits. At this point implementing a popular quality approach into the organization could be helpful to reach to desired aims. Six Sigma approach, which has been industrial roots then has gain academic concern and uptrends, has been preferred for many firms to satisfy all the needs.

As years go by in the developing and growing pharmaceutical industry, products' quality has a vital importance which has been presented to customers. Furthermore pharmaceutical companies has to complete their profitable and costly productions with less defects.

This study has executed to present improving suggestions and detection of problems in a famous drugs' process where produce a pharmaceutical company in our country. In addition to this DMAIC(TOAIK) method used in the implementation of Six Sigma applicaion.

**Key Words: Six Sigma, Pharmaceutical Sector, Production, DMAIC(TOAIK), SIPOC, SPSS.**

## TEŞEKKÜR NOTU

Bu tez alışmasının yürütülmesi sırasında ok değerli fikirleriyle beni aydınlatan ve koşulsuz olarak desteğini veren danışman hocam Sayın Yrd. Do. Dr. Hatice C. Akdağ'a teőekkrlerimi sunarım.

Çalışma sürecini başarıyla tamamlayabilmem için hoşgörüsünü ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Pınar İmer'e, ellerinden gelenin en iyisiyle maddi ve manevi desteklerini her an yanımda hissettiren çok değerli annem ve babama, hiçbir karşılık beklemeden tüm sabrı ve iyi niyetiyle yardım etmekten çekinmeyerek yanımda olan ve beni yreklendiren Büşra Baltaoğlu'na ve adlarını sayamadığım yakınlarıma teőekkürü borç bilirim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR NOTU .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
KISALTMALAR.....	ix
GİRİŞ .....	x

## BİRİNCİ BÖLÜM

### ALTI SİGMA YAKLAŞIMI

1. ALTI SİGMA YAKLAŞIMI.....	1
1.1 Sigma, Normal Dağılım, Varyasyon ve Standart Sapma Tanımları.....	1
1.2 Altı Sigma Tanımları.....	1
1.3. Altı Sigma Tarihi Gelişimi.....	6
1.3.1 Altı Sigma'nın Üç Jenerasyonu.....	8
i. Birinci Jenerasyon .....	8
ii. İkinci Jenerasyon .....	8
iii. Üçüncü Jenerasyon.....	9
1.4. Altı Sigma Amaçları.....	9
1.5. Altı Sigma'nın Temel İlkeleri.....	10
i. Müşteri Odaklılık .....	10
ii. Verilere ve Gerçeklere Dayalı Yönetim.....	11
iii. Sürece Odaklanma, Yönetme ve İyileştirme.....	11
iv. Proaktif Yönetim.....	11
v. Sınırsız işbirliği .....	12
vi. Mükemmele yöneliş, hataya hoşgörü.....	12
1.6. Altı Sigma Uygulama Stratejileri.....	12
1.7. Altı Sigma'nın Faydaları ve Uygulama Alanları.....	15
1.8. Altı Sigma'yı Diğer Kalite Uygulamalarından Ayıran Özellikler.....	19
1.9. Altı Sigma Proje Yaklaşımı.....	20

i. Tanımlama(Define) .....	23
ii. Ölçme(Measure) .....	25
iii. Analiz(Analyse) .....	27
iv. İyileştirme(Improve) .....	28
v. Kontrol(Control) .....	30
1.10. Altı Sigma'da Kullanılan İstatistikî Araçlar.....	32
1.10.1. Tanımlama Aşamasında Kullanılan Araçlar.....	32
1.10.1.1. İlgî Diyagramı .....	33
1.10.1.2. Ağaç Diyagramı .....	33
1.10.1.3. SIPOC Diyagramı .....	35
1.10.2. Ölçme Aşamasında Kullanılan Araçlar.....	36
1.10.2.1. Operasyonel Tanımlama .....	36
1.10.2.2. Müşteri Sesi Yöntemi .....	37
1.10.2.3. Kontrol ve Yayılım Formları .....	37
1.10.3. Analiz Aşamasında Kullanılan Araçlar.....	39
1.10.3.1. Varyans Analizi .....	39
1.10.3.2. Deney Tasarımı .....	39
1.10.4. İyileştirme Aşamasında Kullanılan Araçlar.....	41
1.10.4.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı .....	42
1.10.4.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi .....	43
1.10.5. Kontrol Aşamasında Kullanılan Araçlar.....	44
1.10.5.1. Histogramlar .....	45
1.10.5.2. Pareto Diyagramları .....	46
1.11 Diğer Altı Sigma Yaklaşımları.....	48
1.11.1. Altı Sigma için Tasarım (DFSS).....	48

## İKİNCİ BÖLÜM

### İLAÇ ve İLAÇ SEKTÖRÜ

2.İLAÇ ve İLAÇ ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜ.....	51
2.1.Dünya’da İlaç Sektörü.....	53
2.2.Türkiye’de İlaç Sektörü.....	54
2.3.Global İlaç Firmalarında Altı Sigma.....	56

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### İLAÇ SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

3.İLAÇ SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA.....	57
3.1.İlaç Firmasında Yapılan Uygulama Çalışması.....	57
3.2.İlaç Firması Hakkında Bilgiler.....	58
3.3.Uygulamanın Yürütülmesindeki Amaç.....	59
3.4.Uygulamanın Kapsamı.....	60
3.4.1. Uygulama Sırasında İzlenen Yöntemler.....	60
3.5.Tanımlama Basamağı.....	62
3.6.Ölçme Basamağı.....	63
3.7.Analiz Basamağı.....	64
3.8.İyileştirme Basamağı.....	71
3.9.Kontrol Basamağı.....	72
<b>SONUÇ .....</b>	<b>73</b>
<b>KAYNAKÇA</b>	

**EK-1 SIPOC DİYAGRAMI**

**EK-2 BALIK KILÇIĞI DİYAGRAMI**

**EK-3 ÜRETİM VERİM KAYITLARI**

**EK-4 PARETO DİYAGRAMI AKSAKLIK VERİLERİ**

**EK-5 ÜRETİM ÇIKTILARI**

**EK-6 ALTI SİGMA DÖNÜŞÜM TABLOSU**

**EK-7 3σ KONTROL LİMİTLERİ**

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> İlgili Sigma seviyelerinin hata oranları tablosu.....	2
<b>Tablo 2.</b> Genel Verim ( $\pm 1,5$ sigma kayma dağılımı).....	3
<b>Tablo 3.</b> Altı Sigma Stratejileri Karşılaştırılması.....	14
<b>Tablo 4.</b> İmalat sektöründe Altı Sigma uygulamaları sonrası kaydedilmiş yararlar ve tasarruflar.....	18
<b>Tablo 5.</b> Kontrol ve Yayılım Formları I.....	38
<b>Tablo 6.</b> Kontrol ve Yayılım Formları II.....	38
<b>Tablo 7.</b> Hata türü ve Etkileri Analizi.....	44
<b>Tablo 8.</b> Altı Sigma Uygulamalarında kullanılan istatistiki araçlar.....	47
<b>Tablo 9.</b> Dünya’da faaliyet gösteren ilaç firmaları .....	54
<b>Tablo 10.</b> Türkiye İlaç Pazarı Büyüklüğü .....	55
<b>Tablo 11.</b> İlaç şirketlerinin Pazar paylarının dağılımı.....	56

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Altı Sigma Dizaynı .....	4
Şekil 2. TÖAİK(DMAIC) Prosesi .....	22
Şekil 3. Ağaç Diyagramı Örneği .....	34
Şekil 4. Kalite Evi.....	43
Şekil 5. Histogram Grafiği .....	45
Şekil 6. Pareto Diyagramı .....	46
Şekil 7. Altı sigma Tasarım Metodu .....	50
Şekil 8. Ortalama Değer Kontrol Grafiği.....	66
Şekil 9. Aralık Kontrol Grafiği.....	68
Şekil 10. Pareto Grafiği.....	69

## **KISALTMALAR**

**İEİS:** İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası

**GE:** General Electric

**TÖAİK:** Tanımla, Ölçme, Analiz Etme, İyileştirme, Kontrol

**ASİT:** Altı Sigma için Tasarım

## GİRİŞ

Günümüzde herhangi bir sektör içerisinde varlığını sürdürme uğraşında olan işletmeler, müşteri memnuniyetini sürekli kılabilmek için yüksek kalite ve düşük maliyetli ürünleri piyasaya sürmek zorundadır. Hem imalat hem de hizmet sektörüne dahil olan işletmeler için müşteri isteklerini göz ardı etmeden kar sağlamayı amaçlamak ancak dikkatli ve doğru projeler varlığı ile sağlanabilir. Bu yolda Altı Sigma uygulamaları hangi sektörde olursa olsun işletmelere proje tasarımında sağladığı kolaylıklar ve operasyonel maliyetleri azaltarak sağladığı büyük tasarruflar nedeniyle birçok sektörde yer alan firma tarafından sıkça tercih edilmektedir.

İşletme içerisinde var olan süreçlerin doğru şekilde yönetilmeleri ürün veya hizmet sundukları sektör içerisinde, var olan pazar paylarını arttırmaları için gerekli en önemli koşuldur. Bu koşulu yerine getirebilmek için de organizasyonun faaliyet gösterdiği alanlarda karını arttırabilmek ve piyasada söz sahibi olabilmek için bünyesinde sürdürdüğü süreçlerde mümkün olduğunca problemlerden arınarak ilerlemesi gerekmektedir.

Sözü edilen süreçlerdeki hataların azalarak koşulların iyileştirilmesi için birçok firma kalite yönetim sistemlerini iş süreçlerine adapte etmektedirler. Global iş dünyası göz önüne alındığında sürekli bir büyüme ve gelişme içerisinde olan ilaç sektörü, kalite uygulamalarının yoğun olarak kullanıldığı sektörlerin başında gelmektedir.

Süreçler içerisindeki aksaklıkların kök nedenlerinin ortadan kaldırılabilmesi için sıkça tercih edilen Altı Sigma yaklaşımı da son zamanlarda ilaç sektöründe yer alan firmaların dikkatini çekmiş ve çok çeşitli projelerde uygulamaya konulmaya başlanmıştır.

Yürütülen bu çalışmanın birinci bölümde Altı Sigma yaklaşımının ne demek olduğu, nasıl bugünlere geldiği, temel ilkelerinin ne olduğu, uygulama amaçlarının neler olduğu vb. hakkında detaylı bir literatür taraması yer almaktadır. Altı Sigma yaklaşımının detaylı açıklaması sonrasında TÖAİK(DMAIC) metodu ve istatistikî araçlar konusunda bilgiler aktarılmıştır.

İkinci bölümde ise ilaç ve ilaç sektörü kavramlarının ne anlam ifade ettiği, Dünya’da ve Türkiye’de ilaç sektörünün mevcut durumu ve Altı Sigma uygulayan uluslararası şirketler hakkında bilgiler verilmiştir.

Son olarak üçüncü bölümde ise ülkemizde faaliyetlerini sürdüren bir ilaç firmasında Altı Sigma uygulaması yürütülmüş ve süreçlerin iyileştirilmesi için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.



## **1. ALTI SİGMA YAKLAŞIMI**

### **1.1 Sigma, Normal Dağılım, Varyasyon ve Standart Sapma Tanımları**

İstatistikte sigmanın tanımını yaparak başlayacak olursak, Yunan alfabesinde yer alan on sekizinci harf olan Sigma ( $\sigma$ ), bir değişkenin standart sapmasını tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır (Goh ve Xie 2004:235).

Normal dağılım, birçok verinin aynı popülasyonda yer alması anlamını taşımaktadır. Varyasyon ise bir sistem içerisinde yer alan çıktılarıdaki veya sonuçlardaki zamanla yaşanacak değişimlerden dolayı meydana gelen kaçınılmaz çeşitliliklerdir. Buna bağlı olarak standart sapma ise bir seri içerisinde mevcut olan dataların ortalama etrafındaki yayılımı şeklinde tanımlanabilir (Behara, Fontenot, Gresham 1994:9).

### **1.2 Altı Sigma Tanımları**

Uzun bir geçmişe sahip olan Altı Sigma uygulamalarının istatistiki veya yönetimsel-endüstri stratejisi temelinde tanımlarını yapmak mümkündür (Anbari ve Kwak 2006:708-709). Fakat 'Altı Sigma nedir?' sorusunun net ve kesin bir cevabı yoktur. Bunun sebebi ise her işletme birbirinden farklı ve bu işletmelere yapılması gereken her uygulama ise eşsizdir (Walters 2005:221). Bu tanımlardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

Altı Sigma yaklaşımının ortaya çıkışı endüstri merkezli olduğundan, önceleri akademik literatürde veya bu çalışmaları uygulayıcı kişiler tarafından dikkatli ve yeterli düzeyde tanımları yapılmamıştır. Bu nedenle bazı karışıklıklar veya birbirinden farklı tanımlamalar mevcuttur. Teknik ve istatistiki tanımların yanında

yapılan tanımlar şirketlerin öncelik ve amacına uygun olarak yorumlanmış ve bazen müşteri bazen süreç basamakları kısıtlayıcı temelde tanımlamalar yapılmıştır (Linderman vd. 2003:537).

Altı Sigma yaklaşımının ne olduğunu anlayabilmek ve üzerinde tanım yapabilmek için arka planında yer alan ve birçok şirketin içerisinde bulunduğu düşük kalite seviyelerini de anlamak gerekir. Herhangi bir proses boyunca toplanan dataların %99.73 ü normal dağılım ile ortalamadan  $\pm$  üç sigma kadar büyüklükte bir alan içerisinde yer alırlar.

Tek-basamaklı bir üretim prosesini tercih eden bir firmayı örnek alacak olursak;  $\pm$  dört sigma aralığı gibi bir kalite düzeyinde ise bu değer %99.379 oranına ulaşır. Aralık dışında tüm dataların %0.621 i kalır ve bu yüzdeler veriyi 1 milyon üründe 6210 hata olarak açıklamamız mümkündür. Benzeri şekilde hesaplanarak oluşturulmuş tablo incelendiğinde  $\pm$  beş sigma seviyesi için ise 233 ppm hata oranı elde edilmektedir.

Milyon başına olasılık içerisindeki hata oranı	İlgili Sigma Seviyesi
66.810	3,0
22.750	3,5
6.210	4,0
1.350	4,5
233	5,0
32	5,5
3,4	6,0

**Tablo 1.** İlgili Sigma seviyelerinin hata oranlarını göre gösteren tablo (Behara, Fontenot Gresham 1994:12)

Yukarıda yer alan hesaplamalar tek-basamaklı üretim prosesleri için geçerlidir. Pratikte ise herhangi bir üretim veya hizmet yaratma süreci, birden çok daha fazla basamak yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplamaları yüz-

basamaklı bir üretim süreci için  $\pm$  dört sigma aralığında hesaplayacak olursak spesifikasyon limitleri içerisinde %53.64 lük değeri yakalamamız mümkündür. Buna bağlı olarak hata oranı %46.36 olacakken milyonda hata miktarı ise 463.600 gibi yüksek bir rakama ulaşacaktır(Behara, Fontenot Gresham 1994:9-12), (Linderman vd. 2003:194-195) (Wang 2008:1).

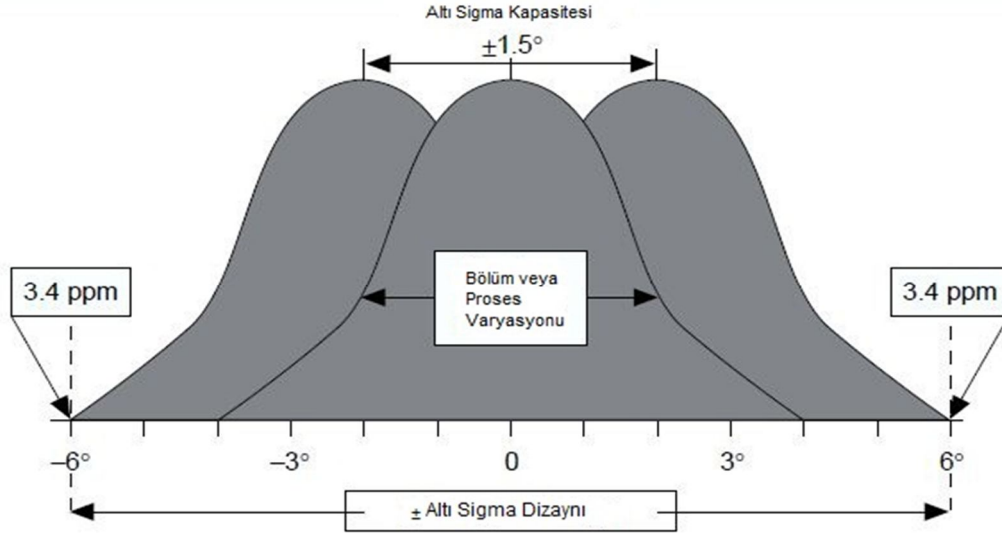
Basamak/Bölüm Sayıları	$\pm 3$ Sigma (%)	$\pm 4$ Sigma (%)	$\pm 5$ Sigma (%)	$\pm 6$ Sigma (%)
1	93,32	99,379	99,9767	99,9997
10	50,08	93,96	99,768	99,9966
100	0,10	53,64	97,7	99,966
1000	0,00	0,20	79,24	99,661

**Tablo 2.** Genel Verim ( $\pm 1,5$  sigma kayma dağılımı) (Behara, Fontenot Gresham 1994:11)

Literatürde yer alan istatistikî çalışmalar ve bunların ışığında yapılan tanımlamalara bakacak olursak; Altı Sigma yaklaşımı, popülasyondaki değer aralıklarının normal dağılım yöntemi ile gösteriminde kullanılmaktadır. Bu durum vasıtasıyla var olan tüm değerlerin yüzde 99.73 ü, popülasyonun ortalama(sıfır) noktası olarak kabul edildiği yatay bir eksenin üç sigma solunda ve üç sigma sağında sınır(limit) olarak tanımlanan bir alanın içerisine düşmesi gerektiğini anlatmaktadır (Goh ve Xie 2004:235).

Farklı şekilde, bir şirketteki ürün veya hizmet üretimi sürecinde girdiler sonucu çeşitli prosesler vasıtasıyla elde edilen çıktılar 'y' parametresi ile gösterecek olursak ve bu çıktının limitini de 'L' parametresi ile simgelersek; var olan bu limit değerinden herhangi bir sapma olmaması için süreç ortalaması ile limit arasına bir tampon değer ilave etmek gerekir. Süreç içerisine bahsedilen tampon değer ilave edildiğinde değişkenlik, yani 'y', sigma değerinin azaltılması sağlanabilir. Sürecin ortalaması ve belirlenen limit değeri arasında altı standart sapmalık bir aralık

bulunduğu takdirde prosesin Altı Sigma kalite seviyesinde olduğu yorumu yapılabilir (Goh ve Xie 2004:235, Goh 2011:221-232).



Şekil 1. Altı Sigma Dizaynı (Behara, Fontenot ve Gresham 1994:10)

Benzer şekilde yine yapılan bir istatistiki ve matematiksel Altı Sigma tanımına göre tüm ürünlerde, niteliklerde veya hizmetlerde milyonda 3.4 hata spesifikasyonu ( $\mu \pm 6\sigma$ ) ile yüksek kalitede sonuçlar elde etmeyi amaçlayan bir girişim olarak tanımlanmaktadır. Burada hata kelimesinden kasıt müşteri tatminsizliğidir (Black ve Revere 2006:260).

Literatürde yüksek şöhrete sahip olan Pande ve diğerleri tarafından yazılan “The Six Sigma Way” adlı kitapta Altı Sigma’ yı uygulayan şirketlere ilişkin olarak verilen kapsamlı bir tanım ise şu şekildedir: Altı Sigma iş başarısının devamlılığını sağlamak ve en üst seviyeye çıkarmak için kullanılabilir esnek ve kapsamlı bir uygulamalar bütünüdür. Altı Sigma, müşteri taleplerinin yakından anlaşılması ile beraber; olayların, dataların ve istatistiksel analizlerin sistematik kullanımı ve

operasyonlara bağlı süreçlerin yönetimi ve iyileştirilmesine yüksek önem gösterilmesi ile sağlanabilmektedir (2000:53-55).

Harry ve Schroeder tarafından Altı Sigma zerine yazılmış olan bir diğer popüler kitaba göre ‘‘Müşteri tatmini artarken, israf edilen kaynakların minimize edilmesi yollarıyla günlük i aktivitelerinin tasarlanması sayesinde Şirketlerin karlarını sert bir biçimde geliştirmelerine izin veren i süreçleridir’’ (Harry ve Schroeder 2000:8).

AlliedSignal CEO’su Altı Sigma’yı Şirket için yüksek derecede sonuçlar ortaya çıkarabilmek, çalışma operasyonlarında iyileştirmeler yapmak, kurum içerisinde çalışan tüm personel tarafından benimsenmesi ve uygulanması yoluyla bir kültür haline getirmek özelliklerini sağlayan bir i girişimi olarak tanımlamaktadır(ASQ 2002:14).

Stratejik operasyon gelişimi, yeni ürün ve hizmet geliştirilmesi hususlarında müşteri tatminini yüksek oranlara çıkarabilmek ve sıfır-hata hedefine ulaşabilmek için uygulamaya konulan istatistiki ve bilimsel metotlar bütünü Altı Sigma yaklaşımını ifade etmektedir (Linderman vd. 2003:195).

Goh yaptığı çalışmalarda konuya diğer akademisyenlerden farklı bir Şekilde yaklamıtır: Altı Sigma’nın ne olduğunu anlamak ve hakkında bir tanım yapabilmek için öncelikle Altı Sigma’nın neyi temsil etmediğinin kavranması gerekmektedir. Altı Sigma ISO9000 veya ISO14000 benzeri sertifikasyon programı değildir ve bu nedenle hiçbir organizasyon Altı Sigma sertifikasına sahip olduğunu veya uygun olduğunu söyleyememektedir. Bütün bunların yanında kaliteyi arttırabilmek için bir ereve sağlayan, müşteri beklentilerine sayđı duyarak performans gelişimini sağlayan istatistik süreçler bütünüdür (Goh 2010:221-222).

Bir başka tanıma göre Altı Sigma, müşteri ihtiyaçları ve beklentileri dahilinde şirket karlılığını arttırmak, maliyetleri azaltarak düşük kalite ve yüksek israfı önlemek ve tüm operasyonlarda kurum etkinliği ve etkililiğini maksimum seviyeye çıkarmak için geliştirilen uygulamalar bütünüdür (Antony ve Banuelas 2001:92).

Bahsi geçen bütün bu tanımları gözden geçirecek olursak eğer, istatistiki anlamda ürün veya hizmet sunumu amacıyla yapılan tüm çalışmalar kapsamında milyonda 3.4 hata oranını yakalayabilmek için iyileştirmeler yaparak hata oranını azaltan bir sürece dahil olmak adına, müşteri beklentilerini göz ardı etmeden çeşitli metotlar ve yöntemler geliştirerek organizasyonun tümünün süreç içerisinde yer almasıyla hayata geçirilen adımlar toplamını kalite felsefesi içerisinde Altı Sigma yaklaşımı olarak tanımlamak mümkündür.

### **1.3. Altı Sigma Tarihi Gelişimi**

Altı Sigma'nın kökleri Carl Frederick Gauss'un 1800'lü yıllarda Normal Dağılımı tanımlamasına kadar dayanmaktadır. 1890'lar ve 1900'lerde Fredrick Taylor tarafından uygulamaya konulmuş olan hareket ve zaman etütleri ortalamadan 'Üç Sigma' sapmanın süreçte iyileştirme ihtiyacını doğurduğunu ortaya koymuştur. 1920' lerde Walter Shewhart'ın ürün değişkenliğinde bir ölçüm standardı olarak üretimde kalitenin kontrol edilebilmesi için istatistiksel yöntemlerin hayata geçirilmesini önermesi kalite kontrol sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasına ön ayak olmuştur. İşletme hedeflerine ulaşabilmek ve çeşitli iyileştirmeler yapabilmek adına bu tarihten itibaren proseslerde birçok kalite ölçüm standardı uygulanmaya başlamıştır (Breyfogle, Cupello ve Meadows 2000:72-76) ve (Roger 2005:2).

Altı Sigma'nın gelişimini tam olarak ifade edebilmek için Sıfır Hata kavramına da değinmek gerekir. Sıfır hata, ürün veya hizmet üretim süreçlerinde problemlere neden olan basamakların kaldırılmasına dayanan ve bu şekilde ilerleyerek henüz hata ortaya çıkmadan evvel üretim sisteminin kontrolü ile hatasız üretim yapmayı tanımlayan kavramdır. İşi ilk anda doğru yapmak felsefesi üzerine kurulmuştur(Crosby 1979:10).

İkinci Dünya Savaşı sonrasında 1950' lerde ekonomik kriz içerisinde giren Japon endüstrisi Sıfır Hata, İstatistiksel Süreç Kontrol ve Kaizen gibi yaklaşımları üretim sistemlerine entegre etmeye başlamıştır. E.Deming ve J.Juran gibi kalite öncülerinin bu yaklaşımları endüstriye kazandırması ve hızlı gelişim gösterilmesiyle Japonlar 1970' li yıllarda üstün rekabet gücüne kavuşmuştur (Roger 2005:2-3), (Behara, Fontenot ve Gresham 1994:9) ve (Atmaca ve Girenes 2009:113).

1980' li yılların başında ekonomik anlamda kötü durumda olan Motorola ürünlerin üretimi sırasında ortaya çıkan hatalı ürünlerin azaltılması için çeşitli stratejileri hayata geçirmeye başlamış (Roger 2005:3) ve aynı dönemde Michael Harry adındaki mühendis tarafından, bu iyileştirme operasyonları Deming felsefesi temelinde ortaya konulmaya çalışılmıştır (Atmaca ve Girenes 2009:113). Motorola CEO'su Bob Galvin tarafından bu uygulamaların işletmenin tüm departmanlarında uygulanmaya başlanmasından sonra kısa vadede olmasa da on yıllık süreçte başarı sağlanmıştır (Doğan ve Demiral 2008:345).

Motorola, Altı Sigma uygulamaları ile beraber geliştirdiği köklü değişiklikler sonrası Malcolm Baldrige kriterlerine uyum göstermesi sebebiyle ulusal kalite ödülünü kazanmıştır. Bu ödüllendirme ile beraber saygınlık kazanan ve dikkatleri üzerine çeken işletme; General Electric, AlliedSignal, IBM, ABB, Honeywell,

Bombardier ve Kodak gibi firmaların da Altı Sigma'yı kendi bünyelerine adapte etmelerine önayak olmuştur (Demiral ve Doğan 2008:345) ve (Kumar vd. 2008:850).

Altı Sigma'nın ilk uygulamaya konulduğu işletme Motorola olarak kabul edilse de şimdiki ününe sahip olmasına büyük katkı sağlayan diğer bir şirket General Electric'tir(GE). General Electric CEO'su Jack Welch tarafından şirket politikası olarak benimsenen Altı Sigma uygulamalarıyla firma, 1995 yılında 3 sigma kalite düzeyini 22 ayda iyileştirerek 3.5 sigma seviyesine ve 2008 yılında ise 5.6 sigma seviyesine ulaştırmayı başarmıştır. 1996-1999 yılları arasında 2 milyar dolar kar sağlamayı başararak popülaritesini ve diğer işletmeler nazarında Altı Sigma'ya olan iştahın artmasına sebep olmuştur (Atmaca ve Girenes 2009:114) ve (Antony ve Banuelas 2002:92-93)

Günümüzde ise birçok şirket Motorola ve GE gibi büyük şirketlerin Altı Sigma proje deneyimlerini daha da geliştirerek kullanmaya devam etmektedirler(Hahn 2005:225).

### 1.3.1 Altı Sigma'nın Üç Jenerasyonu

Altı Sigma uygulamalarını zaman içerisinde ortaya çıkışından itibaren üç farklı jenerasyona ayırmak mümkündür:

- i. **Birinci Jenerasyon:** 1987 yılında Motorola'da başarılı bir şekilde uygulamaya geçildikten sonra 1994 yılına kadar devam eden 8 senelik süreçte hataların azaltılmasına odaklanılan dönemi kapsamaktadır.
- ii. **İkinci Jenerasyon:** General Electric, DuPont ve Honeywell şirketlerinin başarılarıyla adlarından söz ettirdiği 1994-2000 yılları arasındaki süreci



kapsayan dönemin temel odak noktası, maliyetlerin düşürülerek tasarrufa dayalı projeler ortaya koymaktır.

- iii. Üçüncü Jenerasyon:** 2000 yılından günümüze kadar gelen bu dönem, pazarlama iletişimi faaliyetlerinin önemli hale gelmesi ve çeşitli gelişmelerle daha da güçlenmesi nedeniyle, müşterilere ve buna bağlı girişimlere değer katmayı odak noktası olarak ele almasıdır. Bu fikrin amiral gemileri ise Amerika dışından gelen Samsung ve Posco gibi yabancı şirketlerdir(Antony 2007:17).

#### **1.4. Altı Sigma Amaçları**

Motorola'nın Altı Sigma uygulamalarını hayata geçirme amacı incelenerek, Altı Sigma'nın neden var olduğu veya neden böyle bir iyileştirme çalışması yapılması gerektiği sorularına cevaplar verilebilir. Motorola firmasının temel amacı, sadece hatasız ürün üretmek değil, organizasyonda ve proseslerde mevcut olan hataları da uzaklaştırmaktır. Motorola'dan sonra diğer birçok işletmenin de Altı Sigma'yı gündeme almasının en büyük sebebi bu yaklaşım mantığı ile mükemmelle ulaşmaya çalışmaktır (Behara, Fontenot ve Gresham 1994:9). Buna bağlı olarak Motorola şirketinin kendi web sitesinde Altı Sigma'yı uygulama amacı şöyle tanımlanmıştır: 'İlk zamanda doğruyu yapmak' amacına ulaşabilmek için Altı Sigma adını verdiğimiz prosesi kurduk(Hild ve Sanders 2000:303).

Altı Sigma uygulamalarının bir diğer temel amacı, işletme içerisinde veya ürün üretimi sırasında basamaklarda her tekrarda gerçekleşen değişkenliği ortadan kaldırabilmek için sürekli devam eden iyileştirme metotlarından yararlanmaktır. (Banuelas ve Antony 2002:92) ve (Antony, Banuelas ve Brace 2005:568).

Temelde işletmeler ürünlerini satın alan alıcıların yani müşterilerinin kritik ihtiyaçlarını(maliyet, kalite, ulaşılabilirlik, teslim süresi vb.) yerine getirebilmeleri gerekmektedir ve ancak karşılığında elde edeceği kar ile varlığını sürdürebileceklerdir.

Ayrıca Altı Sigma'yı kendi bünyelerine adapte eden şirketler, bilanço toplamının kalan kısmının, yani net karın, geliştirilmesini ve yüksek kalitede ürün ve hizmetleri ortaya çıkararak işletme hissedarlarının mal varlığının artmasına katkı sunmayı amaçladığını iddia ederler (Antony 2007:17).

Pande vd. nin yazdığı popüler Altı Sigma kitabına göre, "işletmeyi sektörde en iyi seviyeye çıkarma, varyasyonu azaltarak müşterilere hatasız ürün ve/veya hizmet sunarak değer kazanma ve müşteri beklentilerini sağlayacak bir kaliteye ulaşmak bu yaklaşımın hedeflerinin kısa özetidir(Pande vd. 2000: 40-41).

### **1.5. Altı Sigma'nın Temel İlkeleri**

Altı Sigma işletmesinin sahip olduğu vizyon ve işletme için uygulamaların nasıl daha faydalı hale getirileceği Pande vd. tarafından aşağıdaki altı tema ile açıklanmıştır:

- i. **Müşteri Odaklılık (Gerçekten):** 1980'lerin ve 1990'ların büyük Toplam Kalite dalgası sırasında onlarca şirket, "müşteri beklentilerinin ve gereksinimlerinin karşılanması ve aşılması" sözünü verdikleri politikalar ve misyon beyanları ile kaleme almışlardır. Ne yazık ki, bu kuruluşlardan pek azı, müşterilerinin beklentilerini ya da gereksinimlerini anlama becerilerini geliştirmek için gerçekten çaba sarf etmiştir. Altı Sigma 'da en büyük önem müşteriye odaklanmaya verilir. Örneğin, Altı Sigma performansının ölçümleri müşteriyle başlar. Altı Sigma'nın sağladığı iyileşmeler, müşteri

memnuniyeti ve değeri üzerinde yaptığı etkiyle tanımlanmıştır(Pande, Cavanagh ve Neuman 2000:45).

- ii. **Verilere ve Gerçeklere 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 hala yorumlara ve tahminlere dayanarak alınmaktadır. Altı Sigma yaklaşımı, iş performansını değerlendirme açısından hangi ölçümlerin kilit konumda olduğunu netleştirmekle başlar; ardından da kilit değişkenleri tanımlayacak ve sonuçları optimize edecek biçimde veri ve analizleri uygulayarak devam eder (Pande, Cavanagh ve Neuman 2000:45).
- iii. **Sürece Odaklanma, Yönetme ve İyileştirme:** Altı Sigma ‘da süreçler, eylemin olduğu yerlerde bulunmaktadır. Ürünler ve hizmetler tasarlanırken, performans ölçülürken, verim ve müşteri memnuniyeti artırılırken Altı Sigma aracından yararlanılmaktadır. Altı Sigma çalışmalarının en kayda değer atılımlarından biri, süreçler üzerinde başarılı olmanın yalnızca gerekli bir beceri olmadığı, müşterilere bir değer sunarken rekabet gücünü arttıran bir yapı kurma yöntemi olduğuna lider ve yöneticileri ikna etmiştir. (Pande, Cavanagh ve Neuman 2000:46).
- iv. **Proaktif Yönetim:** Basitleştirilmiş bir anlatımla “Proaktif” olabilmek, olaylardan önce harekete geçmek demektir. Ancak, pratikte ise çoğunlukla göz ardı edilmiş çalışma uygulamalarını alışkanlık haline getirmek anlamı taşımaktadır: İddialı hedefler belirlemek ve onları sık sık gözden geçirmek; öncelikleri net olarak belirlemek; sorun çözmekle uğraşmak yerine sorunların ortaya çıkmasına meydan vermemek; işlerin yürütölme biçimini körü körüne

savunmak yerine bunların yapılma biçimlerinin sorgulanması demektir(Pande, Cavanagh ve Neuman 2000:46).

v. **Sınırsız işbirliği:** Altı Sigma için sınırsız işbirliğinin anlamı, bilinçsizce hareket etmek değil, son kullanıcıların gerçek taleplerini, hem de bir süreç ya da üretim zincirindeki iş akışının iyice anlaşılması demektir. Kurum içi gruplar arasındaki dayanışmayı, müşteriler ve tedarikçilerle bir arada çalışmayı ifade eder. Piyasada rekabetçi olabilmek için beraber çalışması gereken gruplar arasındaki iletişimsizliğin ortadan kalkmasını sağlar. Altı Sigma'nın varlığı ile organizasyonda yer alan bireyler görevlerinin ve hangi alanla sınırlı olduklarının bilincine daha kolayca erer. Bu ilkenin varlığı da düşük kalite sorununun ortadan kalkmasına katkıda bulunur(Pande, Cavanagh ve Neuman 2000:47).

vi. **Mükemmel yöneliş, hataya hoşgörü:** İnisiyatif alarak riski göze almaları ve hatalardan ders aldıkları durumda bile, Altı Sigma, işletmedeki çalışanlara yeni yaklaşımları deneme özgürlüğü verir.

Yukarıda açıklanan Altı Sigma işletmesi vizyonu temel ilkeleri, bir işletmenin mevcut performansını Altı Sigma hedefine doğru taşımalarını sağlayacak prensipler olarak karşımıza çıkmaktadır (Pande, Cavanagh ve Neuman 2000:47-48).

## 1.6. Altı Sigma Uygulama Stratejileri

Bir işletmede Altı Sigma birçok farklı düzeyde uygulamaya konulabilir. Bu uygulamalardan ve geliştirmelerden en genel olanları üç kategoriye ayırmak mümkündür:

- Altı Sigma Organizasyonu
- Altı Sigma Mühendislik Organizasyonu
- Stratejik olarak seçilmiş projeler ve bireyler (Ingle ve Roe 2001:275-276).

İlk Altı Sigma stratejisi olan Altı Sigma Organizasyonu, tüm organizasyon içerisine dahil olan bireylerin temel kavramlar ve araçlar konusunda eğitim almasıdır. Tüm şirket bünyesinde yaratacağı motivasyon ve ortaya çıkaracağı ortak düşünce tarzı ile genel bir stratejidir. Kişilerde geliştirdiği içe ve dışa dönük farkındalık ve ortak dil ile ‘‘amaca sadakat’’ bu stratejinin başlıca gücüdür. Bu tarzda bir yaklaşımın benimsenmesi ortak hareket etmeyi sağlayacakken, maliyetli olması durumu dezavantaja dönüştürebilir.

İkinci Altı Sigma stratejisi olan Mühendislik Organizasyonu ise sürece dahil olan işletme içerisinde üretim ve dizayndan sorumlu mühendislerin yer aldığı departmanlara odaklanmayı amaçlamaktadır. Aynı dili konuşan çalışanların yer aldığı departmanlarda bu stratejinin uygulamaya konulması ile bireyler arasında ortak yaklaşımın oluşumuna imkan tanınabilmektedir. İlk stratejiden daha spesifik olması nedeniyle işletmenin genelinin stratejiye hakim olamaması ile sonuçlanabilme ihtimali, dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır.

Üçüncü strateji proje bazlı ilerlemeye olanak tanınması ve spesifik olması sebebiyle özel projelerde çalışacak iş görenlerin işe alımı ya da görevlendirilmesini kapsamakta olup, seçilen strateji sebebiyle kaynakların ve eğitimin projeye paralel olmasını gerektirmektedir. Departman ve proje bazında özelleşmenin bir önceki stratejide karşılaşılmaması muhtemel olan organizasyon dışında kalacak olan bireylerin soyutlanması problemini ortaya çıkarabilecek olması dezavantaj olarak gösterilebilir.

<b>BOYUT</b>	<b>Altı Sigma Organizasyonu</b>	<b>Altı Sigma Mühendislik Organizasyonu</b>	<b>Stratejik Seçilmiş ve Bireyler</b>
<b>Çalışan Eğitimi</b>	Tüm Çalışanlar İşletmenin alanlarında yer alan kıdemli yöneticiler Mühendisler Operatörler	Mühendislik Kadrosunun Çoğunluğu Tasarım/Ürün İmalat/Süreç	Büyük Stratejik Seçilmiş Bireyler Proje Yönlü Resmi Olmayan Liderler
<b>Tipik-Eğitim Program İçeriği</b>	Genel Bakış Felsefe ve Temel Kavramlar Temel Araçlar ve Metotlar Proje Çalışması	Genel Bakış Felsefe ve Temel Kavramlar Temel Araçlar ve Metotlar İleri Temel Araçlar Proje Çalışması	Genel Bakış Felsefe ve Temel Kavramlar Temel Araçlar ve Metotlar Bireysel Projeler için İhtiyaç Duyulan Metot ve Araçlar Proje Çalışması
<b>Güçlü Noktalar</b>	Yüksek Düzeyde Bilinçli Olma Ortak Dil Ortak Araç Seti ve Problem Çözme Yaklaşımı	Odaklanmış Kaynaklar Mühendisler için Daha Detaylı Araçlar Eğitimdeki Çalışanlar Arasında Bilgi Altyapısının Benzerliği Proje Uygulamaya Verilen Yüksek Önem	Örgütsel Hedeflerle Düzenlenen Projeler Eğitim için Başlangıçta Daha Az Maliyet İhtiyaç Duyulduğunda Eğitim İçeriğinde Daha Yüksek Esneklik Güçlü Proje Odaklı Olunması

**Tablo 3.** Altı Sigma Stratejileri Karşılaştırılması(Ingle ve Roe 2001:276).

Bir önceki sayfada yer alan tabloda var olan tüm stratejilerin temel boyutları anlatılmakta olup, bu stratejilerin güçlü ve zayıf yönleri gösterilmektedir. Ayrıca birlikte eğitilmiş çalışanlar ve belirlenmiş eğitim programı alanları karşılaştırılmıştır. İlk strateji olan Altı Sigma Organizasyonu, Altı Sigma uygulamalarında gerekli olan her basamakta temel kavram ve araçlarda çalışanların eğitimine yönelik bir sistemi benimsemiştir. İkinci strateji olan Altı Sigma Mühendislik Organizasyon'u ise işletmenin tasarım ve üretim departmanlarında çalışmakta olan mühendislerin eğitimlerinin ve gelişimlerinin arttırılmasını sağlamayı hedeflemektedir. Birinci strateji kullanılarak bir işletmede en tepeden en aşağıya kadar yüksek düzeyde ortak bir dil ve problem çözme yaklaşımı oluşturularak Altı Sigma bilinci yaratılması mümkündür. İlk stratejiden farklı olarak ikinci stratejide ise operasyonlar üzerinde kullanılacak kaynaklar genellikle proje uygulamaları üzerinde çalışmak için ayrılmakta, proje uygulamalarına dikkat çekilmektedir. Stratejik olarak seçilen bireyler ve projeler ise seçilmiş personelin geliştirilmesi anlamını taşımaktadır. Bahsi geçen bu çalışanlar, işletme için önem arz eden gereksinimler ve amaçlar tarafından belirlenen komplike projelerde görevlendirilmektedir. Bu üçüncü stratejide diğerlerine oranla eğitime karşı gösterdiği tolerans nedeniyle ayrılmaktadır. (Ingle ve Roe 2001:275-276).

### **1.7. Altı Sigma'nın Faydaları ve Uygulama Alanları**

Altı Sigma imalat ve hizmet sektöründe yer alan işletmelerin kalite seviyelerinin daha yukarıya taşınabilmesi ve iyileştirilebilmesi hedefiyle son yıllarda daha da sık kullanılmaya başlanan önemli bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu yaklaşımı uygulayan kuruluşların var olma amaçlarından olan kar sağlama ve devamlılık hedeflerine ulaşabilmeleri için buldukları sektörde rekabet

üstünlüğünün arttırılması ve korunmasına büyük yararlar sağlamaktadır. Örneğin 1980 lerde Amerikan otomotiv endüstrisinde yer alan bir işletme, işlem maliyetleri nedeniyle saatte yaklaşık olarak 1 milyon dolar kaybetmekteydi. Benzer kayıpların engellenmesi hususlarında Altı Sigma, istatistiksel metotlarla adapte edilerek işletmenin rekabetçi yapısını yenilemesini sağlamış ve kaliteli üretim yapabilmesine büyük katkı sağlamıştır(Montgomery ve Woodall 2008:330).

Altı Sigma uygulamalarının imalat sektörüne olan yararlarını şu şekilde özetlememiz mümkündür:

- Maliyetlerin düşmesini sağlar.
- Verimliliğin artmasını sağlar.
- İşletmenin pazar payını büyütür.
- Kurum kültürünün olumlu yönde gelişmesini sağlar.
- Müşteri sadakatini artırır.
- Çevrim süresini düşürür.
- Hataları en aza indirir.
- Ürün ve hizmetlerin iyileştirilmesini sağlar (Gürsakal ve Oğuzlar 2003:36).

Endüstrinin Altı Sigma'ya olan ilgisini yaptıkları akademik tarama ile ölçen Brady ve Allen makalelerinde iki farklı bulgudan bahsetmektedirler. Bunlardan ilki Clifford tarafından 2001 yılında yazılan ve Fortune Magazine dergisinde yayınlanan Altı Sigma makalesi ve 2003 yılından itibaren gelişen dönemde Altı Sigma ile ilgili yapılan akademik çalışma sayısının yükselmesidir. Bu iki durum imalat sektörünün var olan ilgisinin daha da artmasına ve uygulanan projelerin akademik destek görebilerek sayıca fazlaşmasına neden olmuştur(2006:339).

Altı Sigma telekomünikasyon, enerji, ilaç ve otomotiv alanları dahil imalat sektöründe birçok kısımda kullanılmaktadır(Anbari ve Kwak 2006:710-711).



Servis veya Hizmet sektörüne sağladığı yararlar ise;

- Çapraz fonksiyonlu takım çalışmasını tüm organizasyona yayar.
- Çalışanların moralinin artmasını sağlar.
- Hizmetlerin dağıtımında gereksiz olan basamakların çıkarılmasını sağlar.
- Dağıtımda gecikme, müşteri şikayetleri, problemlerin yanlış çözümlenmesi gibi durumlar nedeniyle yaşanabilecek düşük kalite maliyetlerinin azaltılmasını sağlar.
- Problem çözmede kullanılan teknikleri ve araçlarının yarattığı farkındalık ile çalışanlar üzerinde yüksek seviyede iş tatmini yaratır.
- Proseslerdeki değişkenliği azaltarak servis kalitesinde uygunluğu artırır.
- İçgüdüsel hisler ve kabullenmeler yerine gerçekler ve datalar ile hareket imkanı sağlaması nedeniyle yönetimin etkililiğine katkıda bulunur. (Kumar vd. 2006:296).

Altı Sigma hizmet sektöründe özellikle shipping, faturalandırma, finans, sağlık ve turizm dahil birçok alanda kullanılabilir ve kullanılmaktadır(Anbari ve Kwak 2006:709; Mallikarjun 2011:275).

Aşağıda yer alan tabloda Altı Sigma projelerini uygulayan firmaların sektörlere göre dağılımları ve sonucunda elde ettikleri faydalar yer almaktadır. Bu bilgiye ek olarak ilk uygulayıcı olan Motorola firmasının operasyonlarında üç yılda 1 milyar dolardan fazla tasarruf ettiğini söylemek mümkündür(Ingle ve Roe 2001:276).

Takım içerisindeki bireylerin alışlagelmiş basamaklar dışında çalışmalarını sağlamak ve kendi özgür alanlarını yaratmak konusunda da Altı Sigma uygulamalarının varlığı organizasyona pozitif değerler katmaktadır. Müşterinin ihtiyaçlarına cevap verebilmek ve iç veya dış pazarda konumlandırılması yapılmış bir ürünü yüksek kalite düzeyinde üretebilmek için Altı Sigma'nın tasarım ve

üretimden sorumlu kişilere olan katkısı nedeniyle projelerin daha sağlıklı yürümesinin sağlanması mümkündür (Jones ve Tata 2011:1608).

<b>Şirket/Proje</b>	<b>Metrik Ölçüler</b>	<b>Yararlar/Tasarruflar</b>
Motorola (1992)	In-Proses Hata Seviyesi	150 defa Azaltma
Raytheon/Uçak Entegrasyon Sistemleri	Depo Bakım Onarım Tespit Zamanı	%88 oranında azaltma
GE/Railcar Kiralama İşi	Bayilerde İş Bitirme Zamanı İyileştirmesi	%62 azaltma
Allied Signal (Honeywell)/Güney Carolina Lamine Fabrikası	Tam Zamanında Teslimat Kapasite Çevrim Zamanı	Üst %50 Alt %50 Alt %50 %100 e yaklaşma
Allied Signal (Honeywell)/IQ kırma pedleri	Teslimat Çevrim Zamanı	18 aydan 8 aya azaltma
Hughes Uçakları	Kalite/Verimlilik	%1000 iyileştirme/%500 iyileştirme
General Electric	Finansal	1999 yılında \$2 Milyar dolar
Motorola (1992)	Finansal	11 yılda \$15 milyar dolardan fazla
Dow Chemical/Ray Teslimat Projesi	Finansal	\$2,45 Milyon sermaye harcamaları tasarrufu
DuPont/Yerkes Fabrikası New York (2000)	Finansal	\$25 milyondan fazla tasarruf
Telefonica de Espana (2001)	Finansal	İlk 10 yılda \$30 milyon euro tasarruf ve gelir karı artırılması
Texas Enstrümanalrı	Finansal	\$600 milyon
Johnson & Johnson	Finansal	\$500 milyon
Honeywell	Finansal	\$1,2 milyar

**Tablo 4.** İmalat sektöründe Altı Sigma uygulamaları sonrası kaydedilmiş yararlar ve tasarruflar (Anbari ve Kwak 2004:711).

Üretim tedarik süresi, ürün ve işlem maliyetleri, proses verimi, ürün kalitesi ve son olarak da müşteri memnuniyeti başlıklarının dahil olduğu tüm sektörler veya işletmeler Altı Sigma'nın uygulama alanına dahil olabilmektedir (Hild ve Sanders 2000:303).

### 1.8. Altı Sigma'yı Diğer Kalite Uygulamalarından Ayıran Özellikler

Altı Sigma'nın ISO 9000, ISO 14000 ve ISO 9001 gibi kalite yönetim sistemleri arasından sıyrılıp gelmesinde ve popülaritesini bu kadar yükseltmesinde dört farklı etkenin olduğu belirtilmektedir:

- İlk olarak şirketlerin net karlarını geliştirme isteklerine dayalı olarak, önlerine koydukları hedefler anlaşılır ve net olarak çalışanlara aktarılır. Bu şekilde parasal olarak ulaşılması gereken başarıların daha kolay olarak elde edilmesine olanak tanınır.
- Bireylerin (takım çalışması, kültür değişimi, motivasyon, müşteri odağı vb.) ve proseslerin (proses kontrol, proses takip, proses analiz, proses gelişimi) iyileştirilmesi konusunda diğer sistemlere göre daha başarılı olması Altı Sigma'yı farklılaştıran ikinci özelliktir.
- Güçlü problem çözme metotları ile hem istatistiki hem de istatistiki olmayan araçları ve stratejileri kullanarak kalite gelişimini sağlamayı hedeflemesi diğer yönetim sistemlerinden ayıran üçüncü bir özelliktir.
- Projelerin uygulanabilirliğini arttırması açısından güçlü takım altyapısı oluşturulabilmeye olanak tanınması ise diğer kalite yönetim sistemlerinden ayrışmasını sağlayan dördüncü özelliktir. (Antony 2007:17).

Bu ayrımlara ek olarak genelden özele doğru ilerleyen sert metotların varlığı, detaylı analiz, olaya bağlı karar alma ve kalite kontrol planı oluşturulması sebepleri diğer sistemlerden Altı Sigma'yı farklılaştırır (Wang 2008:1).

Bir başka görüşe göre Altı Sigma; organizasyon içerisinde kurulan takımlar vasıtasıyla proje bazında kişilerin inisiyatif almasını sağlaması nedeniyle, eğitimler düzenlenebilmesiyle, ölçüm yapılabilmesiyle, net kar gibi finans alanını da

ilgilendirmesiyle, proje yaklaşımı ve bilgisayar destekli çalışma ortamına müsaade etmesiyle diğer kalite yönetim sistemlerinden ayrılır(Walters 2005:222).

### **1.9. Altı Sigma Proje Yaklaşımı**

Bir işletme içerisinde kalite ve süreç iyileştirmesi yapılabilmesi için başarılı bir şekilde projelerin seçilmesi, yürütülmesi ve tamamlanması sadece Altı Sigma uygulamalarında değil yürütülmesi tasarlanan herhangi bir uygulamada kritik önem taşımaktadır.

Hizmet ve üretim süreçlerinde aksaklıklara neden olan basamakların elimine edilmesi için kullanılmakta olan Altı Sigma uygulamaları proje bazlıdır ve bu projelerin yürütülmesi kritik önem taşımaktadır. Altı Sigma, güvenilir bir proje yönetim metodu olan TÖAİK(DMAIC) i, etkili bir şekilde kullanmaktadır (Xu ve Zhang 2008:62).

TÖAİK(DMAIC) kısaltması; Tanımla(Define), Ölçme(Measure), Analiz(Analyze), İyileştirme(Improve) ve Kontrol(Control) aşamalarından oluşmaktadır. TÖAİK kalite ve proses iyileştirmelerinde sıkça kullanılan, birçok istatistiki araçla desteklenerek problem çözme amacını gerçekleştirebilmek için yapılandırılmış bir modeldir(Montgomery ve Woodall 2008:334-335; Xu ve Zhang 2008:62; Baik, Pan ve Ryu 2007:830; Aboelmaged 2010:519).

TÖAİK(DMAIC)Walter Shewhart tarafından ortaya konan Planla-Yap-Kontrol Et-Önlem Al(PUKÖ) kontrol etme ve sürekli iyileştirme döngüsünün daha geliştirilmiş halidir(Montgomery ve Woodall 2008:335).

TÖAİK(DMAIC) Üretime engel teşkil eden verimsiz basamakların uzaklaştırılması, yeni ölçümlerin ortaya konulması ve sürekli iyileştirmeler gerçekleştirebilmesi için yeni teknolojilerin adaptasyon sürecinde döngüsel(kapalı

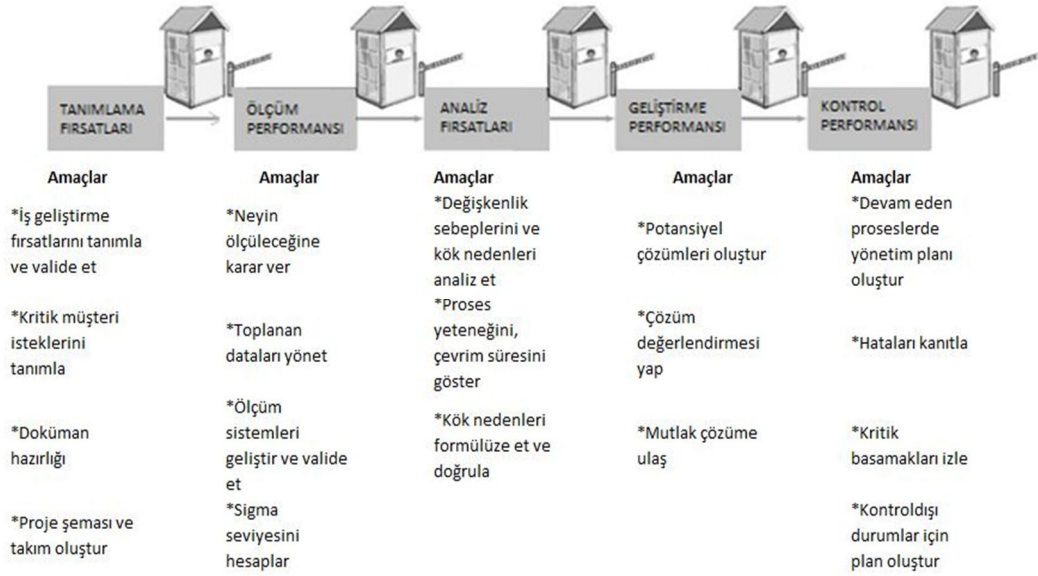
devre) bir işlemler bütünü olarak çalışmaktadır. Bu nedenle Altı Sigma uygulamalarında çok sık olarak tercih edilen metottur(Anbari ve Kwak 2004:709). Ayrıca İmalat sektöründe prosesler içerisindeki aksaklıkların azaltılmasında önemli rol oynamakta ve birçok endüstri dalında kullanılmaktadır(Falcon vd. 2012:110).

TÖAİK(DMAIC) modelinin başarılı şekilde yürütülebilmesi için işletmenin kendi içinde sahip olduğu vizyon paralelinde, stratejik ve kritik başarı faktörlerini göz önünde bulundurarak hareket etmesi gerekmekte ve bu yolda etkinliği yüksek projeleri hayata geçirmesi gerekmektedir. Projelerin hayata geçirilmesinde doğru olanlarının seçimi kadar bu projeleri gerçekleştirebilecek doğru insanların da seçilmesi gerekmektedir(Işığışok 2007:12).

Altı Sigma içerisinde uygulanması tasarlanan TÖAİK(DMAIC) metodunun başarılı olabilmesi için bir diğer kritik faktör personelin kendisini projeye ait hissetmesi ve bir o kadar da benimsemesidir. Bir projenin başarılı şekilde yürütülmesinin ardından kazanılan motivasyon sayesinde diğer projelerin önünün açılması sağlanabilmektedir(Ho, Chang ve Wang 2008:269).

Süreçler içerisinde mevcut olan kök nedenlerin tespit edilmesinde TÖAİK(DMAIC) metodunun büyük katkısı vardır. Metot içerisinde var olan ‘Ölçme(Measure)’ ve ‘Analiz(Analyze)’ basamaklarına yapılan vurgu ile toplanan veriler ışığında proses içerisinde aksaklıklara yol açan kök nedenlerin ortaya konulması sağlanmaktadır(Black ve Revere 2006:262).

Altı Sigma'nın uygulanışı sırasında TÖAİK(DMAIC) metodunu kullanma zorunluluğu olmasa da proseslerde değişiklik yapma imkanı ve sorunların çözülmesinde sağladığı yararlar sebebiyle bu uygulama planı sıkça tercih edilmektedir(De Mast ve Lokkerbol 2012:604).



**Şekil 2.** TÖAİK(DMAIC) Prosesi (Montgomery ve Woodall 2008:335).

Montgomery tarafından TÖAİK(DMAIC) metodunun tanımlanması sırasında her bir basamaktan sonra yukarıdaki şekilde de belirtildiği gibi ‘gişe’ ler oluşturulmuştur. Herhangi bir projede bu metodun uygulanışı sırasında majör basamaklarda yer alan gişelere gelindiğinde, proje takımı şimdiye kadar gerçekleştirdikleri iyileştirmeleri, ilerlemeleri ya da gerçekleştiremediklerini kısacası şu anda ne durumda olduklarının sunumunu müdürlere ve proses sahibine yaparlar. Gişelerde yapılacak muhtemel incelemeler sayesinde ilerlemenin ne düzeyde olduğu ve sürdürülen çalışmaların yeterli seviyede olup olmadığının kararının kolayca verilmesi sağlanmaya çalışılır. Aşılan her basamağın ardından yapılacak olan bu değerlendirmeler sayesinde sorun çözümede kritik unsurların gözlemlenmesi sağlanır(Montgomery ve Woodall 2008:335).

Altı Sigma uygulamalarında TÖAİK(DMAIC) modelinin çokça tercih edilmesi ve başarılı olmasının en önemli sebeplerinden bir tanesi istatistiksel araçları

kullanarak beş basamaklı metodun yürütülmesini kolaylaştırmasıdır (Pokharkar vd. 2010:1162; Montgomery ve Woodall 2008:335).

Firmaların farklı taleplerinin karşılanabilmesi için TÖAİK(DMAIC) metodu çeşitli şekillerde revize edilebilir. Örneğin işletmenin araştırma ve geliştirme departmanında Altı Sigma uygulamasına bağlı olarak çeşitli projeler tasarlanıyor ise TÖATOD(DMADOV) metodu kullanılabilir. Tanımla(Define), Ölçme(Measure), Analiz(Analyze), Tasarla(Design), Optimize et(Optimize) ve Doğrula(Verify) şeklinde revize edilen basamakların yeni ürün veya proses geliştirilmesi hususlarında kullanılması mümkündür. TÖAİK(DMAIC) metodu, basamakların değiştirilebilmesi bakımından esnekliğe sahip olmasından dolayı çokça tercih edilmektedir.(Kumar ve Sosnoski 2008:256; Xu ve Zhang 2008:65).

TÖAİK(DMAIC) metodunda yer alan aşamalar şu şekildedir:

- 1. Tanımlama(Define):** İşletmede var olan proses içerisinde ortaya çıkan problemlerin tespit edilmesi ile TÖAİK(DMAIC) metodunun ilk adımı ‘Tanımla’ atılarak, uygulama metodu başlatılabilmektedir. Tespit edilen problemin ölçülebilir, somut ve analitik bir tanımı yapılarak projede yer alan bireylerin problemin neresinde oldukları belirlenebilmektedir(Doğan ve Demiral 2008:352; Işığışık 2007:13).

Tanımlama aşaması ile işletmenin içerisinde bulunduğu sektöre özgü olarak hizmet verdiği ya da ürün sattığı müşterilerinin talepleri ve şirket stratejisi doğrultusunda amaçlar bütünü tanımlanması hedeflenmektedir(Pokharkar vd. 2010:1162).

Montgomery tarafından daha önce ‘gişe’(2008:335) benzetmesi yapılan ve her basamakta üst yönetime yapılması gereken sunumlar sonrasında, projenin yeniden başlanması kararının verilmemesi için ‘tanımlama formu’

kullanılması kritik önem taşımaktadır. Bu formda proje adı, amacı, proje takımında bulunan kişiler, data toplama başlama bitirme tarihi ve kısa bilgilerinin yanı sıra hataya sebebiyet veren değişkenlikler, aksaklıklar, işletmenin sigma seviyesi gibi uygulama öncesi veriler yer almaktadır. Ayrıca hedeflenen sigma seviyesi, hedeflenen kazanç ve faydalar, müşteriye olacak potansiyel yararlar da bu form içerisinde açık bir şekilde tanımlanmak zorundadır.(Montgomery 2008:335; Işığışok 2008:13).

Tanımlama fazında diğer tüm basamaklarda olacağı gibi istatistiksel araçlardan yardım alınır. Kano modeli, beyin fırtınası ve neden-sonuç analizi gibi birçok araçtan faydalanılmaktadır. Ayrıca müşteri ve işletme menfaatlerine uygun olarak seçilmesi planlanan projelere puan(skor)lar atanarak en verimli olacak proje tespit edilerek uygulamanın kapsamı belirlenebilmektedir(Tang vd. 2007:7; Işığışok 2008:13).

Montgomery tarafından 'gişe' olarak tanımlanan majör basamak sonunda durum değerlendirmesinin yapıldığı ve aksiyon alabilmek için sorulması gereken sorular aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- i. Problem tanımı muhtemel çözüm ve nedenlere değil semptomlara mı odaklanmaktadır?
- ii. Tüm anahtar hisse sahipleri tanımlandı mı?
- iii. Projeye katkısı olacak potansiyel finansal fayda uygulamanın yürütülmesine değer mi?
- iv. Kesinleştirilmiş projenin kapsamı çok küçük veya çok büyük mü tutulmuş?
- v. Yüksek seviyeli bir proses haritası oluşturuldu mu?



vi. Projenin yürütülmesini olanaksızlaştıracak bariyerler veya engeller tanımlandı mı?

Gişe eleştirisi yapabilmek için tanımlama aşaması sonunda proje takımının odaklanması gereken sorular yukarıda tanımlanmıştır. Sorulara verilecek pozitif cevapların ardından bir sonraki aşama olan ölçme basamağına geçilebilir(2008:338).

**2. Ölçme(Measure):** Tanımlama aşamasında sınırları ortaya konulan projenin yürürlüğe girmesiyle birlikte ikinci adım olan ölçme aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada sorunların çözümü için uygulamaya konulan metotların sonuç odaklılığı tespit edilerek; tanımlama aşamasında problemin ölçülebilir, somut ve analitik olup olmadığı hedeflerine uygunluğu gözden geçirilir(Işığışık 2008:14; Demiral ve Doğan 2008:353).

Projenin ne demek istediğı, neyi çözmeyi amaçladığı ve geliştirilmesindeki sorunların neler olduğunun tanımının anlam ifade edebilmesi için projede kullanılan girdi ve çıktıların etkinliğinin değerlendirilmesi gerekir. Proje içerisinde yer alacak anahtar girdi ve çıktı değişkenlerinin tamamının belirlenmesi bu aşamada kritik faktör olarak ön plana çıkmaktadır(Montgomery ve Woodall 2008:338; Patır 2008:77).

Doğan ve Demiral'a göre ölçme aşamasının yürütülmesi şu şekilde olmaktadır: "Açık ve net bir tanımlama yapıldıktan sonra ölçülebilirlik belirlenmekte, temel süreç adımları ve her bir süreç için ayrı ayrı olmak şartıyla temel girdiler saptanmalıdır. Temel girdiler onaylandıktan sonra, önem sırasına göre listelenmekte ve bunların kalite üzerindeki potansiyel etkileri dikkate alınmalıdır" (2008:352-353).

Ölçme aşaması verilerin toplandığı basamak olması sebebiyle mümkün olduğu kadar doğru verilerin toplanmasını gerektirir. Verilerin çokluğundan ziyade projenin akışı için gerekli olacak sayıda ve düzeyde verilerin toplanması gerekmektedir. Bu hususta veri kalabalığı yaratmadan detaylı bir şekilde odaklanarak ve süreç akış şemaları, hata türü ve etkileri analizi, pareto diyagramı gibi istatistiki araçlar yardımıyla anahtar girdiler ve çıktılar tanımlanarak sürecin değerlendirilmesi ve düzeyi tespit edilerek bir sonraki basamağa geçilebilir (Işığıcok 2008 ve Montgomery ve Woodall 2008:338).

Montgomery tarafından 'gişe' olarak tanımlanan majör basamak sonunda durum değerlendirmesinin yapıldığı ve aksiyon alabilmek için sorulması gereken sorular aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- i. Geniş kapsamlı proses akış şeması mutlaka oluşturulmalı ve tüm majör basamaklarla beraber aktiviteler de belirtilmelidir. Tedarikçiler, müşteriler, bekleme zamanları ve çalışma seviyesi gibi gerekli öğeler mutlaka detaylandırılarak belirtilmelidir.
- ii. Anahtar girdi ve çıktı değerlerinin, müşteri tatmini ve müşteriler ile olan bağıntıları ortaya konularak listelenir.
- iii. Ölçüm sistemleri kapasitesi mutlaka dokümanite edilmelidir.
- iv. Yapılması düşünülen veya yapılan herhangi bir varsayım mutlaka belirtilmelidir.
- v. "Verilerin nereden tedarik edildiğini açıklayınız?, Hangi dataların toplanması gerektiğine nasıl karar verdiniz?, Ölçüm sisteminizi nasıl valide ettiniz?, Proses performansını tahmin edecek kadar mantıklı data toplayabildiniz mi?" gibi sorulara proje takımının hazırlıklı olması ve gerekli cevapları verebilmesi gerekmektedir.

Gişee eleştirisi yapabilmek için lme aşaması sonunda proje takımının odaklanması gereken sorular yukarıda tanımlanmıştır. Sorulara verilecek pozitif cevapların ardından bir sonraki aşama olan lme basamağına geçilebilir(2008:339).

3. **Analiz (Analyze):** Müşterilerin gözünde işletmenin değer kaybına yol açan, karlılığını düşüren, çalışan performanslarını etkileyen ve buna bağlı olarak üretkenliğin düşmesine sebep olan aksaklıklar veya potansiyel sorunlar için tasarlanan projenin tanımlama ve lme aşamalarının tamamlanmasından sonra bir önceki basamakta elde edilen verilerin değerlendirilmesi için analiz aşamasına geçilir. Bu aşamada da varyans, ANOVA, regresyon, kıyaslama ve hata türü etkileri analizi(FMEA) gibi istatistiksel araçlardan faydalanılır(Doğan ve Demiral 2008:353; Patır 2008:78).

Montgomery analiz basamağının hedeflediği amacı şöyle açıklamaktadır: lme basamağında toplanan verilerin, neden-sonuç ilişkisi bağlamında proses içerisindeki değişkenliğe olan etkisini anlayabilmek için kullanılmasıdır(2008:339).

İlk etapta toplanan verilere bağlı olarak yapılacak analiz sonucunda elde edilen sonuçlar içerisinden kullanıma uygun olanlar istatistiksel araçların yardımıyla seçilir. Bu sayede projeyi olumsuz yönde etkileyen nedenler ve varyasyonlar belirlenmiş olur(Işığıok 2008:14).

Değişkenliğe sebep olan verilerin szlmesi ile beraber bir sonraki aşamaya hazırlık olarak bu ‘kök nedenler’ için hipotezler kurularak tanımlama ve lme aşamasında toplanan tüm verilerden değişkenliğe

sebebiyet veren en kritikleri işlenmiş ve analiz edilmiş olur(Cavanagh, Neuman ve Pande 2000:70).

Montgomery tarafından 'gişe' olarak tanımı yapılan majör basamak sonunda durum değerlendirmesinin yapıldığı ve aksiyon alabilmek için sorulması gereken sorular aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- i. İyileştirme aşamasında araştırılması için hangi fırsatlar hedeflenmiştir?
- ii. Analiz ve datalardan hangileri istenen anahtar çıktılar ve müşteri ihtiyaçlarına yeterli düzeyde odaklanabilmekte?
- iii. İlerleyen zamanlarda değerlendirmeye dahil edilmemesi düşünülen fırsatlar var mı? Eğer varsa neden?
- iv. Proje tasarlanan sürede ve istenilen çıktılarla mı ilerlemekte? Ek kaynaklar ilave edilmesi gerekli mi?

Gişe eleştirisi yapabilmek için analiz aşaması sonunda proje takımının odaklanması gereken sorular yukarıda tanımlanmıştır. Sorulara verilecek pozitif cevapların ardından bir sonraki aşama olan iyileştirme basamağına geçilebilir(2008:340).

- 4. İyileştirme(Improve):** Tanımlanmış sorunlara ait olan doğru verilerin toplanması ve süzülerek analiz edilmesinden sonra Altı Sigma uygulamalarının devamında prosesin iyileştirilmesi için gerekli çalışmalar yapılır. Sektöre işletmenin daha fazla tutunmasını sağlayacak olan kar marjının arttırılabilmesi için ve bunun gerçekleştirilebilmesine katkı sunacak en önemli parametre olan müşteri tatminin sağlanabilmesi için yaratıcı

fikirlerin ortaya konması gerekmektedir(Işığışok 2008:15; Doğan ve Demiral 2008:353).

İyileştirme aşamasında analizi yapılmış olan prosese negatif etkileri olan sebeplerin ortadan kaldırılması için gerekli ve uygun fikirlerin ortaya konması için istatistiki araçlardan faydalanılması mümkündür: ANOVA, deney tasarımı, süreç akış şemaları, hipotez testi, regresyon vb. (Eckes 2002). İyileştirme aşaması genel bir değerlendirmenin de yapılabildiği bir aşamadır. Majör basamaklar arası ilerlenen süreçlerde istenilen düzeye ulaşılamadığının saptanması ile beraber ilerleme sırasında nasıl aksiyon alınmasının gerektiği kararı da verilebilmektedir (Demiral ve Doğan 2008:353).

Aksaklıklara çözümlerin üretildiği basamak olan iyileştirme basamağı ‘pilot test’lerin de yapıldığı basamaktır(Montgomery 2008:340). Bu aşamada deney tasarımı aracının kullanımına çok sıklıkla rastlanmaktadır. Bunun en büyük sebebi de simülasyon modeli olan pilot testlerin uygulamanın çıktılarına etkisinin araştırılmasına olan büyük katkısıdır.

İyileştirme basamağında temel hedef soruna yaratıcı ve kullanışlı fikirlerin varlığı ile çözümler üretmek ve bu çözümlerin denemelerini yapmaktır. Pilot testte uygulanmasına karar verilen çözümlerin ne kadar uyumlu olduğu analiz edilir. Pilot test çıktılarına bağlı olarak modelde iyileştirmeler, kısaltmalar veya düzeltmeler yapılır. İyileştirmeler projeye uygulanır ve sonunda fayda/maliyet analizi yapılarak prosesin optimize edilmesi sağlanır(Montgomery 2008:340; Patır 2008:78).

Montgomery tarafından ‘gişe’ olarak tanımlanan majör basamak sonunda durum değerlendirmesinin yapıldığı ve aksiyon alabilmek için sorulması gereken sorular aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- i. Aksaklıkların çözümü için yeterli miktarda dokümantasyon hazırlandı mı?
- ii. Alternatif çözümlerin de olduğu ayrı bir dokümantasyon tutuldu mu?
- iii. Pilot test için tam analiz yapıldı mı?
- iv. Çözümün uygulanması sırasında risk oluşabilecekse, bu riskleri ortadan kaldırmak için risk yönetimi planları kurgulandı mı?

Gişe eleştirisi yapabilmek için iyileştirme aşaması sonunda proje takımının odaklanması gereken sorular yukarıda tanımlanmıştır. Sorulara verilecek pozitif cevapların ardından bir sonraki aşama olan kontrol basamağına geçilebilir(2008:341).

5. **Kontrol(Control):** Bir önceki basamakta gerçekleştirilen pilot testler vasıtasıyla işletme içerisindeki soruna üretilen çözümlerin sürekliliğini sağlayabilmek ve çözüm içerisindeki değişkenliği ortadan kaldırmak amacıyla son aşama olan kontrol basamağına geçilerek uygulama noktaları. Ölçme aşamasında proses anahtar girdi ve çıktılarına bağlı olarak geliştirilen çözüm yönteminin sürekliliğini sağlayabilmek için yeterli olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. (Işığışok 2008:15-16).

Kontrol basamağında işletmenin kalite değerine olumsuz etki eden probleme uygun geliştirilen çözümlerin sürekliliğini sağlamak için de istatistiki araçlardan faydalanılır. Pareto diyagramları, histogramlar, istatistiksel proses kontrolü, dokümantasyon ve standartlaştırma gibi araçlar tercih edilmektedir(Patr 2008:79; Eckes 2002:61-62).

Kontrol basamağında uygulama öncesi ve sonrası olmak üzere finansal ve değişkenliklerin azaltılmış kazançları değerlendirilir. Yapılan tüm iyileştirmelerin işletmeye olan faydaları değerlendirilir ve proje takımının geliştirdiği faaliyetlerin başarılı olup olmadığının muhakemesi yapılır. Gelecekte revize edilmek üzere veya başka proseslere refere edilmek üzere tüm veriler, grafikler, girdiler ve çıktılar detaylı bir şekilde dokümanite edilir. Ayrıca kontrol aşamasında dokümantasyon ve çözümlerin süreklileştirilmesinin yanında bu çözümlerin geçerliliğini denetlemek adına belli zaman aralıklarında validasyonlar da yapılır. Çözümlerin revize edilebilmesi ve ortaya çıkabilecek yeni aksaklıkların önüne geçilebilmesi için validasyonların takvime oturtulması kritik önem taşımaktadır(Montgomery 2008).

Montgomery tarafından 'gişe' olarak tanımlı yapılan majör basamak sonunda durum değerlendirmesinin yapıldığı ve aksiyon alabilmek için sorulması gereken sorular aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- i. Önce ve sonra sonuçlarının olduğu veri gösterimleri proje ile uyumlu mu?
- ii. Proses kontrol planı tamamlandı mı? Prosesi gözlemlene prosedürleri örneğin kontrol planı yazıldı mı?
- iii. Proses sahibi için gerekli olacak tüm dokümantasyon tamamlandı mı?
- iv. Proje sırasında çıkarılan dersler mutlaka elde edilebilir olmalı.
- v. Proje hazırlık sürecinde takibi yapılmayan fırsatlar gelecekteki projelerde kullanılmak üzere bir kenarda bulundurulmalıdır.
- vi. Proje sonucunda elde edilen fırsatlar diğer projelerde kullanılmak üzere kaydedilmelidir.

Giş e eleştirisi yapabilmek için kontrol aşaması sonunda proje takımının odaklanması gereken sorular yukarıda tanımlanmıştır. Bölüm içerisinde tanımlandığı şekilde gişe kontrollerine gelmeden majör basamakların dikkatlice uygulanmasının ardından yapılacak finansal ve operasyonel analizler sonucunda uygulamanın ne kadar başarılı olduğu test edilebilir. Düzenli olarak yapılacak validasyonlar aracılığıyla minör veya majör düzeltmeler ile işletmenin sigma seviyesi istenilen seviyeye çıkartılarak kalıcı başarının yolu açılabilir(2008:341).

### **1.10. Altı Sigma'da Kullanılan İstatistik Araçlar**

Altı Sigma'nın tanımı yapılırken yönetimsel ve istatistik olarak iki farklı kategoride çeşitli görüşlerden derlemeler yapılmıştır. Müşterilerin gereksinimlerine cevap verebilmek ve bu ihtiyaçları karşılayarak pazarda konumunu güçlendirebilmek için işletmelerin amaçlarına ulaşabilmek konusunda istatistik araçları kullanmaları önem teşkil etmektedir.

1949 yılından Japon Bilim Adamları ve Mühendisleri Birliği (JUSE) tarafından kalite kontrol grubu kurulmuştur. O yıllarda Japonya'da bulunan Deming ve Juran'ın istatistik araçları kullanarak, bu araçların kalite yönetim sistemlerinde kullanılmasında öncü olmuşlardır(Doğan ve Demiral 2008:345).

Şirket hedeflerine ulaşabilmek için yürütülmesi tasarlanan projelerde uygunluğuna göre bu araçlar tespit edilerek Altı Sigma uygulayıcıları tarafından kullanılırlar.

#### **1.10.1. Tanımlama Aşamasında Kullanılan Araçlar**

Altı Sigma'nın uygulanmasına başlarken sorunların tespit edilmesi olan tanımlama aşamasında nicel verilerden ziyade nitel veriler incelenir. Uygulamanın



bu ilk basamağında istatistik bilimine ait araçlar yerine beyin fırtınası, süreç haritası, ilgi diyagramı, SIPOC diyagramı, oy çokluğu, ağaç diyagramı, ve neden sonuç diyagramları kullanılmaktadır (Pande ve Holpp 2001:51).

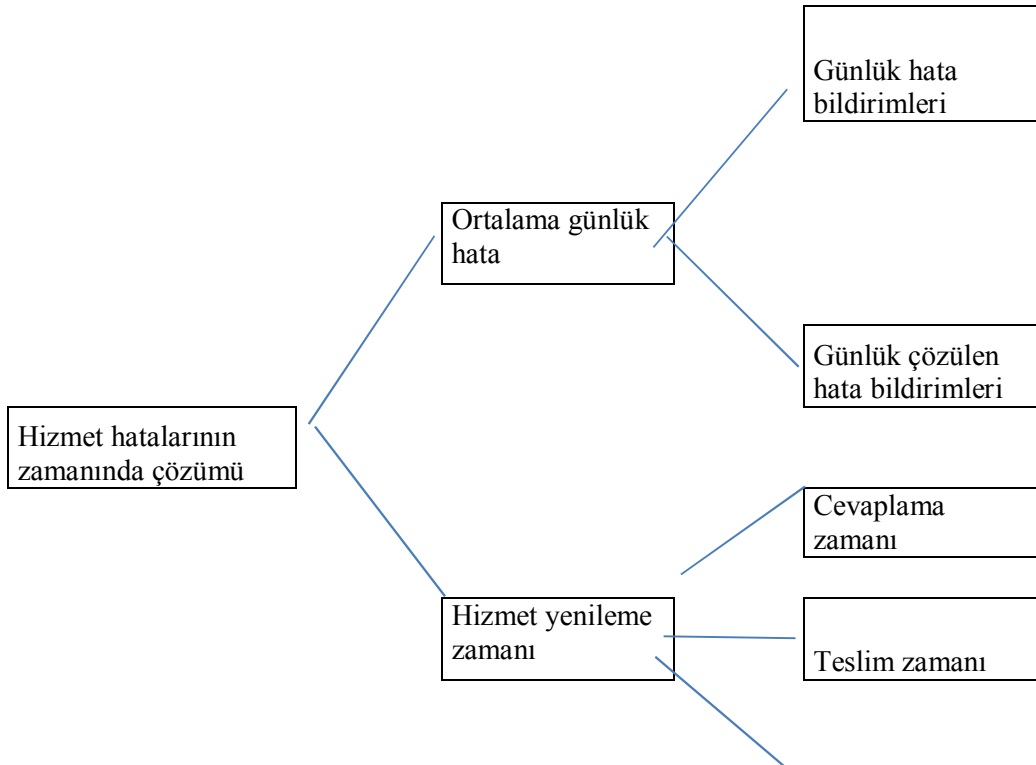
1. **İlgi Diyagramı:** İşletmelerde kurulan Altı Sigma takımları başlangıçta ortaya konulan tüm görüş, veri ve konuları gruplandırabilmek ve bunları özetleyebilmek için bu diyagramı kullanabilmektedir. Genellikle beyin fırtınası aracı kullanılarak ortaya konulan tüm fikirler, kendi içlerinde gruplandırılarak bireylerin problem tespitinde, sentez ve analizinde rahat hareket etmeleri bu özetleme yöntemi sayesinde gerçekleşir. Örnek verecek olursak, müşterileri ile olan ilişkilerinin ne düzeyde olduğunu anlayabilmek için ziyaretler düzenlemek isteyen bir kurum sahip oldukları tüm müşterileri “Yeni Müşteriler”, “Uzun Dönemli Müşteriler” ve “Kaybedilmiş Müşteriler” başlıkları altında toplayabilirler. Yapılan beyin fırtınası sonucunda elde edilen tüm görüşler, takım içerisinde yer alan her bir üye tarafından en az bir isim ve fiilden oluşan iki kelime yardımı ile tanımlanır. Tanımlanan kelimeler küçük kağıtlara yazılarak duvara asılır ve takımdaki kişiler kendi aralarında iletişim kurmaksızın, bu tanımlamaları ilgili olabileceğini düşündükleri başlığın altına yerleştirirler. Bu işlem sonucunda her bir başlık için özet veya başlık cümlesi kurulur. Tüm bu işlemler ışığında elde edilen cümleler yardımıyla genel bir çerçeve oluşturulur. Tanımlama işleminin bitiminde ölçme-analiz işlemine geçilebilir.

2. **Ağaç Diyagramı:** Müşteri değeri, spesifik müşteri gereksinimleri, azaltılmış sürekli maliyetler ve azaltılmış kurulum maliyetleri vb. başlıca müşteri taleplerine cevap üretebilmek için ağaç diyagramı kullanılmaktadır. Ayrıca

beyin fırtınası yönteminde ortaya çıkan görüşler ve elde edilen verilerin birbirlerine bağlanmasını ve öncelik sıralamasını gösterebilmek için tercih edilen bir yöntemdir.

Kısaca değerlendirecek olursak ağaç diyagramı elde var olan genel bilgilerin grafiğe dökülmesi aracılığıyla gösterilmesidir. Kurum içerisinde kalite planlaması yapılırken ağaç diyagramının gövdesi temel bir amacı ve bu hedefe ulaşma yolunda alınması gereken aksiyonları temsil ederek problemlerin temel sebeplerinin tanımlanmasına katkı sunar. Yeni ürünlerin veya hizmetlerin tasarlanmasında ve tespit edilmiş sorunların çözülmesi için uygulama planı oluşturulmasında kullanışlı bir diyagramdır. Ağaç diyagramında kullanılan yöntemler yukarıda bahsi geçen ilgi diyagramı ile benzerliklere sahiptir.

Aşağıda yer alan şekil ağaç diyagramı vasıtasıyla tanımlama evresinde çözümler arasında kurulabilecek olan ilişkiyi göstermektedir:



Hata bildiri mi ile  
özü me ulaş ma  
aralı ğında ki  
zaman

**Şekil 3.** Ağaç Diyagramı Örne ği (Pande ve Holp 2001:52-53)

Ağaç diyagramında takım da yer alan bireyler konuyu tanımlayarak tahtanın veya kağıdın üzerine yazarlar. Konuyla ilgili soru-cevap şeklinde yapılan grup çalışması sonrasında bireylerden alınan cevaplar soruların altına tahtaya yazılır. Benzer anlamlar teşkil eden cevaplar aynı başlık altında sınıflandırılarak birkaç kelime aracılığıyla tanımlanmaya çalışılır. Elde edilen bu başlıklar değerlendirilerek proses üzerinde yapılması tasarlanan iyileştirme önerilerinin tartışılmasına geçilir. Grup üyeleri tarafından iyileştirme önerileri, uygun olup olmaması ve yüksek etkinliğe sahip olması açısından dikkate alınarak öncelik sıralaması yapılır ve tasarlanan çalışma uygulamanın tanımlama basamağında kullanılmak üzere aksiyon planının oluşturulması sağlanır (Pande ve Holpp 2001:53)

- 3. SIPOC Diyagramı:** Başlıca iş süreçlerinin şekillendirilmesinde ve düzenlenen bu basamaklardaki ölçü birimlerini tanımlamada tercih edilen istatistikî araçtır. SIPOC; tedarikçi(supplier), girdi(input), süreç(process), çıktı(output) ve müşteri(customer) kelimelerinin İngilizce karşılıklarının ilk harflerinden türetilen bir kısaltmadır. İyileştirme yapılması istenen süreçte çok fazla detaya inmeden kritik önem taşıyan elemanların belirlenmesi ve buna bağlı olarak sınırların çizilmesi konusunda etkilidir. Süreç bütünüyle ele alınır ve temel faaliyetler ile alt süreçler saptanarak ilerlenir.

Altı Sigma takımında yer alan çalışanlar veya bu projelerin yöneticileri sorunları tanımlayabilmek, sorunun kapsamına dahil olan kişileri tanımlamak, çözüm önerilerini analiz etmek ve uygulama sonuçlarını raporlayabilmek için sistemi bütün bir şekilde görebilmeyi isterler. Dizayn edilmekte olan projenin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için sistemin bütün bir resim olarak organizasyonda var olan çalışanlar tarafından net olarak anlaşılması gerekir. Sistemin bütününe hakim olabilmek için SIPOC diyagramı projenin tüm gereklerini(süreç girdileri, tedarikçiler, görevler, ekipmanlar ve çıktılar) yerine getirerek, projede var olan takımın süreç faaliyetlerine ve ilişkilerine hakim olabilmesine olanak sunar (Pande ve Holpp 2001:54)

### **1.10.2. Ölçme Aşamasında Kullanılan Araçlar**

Projenin uygulanması sırasında tanımlama aşamasında var olan araçlardan biri kullanılarak sorunların tespitinden sonra problemi ortaya çıkaran sebepler, operasyonel tanımlama, örnekleme, müşteri sesi, kontrol ve yayılım fomları gibi araçlar kullanılarak ölçme aşaması gerçekleştirilebilir(Pande ve Holpp 2001:56-57).

- 1. Operasyonel Tanımlama:** Proje takımı tarafından proste var olan olayların ve verilerin nasıl yorumlanacağına dair detaylı ve anlaşılabilir tanımlar yapılmasına yardımcı olur. Operasyonel tanımlamada süreçlerde var olan verilerin detaylı ve sürekli olarak toplanması kritik önem taşımaktadır. Toplanan veri sayısının artması sürecin tanımlanma süresini kısaltacaktır. (Pande ve Holpp 2001:56).

2. **Müşteri Sesi Yöntemi:** Altı Sigma'nın günümüze evriminden üçüncü jenerasyonda pazarlama iletişimi faaliyetlerinin önem kazandığına değinilmişti. Yürütülen iş süreçlerinin yüksek verime sahip olması ile müşteri beklentilerinin karşılanması arasında doğru orantı bulunmaktadır. Piyasada var olan talebe göre işletmeler ürün veya hizmet arz etmektedirler. Net karın artmasını sağlamak için de işletmenin piyasaya ürün sunma hızının yüksek olması gerekmektedir. Bu yöntem varlığında işletmeler müşterilerinin ihtiyaçlarını ayrıntılı ve net olarak görebilir ve önceliklerine göre sıralama imkanı yaratabilirler. Müşterilerin geri bildirimleri de değerlendirilerek sorun ortaya çıkmadan önce pazar araştırması yapan şirketlerin kullandığı analiz araçları varlığı ile engellenebilir. (Pande ve Holpp 2001:56-57).

3. **Kontrol ve Yayılım Formları:** Verilerin toplanması ve düzenlenmesinde kontrol ve yayılım formlarından da yararlanılmaktadır. Gerekli olan datayı elde etmek için süreci kolaylaştırmayı amaçlayan bu yöntem Altı Sigma takımında yer alan kara kuşaklar tarafından tasarlanır. Adından da anlaşılacağı gibi oluşturulan kontrol formları yardımıyla aksaklığın veya sorunun olduğu yeri gösteren diyagramların kullanıldığı basit tabloları içerir (Pande ve Holpp 2001:56-57).

Verilerin sistematik olarak raporlanması ihtiyacı duyulduğunda var olan ya da geriye dönük tutulan gözlemlerden derlemelerin yapılması bu kontrol formları varlığı ile gerçekleştirilir. Belirli periyotlarla toplanan veriler Aşağıda yer alan tablodaki kontrol formu örneğindeki gibi gözlemlenir:

PROBLEMLER	HAFTALAR			TOPLAM
	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	
A	III	IIII	II	10
B	I	II	II	5
C	IIII	I	I	6

**Tablo 5.** Kontrol ve Yayılım Formları I (Breyfogle, Cupello ve Meadows 2000:77).

Yayılım formları ise kontrol formlarının bir ögesi olarak görev yapar. Kontrol formları tarafından toplanan ve düzenlenen verilerin bir form üzerinde toplanmasına imkan verir. Etkin bir şekilde tasarlanmış yayılım formu verilerin daha efektif kullanılmasını sağlayacaktır. Aşağıdaki tabloda hastane örneğinde yemekleri yiyen gözlemci hastalardan alınan datalar yayılım formunda toplanmıştır:

MENÜLER	SİPARİŞ EDİLEN PORSİYON MİKTARLARI	TÜKETİLEN PORSİYONLAR	TÜKETİM YÜZDESİ
ASPARAGUS	477	387	81,13%
GARLIC BITS	255	12	4,71%
CHICKEN NIBBLES	669	624	93,27%
ICE CREAM SUNDAE	1121	1118	99,73%
HOT DOG HELPER	235	124	52,77%
SPINACH TEMADOR	112	21	18,75%
ONION SURPRISE	23	0	0%
BEEF BROCHETTE	611	544	89,03%
TOPLAM	3503	2830	80,79%

**Tablo 6.** Kontrol ve Yayılım Formları II (Pande ve Holpp 2001:57).

### 1.10.3. Analiz Aşamasında Kullanılan Araçlar

Tanımlama ve ölçme aşamalarında olduğu gibi analiz aşamasında da istatistik biliminde kullanılan araçlardan faydalanılır. Bu aşamada diğer kısımlardan farklı olarak kullanılan araçlar iki gruba ayrılmaktadır. İlk grup olan süreç ve veri analizinde; süreç akış analizi, katma değer analizi, pareto, histogram, trend analizi ve serpilme diyagramı kullanılırken, istatistiksel analizde; ANOVA-varyans analizi, t-testi, regresyon ve korelasyon ile deney tasarımı araçları sıklıkla kullanılmaktadır.

1. **Varyans Analizi:** Çeşitli süreç seviyelerinde örneklemeler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesi ANOVA yöntemi ile çözülmektedir. ANOVA'da girdi ve çıktı arasındaki varyans hesaplanarak problem tanımlanır. Bu değişkenliklerin ne oranda hataya sebebiyet vereceğinin tespiti için kullanılması uygun bir araçtır.

Problemin tanımlama aşaması geçildikten sonra analiz konusu sıfır hipotezi ve alternatif hipotezlerle tanımlanır.

$$(H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots, H_A = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots)$$

Varyans analizi tablosu elde edebilmek için yeterli büyüklükte bir örneklem grubu oluşturularak hipotezlerin birbirlerine olan eşitliği test edilir. Süreçlerle hipotezlerden doğruluğunun sağlanması için ANOVA tablosu kullanılır. Denklem sonucunda elde edilen sayısal veriler ile işletme sorunlarının çözümünde analiz aşamasında kullanılmak üzere prosese uyarlanır(Breyfogle, Forrest 1999:222).

2. **Deney Tasarımı:** Varyans analizi, korelasyon ve regresyon gibi araçlar değişkenlik düzeyleri arasındaki istatistiksel farkın önemli bir düzeye ulaştığı durumlarda, uygulanması kolay olan ve çokça tercih edilen araçlardır. Regresyon yöntemi ile ısının, basıncın, gecikmelerin ve diğer tüm kritik

süreçlerin bir ürünün ölçüleri ve çevrim zamanı gibi prosese ait çıktıların üzerindeki etkilerinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Varyans analizi ise departmanlar, tedarikçiler, makineler arasındaki farkları kendi içerisinde bulduran testleri kullanmaktadır.

Varyans analizi ve regresyon yöntemi sürecin herhangi bir basamağında değişiklik yapılmaksızın varyansın neden kaynaklandığını bulmaya odaklanır. Bu durumlara rağmen varyans ve regresyon analizi yöntemleri vasıtasıyla gerçekleştirilen süreç iyileştirme veya geliştirme faaliyetleri başarıya ulaşamayabilir. Örnek vermek gerekirse bazı durumlarda girdi ve çıktı arasında birbirlerine olan etkinin ne düzeyde olduğu tespit edilemeyebilir. Tıpkı regresyon analizinde ısı girdisinin bir sürecin çıktısına olan etkinin ne olduğunun anlaşılabilmesi bu duruma örnek verilebilir.

Deney tasarımı aracı ise işte tam da bu gibi durumlarda daha iyi sonuçlar elde edebilmek adına uygulamaya konur. Deney tasarımı tekniği, bir sürecin içerisinde yer alan birçok faktörün değiştirilmesini gerektiren bir yaklaşım olarak göze çarpar ve verileri gözlemleyerek ilk seferde iyileştirmenin hayata geçirilmesini hedefler. Deney tasarımı tekniği mümkün olan tüm girdi faktörlerinin kombinasyonunu ele alıp değerlendirerek önemli faktör düzey belirleme testlerinin yanı sıra bir tahmin modelinin de oluşturulmasını sağlar.

Deney tasarımı tekniğinin ortaya çıkış amacı işletmelerin iş süreçlerinde, üretimde ve tasarımda müşterilerin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde var olmalarını sağlamayı hedeflemektedir.

Rekabetçi piyasalarda avantajlı konumda olmak veya var olan avantajı koruyabilmek adına şirketlerin müşteri taleplerini göz önünde bulundurmaları



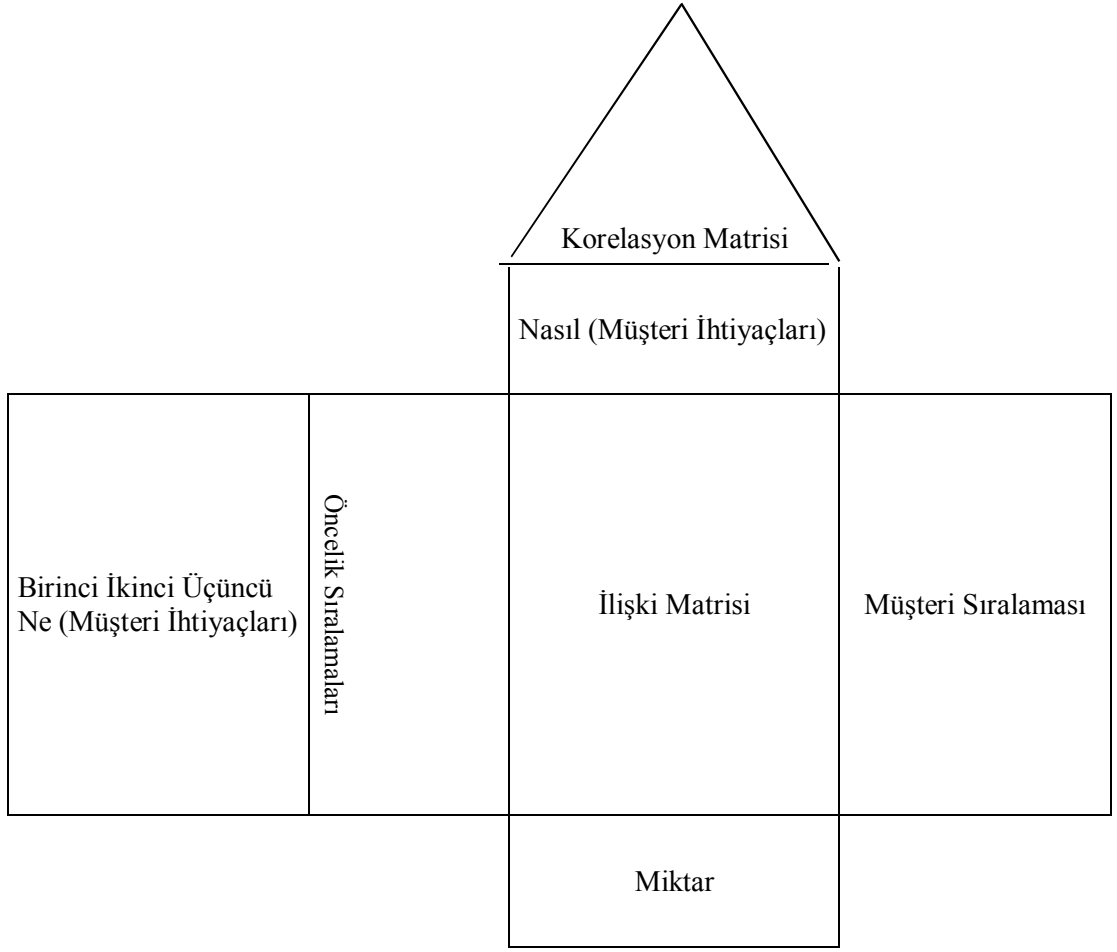
gerekmektedir. Deney tasarımı tekniği müşterilerin isteklerinin karşılanması hususunda kaliteli ürünlerin geliştirilmesi ve müşteri tatmininin üst düzeye çıkarılmasına yardımcı olur. Deney tasarımı çeşitli testlerin ışığında süreç seviyeleri ile ilgili önemli bulgular elde edilmesine olanak tanıdığı gibi tahmin yöntemlerinin de kullanılmasına izin verir. Müşteri talepleri ışığında ilerleyebilmek için geliştirilmesi planlanan büyük çaplı adımlar için çeşitli stratejiler geliştirilmesine de olanak sağlayan deney tasarımı aracı ile değerlendirmeler ve doğrulamalar yapmak mümkündür. Deney tasarımı aracı ile üretim proseslerinde süreç parametre toleransı, tedarikçi kaynakları ve çalışan, iş süreçlerinde ise; departmanlar, günlük ve haftalık çalışma zamanları ve çalışan gibi konularda testler gerçekleştirir. Sürecin çıktısını etkileyecek olan tüm bileşenlerin belirlendiği ve bir denklem üzerinde oturtulduğu geri de kalan tüm faktörlerin sabit olarak kabul edildiği ve bu her bir faktör için değişkenliklerin ayrı olarak ölçülmesiyle bahsi geçen denklem oluşturulabilir(Eckes 2002) ve (Breyfogle ve Forrest 1999:409).

#### **1.10.4. İyileştirme Aşamasında Kullanılan Araçlar**

İşletme süreçlerinde ortaya çıkan sorunların temeline inerek proses üzerinden uzaklaştırılmasını sağlamak için kontrol aşamasından önce iyileştirme sürecinde de istatistiki araçlardan faydalanmak gerekir. Mevcut sorunlar nicel veya nitel olarak belirlendikten sonra Altı Sigma'nın uygulanacağı herhangi bir işletmede iyileştirme aşamasına geçilir. İyileştirme aşamasında kullanılan araçlar hata türü ve etkileri analizi, süreç yönetim teknikleri, kalite fonksiyon yayılımı, paydaş analizi, kuvvet alanı analizi ve süreç dokümantasyonu gibi araçlar kullanılmaktadır.

**1. Kalite Fonksiyon Yayılımı:** Kalite yönetim sistemlerinin yaygın olarak kullandığı ve Japonya’da evrimi gerçekleştirilen kalite sistemlerinde ‘Kalite Evi’ adını alan müşterilerin gereksinimleri ekseninde çalışan bir araçtır. Bunu gerçekleştirirken işletmelere müşterilerin tespit edilen temel ihtiyaçlarının nasıl karşılanacağını ve ne şekillerde iyileştirmeler yapılabileceği konularında bilgiler verir. Kalite Evi yöntemi kullanılırken tablolar oluşturulur. Portföyler şeklinde müşterilerin bilgilerinin yer aldığı tablolar yardımı ile iyileştirmeler yapılmaya çalışılır. Deney tasarımı yöntemi kullanılarak ilerlenmeye çalışılarak aynı zamanda müşteri sesi yöntemi(VOC) de uygulamaya dahil edilmektedir. İşletme ile beraber içerisinde var olan göreve alıcılar ve müşteriler arasında iletişim odaklı çalışabilmek amacıyla iyileştirme aşamasında tercihe edilen bir istatistiki araçtır (Breyfogle ve Forrest 2000:244).

Aşağıdaki tabloda Kalite Evi yöntemi gösterilmektedir:



**Şekil 4.** Kalite Evi (Breyfogle ve Forrest 1999:244)

**2.Hata Türü ve Etkileri Analizi:** Hata türü ve Etkileri analizi iyileştirme aşamasında işletmelerde tercih edilen bir diğer istatistikî araçtır. Yine müşteri odaklı bir iyileştirme aracı olan Hata Türü ve Etkileri Analizi işletmelerde iç ve dış müşteri memnuniyetinin artırılması için tercih edilmekte olup proseslerin tasarımı ve geliştirilmesi aşamalarında ortaya çıkabilecek muhtemel problemlerin engellenmesi için kullanılır.

İyileştirmeler yapabilmek için ilk adım olarak sürecin veya ürünün/hizmetin girdileri listelenir. Sorun teşkil edebilecek basamaklarda yer alan girdiler veya adımlar tespit edilir ve bu nedenleri süreçten veya ürün/hizmette uzaklaştırabilecek bir veya birden çok iyileştirici, önleyici,

yöntem belirlenir. Ardından sorunun şiddet, oluşum ve gerçekleşme değerleri üzerinde konuşularak değerlendirilmeler yapılır.

Ürünlerin ve süreçlerin müşteriler nezdinde güvenilir, işlevsel ve sağlam olabilmesi ve maliyetlerin azaltılmasını sağlamayı hedefleyen bir araçtır(Breyfogle ve Forrest 2000:260).

Aşağıda yer alan tabloda Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi gösterilmektedir:

HTEA		Proje Adı Tasarımı							Oluşturulma Tarihi:					
Sorumluluk		Hazırlayan							Revizyon Tarihi:					
Ekip Üyeleri														
Tasarım HTEA (Başlık Fonksiyonu) Süreç HTEA (Fonksiyon İhtiyaçlar)	Potansiyel Hata Türleri	Potansiyel Hata Etkileri	S	O	M	K	B	R	T	Sorumluluk ve amaçlanan tamamlanma tarihi	E	O	B	R
			C	f	ş	o	u	P	u		y	l	u	P
			V	ı	m	n	l	N	ş		e	C	u	N

**Tablo 7.** Hata türü ve Etkileri Analizi(Breyfogle ve Forrest 2000:260).

### 1.10.5. Kontrol Aşamasında Kullanılan Araçlar

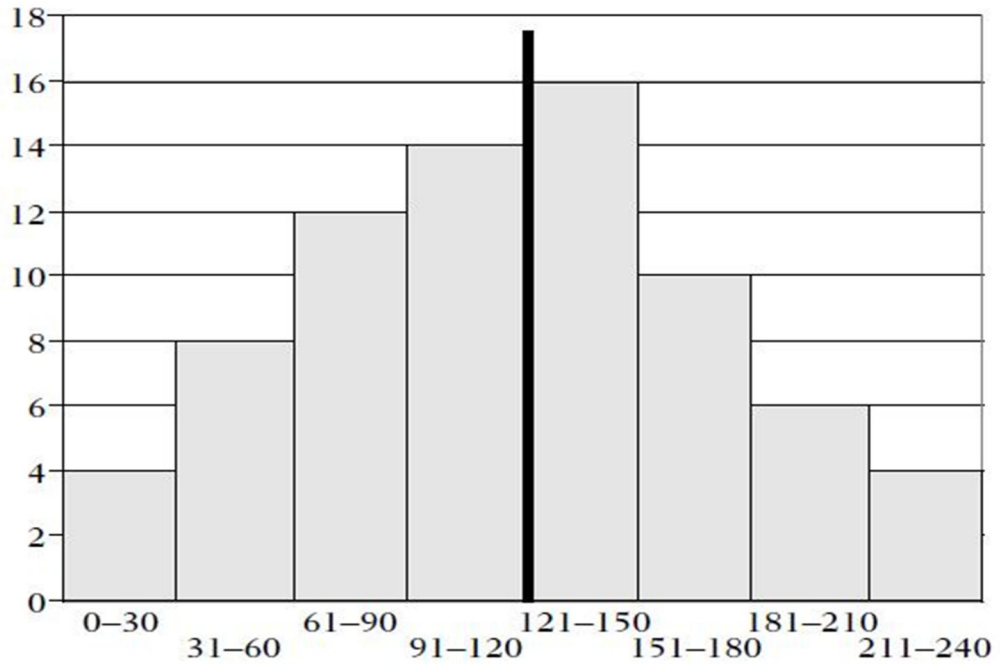
Altı Sigma uygulamalarında sırasıyla tanıma, ölçme, analiz ve iyileştirme basamaklarının projelere uygulanmasından sonra son olarak kontrol metotları ile tüm süreçte elde edilen faydalar, karlar ve tasarruflar incelenir. Kontrol basamağında

histogramlar, pareto diyagramları, kovaryans ve tolerans analizleri gibi birçok istatistiki araçtan faydalanılabilir.

1. **Histogramlar:** Bu istatistiki araç sadece kontrol aşamasında değil aynı zamanda analiz ve ölçme gibi diğer aşamalarda da kullanılmaktadır. Verilerin gözden geçirilmesi, değerlendirilmesi ve yorumlanması aşamalarında sıkça yararlanılan araçlardandır. Toplanan verilerin proses hakkında neler söylediğinin anlaşılmasında kolaylık yarattığından dolayı kontrol aşamasında da kullanılmaktadır.

Histogram veri değerlerinin gözlem dizisi üzerinde basitçe gösterilmesini sağlayan grafikler bütünüdür. Histogramlarda süreklilik gösteren verilerin kullanımı tercih edilmektedir. Verilerin anlam kazanmasına yardımcı olan histogramlar ayrıca bir değer ya da verinin sapmasını ve dağılımını göstermek için de tercih edilmektedirler. (Guerrero, 2001:32).

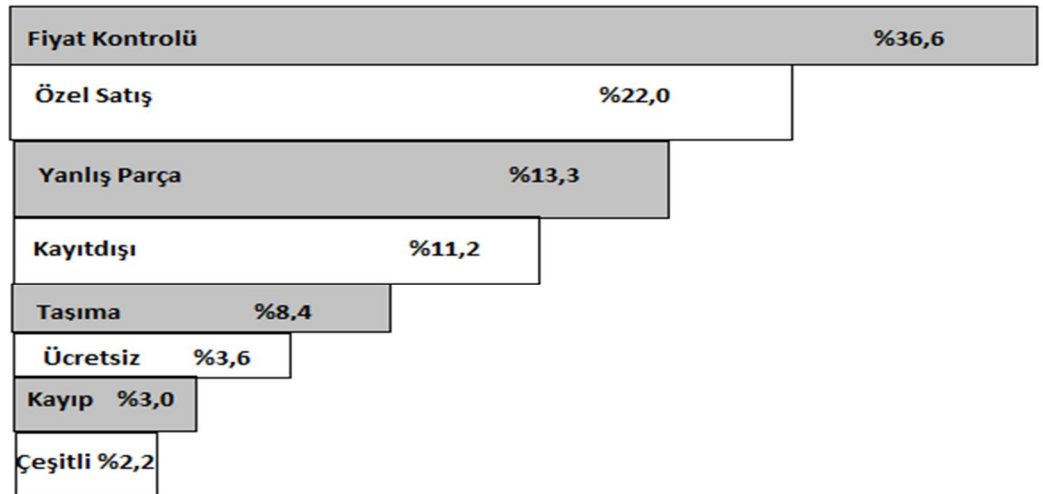
Aşağıdaki tabloda bir histogram örneği gösterilmektedir.



**Şekil 5.** Histogram Grafiği (Eckes; 2003:73)

Veri yığılmalarının olduğu en yüksek çubuk veri merkezinin neresi olduğunu göstermektedir (Eckes 2002:72-73).

**2. Pareto Diyagramları:** Bu istatistiki araç histogramlarda kullanılan sürekli veriler dışında, var olan kesikli verilerin analizi ve sonuçların kontrolünde kullanılır. Veri topluluğunda var olan en büyük ve en küçük veriler arasındaki dataların dağılımının gösterilmesine yardımcı olmaktadır. İtalyan iktisatçı Wilfredo Pareto tarafından isimlendirilen ve 80/20 sistematığının de kurucusudur. Bu kural sonuçların %80 nin sorunların kaynağına temel oluşturan nedenlerin %20 si tarafından gerçekleştirildiğini söylemektedir. Altı Sigma uygulamalarında üretim prosesi içerisinde karşılaşılan aksaklıkların onarımının nasıl olması gerektiğini öğrenebilmek için de kullanılmaktadır(Guerrero 2001:32).



**Şekil 6.** Pareto Diyagramı (Eckes 2002:75).

Yukarıda yer alan grafik pareto diyagramını göstermektedir. Eckes tarafından yazılan kitapta bir süpermarkette bulunan müşterilerin hesap ödeme sırasında uzayan kuyruklara çözüm üretilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle aksamaya sebep olan nedenler belirlenmiş ve bu kesikli datalar yardımıyla hangi

durumun en sık görülme durumunu hesaplayabilmektedir (Eckes 2002:75-76).

Eckes 2002 yılında yazdığı kitapta Altı Sigma uygulamalarında birçok istatistiki araçların kullanıldığını fakat yukarıda anlatılanlar dışında kalan diğer araçları ise aşağıdaki tabloda özetlemiştir:

AMAÇ	ARAÇLAR
TANIMLAMA	Proje Yönetimi
	Örnek Edinme
	Yakınlık Diyagramı
	Kano Modeli
	Kritik Kalite Faktörleri Ağacı
	Neden-Sonuç Diyagramı
ÖLÇME	Süreç Akış Şemaları
	Hata Türü ve Etkileri Analizi
	Pareto Diyagramı
	Korelasyon
	Kontrol Şemaları
	Frekans Dağılımı
	Beyin Fırtınası
ANALİZ	Hipotez Testi
	Ki-Kare, F ve T Testleri
	Varyans Analizi
	ANOVA
	Korelasyon
	Regresyon
İYİLEŞTİRME	ANOVA
	Deney Tasarımı
	Süreç Akış Şemaları
	Hipotez Testi
	Faktöriyel Tasarım Metotları
	Beyin Fırtınası
	Hipotez Testi
KONTROL	Histogramlar
	Kovaryans Analizi
	Pareto Diyagramı
	Tolerans Analizi
	Güvenilirlik

**Tablo 8.**Altı Sigma Uygulamalarında kullanılan istatistiki araçlar (Eckes 2002:80)

## 1.11 Diğer Altı Sigma Yaklaşımları

### 1.11.1. Altı Sigma için Tasarım (DFSS)

Müşteri isteklerinin ön planda tutulduğu işletmelerde Altı Sigma uygulamalarını organizasyon yapısına adapte edebilmek için sıkça söylendiği gibi müşteri fikirlerinin uygulama sırasında ön planda tutulması gerekmektedir. İşletmeler mevcut prosesleri içerisindeki aksaklıkları gidermenin dışında piyasaya yeni ürün sunulacağı zaman veya mevcut ürün üzerinde güncellemeler yapacakları durumlarda da Altı Sigma uygulamalarından faydalanabilmektedirler.

Altı Sigma için Tasarım(DFSS) yaklaşımı, müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda yeni ürün, proses veya hizmet tasarımı ve geliştirilmesinde tercih edilen; çeşitli araçlar ile değişkenliğin azaltılmasına uğraşan sistematik bir yaklaşımdır(Anbari ve Kwak 2006:709-710; Mader 2002:82-83; Montgomery ve Woodall 2008:342).

Ürün üretim proseslerinin ilk basamakları ile ilgilenen Altı Sigma için Tasarım yaklaşımı, Müşterinin Sesi(VOC= Voice of Customer) ögesini girdi olarak kullanır. Müşterinin Sesi(VOC), müşteri beklentileri ile bir ürünün tercih edilmesindeki sebepleri değerlendirir ve bu doğrultuda düşük hata oranı, altı sigma düzeyi ve geliştirme sırasında en verimli sonuçları elde edebilme amaçlarına ulaşmayı hedefler(Wang 2008:2; Anbari ve Kwak 2006:709).

Altı Sigma için Tasarım metodolojisi kullanım alanına aşağıdaki şekilde örnek verilebilmektedir:

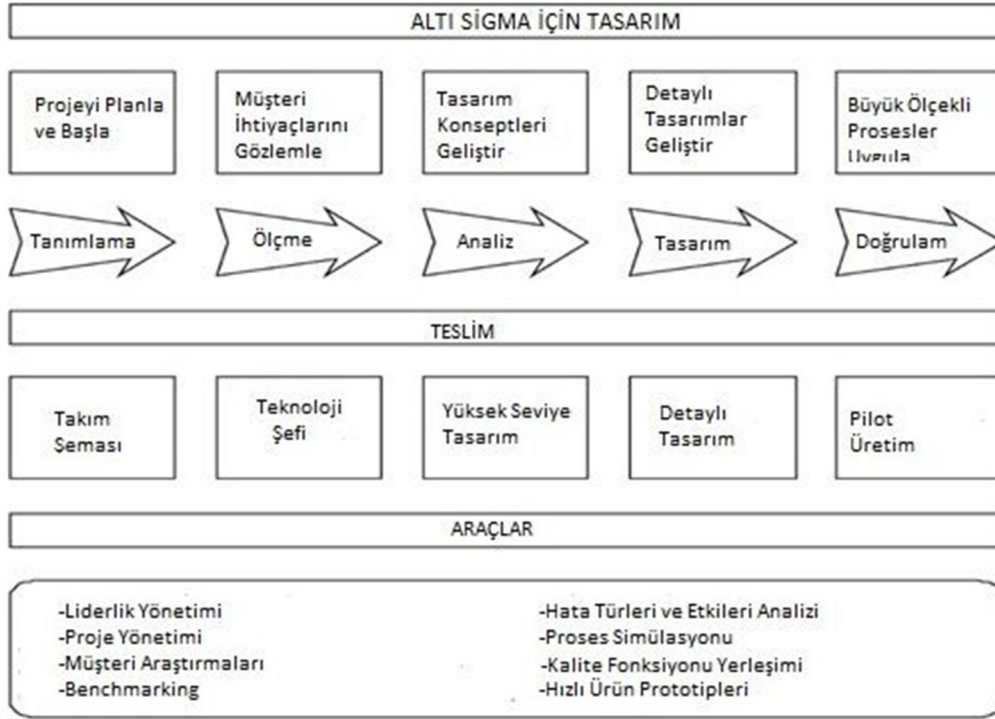
General Electric(GE) firması medikal sistemler işleri alanında üretilecek ürünler için DFSS metodolojisinden faydalanmıştır. Günümüzde GE firmasının medikal operasyonlar bölümünün satışlarında Altı Sigma için Tasarım(DFSS) ile üretilen ürünler yüzde altmışlık paya sahiptir. Buna benzer projeler 2001 yılına



gelindiğinde GE firmasında 6000 rakamına ulaşmayı başarmış ve tüm bu uygulamalar kar odaklı ve müşterilerle birebir ilişkilerin yürütüldüğü programlar sonucunda elde edilmiştir. DFSS müşteri karlılığının artırılması sebebiyle GE tarafından sıkça tercih edilmektedir. Klasik TÖAİK(DMAIC) metodu yerine çalışmalarını bu yöntem üzerine yoğunlaştırmışlardır(Bar ve Feo 2002:77; Hahn, Doğanaksoy ve Hoerl 2000:321).

Ürünlerin tasarım süreçleri araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yapıldığı süreçlerde TÖAİK(DMAIC) uygulaması yerine Altı Sigma için Tasarım metoduna TÖATD(DMADV) dönüştürülmesi daha uygun olmaktadır. TÖATD(DMADV); Tanımlama(Define), Ölçme(Measure), Analiz(Analysis), Tasarlama(Design) ve Doğrulama(Verify) öğelerinin birleşimi ile oluşturulmuş olan ve ürün tasarım ve hayata geçirme sürecinde Altı Sigma için Tasarım süreci için kullanılan uygulama metodudur. Özelleşmiş ve içinde barındırdığı ‘tasarlama’ ve ‘doğrulama’ basamakları ile ürün veya hizmet tasarımının üst seviyeye çıkarılması için maliyet, üretkenlik ve performans değerlerinin kararlı ve verimli olması hususlarında sürece katkı sağlamaktadır(Montgomery ve Woodall 2008:342; Bar ve Feo 2002:62-63; Brun 2011:159).

Aşağıdaki tabloda Altı Sigma için Tasarım metodunun beş adımda Bar ve Feo tarafından gösterim şekli yer almaktadır(2002:63):



**Şekil 7.** Altı Sigma Tasarım Metodu (Bar ve Feo 2002:63)

Tasarım süreci tamamlanmış ve üretim departmanı tarafından üretim hattına alınacak olan ürünün üretim organizasyonunun iyileştirmeler yapması neredeyse imkânsızdır. Bununla birlikte değişkenliği azaltmaya odaklı operasyonel Altı Sigma uygulamasının sadece üretim içerisinde yapılması yeterli olmayacaktır. Müşteri ihtiyaçları Altı Sigma için Tasarım(DFSS) uygulamasına paralel bir şekilde yürütülmelidir. Özellikle üretim kapasitesi sisteminin ve müşteri gerekliliklerinin uyum sağladığı basamaklar tasarımın her aşamasında gereklidir. Uyumsuzlukların olduğu basamaklar gözlemlendiğinde tasarım değiştirilmeli veya farklı üretim alternatifleri çözüm olarak sunulmaya çalışılmalıdır. Montgomery tarafından aşağıda önerilen soruların cevaplanarak ilerlenmesi uygulamanın sağlığı için gereklidir:

- i. Üretim konsepti yeterli şekilde tanımlanmış mı?
- ii. Müşteriler reel de var olanlar mı?
- iii. Müşteriler bu ürünü alacak mı?
- iv. İşletme ürünü yarışmacı bir fiyat ile piyasaya sürebilecek mi?

- v. Finansal kar kabul edilebilir seviyede mi?
- vi. Risk değerlemesi kabul edilebilir seviyede mi?
- vii. Ürün tüm iş stratejisi ile uyumlu mu?
- viii. İşletme bu ürünü yarışma içerisinde daha iyi bir hale getirebilir mi?
- ix. Ürün güvenilirliği ve düzenleme amaçları karşılanabilir mi?
- x. Üretim transfer planı geliştirilip doğrulandı mı?

## 2.İLAÇ ve İLAÇ ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜ

İlaç, birçok farklı kriter altında kıyaslamaya tabi tutulabilecek olan ve tedavi amacıyla canlıların kullanımına sunulan ürünlerdir. Beşeri ve veterinerlik faaliyetleri için kullanılmaları bakımından iki gruba ayrılacak olan ilaç; insanların kullanımına sunulduğunda da doktor reçeteli olanlar ve reçetesiz(OTC) olmak üzere bir kez daha iki gruba ayrılabilir. (Karakoç 2005:9).

İmalat sektörü grubuna dahil olan ilaç sektörünü diğer alanlardan ayrı kılan ve sıkı regülasyonlara tabi tutulmasını sağlayan birkaç önemli unsur bulunmaktadır. Bunlar Giuffrida(2001:3) ve Karakoç(2005:10) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır:

- Hastalıkların ve tedavilerinin tanımlanabilmesi aşamasında ortaya çıkan bilgi azlığı süreci
- Hasta, doktor ve sigorta öğelerine bağlı olarak ilaç ürünlerinin tüketiminde ortaya çıkan farklılıklar
- İlaç geliştiricileri ve üreticileri tarafından marka konumlandırması ve araştırma faaliyetleri sonucu patent zorunluluğu.

İlaç endüstrisine dahil olan işletmeler birçok farklı formda ürün üretebilmektedirler. Bu ürünler provitamin ve vitaminler, hormonlar ve türevleri, glikoziler, bitkisel alkaloidler, antibiyotikler, tedavide kullanılan organlar, kan serum ve aşılarda, ilaçlar,

gaz bezleri ve steril malzemeler olarak belirtilebilmektedir(T.C. Ekonomi Bakanlığı 2012:1).

Bünyesinde üretim yapabilme kapasitesine sahip olan bir ilaç endüstrisini bulunduran ülkeler çok çeşitli avantajlara sahip olmaktadır. Bu avantajlar ekonomik, stratejik ve sağlık hizmetleri başlıkları altında üçe ayrılabilir: İstihdam, katma değer ve ihracat açılarından ekonomik; savaş, ambargo, salgın hastalıklar açılarından stratejik ve halk sağlığının korunması ve tedavi hizmetlerini sağlayabilmek açılarından da sağlık hizmetleri grubuna dahil olmaktadır(Ayyıldız ve Özkan 2001:72-73).

Müşterilere sunulacak olan ilaç ürünleri, tedaviyi gerçekleştirecek olan etken maddenin ve yardımcı maddelerin varlığı ile ilaç haline getirilerek ilaç fabrikalarında üretilmektedir. Etken madde, çeşitli yardımcı hammaddelerle eleme, kurutma, granülasyon, tablet baskı, kaplama ve dolum gibi çeşitli prosesler sonrasında ilaç haline getirilebilmektedir(Ernst&Young 2011:14).

Hastalıkların nasıl tedavi edilebileceği konusunda yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri ilaç sektöründe çok önemli bir pay tutmakta olup yüksek maliyet ve uzun çalışma süreleri gerektirdiğinden ilaç tasarımı yapmak ciddi maliyetler ortaya çıkarmaktadır. Yapılacak keşifler ve ürün dizaynları nedeniyle, ilaç endüstrisinde patent korumasının ve bilgi yoğun stratejiler kurarak çalışmanın önemi büyüktür. (Ernst&Young 2011:14).

Patenti alınmış ve piyasaya henüz sürülmüş bir ürünün patent ömrüne bağlı olarak keşfi gerçekleştiren firmanın belli bir süre boyunca tek başına pazar payına sahip olması ve teknolojinin hızla gelişmesinden kaynaklı olarak ürünlere yansıyan pozitif gelişmeler nedeniyle pazar payında büyük bir yere sahip olabilir(Ernst&Young 2011:7).

İlaç sektöründe yer alan üretici firmaların bir kısmı patent koruması sona ermiş olan ürünleri bölgesel veya ülkesel olarak üretip pazarlamaktadırlar. Bunların dışında kalan büyük ölçekli firmalar ise araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yüksek miktarda bütçe ayırarak global pazara göre üretim yapmaktadırlar(Karakoç 2005:10).

Global bir anlayışla ilaç üretme fikrine sahip olan üreticiler arasında araştırma-geliştirme ve pazarlama alanlarında; bölgesel üretimi hedefleyen firmalar açısından da kalite, fiyat ve maliyet alanlarında rekabet üst düzeydedir(Karakoç 2005:10).

## **2.1.Dünya’da İlaç Sektörü**

Bireylerin yaşadıkları süre zarfının artışı, teknolojinin hızlı gelişimi ve sosyal devlet olgusunun doğuşu ilaç sektörünün 2010 yılında yaklaşık olarak 693 milyon \$ tutarında pazar büyüklüğüne sahip olmasını sağlamıştır. Son beş yıllık dönemdeki büyüme ortalamasına bakıldığında ise pazar hacmi %4,3 oranında büyümüştür(T.C. Ekonomi Bakanlığı 2012:1; Ernst&Young 2011:4).

Ülke ve bölge bazında değerlendirildiğinde pazar hacminin büyük kısmının sahipliği ABD ve Avrupa ülkelerine aittir. Dünya ilaç üretiminde ve ihracatında önemli büyüklüğe sahip olan ülkeler Almanya, Belçika, İsviçre, ABD, Fransa ve İngiltere’dir.

Firma	2009 (milyon\$)	2008(milyon\$)	2007(milyon\$)
Pfizer	57.024	58.677	59.909
Merck & Co	38.963	39.488	39.365
Novartis	38.460	36.684	34.479
Sanofi-Aventis	35.524	36.437	34.390
GlaxoSmithKline	34.973	36.736	37.620
AstraZeneca	34.434	32.498	29.999
Roche	32.763	30.285	27.232
Johnson & Johnson	26.783	29.638	29.010
Lilly	20.310	19.042	17.177
Abbott	19.840	19.401	17.359

**Tablo 9.** Dünya’da faaliyet gösteren ilaç firmaları (Ernst&Young 2011:8).

Yukarıda yer alan tabloda global boyutta üretim yapan firmalar ve ciroları yer almaktadır. Bu bilgilerin yanı sıra 2009-2014 yılları arasında ilaç piyasasının %3,3 oranında büyüyeceği ve ilaç firmalarının 2014 yılına kadar geçecek 5 yıllık süre zarfında 558,8 milyar \$ lık satış gerçekleştireceği öngörülmektedir(Ernst&Young 2011:24).

## 2.2.Türkiye’de İlaç Sektörü

Katma değer yaratma, üretim ve ihraç etme yeteneğine sahip olan ülkemiz ilaç sektöründe 15 i yabancı sermayeli olmak üzere 68 adet ilaç üretim tesisi bulunmaktadır. Hammadde üretimi gerçekleştiren 12 işletmenin yarısı yabancı sermaye temelli olarak faaliyetlerini sürdürmektedir(İEİS 2013).

Genel olarak bakıldığında ise sektörde yaklaşık olarak 300 firma faaliyet göstermekte olup çalışan birey sayısı ise 25.000 civarlarında seyretmektedir.

İEİS tarafından yayınlanan 2012 verilerine göre ülkemiz reçeteli ilaç pazarı %2,8 oranında gelişme kaydederek toplam satış miktarı olarak 1,56 milyar kutuya ulaşmıştır.

Devlet tarafından gerçekleştirilen regülasyonlar nedeniyle ilaç fiyatlarındaki düşüşler toplam cironun 7,1 milyar \$(-%5,9) a gerilemesine neden olmuştur(2013).

2012 yılında toplam 8200 ilaç çeşidini barındıran pazarın, milyon tl bazında büyüklüğü aşağıda yer almaktadır:



**Tablo 10.** Türkiye İlaç Pazarı Büyüklüğü (Ernst&Young 2011:27).

Ülkemizde faaliyet gösteren firmaların 2007-2010 yılları arasında sahip oldukları pazar payları aşağıdaki tabloda yer almaktadır:

Şirket Distribütör	2010	2009	2008	2007
İBRAHİM	7,57%	6,77%	6,88%	6,75%
NOVARTIS	6,42%	6,62%	6,48%	6,46%
BİLİM	5,08%	4,72%	4,51%	4,63%
PFIZER	4,85%	5,26%	5,83%	5,80%
GLAXOSMITHKLINE	4,22%	4,51%	4,36%	4,28%
EASTPHARMA	3,97%	3,67%	4,05%	4,94%
SANOFI-AVENTIS	3,90%	4,52%	4,94%	5,58%
BAYER	3,40%	3,34%	3,41%	3,48%
ASTRAZENECA	3,21%	3,39%	3,60%	3,51%
SANOVEL	3,13%	3,19%	3,28%	3,20%
M.S.D.	2,96%	3,43%	3,79%	4,16%
ROCHE	2,84%	2,92%	2,63%	2,79%
ULAGAY	2,69%	2,62%	2,48%	2,47%
ZENTIVA	1,96%	2,23%	2,28%	2,49%
SANTA FARMA	1,89%	1,96%	1,77%	1,66%
ALI RAIF	1,87%	1,59%	1,45%	1,35%
ABBOTT	1,80%	1,72%	1,62%	1,57%
NOBEL	1,75%	1,93%	1,97%	1,94%
BOEHRINGER ING.	1,75%	1,90%	1,85%	1,72%
NEVZAT	1,67%	1,67%	1,36%	1,23%
BIOFARMA	1,62%	1,62%	1,77%	1,34%
SANDOZ	1,60%	1,59%	1,93%	1,67%
NOVO NORDISK	1,44%	1,36%	1,27%	1,22%
JOHNSON & JOHNSON	1,30%	1,23%	1,20%	1,28%
LILLY	1,27%	1,16%	1,09%	1,17%
SERVIER	1,24%	1,60%	1,88%	2,00%
ACTAVIS	1,15%	1,46%	1,72%	2,24%
CELTIS İLAC	1,09%	0,98%	0,56%	0,02%
ECZACIBASI İLAC PA	0,94%	0,96%	1,03%	1,09%
BASEL KIMYA	0,89%	1,03%	1,14%	0,95%

**Tablo11 . İlaç şirketlerinin Pazar paylarının dağılımı(Ernst&Young 2011:30).**

### 2.3.Global İlaç Firmalarında Altı Sigma

İlaç sektörü pazarında söz sahibi olan birçok firma çeşitli kalite yönetim sistemlerinin yanı sıra günümüzde büyük öneme sahip olan ve dikkat çeken Altı Sigma uygulamalarını da bünyelerine adapte etmeyi başarmışlardır. Pfizer, Bayer, GlaxoSmithKlein, Baxter, Novartis, Johnson&Johnson, ve hammadde üreticisi Dow Chemicals Altı Sigma uygulayan şirketlerden birkaçıdır.

Araştırma ve geliştirme alanlarında sahip oldukları yüksek bütçe nedeniyle bu şirketler TÖAİK(DMAIC) metodu yanında DFSS(ASİT) metodundan da yararlanmaktadır(Carleysmith, Dufton ve Altria 2009:101-102).

Örnek verecek olursak Pfizer firmasında ‘Hemen, ilk anda’ isimli plan devreye sokulmuş ve farklı ülkelerdeki üretim tesislerinde çeşitli Altı Sigma projeleri uygulanarak Kalamazoo’da yer alan tesiste var olan iki kronik problemin çözülmesini sağlanmıştır. Temizlik validasyonu yapılacağı sırada ilgili operatörlerin



uygulama içerisine dahil edilmesi anahtar rol oynamış ve süreç içerisinde aldıkları bilgisayar destekli eğitim ile başarıya ulaşılmasında pay sahibi olmuşlardır. Sürece ait harita çıkarılmış, toplantılar yapılmış ve kök nedenlere çözümler aranarak proje gerçekleştirilmiştir.Yapılan bir diğer uygulama ise hammadde kaynaklı bir sorunun çözümünde gerçekleştirilmiş ve benzer şekilde detaylı analizler sayesinde başarıya ulaşılmıştır(Pfizer:Right First Time, Twice 2013).

GlaxoSmithKlein firmasında gerçekleştirilen bir uygulamada mikrobiyoloji laboratuvarında çevrim süresinin azaltılması için ofis yeniden tasarlanmış ve bu uygulama yürütülürken proses akış şeması ve balık kılıcı gibi birçok araç kullanılarak proje gerçekleştirilmiştir(Leung 2008).

### **3. İLAÇ SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

#### **3.1.İlaç Firmasında Yapılan Uygulama Çalışması**

Ülkemizde ilaç sektöründe faaliyet gösteren firmalar arasında Altı Sigma uygulaması yürütmüş olan işletme bulunmamaktadır. Herhangi bir formda ürün üreten ve bunu piyasaya sunan işletmenin müşterilerinin sağlığını riske atmayacak şekilde çalışma yapması gerekmekte olup, bu zorunluluklarını ‘Kalite Kontrol’ ve ‘Kalite Güvence’ departmanları ile uygulanabilir kılmaktadırlar. Üretilen ürünlerin, tedarik edilen hammaddelerin ve üretim süreçlerinde kullanılan diğer maddeler(su, ambalaj malzemeleri vb.) ile üretim tesisinin uygunluk analizlerini Kalite Kontrol departmanları gerçekleştirmektedir. Kalite Güvence departmanı ise analizlerin ışığında üretim onayı, satışa hazır ürün onayı, uygun tedarikçi onayı, kalite sistemindeki aksaklıkların giderilmesi ve tüm sistemin yürürlüğünün kontrol edilerek uygun çalışma ortamının sağlanması gibi bir takım faaliyetlerden sorumludur.

Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan Beşeri ve Tıbbi Ürünler İmalathaneleri yönetmeliğinde de kaliteli üretim konularında atıflar bulunmaktadır(2003:3.Bölüm). Bu doğrultuda ilaç firmaları GMP(İyi üretim uygulamaları), ISO 9001(Kalite Yönetim Sistemi), ISO 14001(Çevre Yönetim Sistemi) gibi uygulamaların gerekliliklerini bünyelerinde yürüterek üretimlerini gerçekleştirmektedirler. GMP mevzuatına uygun üretimin yapılıp yapılmadığı Sağlık Bakanlığı tarafından yapılan denetlemelerle tespit edilmekte ve bu sayede piyasada yer alan ürünlerin kalite standardının korunması sağlanmaya çalışılmaktadır(Sağlık Bakanlığı GMP Denetim Kapsamı 2010:1).

Benzer şekilde kalitenin sağlanması için üretilen ilaçların ruhsatlandırma sürecinde proses validasyonlarının yapılması gerekmekte ve bu üretim sonunda elde edilen raporlar ile üründe kullanılan tüm maddelerin uygun olduğunu gösteren belgeleri ve bakanlık regülasyonlarını sağladığını belirten kapsamlı bir doküman ile ilaç eczacılık genel müdürlüğüne başvuru yapılarak yüksek ve stabil kalitede ürün üretimi sağlanmaya çalışılmaktadır.

### **3.2.İlaç Firması Hakkında Bilgiler**

Altı Sigma çalışmasının yürütüldüğü ilaç firması ülkemiz ilaç piyasası dahil birçok ülkede faaliyetlerini uzun süredir yürütmektedir. Ayrıca hem kendi ürünleri için üretim hem de fason ürünler için üretim yapmakta olan X şirketi birçok tedavi alanında ürüne sahip olup büyük yatırımlara ve GMP sertifikasına sahiptir.

Uygulamanın gerçekleştirildiği firma üretim departmanında azalan hiyerarşiye göre üretim müdürü, üretim yöneticisi, üretim mühendisleri ve operatörleri barındırmaktadır. Üretimler genellikle çift vardiya olarak gerçekleştirilmektedir.

Firma kaliteli ve yüksek etkiye sahip ürünler üretmek bireylerin hayatına değer katmayı misyonu olarak belirlerken; Jenerik ilaçlar üreten firmalar arasında da orta vadede ilk sıralarda yer almayı vizyonu olarak belirlemiştir.

Gelişmekte olan ülkeler piyasasında da pazar payını arttırmayı hedefleyen X firması, diğer ülkeler tarafından yapılan ve kendi kalite düzeylerini ölçen denetimlerden geçmekte olup yükümlülüklerini yerine getirmektedir.

### **3.3.Uygulamanın Yürütülmesindeki Amaç**

Altı Sigma uygulamalarının işletmelere sağladığı kalite ve maliyetlerin iyileştirilmesindeki yararlar literatür taraması sırasında incelenmişti. Ülkemizde daha çok makine ve otomotiv sektörlerinde yer alan firmalar içerisinde yürütülen Altı Sigma uygulamalarının ilaç sektöründe olası bir uygulama ile ne gibi kazanımlar elde edilebileceği sorusuna yanıt veya yanıtlar bulunması amaçlanmaktadır. Ayrıca olası düşük kalite düzeylerinde gerçekleştirilen üretimlerin tespit edilebilmesi ve iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi konusunda çeşitli çözümler önerilmesi açısından da ilaç sektöründe incelemeler yapılması istenilmiş ve uygulama bu amaçlar doğrultusunda hayata geçirilmiştir. Ayrıca operasyon maliyetlerini azaltırken etkinliğin nasıl artırılabilirliği konusunda da uygulama içerisinde yanıtlar bulmak amaçlanmıştır.

Aynı zamanda ilaç sektöründe kimya biliminden faydalanılan kalite kontrol yöntemlerinin, işletmenin en üst seviyeye çıkarması gereken düşük maliyet ve müşteri gereksinimleri için işletmenin misyonunu ve vizyonunu gerçekleştirebilmesine katkı sunmasını sağlama çabalarına destek verememesi nedeniyle istatistiksel kalite kontrol öğelerini bünyesinde kullanarak hedeflerine ulaşabilmek de amaçlanmıştır.

### **3.4.Uygulamanın Kapsamı**

İlaç sektöründe faaliyet gösteren X işletmesi içerisinde yürütülen uygulama üretim departmanı bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Kalite kontrol veya kalite güvence gibi üretim sahası içerisinde tam olarak yer almayan birimleri kapsamamaktadır. Dolayısıyla TÖAİK(DMAIC) metodunun uygulama alanına sadece üretim departmanı dahil olmaktadır. Araştırma-geliştirme, kalite güvence veya kalite kontrol departmanları kaynaklı aksaklıkların incelenmesi amacıyla Altı Sigma için Tasarım(DFSS) vb. daha spesifik uygulamaların kullanılması ve bu yönde araştırmaların yapılması literatür çalışmasından elde edilen bilgiler ışığında daha uygun bulunarak sürece dahil edilmemiştir.

#### **3.4.1. Uygulama Sırasında İzlenen Yöntemler**

İlaç firmasında yürütülen uygulamada üretim departmanı tarafından dokümente edilmiş datalar kullanıldı. TÖAİK(DMAIC) metodu herhangi bir revize basamak içermeden olduğu şekilde uygulandı. Literatür taramasında da aktarıldığı gibi Altı Sigma'nın sağladığı uygulamayı istenilen şekilde optimize edilme süreci majör basamaklarda değil alt basamaklarda istatistiki araçların kullanılması sırasında sahip olunan veriler ışığında çeşitli değişiklikler ile uygulandı. Örneğin kontrol grafikleri analiz aşamasında işletmenin ürün üretimindeki durumunu gözlemlemek amacıyla tercih edildi.

İşletmenin yürütülen uygulamaya üretim planının yoğunluğundan dolayı sınırlı seviyede destek vermesi nedeniyle bu çalışma Altı Sigma takımı varlığı ile yürütülemedi. Bu nedenle tez içerisinde Altı Sigma takımı ile ilgili araştırma ve çalışma yapılmamıştır. Ayrıca uygulama içerisinde bahsedilen proses yeterliliği

kavramı, müşteri veya tasarımcı tarafından ürün-hizmet üretiminde belirlenen spesifikasyonların sağlanma yeteneğidir.

Uygulamanın yürütülmesi sırasında bazı istatistikî formüllerden yararlanılmıştır. Sürecin ne kadar yeterli olup olmadığının belirlenebilmesi için öncelikle üst ve alt kontrol limitlerinin tanımlanması gerekmektedir. Limitlerin belirlediği alan içerisinde üretim yapılıp yapılamadığı da çizilecek kontrol grafikleri yardımı ile tanımlanacaktır. Değişkenliğin ne seviyede olduğunun kararının verilebilmesi için ve sürecin ne kadar stabil olduğunun tanımlanabilmesi için kontrol grafikleri Altı Sigma yaklaşımı içerisinde sıkça kullanılmaktadır.

Prosesin yeterli olup olmadığının kararının verilebilmesi için yeterlilik katsayısı olan  $C_p$ ; süreç içerisindeki verilerin konumunun tespiti içinse  $C_{pk}$  katsayıları kullanılmaktadır. Bu katsayıları formülize edersek:

- $C_p = (\text{Üst kontrol limiti} - \text{Alt kontrol limiti}) / 6\sigma$
- $C_{pk} = (\bar{X} - \text{Alt kontrol limiti}) / 3\sigma$

Üst kontrol limiti ve alt kontrol limitleri ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

- $UCL = \bar{X} + A_2 \bar{R}$
- $LCL = \bar{X} - A_2 \bar{R}$

Yukarıda yer alan formüllerde  $\bar{X}$  veriler içerisinde var olan alt grupların ortalamasının toplam seri sayısına göre ikinci defa alınan ortalamasını ifade etmektedir.  $\bar{R}$  ise alt gruplar içerisinde yer alan verilerin maksimum ve minimumu arasındaki farkı ifade etmektedir.

Süreç içerisinde  $6\sigma < LCL - UCL$  olması durumunda proses istenilen şekilde ilerlemektedir.  $6\sigma = LCL - UCL$  olduğunda proses limitler içerisinde fakat ufak bir kayma negatif sonuçlara yol açacaktır.  $6\sigma > LCL - UCL$  olduğunda ise proses mutlaka

gözden geçirilmeli ve istenmeyen durumlar ortadan kaldırılmalıdır(Summers 2010:28; Koch vd. 2002:5).

### **3.5.Tanımlama Basamağı**

Üretim prosesi incelenecek olan A ürünü 6 farklı hammadde içermekte olup, bir seri üretimi 9,5 saat sürmektedir. Üretim sırasında iki farklı oda kullanılmakta ve granülasyonun yapıldığı oda içerisinde hareket eden operatör sayısının iki olduğu gözlenmektedir.

Tartım alanında iki poşet içerisine alınan hammaddelerin üzerinde mutlaka tanıtıcı etiket yer almakta ve hammaddeler üretim öncesinde de tekrar tartım kontrolünden geçerek miktar sağlaması yapılmaktadır. Hammaddelerin konteynere yükleme işlemi üretim şefinin gözleminde iki operatörün yardımıyla tamamlanmaktadır.

Üretim planının ve vardiyanın düzenlenmesine göre üretim sırasında operatörlerin zaman zaman değiştiği gözlemlenmektedir.

Sürecin bütününde GMP gereği, yapılmakta olan tüm görevler anında dokümanite edilmekte ve onaylı protokolda yapılması gerekenler haricinde gerçekleşen özel olayların açıklamaları paraflanmaktadır.

Üretim basamakları arasında uygulanması gereken analizler varsa üretim sürecinde mecburi duruşlar yaşanabilmekte ve prosese ait analizlerin limitler içerisinde çıkması ile üretime tekrar devam edilebilmektedir.

Üretim tamamlandıktan sonra haftalık planın işaret ettiği şekilde ürünler ambalajlanır ve dokümantasyonu tamamlanmış bir halde depoda sevkiyatın yapılacağı güne kadar uygun koşullar altında bekletilir.

**Mevcut Problem:** Ürünün formülasyonunda saptanmış olan ağırlık limitlerine uygun olarak üretimler gerçekleştirilmektedir. Fakat üretim protokollerinde

belirtilmiş olan teorik miktardan düşük seviyede ürün üretilmekte ve bu nedenle fason işverenden şikayetler alınmaktadır. Bu aksaklığa bağlı olarak ürün üretiminde maliyet ve müşteriler için gerekli olan kalite seviyesini yakalayamama durumu meydana gelmektedir.

**Hedef:** İşletmenin şuan hangi seviyede olduğunun tanımlanması ve Altı Sigma seviyesinde üretim yapmayı başararak maliyetleri azaltma, kalite seviyesini yükseltme ve müşteriye değer katma faydalarını edinebilmesi için gelecekte uygulaması gereken iyileştirme önerilerinin sunulması.

Tanımlanan bu problemin çözümü için öncelikle SIPOC yardımıyla Süreç Haritası oluşturulmuştur(EK-1). Üretim sırasında meydana gelebilecek aksaklıklar ise balık kılçığı yöntemi(EK-2) ile sıralanmıştır.

### **3.6.Ölçme Basamağı**

Üretimler sonucunda verimlerin düşük çıkması sebebiyle üretimi tamamlanmış, ambalajlanmış ve sevkiyatı gerçekleştirilmiş ürünlerin kalite güvence tarafından onaylanmış olan üretim protokolleri incelenmiştir. Bu doğrultuda üretime alınan hammadde miktarı anahtar girdi değişkeni olarak, çıkan ürün miktarı ise anahtar çıktı değişkeni olarak tanımlanmış ve elde edilen kayıtlarda yer alan değişkenler (EK-3) içerisinde belirtilmiştir.

Ayrıca mevcut üretimlerde bulunularak ortaya çıkabilecek sorunların tespiti yapılmıştır. Elde edilen dataların kesikli veriler sınıfına girmesi sebebiyle pareto diyagramı(EK-4) aracı kullanılarak aksaklıklar, önem düzeylerine göre sıralanmıştır. Ambalajlama prosesi sırasında yapılan in-proses kontrollerinde primer ambalajı(tüp dolumu) tamamlanan numunelerde gözlenen ağırlık kontrolleri sonuçları (EK-5) içerisinde yer almaktadır.

### 3.7.Analiz Basmağı

Bir önceki basamakta toplanmaya başlanan datalar analiz basamağında çeşitli Altı Sigma araçları yardımıyla çözümlenmiştir. Üretim şarj kayıtlarından elde edilen(EK-3) granül ve ürün kutu miktarları ile verim hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçları inceleyecek olursak; 14 serilik proses sonucunda üretilmiş olan 47.631 kutu ürünün genel verimi %95,73 dir(Teorik üretilmesi gereken miktar  $3600*14=50.400-644=49.756$ ). Üretim protokolünde belirtildiği üzere ambalajlama prosesi sonucunda elde edilmesi gereken teorik verim limiti ise %99.0-%100.0 dür. Granül miktarı için de aynı verim hesabını yapmak gerekirse; 14 serilik prosesi gerçekleştirebilmek için toplamda 3.751,545 kg granül harcanmıştır. Teorik olarak 3.780 kg lik granül girdisinden doğan verim ise %99.25 lik değer ile limitler içerisinde yer almaktadır(Verim limiti %99.0-%100.0).

Milyonda hata oranı(DPMO) ise 2.125 hatalı ürün ve 47.631 toplam üretim değerleri ile aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$DPMO = \frac{1.000.000 \times \text{Hatalı Ürün Sayısı}}{\text{Üretilen Ürün Sayısı}} = \frac{1.000.000 \times 2.125}{47.361} = 44.613,80$$

olarak bulunur.

44.613,80 DPMO verisi ile (EK-6) da yer alan Altı Sigma dönüşüm tablosuna bakılarak işletmenin 3.1 sigma kalite düzeyinde üretim yaptığı bu veriler ışığında tespit edilmektedir.

EK-5 içerisinde verilmiş olan, üretimler sırasında alınan numunelerin ağırlık sonuçları ve ‘Kalite Kontrol Şeması’ istatistiki aracı yardımıyla kalite kontrol analizi yapılmıştır. SPSS programı yardımı ile Üst kontrol limitleri(UCL) ve Alt kontrol



limitleri (LCL) hesaplanarak kalite kontrol şemaları çizilmiştir. Hesaplamalar aşağıda yer almaktadır:

- Toplanan datalar Excel programı yardımı ile her bir serinin toplam ağırlıklarının ortalamaları ( $\sum X$ ) ile 14 serinin ağırlıklar ortalamalarının ortalaması ( $\bar{\bar{X}}$ ) hesaplanmıştır. 1 seri üretimin gerçekleştirildiği sırada elde edilen üç değer en büyük ve en küçük değer aralıkları (range) ortalaması hesaplanarak aşağıda belirtilmiştir.

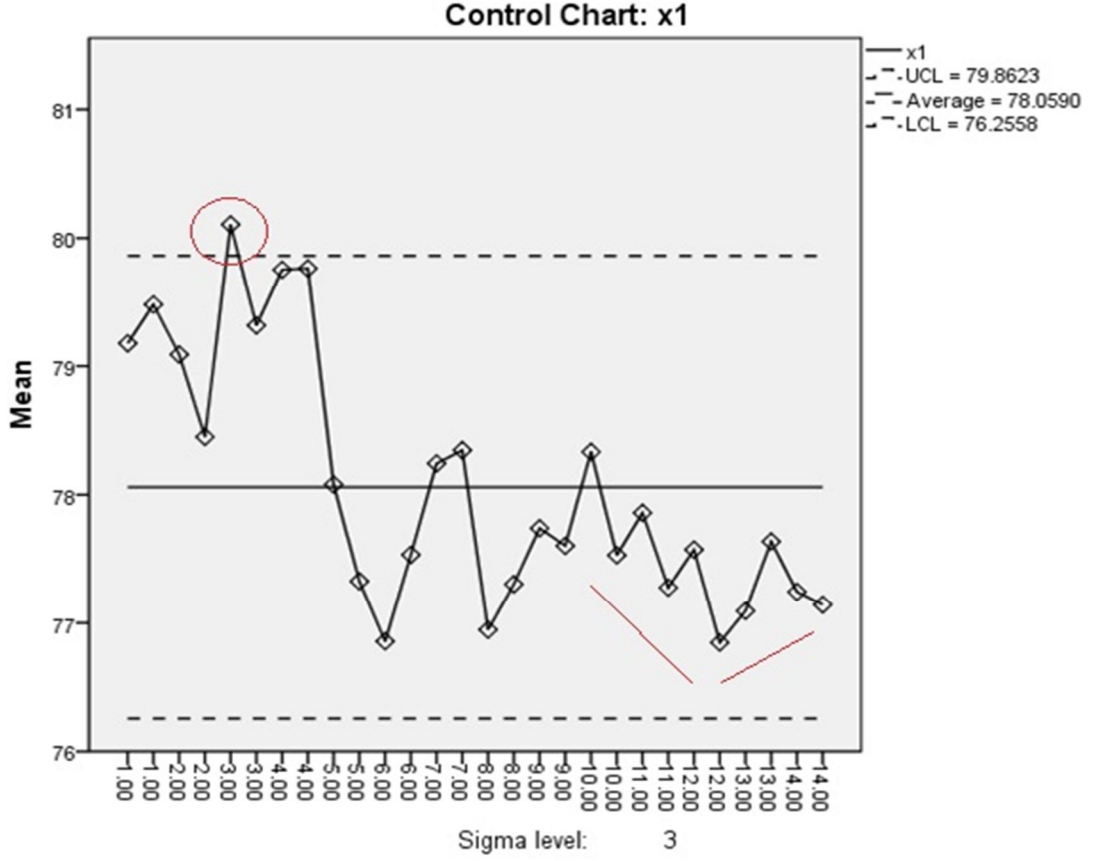
$$\sum X = 2185,65 \quad \bar{\bar{X}} = 78,05905 \quad \bar{R} = 1,76$$

- Ardından 'UCL' ve 'LCL' hesaplanmıştır:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 78,05905 + 1,023 \times 1,76 = 79,8623$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 78,05905 - 1,023 \times 1,76 = 76,2558$$

SPSS programı ile EK-5 te yer alan verilerin yardımıyla kalite kontrol grafikleri aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:



**Şekil 8.** Ortalama Değer Kontrol Grafiği

Ortalama değer kontrol grafiğinde yer alan alt kontrol limiti 76,2558 olarak SPSS tarafından hesaplanmış olmasına rağmen, üretim protokolünde dolun limitinin 75,0g (+%10) olması nedeniyle alt limitin 75,0 g olarak kullanılması gerekmektedir. Fakat bu detay grafik üzerinde ve kullanılan veriler arasında limit dışı bir duruma neden olmamaktadır.

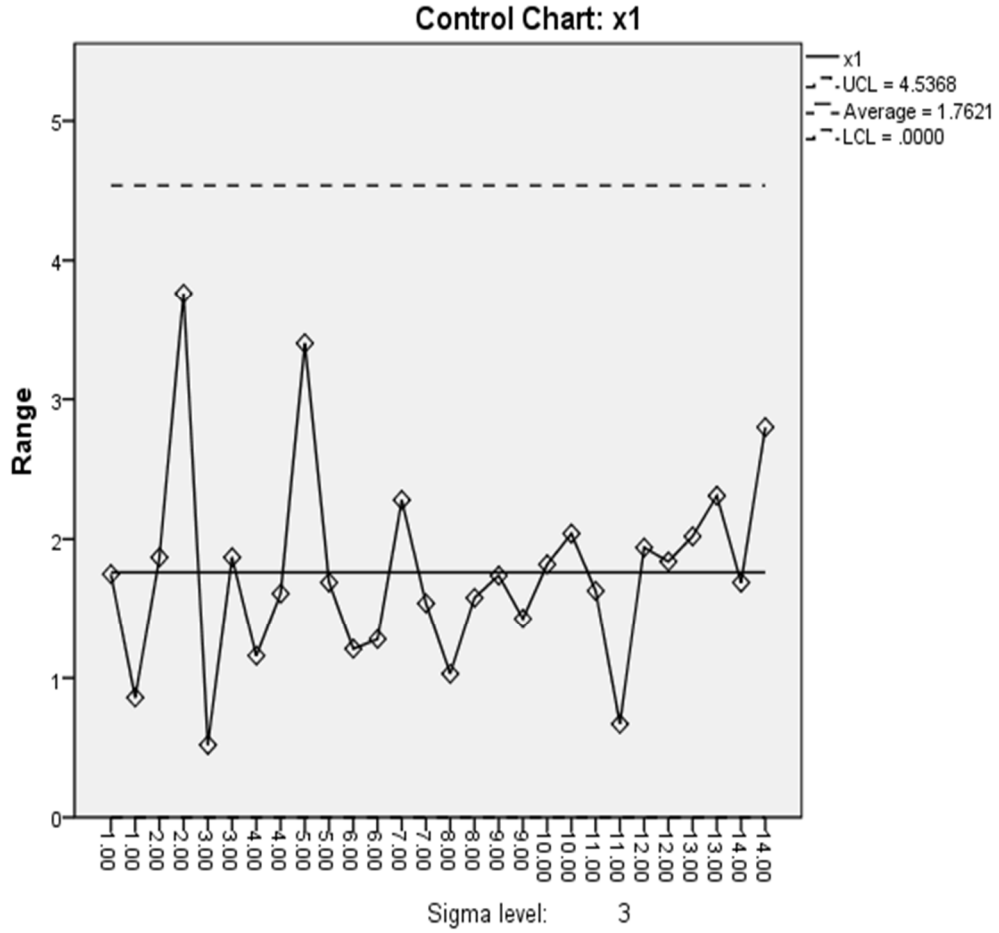
Üretimler sırasında elde edilmiş olan veriler incelendiğinde dolun aşamasında bazı serilerde 75g ın çok üzerinde yaklaşık olarak 80-81 g ağırlıklarında dolun prosesinin gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durum üretimler sonucunda elde edilen toplam verimin düşük çıkma nedenlerinden biri olarak gösterilebilir.

Ortalama değer kontrol grafiği incelendiğinde üst kontrol limitini aşan bir değerle karşılaşılmaktadır(Yuvarlak kırmızıçizgi). Bu durum prosesin özel bir sebepten

dolayı düzgün ilerleyemediğine işaretir. Proses üzerinde büyük bir sapma mevcuttur. O gün gerçekleştirilen üretim detaylı bir şekilde incelenmeli ve aksaklığın operatör, makine veya hammadde kaynaklı olup olmadığı araştırılmalıdır.

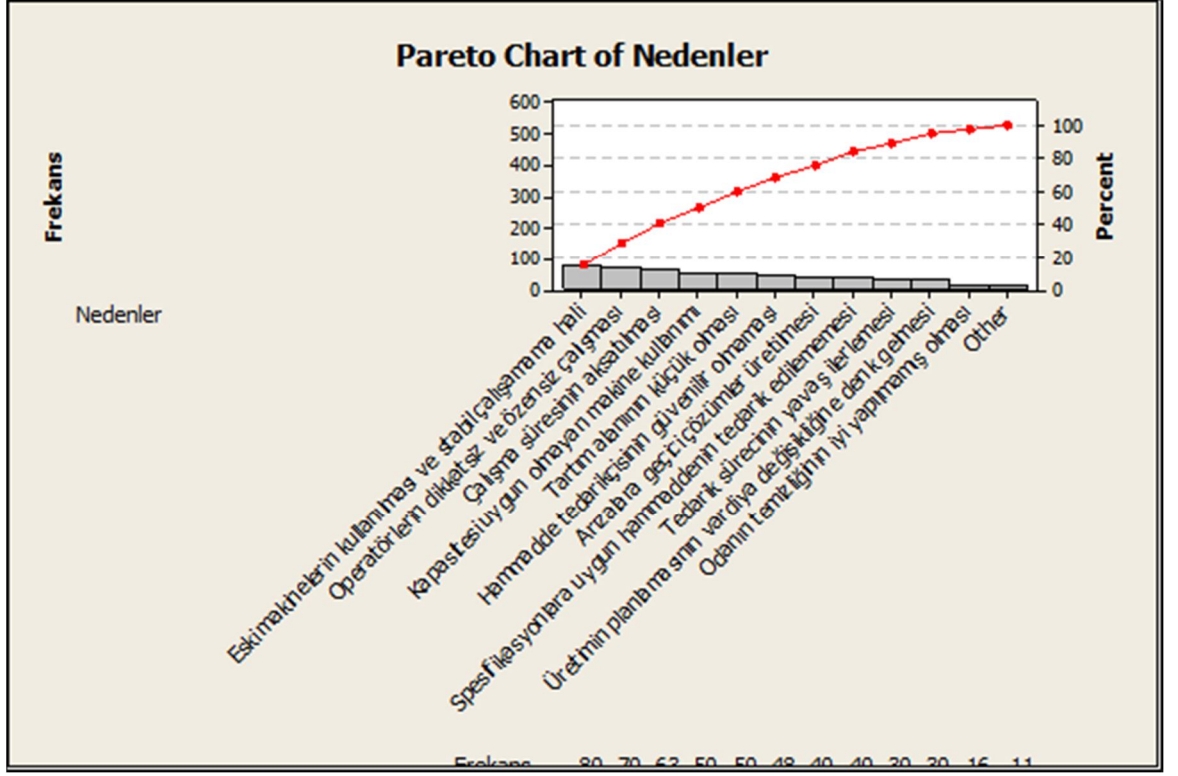
Müşteri ihtiyaçları ışığında devam eden analize göre tedavi olmak amacıyla ilaç satın alan bireylerin talep edecekleri en önemli istek satın aldıkları ürünün kendilerini beklenen sürede tedavi edebilmesidir. Sapmanın mevcut olduğu seriler incelendiğinde ürün ağırlıklarının dalgalı olması ürünlerin, hastalığın bulunduğu bölge ile yeteri kadar etkileşim gösterememesine sebebiyet verebilir. Böyle bir durum ile karşılaşılması hastanın doktorundan ilacını değiştirmesini istemesi ve memnun kalmadığı ürünü üreten firmaya karşı önyargılara sahip olmasına neden olabilir. Bu durumun zincirleme bir reaksiyon göstererek yayılabilme ihtimali veya kitlelerin herhangi bir platform üzerinden haberdar olabilme ihtimali firmanın pazar payında düşüşler görülmesine sebep olabilir.

Ayrıca 10. Seriden sonra gerçekleşen üretimlerde alınan numunelerin grafik üzerindeki salınımı dikkatle incelendiğinde birbirini sırayla takip eden noktaların varlığı gözlenmektedir(Paralel iki kırmızıçizgi). Yoğun rekabet ortamında varlığını sürdüren firmanın ürünlerindeki ağırlık dalgalanmasına bağlı olarak oluşabilecek limit dışı üretimler müşteri gereksinimlerini karşılamayacağı gibi firmanın maliyetlerine de etki edecektir. Grafik üzerinde yer alan verilerin birbirlerine yakın olarak seyretmesi o süre zarfında proses içerisinde meydana gelen aksaklıkların da aynı ya da yakın kaynaklı sebepler olduğunu ortaya koymaktadır.



**Şekil 9.** Aralık Kontrol Grafiği

Aralık kontrol grafiği incelendiğinde ise ilk serilerin üretimi sırasında limit içerisinde ağırlığa sahip olduğundan dolayı uygunluk verilen ürünlerin aslında aynı şarj içerisinde dolum miktarı bakımından büyük farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Minimum ve maksimum değerler arasındaki farkı inceleyen R (Range) grafiği homojenliğin üretim süreci boyunca ne kadar değiştiğini göstermektedir.



**Şekil 10.** Pareto Grafiği

Ortalama değer ve aralık kontrol grafiklerindeki ürün ağırlıklarının limit dışına iten sapmaların sebeplerinin tespit edilmesinde ölçüm aşamasında elde edilen pareto grafiği kullanılmıştır. Üretim tesisinin eski olması, günümüz işletmelerine göre eski teknolojilere sahip ekipmanları bünyesinde bulundurmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle makinelerin üretimler sırasında (kalifikasyonları tam olarak yapılmış ve kontrol ediliyor olmasına rağmen) stabil çalışmama durumunu ortaya çıkarmış ve R grafiğinin oluşmasına sebep olan veriler ile pareto grafiğini doğrular nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. Pareto grafiğini bir örnekle yorumladığımızda dolum makinesinin primer ambalajlama sırasında ayarının bozulması homojen ağırlıkların yer aldığı sonuçların ortaya çıkmasına engel olmaktadır.

Operatörlerin çalışma stillerinden doğacak olan farklılıklar nedeniyle üretim sırasında meydana gelebilecek aksaklıklar, verim kayıplarının değişken bir hal

alması vb. maliyet ve kalite açılarından prosesi sekteye uğratabilecek sebepler ise X-ortalama değer grafiği ve pareto grafiğinin gösterdiği sonuçlar ile uyuşmaktadır.

Operatörlerin vardiyalarının üretimin yoğun olduğu zamanlarda üç, üretimin daha normal bir hal aldığı durumlarda ise iki olarak işletme tarafından planlanmaktadır.

Bu nedenle operatör ayırımının gözetildiği veri toplama işlemine dayalı analiz gerçekleştirilememiştir.

Prosesin hatalı ürün ürettiği, düşük verimle çalıştığı ve sigma kalite düzeyinin de yetersiz olduğu tespit edilmişti. Fakat sürecin yeterli olup olmadığı(yani en kötü senaryo ile kontrol altında tutulmasının da yeterli olabileceği) süreç yeterlilik analizi yöntemiyle incelenmiştir:

$$\sigma = \frac{R}{d_2} = \frac{1,76}{1,693} = 1,039 \quad 6\sigma = 6,24$$

$$UCL - LCL = 79,8623 - 75,00 = 4,8623$$

Kontrol limitleri farkının altı sigma hesabından küçük olması üçüncü durumu işaret etmekte ve proses içerisinde istenmeyen durumların var olduğunu söylemektedir. Sürecin yeteneğiyle ilgilenen katsayılar  $C_p$  ve  $C_{pk}$  şu şekilde hesaplanır:

$$C_p = \frac{UCL - LCL}{6\sigma} = \frac{4,8623}{6,24} = 0,78$$

$$C_{pk} = \frac{\bar{X} - LCL}{3\sigma} = \frac{78,05905 - 75,00}{3,117} = \frac{3,05905}{3,117} = 0,981$$

Elde edilen süreç yeterlilik katsayıları prosesin üçüncü duruma dahil olduğuna işaret etmektedir. Biraz daha açacak olursak,  $C_p$  katsayısı proses içerisinde istenmeyen durumların var olduğunu söylemekte ve kalite düzeyinin yükselmesi için bu sorunların ortadan kaldırılması gerektiğine işaret etmektedir.  $C_{pk}$  katsayısı ise proses içerisinde kaymalar olduğunu belirtmekte ve alt kontrol limitine yakın sonuçların sayıca fazla elde edildiğini söylemektedir.

### **3.8.İyileştirme Basamağı**

İncelenen işletmede üretimin yoğunluğu ve sürece belli seviyede destek verilmesinden dolayı iyileştirme uygulamaları yapılamamış ve bu nedenle yeni proses çıktıları elde edilememiştir.

Ortaya konan araştırma verileri yönetime sunulurken kalite ve üretim departmanlarının dahil olduğu çeşitli projelerin uygulamaya konulması tavsiye edilmiştir.

Hafta başında pazartesi gecesine ek bir vardiya veya mesai saati eklenerek öncelikle kullanılacak ekipmanların düzenli bakım ve kontrollerinin yapılması ile sürece katkısı büyük olan eski ekipmanların daha kararlı bir halde çalışması halinin gerçekleştirilebileceği tavsiye edilmiştir.

Üretimde yer alan operatörlerin, eğitim ve dokümantasyon bölümünün katkısıyla ek eğitimler almalarının sağlanması tavsiye edilmiştir. Bu eğitimin içeriğinde ekipman kullanımı, sorumluluk bilinci, çalışma motivasyonu ve hammaddelerin verimli kullanımı gibi konuların yer alması gerektiği tavsiye edilmiştir.

Ayrılabilir ek bütçe ve tek şarjda aynı operatörün çalışmasının planlanması ile deney tasarımı metodu yardımıyla iyileştirme projeleri uygulamaya konması gerektiği belirtilmiştir.

### **3.9.Kontrol Basamağı**

Üretimde tasarlanan iyileştirmelerin uygulamaya konması ile sistemin optimize edilebilmesi için validasyonların düzenli olarak yürütülmesi gerekmektedir. Analiz başmağında kullanılan kontrol grafiklerinin proseste yapılan iyileştirmeler sonrası elde edilen veriler ile beraber tekrar uygulamaya konması gerekmekte ve aynı şekilde sigma kalite düzeyinin de yeniden hesaplanması gerekmektedir. Bu doğrultuda projenin yürütülmesinde devam kararının çıkması veya yeniden tasarlanması kararlarından herhangi birinin verilebilmesi sağlanarak yapılan iyileştirmelerin sürekliliği sağlanabilmektedir.



## SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile ilaç sektöründe varlığını sürdüren ve piyasada pay sahibi olan bir ilaç firmasında mevcut olan üretim süreci incelenmiştir. Bu işletme regülasyonlar dahilinde üretim yaparak kalite spesifikasyonlarını karşılamasına rağmen, ürettiği ürünlerin şirkete getirdiği ekstra maliyetler nedeniyle istatistiki anlamda iyi ürün üretmek konusunda yetersiz kalmaktadır.

İşletmede 14 seri üretimin yapılması sırasında ortaya çıkan hatalı ürünlerin neden olduğu maliyeti hesaplamamız iyi ürün üretmek konusunu açıklığa kavuşturacaktır: Bir kutu ürünün hammadde ve işçilik maliyeti 2,00 \$ dir. Üretimler sonucu 2.125 kutu hatalı ürün üretilmiştir. 14 seri ürünün üretimi sırasında kaybedilen kaynak miktarı ise 4.215 \$ dir. İşletme mevcut aksaklıkların bulunduğu bu proseste herhangi bir iyileştirme yapmazsa piyasaya ihraç edeceği bir milyon kutu üründe 44.613,80 hata sayısına ulaşacak ve 89.227,60 \$ lık bir kaynağı herhangi bir fayda sağlayamadan tüketmiş olacaktır.

Yukarıdaki basit hesaplama ile sadece bu üründen yaklaşık olarak 90.000 \$/yıl lık emek ve hammadde kaybı yaşanacaktır. Söz konusu işletmenin piyasadaki ruhsatlı ürünlerinin sayısının çift haneli basamaklarda olduğu düşünüldüğünde 3.1σ kalite düzeyinde yapılacak tüm üretimlerde daha büyük maliyetlerin ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır.

Altı Sigma yaklaşımının ilaç sektöründe müşteri gereksinimlerinin karşılanması zorunluluğuna ürünlerin kozmetik olarak iyi durumda olması, tedaviyi kısa sürede gerçekleştirecek şekilde üretimi tamamlanmış olması ve üründe yan etkiye sebebiyet verecek kontaminasyonların bulunmaması hususları örnek verilebilir. Bu beklentileri sağlayabilmek amacıyla etkin şekilde üretim yapabilmek ve bunu sağlarken de maliyetleri minimum seviyeye indirerek yukarıdaki analiz

sonucuna benzer senaryoların ortaya çıkmaması için bu işletme içerisinde çeşitli projelerle Altı Sigma yaklaşımı muhakkak uygulamaya konulmalıdır.

Üretimlerin takibi sırasında gözlemlenmiş olan ekipman kaynaklı aksaklıklar yeni makine yatırımları yapılmadan, teknik bölümde çalışan personel yardımı ile ortadan kaldırılabilir. Ayrıca operatörlere, işletme içerisinde yer alan kalite güvence departmanına bağlı eğitim ve dokümantasyon bölümü tarafından üretimin nasıl iyileştirilebileceği ve hataların nasıl en az seviyeye indirilebileceği konularında eğitimler verilerek üretim esnasında uygulamaları gerçekleştirilebilir. Bu şekilde finansal açıdan firmaya ekstra maliyet oluşturmadan iç kaynaklar yardımı ile mevcut aksaklıkların önüne geçilmesi sağlanabilir. Bahsi geçen öneriler ve nedenler temel alınarak işletmede var olan aksaklıkların çözümünde çeşitli Altı Sigma projelerinin uygulamaya konulmasının daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmış ve yürütülen tez çalışması kapsamında işletme üst yönetime önerilmiştir.

Ülkemizde ilaç sektöründe Altı Sigma yaklaşımının kullanılmasının etkilerinin neler olacağı ve hangi konularda yardımcı olabileceğinin araştırıldığı bu çalışma, gelecekte yapılabilecek potansiyel araştırmalara fikir vermek ve daha da geliştirilip modifiye edilerek uygulanabilecek projelere önayak olabilmek adına ilerletilmeye açıktır.

#### 4.KAYNAKÇA

- Aboelimged, M.G.2011. “Reconstructing Six Sigma Barriers In Manufacturing And Service Organizations.” *International Journal Quality And Reliability Management* 28(5):519-541.
- Antony, J.2007. “In Six Sigma A Management Fad Or Fact?.” *Assembly Automation* 27(1):17-19.
- Antony, F., Antony, F.J., Kumar, M., Ve Cho, B.R.2007.“Six Sigma In Service Organisations” *International Journal Quality And Reliability Management* 24(3):294-311.
- Atmaca,E., Girenes,Ş. 2009. “Literatür Araştırması:Altı Sigma Metodolojisi.” *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi* 14(3):111-126.
- Ayyıldız, H., Özkan, K.2011. “Türkiye İlaç Endüstri Satış Tahmini Araştırması.” *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İibf Dergisi* 6(1):71-102.
- Banuelas, R., Antony, J., Ve Brace, M.2005. “An Application Of Six Sigma To Reduce Waste.” *Quality And Reliability Engineering International* 21:553-570.
- Banuels, R.C., Antony, F.2002. “Critical Success Factors For The Implementaion Of Six Sigma Projects.” *The Tqm Magazine* 14(2):92-99.
- Banuelas R.C., Antony, J.2001.“A Strategy For Survival.” *Manufacturing Engineer* 119-121.
- Behara, R.S., Fontenot, G.F.1994. “Customer Satisfaction Measurement And Analysis Using Six Sigma.” *International Journal Quality And Reliability Management* 12(3):9-18.
- Black, K., Revere, L.2006.“Six Sigma Aries from the Ashes Of TQM With A Twist.” *International Journal Of Health Care Quality Assurance* 19(3):259-266.
- Brady,J.E., Allen,T.T.2006.“Six Sigma Literature:A Review An Agenda For Future Research.” *Quality And Reliability Engineering International* 22:335-367.
- Breyfogle, F.W.2003.*Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods*.Canada: John Wiley&Sons.
- Carleysmith, S.W., Dufton, A.M., Ve Altria, K.D.2009. “Implementing Lean Sigma In Pharmaceuticals Research And Developmant: A Review By Practitioners.” *R&D Management Journal* 39(1):95-106.
- Crosby,P.B.1979.*Quality Is Free*.New York:Mc Graw-Hill.
- De Feo, J.A., Bar-El, Z.2002. “Creating Strategic Change More Efficiently With A New Design For Six Sigma Process.” *Journal Of Change Management* 3(1):60-80.

- Doğan, S., Demiral, Ö.2008.“Yalın Yöntemler Ve Altı Sigmayı İçeren Bütünleşik Bir Yaklaşım:Yalın Altı Sigma.” *İktisadi İdari Bilimler Dergisi* 22(1):343-366.
- Eckes, G.2003.*Six Sigma For Everyone*.Canada:John Wiley&Sons, Inc.
- Falcon, R.G., Alanso, D.V., Fernandez, L.M., ve Lombard, L.P.2012.“Improving Energy Efficiency In A Naphtha Reforming Plant Using Six Sigma Methodology.” *Fuel Processing Technology* 103:110-116.
- Goh, T.N., Xie, M.2004.“Improving On The Six Sigma Paradigm.” *The TQM Magazine* 16(4):235-240.
- Goh, T.N.2011. “Six Sigma In Industry: Some Observations After Twenty-Five Years.” *Quality And Reliability Engineering International* 27:221-227.
- Guerrero, Carlos ve Ernesto Davila; 2001, The Six Sigma Strategy A Presentation To Upper Management, A Project Presented to Faculty of Califrnoia State University Dominguez Hills, Fall.
- Gürsakal, N.2005.*Altı Sigma Müşteri Odaklı Yönetim*.İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım.
- Hahn, G.J.2005. “Six Sigma:20 Key Lessons Learned” *Quality And Reliability Engineering International* 21:225-233.
- Hahn, G.J., Doganaksoy, N., ve Hoerl R.2000.“The Evolution Of Six Sigma.” *Quality Engineering* 12(3):317-326.
- Ho, Y.C., Chang, O.C., Ve Wang, W.B.2008. “An Empirical Study Of Key Factors For Six Sigma Gren Belts Projects At An Asian Mro Company.” *Journal Of Air Transport Management* 14:263-269.
- Hoerl, Roger.W. 2001“Six Sigma Black Belts:What Do you They Need To Know?.” *Journal Of Quality Technology* 33(4):391-406.
- Ingle, S., Roe, W.2001. “Six Sigma Black Belt Implementation.”*The TQM Magazine* 13(4):273-280.
- Işığışok, Erhan.2007. “Mükemmelliğe Giden Yolda Altı Sigma Töaik (DMAIC) Modeli.”

8. Türkiye Ekonometri Ve İstatistik Kongresi, Malatya, 24-25 Mayıs 2007.

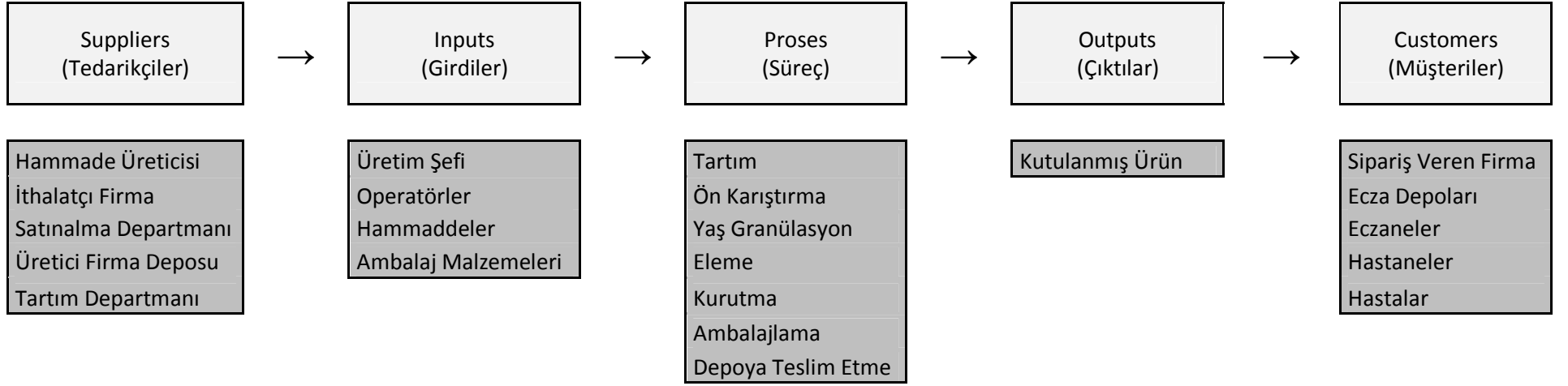
İhracat Genel Müdürlüğü Kimya Ürünleri Ve Özel İhracat Daire Başkanlığı.2012.İlaç Ve Eczacılık Ürünleri Sektörü. Erişim Tarihi: Şubat 2013. [http://ww.ibp.gov.tr/pg/sektorpdf/sanayi/ilac\\_eczacilik\\_2012.pdf](http://ww.ibp.gov.tr/pg/sektorpdf/sanayi/ilac_eczacilik_2012.pdf).

Koch, Patrick.N., Wujek Brett., Golovidov, Oleg., Ve Simpson, Timothy.2002. “Facilitating Probabilistic Multidisciplinary Design Optimization Using Kriging Approximation Models.”s9th Aiaaa/Issmo Symposium On Multidisciplinary Analysis And Optimization,Georgia, 4- 5 Eylül 2002.

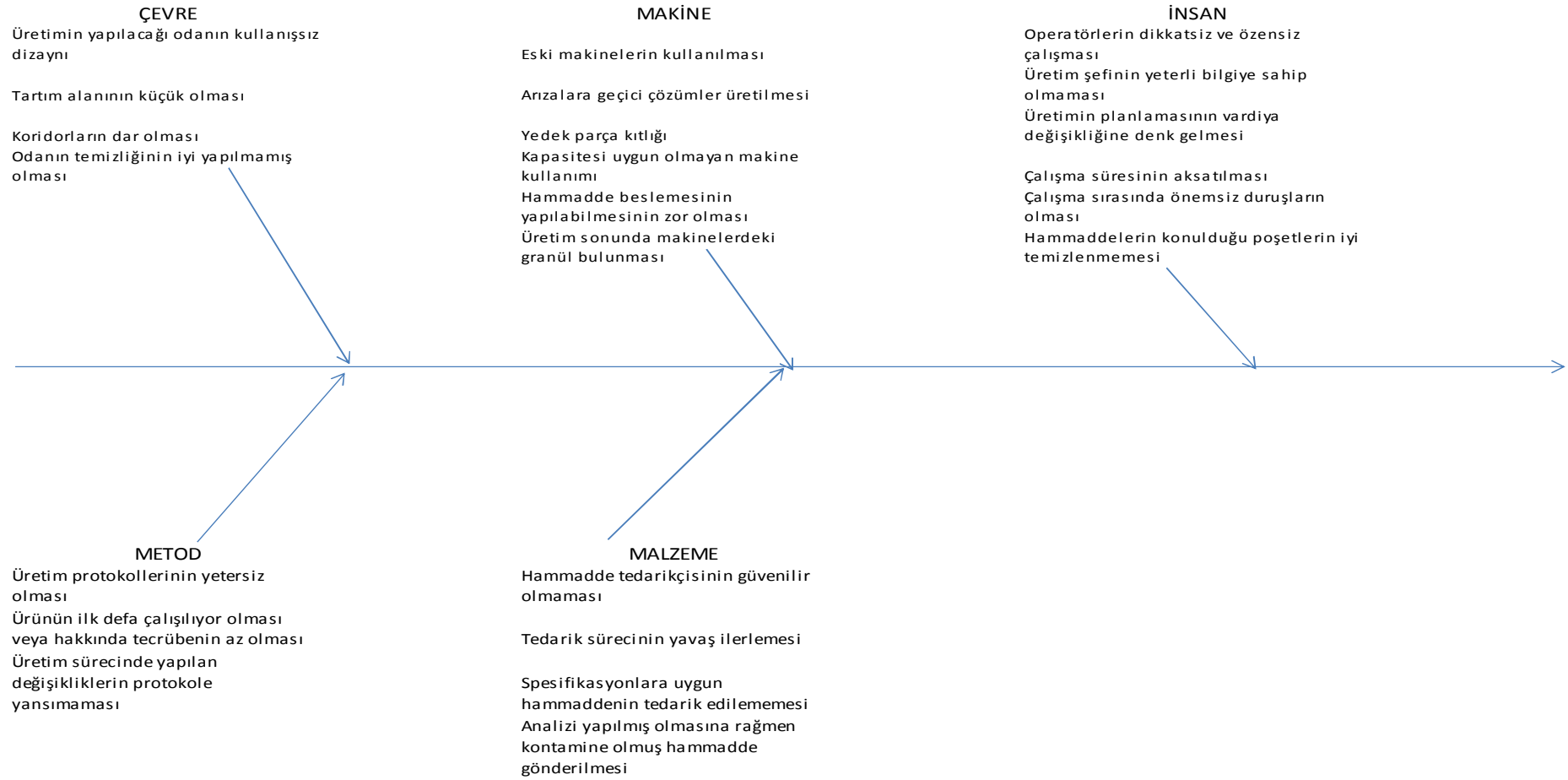
- Kumar, M., Antony, J., Antony, F.J., Ve Madu, N.2007. "Winning Customer Loyalty In An Automotive Company Through Six Sigma: A Case Study." *Quality And Reliability Engineering International* 23:849-866.
- Kumar, S., Sosnoski, M.2009. "Reflective Practice Using DMAIC Six Sigma To Systematically Improve Shopfloor Production Quality And Costs." *International Journal of Productivity And Performance Management* 58(3):254-273.
- Kwak, H.Y., Anbari, F.T.2006. "Benefits, Obstacles, And Future Of Six Sigma Approach." *Technovation* 26:708-715.
- Leung, I. 2008. "Application of Lean Six Sigma: A Practitioner's Reflections." Pda.org. Erişim Tarihi: Nisan 2013. <http://www.pda.org/Chapters/Asia-Pacific/Australia/Presentations/Application-of-Lean-Sigma-.aspx>
- Linderaman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S., Ve Choo, A.S.2003."Six Sigma:A Goal-Theoretic Perspective." *Journal Of Operations Management* 21:193-203.
- Linderaman, K., Schroeder, Liedtke, C., Ve Choo, A.S.2008."Six Sigma: Definition And Underlying Theory." *Journal Of Operations Management* 26:536-554.
- Lokkerbol, J., Mast, J.2012. "An Analysis Of The Six Sigma Dmaic Method From The Perspective Of Problem Solving." *Int.J.Production Economics* 139: 604-614.
- Mader, D.M.2002."Design For Six Sigma." *Frontiers Of Quality* 82-84.
- Miguel, P.A.C., Andrietta, J.M.2009."Benchmarking Six Sigma Application In Brazil." *Benchmarking:An International Journal* 16(1):124-134.
- Montgomery, D.C., Woodall, W.H.2008. "An Overview Of Six Sigma." *International Statistical Review* 76(3):329-346.
- Pan, Z., Ryu, H., Ve Baik, J.2007."A Case Study:Crm Adoption Success Factor Analysis And Six Sigma DMAIC Application." *IEEE Computer Society* 51:828-835.
- Pande, P., Neuman, R., ve Cavanagh, R.2000.*The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*.New York:McGraw-Hill.
- Pande, P., Holpp.2002.*What Is Six Sigma?*. New York: McGraw-Hill.
- Patır, S.2008."Kalite Anlayışında Altı Sigma Yaklaşımı." *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi* 7(24):63-83.
- Pfizer: Right First Time, Twice. 2013. *Pharmamanufacturing.com* Erişim Tarihi: Nisan 2013. <http://www.pharmamanufacturing.com/articles/2005/247.html>

- Pokharkar, D., Jadhav, V., Gholve, S., ve Kadam, V.2010. "Six Sigma: Golden Opportunity For Pharmaceutical Industry." *International Journal Of PharmaTech Research* 2(2):1160-1164.
- Sanders, D., Hild, C.2000. "A Discussion Of Strategies For Six Sigma Implementation ." *Quality Engineering* 12(3):303-309.
- Schroeder, R., ve Harry, M. P.2006. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York. Crown Publishing Group.
- Six Sigma Awareness 'Let's Rejuvenate By Roger Lee,Etalk.2005.tmcnet.com.Erişim Tarihi: Nisan 2013. <http://www.tmcnet.com/call-center/0205/Six-Sigma-Awareness-Lets-Rejuvenate.htm>
- Strückrath,I., 2010. "Six Sigma And The Road To Success." *World Pharmaceuticals Frontiers*.80-83.
- Summers, D.C. 2010. *Lean Six Sigma*. New York. Prantice Hall.
- Rohin, R., Mallikarjun, J.2011."Six Sigma:Improving The Quality Of Opreation Theatre." *Procedia Social And Behavioral Sciences* 25:273-280.
- Tang,L.C., Goh, T.N., Lam,S.W., Ve Zang, C.W.2007. "Fortification Of Six Sigma:Expanding The Dmaic Toolset." *Quality And Reliability Engineering International* 23:3-18.
- Tata, R.M., Jones, G.D.2011. "Six Sigma Culture As A Management Principle." *Gsabc Journal Of Blood Services* 51:1604-1608.
- Walters, L.2005."Six Sigma:Is It Really Different?." *Quality And Reliability Engineering International* 21:221-224.
- Wang, H.2009. "A Review Of Six Sigma Approach:Methodology Implementation And Future Research." *IEEE Xplore* 1-4.
- Yüksel, H.2012."Hizmet Sektöründe Altı Sigma Uygulamaları: Literatür Araştırması." *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 27: 327-338.
- Zhang, W., Xi, X.2008. "Six Sigma And Information Systems Project Management:A Revised Theoretical Model." *Project Management Journal* 39(3):59-74.

## EK-1 SIPOC DİYAGRAMI



## EK-2 BALIK KILÇIĞI DİYAGRAMI





### EK-3 ÜRETİM VERİM KAYITLARI

ÜRETİM NO	TEORİK ÇIKTI(KUTU)	PROSES ÇIKTISI(KUTU)	TEORİK GİRDİ(HAMMADDE)	PROSES ÇIKTI(HAMMADDE)
1	3.600	3381	270 kg	269,334 kg
2	3.600	3351	270 kg	267,908 kg
3	3.600	3353	270 kg	267,976 kg
4	3.600	3373	270 kg	269,593 kg
5	3.600	3413	270 kg	267,302 kg
6	3.600	3388	270 kg	267,310 kg
7	3.600	3413	270 kg	267,310 kg
8	3.600	3430	270 kg	267,310 kg
9	3.600	3413	270 kg	267,814 kg
10	3.600	3403	270 kg	267,304 kg
11	3.600	3441	270 kg	269,530 kg
12	3.600	3413	270 kg	267,460 kg
13	3.600	3450	270 kg	268,094 kg
14	3.600	3409	270 kg	267,300 kg

## EK-4 PARETO DİYAGRAMI AKSAKLIK VERİLERİ

NEDENLER	ÖNEM	FREKANS	TOPLAM
Üretimin yapılacağı odanın kullanışsız dizaynı	4	0	0
Tartım alanının küçük olması	5	10	50
Koridorların dar olması	4	4	16
Odanın temizliğinin iyi yapılmamış olması	8	2	16
Eski makinelerin kullanılması ve stabil çalışmama hali	10	8	80
Arzalara geçici çözümler üretilmesi	8	5	40
Yedek parça kıtlığı	5	1	5
Kapasitesi uygun olmayan makine kullanımı	5	10	50
Operatörlerin dikkatsiz ve özensiz çalışması	10	7	70
Üretim şefinin yeterli bilgiye sahip olmaması	4	1	4
Üretimin planlamasının vardiya değişikliğine denk gelmesi	6	5	30
Çalışma süresinin aksatılması	9	7	63
Üretim protokollerinin yetersiz olması	6	1	6
Ürünün ilk defa çalışıyor olması veya hakkında tecrübenin az olması	3	0	0
Üretim sürecinde yapılan değişikliklerin protokole yansımaması	4	0	0
Hammadde tedarikçisinin güvenilir olmaması	8	6	48
Tedarik sürecinin yavaş ilerlemesi	5	6	30
Spesifikasyonlara uygun hammaddenin tedarik edilememesi	10	4	40
Analizi yapılmış olmasına rağmen kontamine olmuş hammadde gönderilmesi	10	0	0

## EK-5 ÜRETİM ÇIKTILARI

Üretim No	Üretim Tarihi	Zaman(Saat)	x(n=3)			$\bar{x}$	R
1	07.02.2013	4,05	78,25	79,28	80,00	79,18	1,75
	07.02.2013	10,30	79,14	79,30	80,00	79,48	0,86
2	07.02.2013	11,10	80,00	78,13	79,14	79,09	1,87
	07.02.2013	13,40	79,59	76,00	79,76	78,45	3,76
3	07.02.2013	14,45	80,42	80,00	79,90	80,11	0,52
	07.02.2013	16,10	80,00	78,13	79,82	79,32	1,87
4	07.02.2013	17,00	80,40	79,62	79,24	79,75	1,16
	07.02.2013	18,30	79,12	80,73	79,44	79,76	1,61
5	26.03.2013	10,30	79,94	77,76	76,54	78,08	3,40
	26.03.2013	11,45	78,26	76,57	77,15	77,33	1,69
6	26.03.2013	14,30	77,24	76,06	77,27	76,86	1,21
	26.03.2013	15,30	78,12	77,64	76,84	77,53	1,28
7	27.03.2013	9,15	76,87	78,71	79,15	78,24	2,28
	27.03.2013	10,30	77,58	78,34	79,12	78,35	1,54
8	27.03.2013	11,30	76,37	77,07	77,40	76,95	1,03
	27.03.2013	13,43	76,57	77,19	78,15	77,30	1,58
9	27.03.2013	15,15	78,60	76,86	77,76	77,74	1,74
	27.03.2013	16,20	76,76	78,19	77,86	77,60	1,43
10	28.03.2013	8,30	79,03	77,21	78,76	78,33	1,82
	28.03.2013	10,15	78,61	77,41	76,57	77,53	2,04
11	28.03.2013	10,45	77,85	78,68	77,05	77,86	1,63
	28.03.2013	11,45	77,65	76,98	77,20	77,28	0,67
12	28.03.2013	14,00	78,76	77,14	76,82	77,57	1,94
	28.03.2013	15,35	76,00	76,70	77,84	76,85	1,84
13	28.03.2013	16,00	76,05	78,07	77,16	77,09	2,02
	28.03.2013	17,00	76,20	78,51	78,20	77,64	2,31
14	29.03.2013	9,15	77,12	76,46	78,15	77,24	1,69
	29.03.2013	11,00	77,21	78,51	75,71	77,14	2,80

## EK-6 ALTI SİGMA DÖNÜŞÜM TABLOSU

Defects per 100	Defects per 10,000	Defects per 1,000,000	Success rate	Sigma Value
93	9,330	933,000	7%	0.0
92	9,190	919,000	8%	0.1
90	9,030	903,000	10%	0.2
88	8,850	885,000	12%	0.3
86	8,640	864,000	14%	0.4
84	8,410	841,000	16%	0.5
82	8,160	816,000	18%	0.6
79	7,880	788,000	21%	0.7
76	7,580	758,000	24%	0.8
73	7,260	726,000	27%	0.9
69	6,910	691,000	31%	1.0
66	6,550	655,000	34%	1.1
62	6,180	618,000	38%	1.2
58	5,790	579,000	42%	1.3
54	5,400	540,000	46%	1.4
50	5,000	500,000	50%	1.5
46	4,600	460,000	54.0%	1.6
42	4,210	421,000	57.9%	1.7
38	3,820	382,000	61.8%	1.8
34	3,450	345,000	65.5%	1.9
31	3,090	309,000	69.1%	2.0
27	2,740	274,000	72.6%	2.1
24	2,420	242,000	75.8%	2.2
21	2,120	212,000	78.8%	2.3
18	1,840	184,000	81.6%	2.4
16	1,590	159,000	84.1%	2.5
14	1,360	136,000	86.4%	2.6
12	1,150	115,000	88.5%	2.7
10	968	96,800	90.32%	2.8
8	808	80,800	91.92%	2.9
7	668	66,800	93.32%	3.0
6	548	54,800	94.52%	3.1
5	446	44,600	95.54%	3.2
4	359	35,900	96.41%	3.3
3	287	28,700	97.13%	3.4
2	228	22,800	97.72%	3.5
2	179	17,900	98.21%	3.6
1	139	13,900	98.61%	3.7
1	107	10,700	98.93%	3.8
1	82	8,200	99.18%	3.9
1	62	6,210	99.379%	4.0
	47	4,660	99.534%	4.1
	35	3,470	99.653%	4.2
	26	2,560	99.744%	4.3

	19	1,870	99.813%	4.4
	14	1,350	99.865%	4.5
	10	968	99.903%	4.6
	7	687	99.931%	4.7
	5	483	99.952%	4.8
	3	337	99.966%	4.9
	2	233	99.9767%	5.0
	2	159	99.9841%	5.1
	1	108	99.9892%	5.2
	1	72	99.9928%	5.3
		48	99.9952%	5.4
		32	99.9968%	5.5
		21	99.9979%	5.6
		13	99.9987%	5.7
		9	99.9991%	5.8
		5	99.9995%	5.9
		3.4	99.99966%	6.0

([http://www.eurosixsigma.com/sixsigma/sigma\\_table.htm](http://www.eurosixsigma.com/sixsigma/sigma_table.htm))

## EK-7 3 $\sigma$ KONTROL LİMİTLERİ

Observations in Sample (n)	A	A <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	c <sub>4</sub>
2	2.121	1.880	0	3.686	0	3.267	2.659	0	3.267	1.128	0.7979
3	1.732	1.023	0	4.358	0	2.574	1.954	0	2.568	1.693	0.8862
4	1.500	0.729	0	4.698	0	2.282	1.628	0	2.266	2.059	0.9213
5	1.342	0.577	0	4.918	0	2.114	1.427	0	2.089	2.326	0.9400
6	1.225	0.483	0	5.078	0	2.004	1.287	0.030	1.970	2.534	0.9515
7	1.134	0.419	0.204	5.204	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	2.704	0.9594
8	1.061	0.373	0.388	5.306	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	2.847	0.9650
9	1.000	0.337	0.547	5.393	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761	2.970	0.9693
10	0.949	0.308	0.687	5.469	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716	3.078	0.9727
11	0.905	0.285	0.811	5.535	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679	3.173	0.9754
12	0.866	0.266	0.922	5.594	0.283	1.717	0.886	0.354	1.646	3.258	0.9776
13	0.832	0.249	1.025	5.647	0.307	1.693	0.850	0.382	1.618	3.336	0.9794
14	0.802	0.235	1.118	5.696	0.328	1.672	0.817	0.406	1.594	3.407	0.9810
15	0.775	0.223	1.203	5.741	0.347	1.653	0.789	0.428	1.572	3.472	0.9823
16	0.750	0.212	1.282	5.782	0.363	1.637	0.763	0.448	1.552	3.532	0.9835
17	0.728	0.203	1.356	5.820	0.378	1.622	0.739	0.466	1.534	3.588	0.9845
18	0.0707	0.194	1.424	5.856	0.391	1.608	0.718	0.482	1.518	3.640	0.9854
19	0.688	0.187	1.487	5.891	0.403	1.597	0.698	0.497	1.503	3.689	0.9862
20	0.671	0.180	1.549	5.921	0.415	1.585	0.680	0.510	1.490	3.735	0.9869
21	0.655	0.173	1.605	5.951	0.425	1.575	0.663	0.523	1.477	3.778	0.9876
22	0.640	0.167	1.659	5.979	0.434	1.566	0.647	0.534	1.466	3.819	0.9882
23	0.626	0.162	1.710	6.006	0.443	1.557	0.633	0.545	1.455	3.858	0.9887
24	0.612	0.157	1.759	6.031	0.451	1.548	0.619	0.555	1.445	3.895	0.9892
25	0.600	0.153	1.806	6.056	0.459	1.541	0.606	0.565	1.435	3.931	0.9896

([http://www.micquality.com/reference\\_tables/](http://www.micquality.com/reference_tables/))