

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALIN ALTI SİGMA VE BİR UYGULAMA

Engin ÇAKIR

Danışman

Doç.Dr. Onur ÖZVERİ

2011

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALIN ALTI SİGMA VE BİR UYGULAMA

Engin ÇAKIR

Danışman

Doç.Dr. Onur ÖZVERİ

2011

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama**” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

..../..../.....

Engin ÇAKIR

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama

Engin ÇAKIR

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Yönetim Bilimi Programı

Günümüzde hem üretim sektöründe hem de hizmet sektöründe birçok organizasyon kalitenin önemini kavramışlardır. Bu nedenle süreçlerini iyileştirmek için farklı stratejileri ve yenilikleri uygulamaya çalışmaktadırlar. Japon firmalarının kalite çalışmaları ile üretim ve hizmet sektörlerinde öncü konuma gelmeleri, özellikle Amerikan firmalarını Japon firmalarıyla rekabet edebilmek için kalite iyileştirme çalışmalarına önem vermek zorunda bırakmıştır.

Bu bağlamda müşterinin beklentilerine cevap verebilen Altı Sigma yöntemi, bir Amerikan şirketi olan Motorola'nın liderliğinde, bir anda tüm dünyanın dikkatini çekmeye başlamıştır. 2000'li yıllardan itibaren, Altı Sigma teknikleri ile eş zamanlı olarak Yalın Üretim tekniklerinin de kullanıldığı "Yalın Altı Sigma" kavramı ortaya çıkmıştır. Bu durum daha ileri iyileştirme tekniklerinin de var olabileceğini kanıtlamıştır.

Yalın Altı Sigma müşteriye odak noktasına koyarak, maliyetleri ve israfı azaltmayı, verimliliği arttırmayı ve kaliteli mal üretip bunu sürdürmeyi amaçlayan bir yönetim felsefesidir. Bunun için kullanılan teknikler, süreç iyileştirmesi sağlamanın yanında, müşterinin ödemek istemediği katma değersiz zamanların yok edilmesini de amaçlamaktadır.

Bu çalışmada ilk olarak Yalın Altı Sigma yöntemi genel hatlarıyla anlatılmış, ardından çalışmanın son bölümünde jant üretim firmasında yapılan

bir Yalın Altı Sigma uygulamasına yer verilmiştir. Uygulama üretimde en çok kaybın meydana geldiği kasnak bölümünde yapılmıştır. Uygulamada kasnak bölümünde meydana gelen aksaklıklarla ilgili, müşterinin sesi analizi de dikkate alınarak, çözüm yolları araştırılmıştır. Uygulamanın sonunda, kasnak üretim sürecinde meydana gelen hurda sayılarında azalma sağlanırken, aynı zamanda yalın uygulamalar ile de israfın önüne geçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalın Altı Sigma Yaklaşımı, Yalın Altı Sigma Teknikleri, Yalın Altı Sigma DMAIC Yöntemi, Yalın Üretim

ABSTRACT

Master's Thesis

Lean Six Sigma and An Implementation

Engin ÇAKIR

**Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Business Administration
Management Science Program**

Nowadays, many organizations understand the importance of quality in both manufacturing and service sector, because of that they are trying to implement different strategies and innovations for improve their own processes. Become the leading of Japanese companies in manufacturing and service sectors with the quality activities, especially the enforcement of Japanese companies, to obligate American companies giving importance to quality improvement activities for competition.

Leading of Motorola, is one of the American companies, Six Sigma Method, satisfies the customer expectations, became to point out whole World. Since the 2000s, “Lean Six Sigma” notion which is Lean Production techniques use simultaneously with Six Sigma techniques, have been existing. This situation proves that there might be the better innovation techniques.

Lean Six Sigma which focuses to the customers, is a management philosophy that purpose decreasing costs and wastes also increasing the productivity and continue producing high quality goods, so the techniques used purpose, beside the process improvement, that decreasing non-value times which customers do not want to pay.

At the beginning of this study, the Lean Six Sigma method is described in general terms and in the last part, a Lean Six Sigma implementation, has implemented in a wheel manufacturing company, is presented. This study has

been implemented in the pulley section where lots of fault is occurred. In this implementation, to try to find out the solutions for the problems with taking into account voice of customer analys, in the pulley section. At the end of this implementation, the number of scraps in the pulley production process decreased, also the waste, is occurred in production process, has been prevented with lean implementations.

Key Words: Lean Six Sigma Approach, Lean Six Sigma Techniques, Lean Six Sigma DMAIC Methodology, Lean Production

YALIN ALTI SİGMA VE BİR UYGULAMA

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
EKLER	xvii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM KAVRAMI

1.1. YALIN ÜRETİM TANIMI	2
1.2. YALIN ÜRETİMİN GELİŞİMİ	9
1.3. YALIN ÜRETİMİN İLKELERİ.....	12
1.3.1. Değerin Tanımlanması.....	13
1.3.2. Değer Akımının Tanımlanması	14
1.3.3. Değerin Akış Haline Dönüştürülmesi.....	17
1.3.4. Çekme Sisteminin Oluşturulması.....	17
1.3.5. Mükemmelliğe Yönelim	19
1.4. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ	19
1.4.2. Tam Zamanında Üretim.....	19
1.4.3. Kanban Sistemi.....	22
1.4.4. Kaizen	25
1.4.5. Toplam Verimli Bakım	25
1.4.6. Bir Dakikada Kalıp Değiştirme – SMED	26
1.4.7. Poka – Yoke	28

1.4.8.	Jidoka	29
1.4.9.	5S	30

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA

2.1.	ALTI SİGMA KAVRAMI	33
2.2.	ALTI SİGMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ	41
2.3.	ALTI SİGMA'DA ROLLER VE SORUMLULUKLAR	44
2.3.1.	Üst Kalite Konseyi.....	46
2.3.2.	Şampiyon	46
2.3.3.	Uzman Kara Kuşak.....	47
2.3.4.	Kara Kuşak	49
2.3.5.	Yeşil Kuşak	50
2.4.	ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME MODELİ VE AŞAMALARI.....	52
2.4.1.	Tanımlama (Define) Aşaması	55
2.4.2.	Ölçme (Measure) Aşaması.....	57
2.4.3.	Analiz (Analyse) Aşaması	59
2.4.4.	İyileştirme (Improvement) Aşaması.....	60
2.4.5.	Kontrol (Control) Aşaması.....	61

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YALIN ALTI SİGMA

3.1.	YALIN ALTI SİGMA KAVRAMI	63
3.2.	YALIN ALTI SİGMA'NIN GELİŞİMİ.....	67
3.3.	YALIN ÜRETİM İLE ALTI SİGMANIN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ	69
3.4.	YALIN ALTI SİGMA DMAIC MODELİ VE ARAÇLARI	72
3.4.1.	Yalın Altı Sigma Tanımlama Aşaması	74
3.4.1.1.	Projenin Seçilmesi	75
3.4.1.2.	Proje Beyanı	77
3.4.1.3.	SIPOC	79

3.4.1.4.	Müşterinin Sesi (VOC)	80
3.4.1.5.	Değer Akışı	83
3.4.2.	Yalın Altı Sigma Ölçme Aşaması	84
3.4.2.1.	Veri Toplama Planı	86
3.4.2.2.	Ölçüm Sistemi Analizi	87
3.4.2.3.	Pareto Şeması	89
3.4.2.4.	Kontrol Grafikleri	90
3.4.2.5.	Histogram	92
3.4.3.	Yalın Altı Sigma Analiz Aşaması	92
3.4.3.1.	Detaylı Süreç Analizi	94
3.4.3.2.	Sebep - Sonuç Analizi (S & S Analizi)	95
3.4.3.3.	Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)	97
3.4.3.4.	Hipotez Testleri	99
3.4.3.5.	Korelasyon Analizi	100
3.4.3.6.	Çoklu Değişken Analizi	102
3.4.3.7.	Çoklu Regresyon Analizi	103
3.4.4.	Yalın Altı Sigma İyileştirme Aşaması	104
3.4.4.1.	Deney Tasarımı	105
3.4.4.2.	Varyans Analizi (ANOVA Testi)	110
3.4.4.3.	İkili Lojistik Regresyon	111
3.4.4.4.	Cevap Yüzeyi Yöntemi	112
3.4.5.	Yalın Altı Sigma Kontrol Aşaması	113
3.4.5.1.	Standardizasyon	115
3.4.5.2.	İstatistiksel Proses Kontrol	117
3.4.5.3.	Kontrol Grafikleri ve Önce - Sonra Analizi	119

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

4.1.	A FİRMASI HAKKINDA GENEL BİLGİLER	121
4.1.1.	Firmanın Tanıtılması	121
4.1.2.	Ürünlerin Tanıtılması	121

4.2.	UYGULAMANIN AMACI.....	123
4.3.	UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	123
4.3.1.	Tanımlama Aşaması	124
4.3.2.	Ölçme Aşaması.....	132
4.3.3.	Analiz Aşaması.....	139
4.3.4.	İyileştirme Aşaması	146
4.3.5.	Kontrol Aşaması.....	154
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		161
KAYNAKLAR.....		167
EKLER.....		183

KISALTMALAR VE SİMGELER

KISALTMALAR

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ASL	Alt Spesifikasyon Limiti
C/T	Çevrim Süresi
COPIs	Customer Output Process Input Supplier (Müşteri – Çıktı - Süreç - Girdi – Tedarikçi)
CTQ	Critical To Quality (Kritik Kalite Karakteristikleri)
DET	Hatanın Saptanabilirliği
DMAIC	Define – Measure – Analyse – Improve – Control (Tanımlama – Ölçme- Analiz – İyileştir- Kontrol)
DOE	Deney Tasarımı
DPMO	Defects Per Million Opportunities (Milyon Olasılıkta Hata Sayısı)
FMEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
İPK	İstatistiksel Proses Kontrol
JIT	Just In Time (Tam Zamanında Üretim)
MRP	Malzeme İhtiyaç Planlaması
OCC	Hata Olasılığı
PPM	Parts Per Million
RPN	Risk Öncelik Değeri
RSM	Response Surface Methodology (Cevap Yüzeyi Yöntemi)
S & S	SebeP – Sonuç
SEV	Etkinin Önem Derecesi
SIPOC	Supplier Input Process Output Customer (Tedarikçi – Girdi – Süreç – Çıktı – Müşteri)
SMED	Single Minute Exchange of Dies (Tek Dakikalık Kalıp Değıştirme)
SOP	Standart İş Prosedürü
TPM	Total Productive Maintenance (Toplam Verimli Bakım – TVB)
ÜSL	Üst Spesifikasyon Limiti
VOC	Voice of Customer (Müşterinin Sesi)
VSM	Value Stream Mapping (Değer Akış Haritalama)

SİMGELER

σ	Standart Sapma
C_p	Süreç Yeterlilik İndeksi
H_0	Boş Hipotez
H_1	Alternatif Hipotez

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Sigma Dönüşüm Tablosu.....	37
Tablo 2. Hata Oranlarının Gerçek Hayata Yansıması.....	41
Tablo 3. Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar	45
Tablo 4. Uzman Kara Kuşak Eğitim Süreci	49
Tablo 5. Altı Sigma'nın Temel Adımları ve Yapılacak İşler	53
Tablo 6. Süreç Değişkenleri	54
Tablo 7. Yalın Üretim ile Altı Sigma arasındaki farklılıklar.....	70
Tablo 8. Altı Sigma ve Yalın Üretim İlkeleri	71
Tablo 9. Ayrıntılı Proje Beyanı.....	78
Tablo 10. Kano Modeli için Değerlendirme Tablosu	82
Tablo 11. Veri Toplama Planı Örneği.....	87
Tablo 12. Uygun Analiz Tekniğinin Seçilmesi	93
Tablo 13. S & S Matrisi.....	95
Tablo 14. Çoklu Değişken Analiz Yöntemleri	103
Tablo 15. Müşterileri İstekleri için Kategoriler	125
Tablo 16. AHP Değerlendirme Ölçeği.....	126
Tablo 17. Müşteri İstekleri için İkili Karşılaştırma Matrisi.....	126
Tablo 18. Göreceli Önem Dereceleri	127
Tablo 19. Proje Beyanı	128
Tablo 20. Ölçüm Sistemi Analizi (Nitel Gage R&R)	134
Tablo 21. İyileştirme Öncesi Sigma Hesaplama Tablosu	135
Tablo 22. Proses Çevrim Verimliliği	137
Tablo 23. Setup Süreleri.....	146
Tablo 24. Deney Tasarımı Veri Toplama.....	147
Tablo 25. Faktörlere göre DPMO	148
Tablo 26. İki Yönlü ANOVA Çıktıları	149
Tablo 27. Operatör Karşılaştırma Tablosu	152
Tablo 28. Yıl Bazında Kalibre Hataları.....	156
Tablo 29. Ki-kare Testi	157
Tablo 30. İyileştirme Sonra Sigma Seviyeleri.....	157
Tablo 31. Mevcut Durum ile Gelecek Durumun Karşılaştırılması.....	160

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Taiichi Ohno'nun Yedi İsrafi	4
Şekil 2. Maliyet Azaltma Hedefi	7
Şekil 3. Yalın Üretim Başarı Faktörleri	8
Şekil 4. Yalın Üretim Zaman İçerisinde Gelişimi	10
Şekil 5. Yalın Düşüncenin Beş Temel İlkesi	12
Şekil 6. Değer Çemberi	13
Şekil 7. Değer Kavramının Şekilsel Gösterimi	14
Şekil 8. Değer Akışı Haritalama Örneği	15
Şekil 9. Temel olarak itme ve çekme sistemlerinin farkı	18
Şekil 10. Kanban Kart Örneği	23
Şekil 11. Kısmi Kanban Sistemi	24
Şekil 12. Sigma Ölçeği	36
Şekil 13. Ortalama ($\mu=0$) ve Standart Sapma ($\sigma=1$) ile Normal Dağılım	38
Şekil 14. 1.5 Sigma Kaymalı Normal Dağılım Eğrisi.	39
Şekil 15. 1,5 σ Sigma Düzeyine Göre Milyon Başına Hata ve Yüzde	39
Şekil 16. Süreç Sigma Seviyesi ile Kusur Sayısı İlişkisi	40
Şekil 17. Altı Sigma Organizasyonundaki Roller	45
Şekil 18. Altı Sigma Programının Örgütsel Yapısı	52
Şekil 19. Bir Altı Sigma Projesine Genel Bakış	54
Şekil 20. Tanımlama Aşaması Faaliyet Süreci	55
Şekil 21. Tanımlama Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler	56
Şekil 22. Ölçme Aşaması Faaliyet Süreci	57
Şekil 23. Ölçüm Çeşitleri ve Örnekleri	58
Şekil 24. Ölçme Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler	59
Şekil 25. Analiz Aşaması Faaliyet Süreci	60
Şekil 26. Analiz Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler	60
Şekil 27. İyileştirme Aşaması Faaliyet Süreci	61
Şekil 28. İyileştirme Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler	61
Şekil 29. Kontrol Aşaması Faaliyet Süreci	62
Şekil 30. Kontrol Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler	62

Şekil 31. Yalın Altı Sigma Düşük Kalite Maliyeti.....	64
Şekil 32. Yalın Altı Sigma Uygulama Alanları.....	65
Şekil 33. Yalın Altı Sigma'nın Anahtarları	66
Şekil 34. Yalın Altı Sigma Tarihi Gelişimi.....	68
Şekil 35. Sürekli İyileştirme Gelişimi	69
Şekil 36. Yalın Üretim ve Altı Sigma Bütünleştirilmesi	72
Şekil 37. Yalın ve Altı Sigma Araçları.....	73
Şekil 38. Tanımlama Aşaması Genel Görünüm.....	74
Şekil 39. Proje Oluşturmada Kullanılan En Yaygın Kaynaklar.....	76
Şekil 40. SIPOC Diyagramı	80
Şekil 41. Müşterinin Sesi Yönetimi.....	81
Şekil 42. Kano Modeli	83
Şekil 43. Ölçme Aşaması Genel Görünüm	85
Şekil 44. Pareto Şeması Örneği.....	90
Şekil 45. Kontrol Şeması Örneği.....	91
Şekil 46. Zaman Serisi Grafiği.....	91
Şekil 47. Histogram Örneği.....	92
Şekil 48. Analiz Aşaması Genel Görünüm	93
Şekil 49. İş Akış Şeması Örneği.....	94
Şekil 50. Sebep - Sonuç Diyagramı (Balıkkıçığı Diyagramı).....	96
Şekil 51. FMEA Genel Yapısı.....	98
Şekil 52. Farklı Korelasyon Katsayıları.....	101
Şekil 53. İyileştirme Aşaması Genel Görünüm.....	104
Şekil 54. Bilgi Elde Etme Kabiliyeti	106
Şekil 55. Tam Faktöriyel Deneyler.....	108
Şekil 56. İki Parametre için Cevap Yüzeyi Grafiği	113
Şekil 57. Kontrol Aşaması Genel Görünüm	114
Şekil 58. Standardizasyon Adımları	116
Şekil 59. Süreç Kontrol Grafiği.....	118
Şekil 60. İPK Grafiklerinin Seçimi.....	119
Şekil 61. Önce - Sonra Şeması	120
Şekil 62. Jant Örneği.....	122

Şekil 63. Firmada Üretilen Jant Çeşitleri	122
Şekil 64. Ağaç Diyagramı	127
Şekil 65. 7. Hat SIPOC Analizi	129
Şekil 66. A Firması Günlük Üretim Takip Formu	130
Şekil 67. Hurda Kaynakları Pareto Analizi.....	131
Şekil 68. Hata Nedenleri Pareto Analizi	131
Şekil 69. Hurda Oranı Süreç Yeterliliği Analizi	136
Şekil 70. Operasyonlar Arası Verim Karşılaştırması	138
Şekil 71. Takt Zamanı ile Çevrim Zamanı Kıyaslaması.....	139
Şekil 72. Detaylı Süreç Analizi	141
Şekil 73. Kalibre Hataları Balıkkıçığı Diyagramı	144
Şekil 74. Hata Nedenleri Pareto Analizi	145
Şekil 75. Çok Değişkenli Analiz	148
Şekil 76. İki Yönlü ANOVA Grafiği.....	150
Şekil 77. Hata Kaynakları Pareto Analizi.....	155
Şekil 78. Hata Nedenleri Pareto Analizi	156
Şekil 79. İyileştirme Sonrası Süreç Yeterlilik Analizi.....	158
Şekil 80. Zaman Serisi Grafiği.....	158
Şekil 81. Önce - Sonra Analizi.....	159

EKLER

Ek 1. Ayrıntılı Süreç Sigma Değerleri	184
Ek 2. Temel Akış Diyagramı Şekilleri	185
Ek 3. Hata Olasılığı Değerlendirilmesi (OCC)	186
Ek 4. Etkinin Önem Derecesinin Değerlendirilmesi (SEV)	187
Ek 5. Hatanın Saptanabilirliğinin Değerlendirilmesi (DET)	188
Ek 6. Standart Normal Dağılım (1)	189
Ek 7. Standart Normal Dağılım (2)	190
Ek 8. Müşteri İstek Kategorilerinin Belirlenmesi Anket Formu	191
Ek 9. Değer Akış Haritalama Şekilleri	192
Ek 10. Mevcut Durum Değer Akış Haritası	193
Ek 11. Gelecek Durum Değer Akış Haritası.....	194
Ek 12. 2011 Yılı Üretim Bilgisi	195

GİRİŞ

Günümüz pazarlarında firmaların rekabete dayanabilmek için sürekli yenilik içinde olmaları, müşteri istek ve beklentilerini çok iyi bilerek müşteri odaklı üretim yapmaları zorunlu hale gelmiştir. Müşteriye sunulan ürün veya hizmetin rakip firmalara oranla daha kaliteli ve daha ucuz olması ve bunun sürekli devam ettirebilmesi için kalite anlayışının rekabet piyasasının yeni bir dinamiği olarak tüm süreçlere sokulması gerekmektedir.

2000'li yılların başından itibaren dünyada kullanımı hızla yaygınlaşan Yalın Altı Sigma, milyonda 3.4 hataya izin veren yapısının süreç mükemmelliği sağlama hedefinin haricinde, Yalın Üretim tekniklerini de kullanarak süreçlerde israf azaltıcı faaliyetleri içermesi nedeniyle büyük ölçekli şirketlerin başvurduğu kalite yönetim sistemi olarak göze çarpmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde Yalın Üretim ne olduğu, tarihsel gelişimi ve tekniklerine yer verilmiştir. İkinci bölümde Altı Sigma kavramı, tarihsel gelişimi, Altı Sigma'da roller ve iyileştirme adımları detaylı olarak anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise Yalın Üretim ve Altı Sigma tekniklerinin bütün olarak ele alındığı Yalın Altı Sigma kavramına değinilmiştir. Yalın Altı Sigma tarihsel gelişimi ile Yalın Altı Sigma DMAIC adımları ve kullanılan teknikler ayrıntılı olarak verilmiştir.

Dördüncü bölümde, bir jant üretim işletmesinde Yalın Altı Sigma uygulamasına yer verilmiştir. Uygulama, Yalın Altı Sigma DMAIC adımları takip edilerek, süreçlerde oluşan hata ve israfın yok edilmesi için gerekli iyileştirme faaliyetlerini içermektedir. Son bölümde ise çalışmada varılan sonuçlar ve bunlarla ilgili değerlendirmeler sıralanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM KAVRAMI

1.1. YALIN ÜRETİM TANIMI

“Yalın” pek çok şeyin daha azı demektir: daha az israf, daha kısa çevrim süreleri, daha az tedarikçiler, daha az bürokrasi. Yalın aynı zamanda çalışanın daha çok bilgilendirilmesini, kurumsal anlamda daha çevik olmayı, verimlilik artışını, daha memnun müşteriyi ve başarının uzun süreli olmasını sağlar (Sayer ve Williams, 2007:12). Yalın, temelde israfı minimize ederken, aynı zamanda şirketin değerini müşteri gözünde maksimize etmeye dayanır. Basit anlamda yalın; daha az kaynakla, müşteri için daha fazla değer yaratmaktır.

Yalın Üretim kavramı ise, organizasyonda gereksiz hiçbir adımın olmadığı, maliyetin düşük, hatanın az, stokların sıfır, iyileştirme ve müşteri memnuniyetinin en yüksek düzeyde tutulduğu üretim sistemi olarak tanımlanabilir. Yalın üretim tekniğini uygulayan organizasyon kârlılığını arttırmakta, verimliliğini, kalite ve hızını yükseltmektedir.

Yalın Üretim, “en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de birebir uyabilecek/yanıt verebilecek şekilde, en az israfla (daha doğrusu israfsız), ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanarak nasıl gerçekleştiririz?” arayışının bir sonucudur. Yalın üretim tüm bu hedeflerin tümünü aynı anda gerçekleştirme ilkesine dayanır (Okur, 1997:28).

Toyota'nın ilk olarak benimsediği ve bugün her ülkeye ve tüm iş kollarına yayılan üretim yönteminin özü yalınlıktır. Freeman ve Soete'ye göre Yalın Üretim, basit olarak tarif edilirse, “ürünün üretilmesinden, dağıtılmasına ve müşteriye ulaşmasına kadar geçen zamanın azaltılması ve israfın değerden elimine edilmesidir” (Freeman ve Soete, 2003:176).

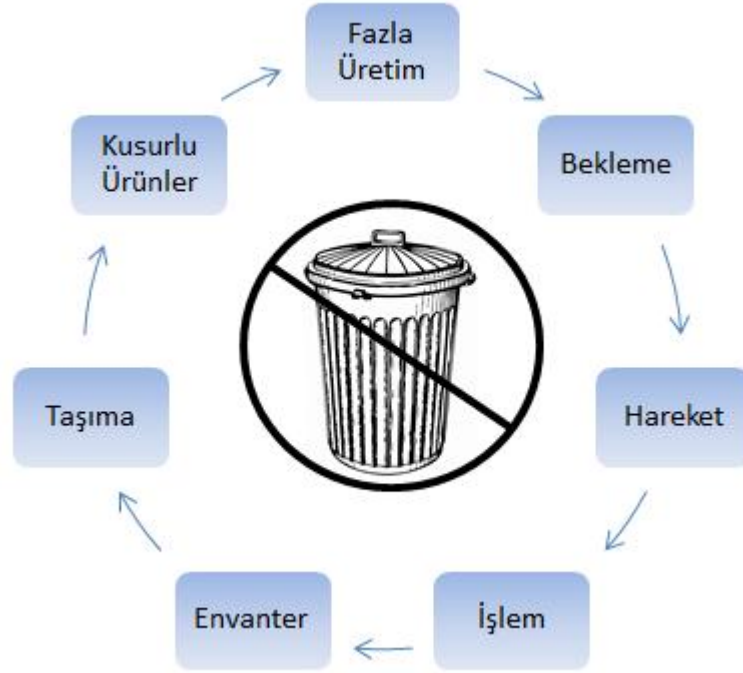
Yalın Üretim yönetimiyle ilgili yaklaşımlara bir çok isim verilmiştir. Japonya’da hala bilinen ismi “Toyota Üretim Sistemi”dir. Batıda ise sıkça “Tam Zamanında Üretim” terimi kullanılmaktadır. Bununla birlikte, Japon yaklaşımını tam ve doğru biçimde yansıtmasa da “Sürekli Akan Üretim” gibi terimler de kullanılır. Ünlü Japon danışman Shiego Shingo ise “Stoksuz Üretim” terimini kullanmaktadır. Fakat, bu kavramlar arasında en kabul göreni “Yalın Üretim” olmuştur (Voss, 1995:20).

Yalın Üretim, üretime yük getiren tüm israflardan arınmayı hedef alan bir yaklaşımdır. Bir başka deyişle siparişten teslimata dek geçen sürenin, müşteriye hiç bir değer ifade etmeyen, sadece şirket maliyetlerini arttıran israfın sürekli iyileştirilerek ortadan kaldırılması yoluyla kısaltılması olarak tanımlanabilir (<http://www.abigem.net/TR/Genel/KonyaBelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFAA F6 AA849816B2EFB2647BE0DD925A83>, 15.12.2010).

İsraf ise, müşterinin ödemek istemediği her şeydir. Japonca’da *Mudo* ile ifade edilen israf, Yalın Üretim odak noktası durumundadır. James Womack ve Daniel Jones’in Yalın Düşünce isimli kitabında: “Muda, israf demektir, özellikle de hiçbir değer yaratmayan kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir: yeniden işlenmeyi gerektiren hatalı ürünler ürünler, talep edilmeden üretilen ve sonuçta envanterlerde biriken üretim, gerçekten gerekli olmayan süreç aşamaları, çalışanların ve ürünlerin zorunlu olmadığı halde bir yerden başka bir yere nakledilmesi, önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işlemler nedeniyle sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanlar ve müşterinin beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetler olduğunu” belirtmiştir (Womack ve Jones, 1996:11).

Dolayısıyla öncelikle değer yaratan ve israfa neden olan faaliyetler birbirinden ayırt edilmelidir. İsrafa neden olan faaliyetleri iki gruba ayırmak mümkündür: Bunlardan birincisi, israfa neden olan ancak yapılması gerekli faaliyetler, ikincisi ise tamamen israfa neden olan ve bu nedenle ortadan kaldırılması gereken faaliyetlerdir.

Şekil 1. Taiichi Ohno'nun Yedi İsrafi



Kaynak: Black, 2008:8.

Toyota tarafından maliyetlerin artmasına neden olan yedi israf belirlenmiştir. Bunlar aşağıdaki gibidir,

- ✓ **Fazla Üretim:** Müşterinin talebinden daha fazla miktarda üretim yapılması, ihtiyaç fazlası üretimdir. Örneğin, yüksek tezgah hazırlama süreleri nedeniyle parti büyüklüklerinin (bir defada üretilen ürün miktarı) fazla olması müşterinin ihtiyacından daha fazla üretim yapılmasına neden olur. Müşteri talebini aşan üretim miktarı satılamayıp stoklanır. Stoklar için, stoklama alanı (ambar vb.) tahsis etmeniz ve burada personel çalıştırmanız gerekir ki bu da ürüne bir değer katmayıp sadece israfa neden olur (http://www.abigem.org/appmanager/tr/portal?_nfpb=true&_pageLabel=pageKobiUretim&nodeName=KobiUretim_13, 27/12/2010).
- ✓ **Taşıma:** Ürün veya malzemelerin operasyonlar arasındaki hareketleri israftır. Şirket düzeninin kötü olması ve düzensizlik taşıma israflarının oluşumuna neden olmaktadır. Taşımalar değer katmayan faaliyetlerdir. Taşımalar

stoklama alanlarını kullanır, stok birikimine yol açar, operatörlerin değer akışındaki diğer bölümlerle ilişkisini bozar ve sürecin akışını keser (Sayer ve Williams, 2007:44),

- ✓ **Stoklar:** Büyük partiler halindeki üretimden veya proseslerin uzun çevrim zamanlarından kaynaklanan operasyonlar arasındaki malzemelerdir (Ünnü, 2003:26),
- ✓ **Hareket:** Sürece değer katmayan insan ve makine hareketleri israftır. Bu; yürüme, eğilme, kaldırma, bükme ve bir yere ulaşmayı ifade eder. Ayrıca, üretilecek ürünün işleme alınmadan önceki herhangi bir ayarlama ve hizalama işlemi, bu israf çeşidinin içerisinde yer almaktadır (Sayer ve Williams, 2007:44). Bu da müşteri yönünden ürüne bir değer katmayıp, israftan başka bir şey değildir,
- ✓ **Hatalı ürünler:** Ürünlerin çeşitli nedenlerle hatalı çıkması, bunların yeniden işlenmesini veya hurdaya ayrılmasını gerektirir. Her iki durum da değer yaratan bir faaliyet olmayıp israftır. İşletmelerde üretim sürecinde oluşan hatalı ürünler her zaman için sağlam olarak üretilen ürünlerin maliyetini arttırıcı bir unsurdur. Bu unsurun ortadan kaldırılması için üretim planlama ve kontrol işlemine gereken önem verilmeli, Toplam Kalite Kontrol uygulanmasına ağırlık verilmelidir. Iskarta miktarları; malzeme ve kısmen işçilik maliyetlerini kapsamaktadır. Fakat üretim kontrol sistemlerindeki çıkan aksaklıklar, ek olarak çıkan gecikmeler ve dağıtımın zamanında yapılmaması gibi sorunlar görünmeyen ek maliyet kalemleridir. Bütün bu ek maliyetlerin nedenleri araştırılarak çözümlenmelidir (Ohno, 1998:38).
- ✓ **Gereksiz işlemler ve karmaşıklık:** Üretime yönelik olmayan, ancak üretim hattında kullanılan bazı faaliyetler ve yapılan gereksiz hareket israf olarak değerlendirilir. İş basitleştirme ve metod etütleri hareket israfını azaltmada etkili yöntemler olarak kabul edilirler. Üretim sürecinde çalışan kişinin ürüne bir değer eklemeyen hareketleri (gereksiz arama, yürüme, el ve kol hareketleri, gidiş-geliş, vb.) en aza indirilmelidir (Çetinkaya, 2000:296),

- ✓ **Beklemeler:** Ürünler işlenmek için, iş istasyonlarının önünde beklememelidir. Bekleme sürelerinde ürün üzerinde hiçbir işlem yapılmamakta olup israf oluşmaktadır. Bu tip bir israfı önlemek için; çalışanların iş yapış şekillerine değil, şirketlerin iç dinamikleri veya müşterileri ile ilgili ihtiyaç olan bilgileri üzerine odaklanmalıdır (Locker, 2008:15).

Bu israfları azaltmak ve yoketmek için, önce sorunların kaynağına inmek gerekir. Toyota anlayışında sorunlar; sistemi daha iyiye götürebilmek için bir şanstır, fırsattır ve bu fırsatları değerlendirmek gerekir. Sürekli iyileştirme çalışmalarıyla sorunlar ortaya çıkarılır, çözüm yolları araştırılır ve kesinlikle çözülür. Sorunları geçici olarak çözmek kabul edilmez, tam ve kalıcı çözümler bulmak esastır (Çetinkaya, 2000:297).

Geçmişte, sunulan ürün veya hizmetin fiyatı aşağıdaki formüle göre hesaplanırdı (Dennis, 2007:14),

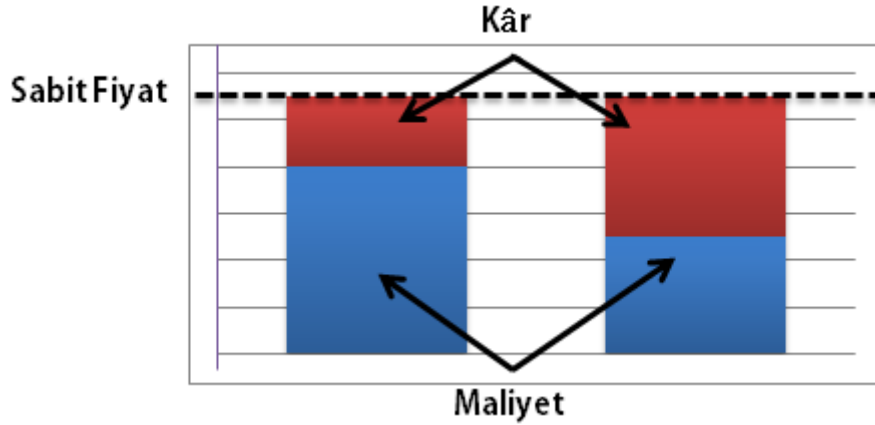
$$\text{Maliyet} + \text{Kâr Marjı} = \text{Satış Fiyatı}$$

Yani, şirketler fiyat tespitini yapabilmek için maliyetlerinin üstüne kâr marjı ekler, satış fiyatını tespit ederlerdi. Ancak Toyota mühendisleri bu eşitliği reddetmiş ve maliyetler düşmediği sürece kâr elde edilemeyeceğini belirtmişlerdir (Yamak, 2007:316),

$$\text{Fiyat} - \text{Maliyet} = \text{Kâr Marjı}$$

Bir çok şirkette fiyat ya sabit ya da aşağı yönlüdür. Müşteriler geçmiş zamanlara nispeten daha bilinçli olduğundan, kabul gören fiyatta kaliteyi tercih etmektedir. Şekil 2’de sağda yer alan sütunda fiyat sabit, maliyetler aşağı çekilmiş ve böylece kâr marjı yükselmiştir. Düşük maliyet, daha kısa sürede sunulan kaliteli ürün ve hizmetle birleşince müşteri talebi de artabilecek, bu da kârlılığınızın daha da artmasına sebep olabilecektir.

Şekil 2. Maliyet Azaltma Hedefi



Kaynak: Dennis, 2007:14

Yalın üretimi karakterize eden altı başarı faktörü vardır. Bunlar; proje yöneticisi, ekip çalışması, bilgi kültürü, tedarikçilerle entegrasyon, eşzamanlı mühendislik ve tüketici oryantasyonudur. Bunlardan ekip çalışması, proje yöneticisi ve tüketicilerle entegrasyon, yalın üretim kavramını daha az rekabetçi alternatif olan Tayloristik yapılandırılmış üretim kavramından ayıran faktörlerdir (Karlsson ve Ahlstrom, 1996:119).

Şekil 3'teki anahtar faktörleri başarılı bir şekilde uygulamayı öngören bu yaklaşım tarzının kökeninde, kalite anlamı ve sistemini değiştiren Toplam Kalite Kontrol Sistemi bulunmaktadır. Kalitenin "kalite kontrol" veya "kalite güvencesi" gibi tek bir departmanın sorumluluğu olmadığını, kalitenin, mal ve hizmetler oluşturulurken aşama aşama elde edildiğini benimseyen bu sistem, yalın üretimin köşe taşlarından birisidir. Yalın üretimde hedef, kaliteli mallar üretmek suretiyle ilk anda işi doğru yapmaktır (Yüksel, 2000:5).

Yalın üretimin kalite anlayışı; müşterinin bir mal veya hizmeti satın alırken; bu mal veya hizmette var olduğunu ümit ettiği ve kullanım esnasında ihtiyaç duyacağı tüm beklentilerini eksiksiz karşılamasıdır. Özetle yalın üretim kalite anlayışına yeni boyutlar kazandırmıştır.

Şekil 3. Yalın Üretim Başarı Faktörleri



Kaynak: Karlsson ve Ahlstrom, 1996:119.

Yalın üretimin, pazardan gelebilecek hedefleri anında karşılayabilmek için tepe yönetimden işçisine ve yan sanayicisine kadar herkesin çalışmasını bir bütün olarak birleştirir. Üretimin her düzeyinde çok yönlü eğitilmiş işçi ekipleri çalıştırılır ve yüksek derece esnekliği olan, otomasyon düzeyi yüksek makineler kullanılır. Diğer yandan sorumluluk şirketin organizasyon yapısının en alt kademelerine kadar itilir. Bu sorumluluk çalışanların kendi çalışmasını kontrol etme özgürlüğü anlamına gelir (Gökçe, 2006:1).

Japon otomotiv endüstrisi tarafından geliştirilen yalın üretim; emek-sanat bağımlı ve seri üretimin avantajlarını birleştirerek yüksek maliyetten kaçınmayı sağlar. Yalın üretimde; çeşitli ürünler üretmek için kuruluşun her düzeyinde çok yönlü eğitilmiş işçi ekipleri çalışır ve yüksek düzeyde esnekliği olan teknoloji kullanılır (Özçelikel, 1994:43).

1.2. YALIN ÜRETİMİN GELİŞİMİ

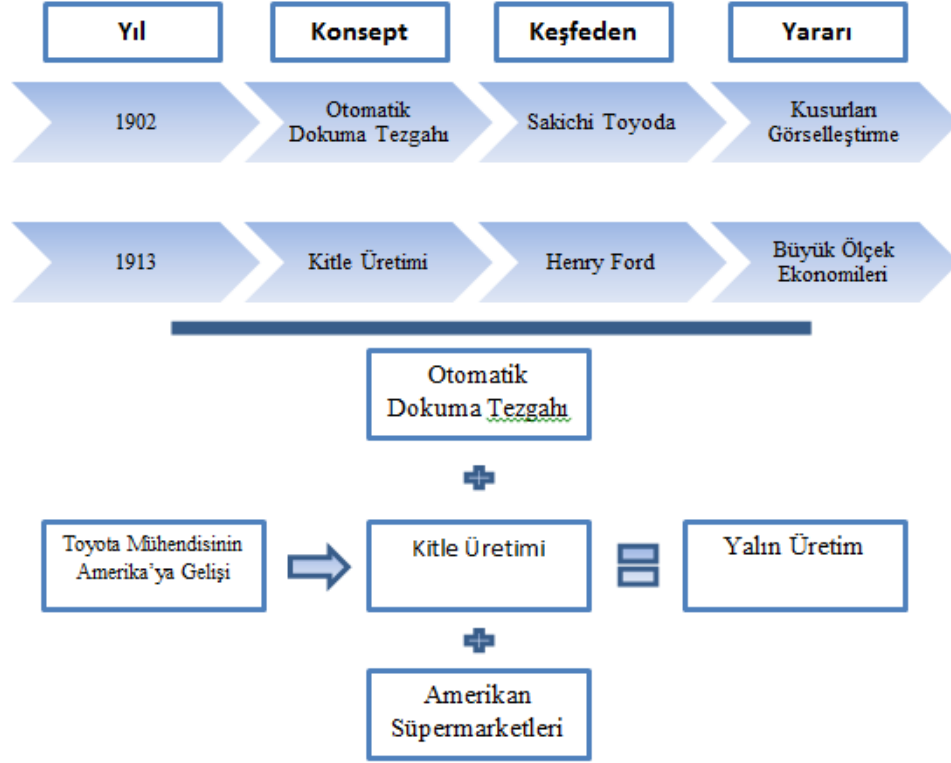
1920 yılına kadar dünyada emek-yoğun üretim yöntemi uygulanmıştı. Emek-yoğun üretim sisteminde, çok iyi eğitilmiş işçiler kullanılırdı. Basit ve çok amaçlı araç, gereçler ile tüketicinin isteğine göre her tür üretim gerçekleştirilirdi (Acar, 2004:21). 1920 yılından sonra Henry Ford ve General Motors'dan Alfred Sloan kitle üretimi yöntemini geliştirdiler. Kitle üretim metodu; belirli konularda yetişmiş profesyonellerin dizaynı ile vasıfsız veya az vasıflı işçi kullanarak, pahalı ve tek amaçlı makinelerle üretim yapan bir sistemdi, çok fazla miktarlarda üretim söz konusu idi (Yeter, 2004:4).

Ford, kitle üretiminin zaferini anlatırken, büyük ölçekli üretimin sağlayacağı ucuzluğa bağlı bir kitle tüketiminden söz etmektedir ve Model T'nin gerçekten kitleler için tasarlanmış bir otomobil olmasında ısrarlıdır. Fiyatların indirilmesi bu yaklaşımın kaçınılmaz bir unsurudur. Peter Drucker, Ford'un ölçeği büyütürken maliyet ve fiyatlarda sağladığı düşüşün iş yönetimi tekniklerinde olduğu kadar iktisat açısından da bir devrim olduğunu vurgulamıştır (Freeman ve Soete, 2003:169).

Fordist üretim, piyasanın sınırsız olduğunu düşünmektedir. Fordist modelde maliyetlerin düşürülmesi, ürün miktarının artmasıyla eş zamanlı gelişmektedir ve giderek artan ürün miktarı ile sabit maliyetler aşağı çekilmektedir. Bu sistemde piyasayı oluşturan fabrika olduğundan, yani talebin artmasını ya da ürüne yönelik tercihleri fabrika belirleyebiliyordu.

Yalın üretim ve yönetim sisteminin temel ilkeleri, ilk kez 1950'lerde Toyoda ailesinin bireylerinden mühendis Eiji Toyoda ve beraber çalıştığı mühendis Taiichi Ohno'nun Japon Toyota firmasında atılmıştır. Bu ikili 1950'de Ford firmasında yaptığı incelemede Ford'un yirminci yüzyılın başlarından itibaren yürüttüğü kitle üretim sisteminin Japonya için hiç de uygun olmadığına karar verirler (Okur, 2000:24). Şekil 4'de de görüleceği üzere Toyoda ve Ohno tarafından otomatik dokuma tezgâhı, kitle üretim ve Amerika Süpermarketlerinde kullanılan sistem bir araya getirilerek yeni oluşumun – Toyota Üretim Sistemi'nin ilk adımları atılmış oldu.

Şekil 4. Yalın Üretimin Zaman İçerisinde Gelişimi



Kaynak: Tapping, 2007:7

Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno'nun Toyota firmasında karşılaştığı sorunlardan bazıları şunlardı (Dennis, 2002:9),

- Çetin rekabet koşulları,
- Sabit veya azalan fiyatlar,
- Bölünmüş piyasaların düşük hacimli birçok ürün talep etmesi,
- Hızlı değişen teknoloji,
- Yüksek sermaye maliyeti,
- Becerisi yüksek çalışanların daha üst düzeyde katılımına ihtiyaç duyulması.

Mühendis Taiichi Ohno bu problemleri birebir çözmeye ve istedikleri sistemi Toyota firmasına adapte etmeye çalıştı. 1960'ların sonuna doğru, bu yeni iş sistemini Toyota üretim tesisine tam anlamıyla kabul ettirdi. Bir sonraki adım, yalın sistemi

hammadde tedarikçilerine uygulamaktı. 1969 yılında Ohno Toyota'nın en büyük ve en önemli tedarikçileri arasında ortak çalışma ağını kurdu ve Üretim Araştırma Ofisi adıyla duyurdu (Dennis, 2002:10). Fordist sistemin Japonya için uygun olmaması ve zorlukları nedeniyle Toyota'nın dehaları özellikle Ohno'nun öncülüğünde adım adım ilerlenerek, üretim günbegün adeta bir mikroskop altına yatırılıp, titizlikle incelenerek ve geliştirilerek, bugün "Yalın Üretim" diye tanımladığımız sistemin ortaya çıkması ve kısa sürede tüm Japon ekonomisine yayılması sonucunu vermiştir (Okur, 1997:27).

Ancak Toyota Üretim Sisteminde kullanılan tüm teknikleri bir bütün olarak "Yalın Üretim" kavramıyla ilk defa tanımlayan, Harvard Üniversitesi araştırmacılarından John Krafcick olmuştur. Krafcick'in Yalın Üretim terimini kullanmasının nedeni, Yalın Üretim sisteminin, seri üretime göre her şeyi daha az talep etmesidir (Akgeyik, 1998:53).

Toyota mühendisi Ohno üretim sahasında birçok değişiklik yaptı. Bu değişiklikler ürünün müşteri tarafından çekilmesini de kapsıyordu. Ohno'nun Toyota'da yaptığı önemli değişiklikler ve çalışmalar aşağıdaki gibidir (Ünnü, 2003:12-17),

1. Hızlı kalıp değiştirme çalışmaları,
2. İşçileri bir ustabaşından ziyade bir grup lideri olan ekipler halinde toplamak,
3. İşçi ekiplerine üretimin yanında, temizlik, tamir ve kalite denetim işlerinin verilmesi,
4. Hattın durdurulması yetkisinin işçiye verilmesi,
5. Kanban tekniğinin kullanılmasıyla, üretim akışının itme yerine çekme sistemi haline getirilmesine,
6. Yan sanayi ile entegrasyonu arttırarak gerekli olan desteği bizzat vererek Kanban sistemi ile tam zamanında parça akışının koordine edilmesi ve süreç içi stokların ortadan kaldırılması,
7. Otomobilin önemli alt parçalarının tasarım sorumluluğunun yan sanayilere verilmesi,

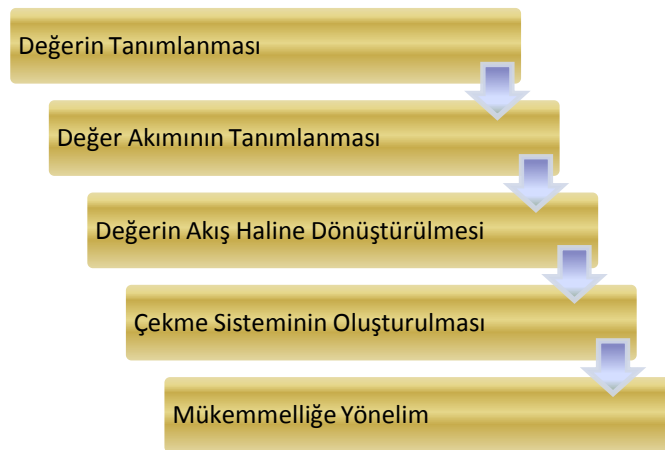
8. Kuvvetli liderleri olan ve tüm ilgili uzmanlıkları içeren ürün geliştirme ekiplerinin kurulması ve ürün portföyünün artıp, model ömrünün kısılması.

Bütün bu yeni buluşlar, uygulamalar ve gelişmelere 1960 yıllarında ulaşılmışsa da Toyota 1970 yıllarında esas ilerlemeyi veya başka bir deyişle gözleri üzerine çekmeyi başardı. “1973 yılının son aylarından itibaren tüm Batılı üreticileri altüst eden petrol krizi ve onu izleyen ekonomik durgunluk, hükümetleri, dev sanayi gruplarını ve tüm dünya toplumunu etkisi altına almıştı. 1974 yılında Japon ekonomisi “sıfır büyüme” düzeyine incek kadar çökerken bu durum tüm endüstri sistemini derinden sarsmıştı (Ohno, 1998:39). Yalın Üretim sistemini uygulayan Toyota mevcut durumunu korumuş ve 1975 yılından itibaren de büyümeyi başarmıştır. Bu durum Toyota'nın uluslararası platformda gözleri üzerine toplamasına yol açmış ve yalın üretim dünyada kabul görmeye ve yayılmaya başlamıştır (Donnet, 1992:60).

1.3. YALIN ÜRETİMİN İLKELERİ

Womack, J ve Jones, D. (1998) yalın düşüncenin beş temel ilkede özetlenebileceğini belirtmişlerdir. Başka bir bakış açısıyla Yalın Üretim Şekil 5'te belirtilen beş ilkenin sırasıyla sağlandığı durumda mümkün olabilmektedir.

Şekil 5. Yalın Düşüncenin Beş Temel İlkesi



Kaynak: Womack ve Jones, 1998:5

1.3.1. Değerin Tanımlanması

Yalın düşüncenin kritik başlangıç noktası değerdir ve değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir. Değer tanımının anlamlı olması için, müşterinin ihtiyaçlarını belli bir zamanda belli bir fiyattan karşılayan belli bir ürün (mal, hizmet ya da sıklıkla ikisinin bileşimi) cinsinden ifade edilmesidir. Değerin doğru tanımlanması yalın düşüncenin ilk kritik adımıdır. Yanlış ürün ya da hizmetin doğru biçimde üretilmesinin sonucu “muda”dır (Womack ve Jones, 1998:12-17).

Müşterilerin bitmiş ürünü alırken ön planda tuttıkları zevk ve beğenilerin kaynağı, yaptıkları değer tanımıdır. Müşteri açısından üretici, değeri yaratandır. Bu nedenle üreticiler, müşterilerce yapılan değer tanımlarına göre üretim yapmaları daha faydalı sonuçlar getirecektir (Gökçe, 2006:2).

Şekil 6. Değer Çemberi

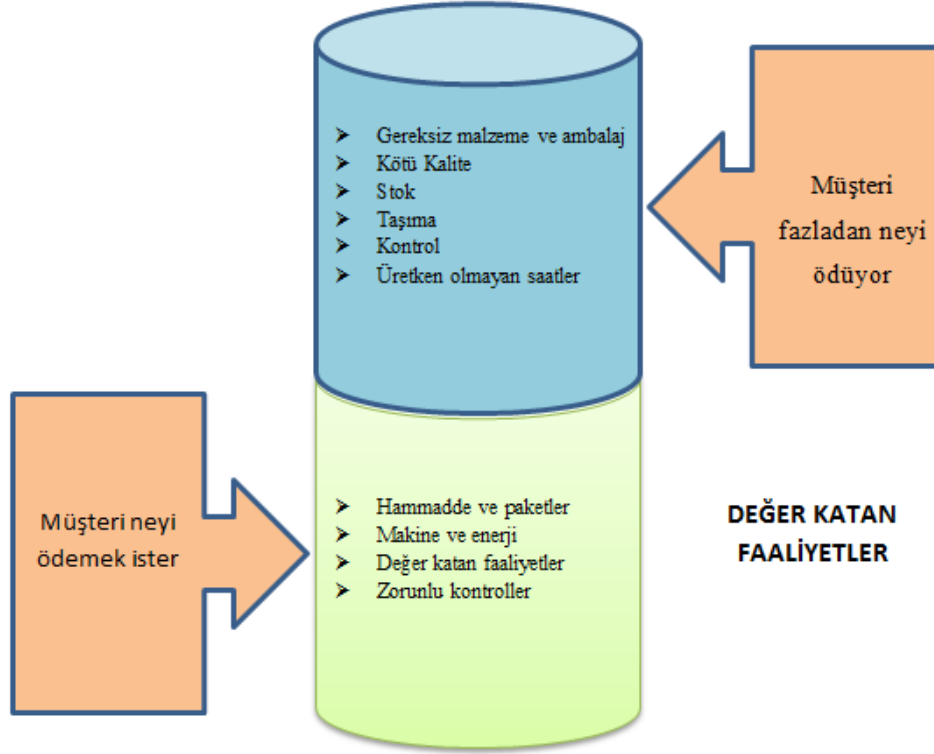


Kaynak: Filiz, 2008:23.

Şekil 6’da da görüldüğü üzere, “değer”in ne olduğunu anlayabilmek için yani çekirdeğe ulaşabilmek için, öncelikle orta dairede belirtilen maddelerden kurtulmak gereklidir. Fakat değeri tanımlamak sadece bir başlangıçtır. Değeri anlayıp,

kullanabilmek için en dıştaki dairede yer alan maddeler uygulanmalıdır (Filiz, 2008:23).

Şekil 7. Değer Kavramının Şekilsel Gösterimi



Kaynak: Gökçe, 2006:3

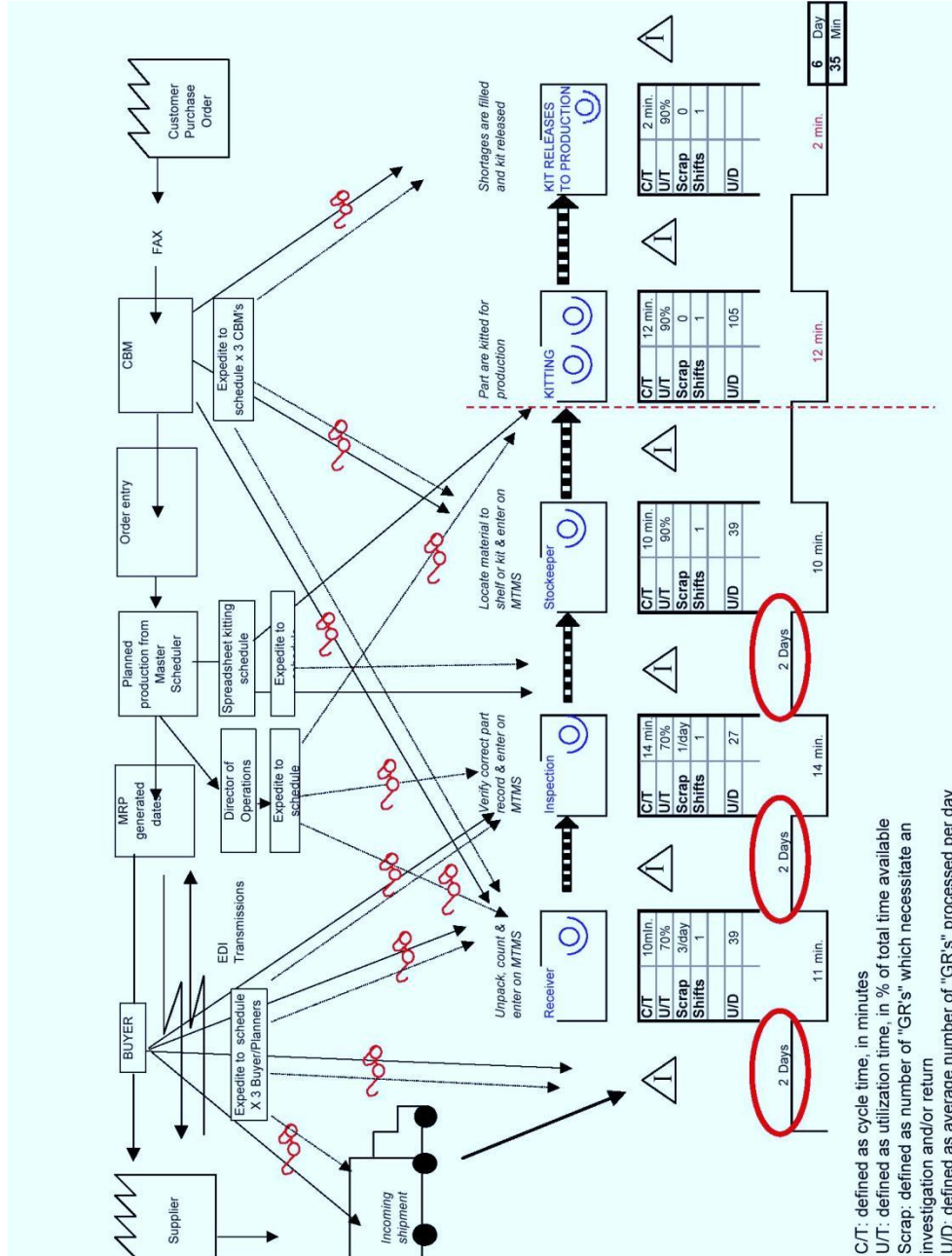
1.3.2. Değer Akımının Tanımlanması

Yalın Düşüncenin ikinci adımı değer akışının tanımlanmasıdır. Değer akımı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür. Değer akımı, bir ürünün işletmedeki üç yönetim görevinden geçmesinde gerekli olan tüm adımları gösterir (Womack ve Jones, 1998:17),

- *Problem çözme görevi:* Ayrıntılı tasarım ve mühendislik çalışmalarını içeren, kavramsal boyutla başlayıp üretimin başlamasına kadar devam eden süreci kapsar,

- *Bilişim yönetimi görevi:* Siparişlerin alınmasından teslimatın yapılmasına kadar geçen ve ayrıntılı çizelgeleme çalışmalarını içeren süreci kapsar.
- *Fiziksel dönüşüm görevi:* Hammaddeden son ürüne dönüşümü içerir.

Şekil 8. Değer Akışı Haritalama Örneği



Kaynak: (PQA's Products & Services, Value Stream Mapping, [http://www.pqa.net/Prod Services/leanmfg/ ValueMapping.html](http://www.pqa.net/Prod%20Services/leanmfg/ValueMapping.html), 13 Ocak 2011).

Değer akımının tanımlanması için kullanılan en etkin yöntemlerden birisi değer akış haritalarının hazırlanmasıdır. Şekil 8’da verilen değer akış haritalamadan beklenen fayda bir ürünü gerçekleştirirken yürütülen değer katan ve katmayan faaliyetlerin gözlemlenebilmesidir.

Müşterilerin bir fabrikada üretilen tüm ürünlerle değil, kendi spesifik ürünleriyle ilgilenmeleri nedeni ile haritalandırma için tek bir ürün ailesi üzerinde odaklanılması gerekmektedir. Küçük ve tek ürünlü bir fabrika olmadıkça, bütün ürün akışlarının tek bir haritada gösterilmesi oldukça karmaşık olmaktadır. Değer akışı haritalandırma, tek bir ürün ailesi için fabrika içinde kapıdan-kapıya, malzeme ve bilgi akışı ile ilgili proses adımları boyunca yürümek ve onları şematik hale getirmek demektir. İlk önce Toyota Üretim Sistemi uygulamacıları tarafından yalın sistemleri kurma aşamasında mevcut, gelecek ve ideal durumların tanımlanması için kullanılmıştır. Değer akışı haritalandırma ile anlatılmak istenen; müşteriden tedarikçiye ürünün üretim yolunun izlenerek malzeme ve bilgi akışında yer alan her prosesin dikkatli bir şekilde sembollerle çizilmesidir. Daha sonra, bir dizi kritik anahtar soru sorarak akışın nasıl olması gerektiğini gösteren ‘gelecek durum’ haritası çizilir. Ürün ailesinin seçilmesi, mevcut durumun çizilmesi, gelecek durumun tasarlanması ve faaliyet planının hazırlanması, değer akışı haritalandırmanın temel adımlarıdır (Birgün, Gülen ve Özkan, 2006:49).

Değer akış haritalama kullanım nedenleri aşağıdaki gibidir (Rother ve Shook, 1999:4-9),

- ✓ Akışı görebilmek,
- ✓ Değer akış yollarındaki israf kaynaklarını görebilmek,
- ✓ Üretim süreçleri ile ilgili ortak dil sağlayabilmek,
- ✓ Akış ile ilgili kararlar üzerinde tartışabilmek,
- ✓ Yalın kavram ve teknikleri birbirine bağlamak,
- ✓ Bilgi ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi görebilmek,

- ✓ Akışı yaratabilmek için işletmenin nasıl çalıştırılması gerektiğini detaylı bir şekilde tanımlamak.

Böylece şirket, değer akımının tanımlanması aşamasında, ihtimal dâhilindeki tüm israfları görebilecek; değer katan ve katmayan faaliyetleri ortaya koyabilecektir

1.3.3. Değerin Akış Haline Dönüştürülmesi

Değer akımı tam olarak tanımlanınca, belli bir ürün için değer akımı haritasını hazırlayan ve akım üzerinde israfa yol açan aşamaları kaldıran yalın işletme; geride kalan, değer yaratan aşamaların akış halinde olmasını sağlamalıdır (Womack ve Jones, 1998:19).

Klasik Kitle Üretiminde tasarım, üretim ya da satış faaliyetleri için yapılması gereken işlemler tiplerine göre gruplandırılarak her iş tipi için departmanlar oluşturulur. Ürün bu departmanlar arasında ve işlem gören diğer ürünler arasında sırasını bekleyerek dolaşmaya başlar. Sonuç gecikmeler, geriye dönüşler, gözden kaçan problemler ve pek çok israftır. Ancak akışın sağlanması yeterli değildir. İstenmeyen ürünleri hızla akıtmak sonuçta sadece israf olacaktır. Müşteriye istemediği ürünlerin itilmesi yerine müşteri istediğinde ürünü çekmesini sağlamak pek çok israf kaynağını ortadan kaldıracaktır. Sürekli akış uygulandığında ürün geliştirme, sipariş alma, fiziksel üretim işleri çok kısa sürede tamamlanabilir hale gelecektir. Bu müşterinin gerçekten istediği şeyleri, tam istediği zamanda tasarlayabilme, planlayabilme ve üretebilme imkânını verdiği için satış tahmini yapmak, karmaşık planlama yazılımları kullanmak, stokta kalan ürünleri itmek için kampanyalar düzenlemek zorunluluklarını ortadan kaldırarak sadece istenen şeylerin daha iyi üretilmesine odaklanabilmeyi de sağlayacaktır (http://www.yalinenstitu.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=13, 13 Ocak 2011).

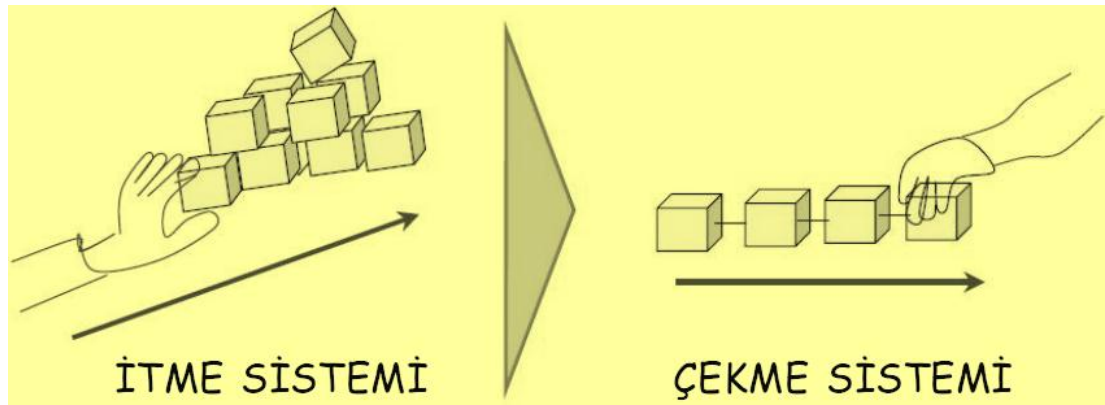
1.3.4. Çekme Sisteminin Oluşturulması

Değer, müşterinin istediği zamanda, istediği ürünler için ve talep ettiği hızda üretilmeli ve akmalıdır. Bu durumda talep edilmeyen mal üretilmez, değer zinciri üzerinde istenmeyen stoklar oluşmaz, atıl stok, dizayn değişikliği nedeniyle ürünün

yeniden işleme tabi tutulması veya atılması gibi problemlerle karşılaşmaz (Womack ve Jones, 1998:87-118).

Yalın Düşüncenin çekme ilkesi, değer müşteri tarafından kaynağından çekilmesini öngörür. Çekme, sonraki aşamalarda yer alan müşteri istemeden önceki aşamalarda hiçbir şekilde ürün ya da hizmet üretilmemesi anlamına gelir. Çekme ilkesi, nihai müşterinin belli bir ürün için yaptığı taleple başlar, ürün müşteriye ulaşana kadar geçen tüm aşamaları geriye doğru izleyip her aşamanın bir öncekinden talep etmesiyle üretimi başlatmak şeklinde uygulanır (http://www.yalinenstitu.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=13, 13 Ocak 2011).

Şekil 9. Temel olarak itme ve çekme sistemlerinin farkı



Çekme sistemi, müşterinin talebini anlama ve daha sonra o talebe cevap verecek süreçlerinizi oluşturmanızla ilgilidir. Müşteri, her ne zaman hangi ürünü isterse sadece o ürün üretilmelidir (The Five Principles of Lean Thinking, <http://www.cardiff.ac.uk/lean/principles/index.html>, Cardiff University, 13 Ocak 2011).

Şekil 9'da verilen temsili itme ve çekme sistemi, farklılıkların anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Gidilecek yönü tayin edecek olan ilk operasyondan değil de son operasyondan başlanması durumunda israflar ve problemlerle karşılaşılabilir.

1.3.5. Mükemmelliğe Yönelim

Yalın Yaklaşım uygulandığında işgücü verimliliği, işin tamamlanma zamanı, stoklar, müşteriye ulaşan hatalı ürünler ile hurda oranları, ürünü pazara sunma süresi gibi parametrelerin hepsinde birden radikal iyileşmeler görülecek, çok küçük ilave maliyetlerle ürün çeşitliliği artırılabilir ve bunlar yeni teknoloji yatırımlarına gerek kalmadan, hatta mevcut bazı ekipmanlar satılarak negatif sermaye yatırımı ile ve birkaç yıllık bir süre içinde başarılabilecektir (Yalın Enstitü, Yalın Düşüncenin İlkeleri, http://www.yalinenstitu.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=13, 13 Ocak 2011).

Şirkette değer doğru tanımlanıp, değer akımının tümü belirlenerek ürünlerin prosesler arasında akması ve müşterilerin de çekmesi sağlandığı zaman değişik bir durum oluşacaktır. Çalışanlar hem müşterilerin ürünlerden beklentilerini arttırma, hem de iş yükü, maliyet ve hataları azaltma süreçlerinin sonu olmadığını görürler. Bu noktada akla gelen ilk kavramın ‘mükemmellik’ olması kaçınılmazdır (Gökçe, 2006:13).

1.4. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ

20.yüzyılın ortalarında Japonya’daki Toyota fabrikasında devrim niteliği taşıyan; Batı’nın ancak 1980’lerde farkına varmaya başladığı Yalın Üretim Sistemi hem felsefesiyle hem de teknikleriyle sanayide yepyeni bir çığır açmıştır.

Temel olarak israfın elimine edilmesini hedef alan yalın üretim felsefesi, bu amacını gerçekleştirmek için çeşitli bileşenler geliştirmiştir ve geliştirmektedir. Aşağıda değinecek olduğumuz bu bileşenlerin her biri üretim sürecini çeşitli noktalarda etkileyerek israf kaynaklarının yok edilmesine hizmet vermektedir.

1.4.2. Tam Zamanında Üretim

Tam Zamanında Üretim Sistemi (Just In Time - JIT) genel olarak üretimde sürekli mükemmelliği aramaktır. İmalat sistemi dizayn ve operasyonun bütün safhalarında mükemmelliği elde etmek için kesin bir kararlılık içerir. JIT, % 100 iyi

birimler üreten etkin bir üretim için imalat sistemi dizaynını arar. Gerekli olan kalemleri, gereken zaman ve miktarlarda üretmeyi amaçlar. Bu JIT'in imalata yaklaşımının belki de en basit ifadesidir. Kısaca Tam Zamanında Üretim; üretilmesi gereken bir ürünün, gereken miktarda, tam ve gereken zamanda üretilmesi ve sevk edilmesi demektir. Bu şekilde proses dâhili stoklar en aza indirgenir, toplam üretim zamanı ve taşıma giderleri azalır (Çetinkaya, 2000:305).

Tam Zamanında Üretim, insanlar, prosesler ve prosedürler gibi organizasyonun temel elemanlarında değişikliğe gitmeyi gerektirir. Öncelikle, Tam Zamanında Üretim operasyonlarla ilgili gerçekleştirdiği bazı düşünce farklılıkları benimsenmelidir: Tam Zamanında Üretim sistemiyle geleneksel MRP sistemi arasında üç temel farklılık vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir (Karaca, http://www.sistemim.com.tr/article_tr_jit.htm 17 Ocak 2011),

- I. Geleneksel sistemde makinalar çalıştırılmak suretiyle işçiler devamlı meşgul tutulmaya çalışılır, çünkü çalışmayan bir makina veya çalışmayan bir insan israf olarak değerlendirilir. Tam Zamanında Üretim düşüncesine göre ise bir makinayı, insanı veya makinayı boş bırakmamak için çalıştırmak, yani ihtiyaç fazlası olarak çalıştırmak esas israfın kendisidir. Sonraki operasyondan talep gelmediği müddetçe üretim yapılmamalıdır. Boş bekleyen işçiler, birçok makina kullanma kabiliyetleri geliştirilmek suretiyle meşgul tutulmaya çalışılırlar,
- II. MRP sistemi, beklenen talebe karşılık üretim yaparken, Tam Zamanında Üretim talep gerçekleşmeden üretim yapmaz,
- III. MRP çok kaynaklı çalışmayı tercih ederken, Tam Zamanında Üretim tek kaynakla çalışmayı tercih eder. Çünkü kalitenin tedarikçi seçimiyle çok yakın ilişki içinde olduğuna inanılır.

Stoksuz üretim ve sıfır stok gibi isimlerle bilinen JIT üretim kaynaklarının optimum kullanımı ile yersiz kaynak kullanımına son vermeyi amaçlar. Bu amaçla müşterinin kalite ve teslimat gereksinimlerini karşılayacak biçimde fiziksel

kaynakların optimum bileşimi sağlanarak, en düşük üretim maliyeti ile sistemin geliştirilmesine çalışılır. Bunun için sıfır envanter, sıfır hata ve sıfır temin süresini gerçekleştirecek biçimde yan sanayi ilişkilerinden teslimata kadar üretimle ilgili her aşamada yeni kavram ve davranışları gerektiren bir sistem ortaya konulur. Sistemin başarısı için ön koşul JIT'in tüm elemanlarla birlikte benimsenmesidir. Öyleyse çalışanların uygun yeteneklere sahip olmaları için eğitimin sorumluluk almalarının sağlanması, koordine edilip, güdülenmeleri gerçekleştirilmelidir. Sistemin geliştirilmesi sırasında çalışanlara rehberlik edecek beş ana ilke belirlenmiştir (Demir ve Şevkinazoğlu, 2003:718):

- ❖ Bunlar her çalışan ve çalışma birimi, hem müşteri, hem satıcıdır,
- ❖ Müşteri ve satıcılar, üretim sürecinin bir uzantısıdır,
- ❖ Sürekli olarak basit yollar aranmalıdır,
- ❖ Sorunları çözmektense, ortaya çıkmasını önlemek daha kolaydır,
- ❖ Bir şey her zaman gerektiği anda, gerektiği kadar üretilir.

JIT yaklaşımı, üretim sistemlerinin tasarım ve işleyişinin her aşamasında, mükemmeliyeti sağlamak için devamlı surette odaklanma ve adanma ile sorumluluk yüklenerek bağlanmayı gerektirir. JIT felsefesi ayrıca, hatasız ürün üretimi için gerekli üretim sistemlerinin tasarımını da içerir. Bu sistem ise, istenilen zamanda ve istenilen miktarda, sadece istenilen ürünleri üretmeyi amaçlar. Ancak bu felsefenin temel amacının üretim sistemi içindeki atıkların yok edilmesi olduğu söylenebilir. Üretim sistemi içindeki atıklardan kasıt, ürünün değerini artırmayan her türlü şeydir. Defolu parçalar, cüruf, atık malzemeler bu türdür ve üretim sisteminin bunlardan arıtılması gerekir. Ayrıca iş merkezleri arasında boş duran stoklar da bu çerçevede değerlendirilebilir. JIT yaklaşımı, malzemeyi bir sonraki iş merkezine veya müşteriye tam zamanında ulaştırmayı hedeflerken, sistem içi stoklar ve diğer istenmeyen malzemeleri azaltmayı, hatta sıfıra indirmeyi sağlar (Eraslan, <http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/PMS.doc> 18 Ocak 2011).

- **Sıfır Hata**

Geleneksel yöntemlerle üretim yapan firmalarda “sıfır hata” terimi çok az dikkate alınır. Üretim de belirli hatalara toleranslar ölçüsünde göz yumulur. Bu yüzden geleneksel yöntemde kalite kontrolcüler belirli hata seviyesini baştan kabul etmiş olur. Bu tamamen anında üretim felsefesine aykırı bir yaklaşımdır. Anında üretim sisteminde hatalar ve hataların nedenleri üretimin her safhasında kontrol edilir. Hatasız mal üretmenin yolları araştırılır (Yağar, 2001, <http://enm.blogcu.com/tam-zamaninda-uretim-jit/9448633>, 16 Ocak 2011).

- **Sıfır Stok**

JIT'in en önemli hedeflerinden bir diğeri de “sıfır stok” düzeyini yakalamaktır. Bunu gerçekleştirirken sadece işletmeyi değil, aynı zamanda tüm tedarik zincirini bütünsel anlamda ele almak gerekir. Hatta kısmi başarı elde etmek için, yönetimin tüm yönleriyle stok kontrolünün üzerinde düşünmesi gerekmektedir. “Neden stokla çalışıyoruz?” ya da “Herhangi bir zamanda üretilecek olan üründen neden şimdi üretiyoruz?” sorularının derinliklerine inilip, geniş yelpazede yanıt aranır; kök sebepler ve detayları bulmak kolaylaşır (Hutchins, 1999:6).

1.4.3. Kanban Sistemi

Yalın Üretim sisteminin en önemli niteliklerinden birisi olan Tam Zamanında Üretim için en önemli araç Kanban Sistemidir. Kanban, Japoncada kelime anlamı olarak kart demektir. Buradan da anlaşılacağı gibi sistem süreçler arasında hareket eden kartlar ile yürütülür. Belirtilen kartlar üzerinde kullanılan malzeme ile ilgili gerekli tüm detaylar verilir (Gökçe, 2006:21).




Yalın üretimin temel ilkelerinden biri olan her şeyi gerektiği an ve miktarda üretmek, sadece müşteri talebine en yakın zamanda ve talebin belirlediği miktar ve çeşitlilikte üretmek demek değildir. Aynı ilke bir fabrikanın kendi iç üretim akışı için de geçerlidir. Amaç, tüm üretim aşamalarının ya da üretim istasyonlarının gereksiz üretim yapmalarını önlemektir ve bu amaca ulaşmak için de her bir üretim istasyonunun ancak kendisinden bir sonraki istasyonun hemen işleme geçirebileceği

miktarda parçayı, ne eksik ne de fazla olarak tam zamanında üretmesi ilkesine göre çalışılır (Okur, 1997:39).

Kanban kart üzerinde aşağıdaki bilgiler yer alır,

- ❖ Kullanıldığı yer,
- ❖ Parça numarası,
- ❖ Parça adı,
- ❖ Parçanın tanımı,
- ❖ Kanban numarası,
- ❖ Parça sayısı/Kanban oranı,
- ❖ Kanbanın düzenli olarak konulduğu kutunun tanımlayıcı kod numarası,
- ❖ Kanbanın teslim edileceği is istasyonunun yeri (kod numarası veya tanımı).

Şekil 10. Kanban Kart Örneği

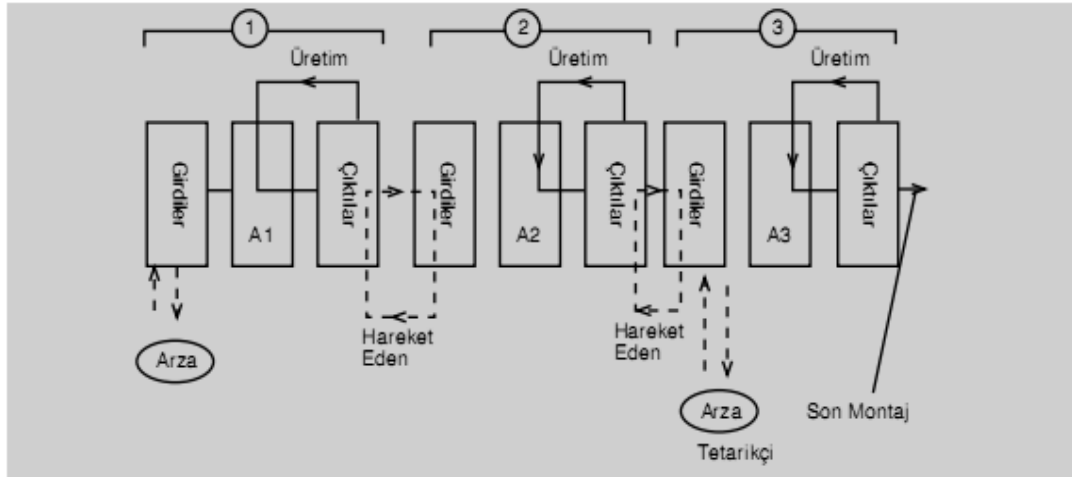
manufactus		Product Line 1	KANBAN	Control cycle / Regelkreisnummer 0906928 - C1	
Supply source / Quelle PWH-MSTK		Demand source / Senke VERZ			
Material 0906928		Materialdescription / Materialkurztext Bosch Polkern 1 263 104 811			
	Size / Menge 320'000	Base unit / Mengeneinheit ST			
	Shipping unit / Transporteinheit 1 x 14 x				
Printed / Gedruckt: 02.08/2008		Kanban ID: 0906928C110022			

Kaynak: <http://www.manufactus.com/products/examples-for-kanban-cards/en> (17 Ocak 2011).

Şekil 11 bir montaj hattının parçası olan üç iş istasyonundaki envanter akışını göstermektedir. Günlük üretim programı son montaj hattına ve tedarikçilere verilir (Demir ve Şevkinazoğlu, 2003:720).

Kanbanla çalışmak, binlerce parçanın üretimini kapsayan, örneğin, otomobil gibi karmaşık bir ürün söz konusu olduğunda, son derece etkin ve esnek bir haberleşme sistemini kendiliğinden sağlar. Karışık yükleme, yani aynı hatta değişik modellerin birbiri ardı sıra monte edilmesi durumunda, atölyeler arası akış kanbanla sağlandığı zaman, herhangi bir atölyenin ya da yan sanayinin hangi model için, hangi parçayı ne zaman üreteceğini önceden bilmesine gerek yoktur. Modellerin montaj sırasını bir tek son montaj hattı bilir ve bu sıra çekme ilkesine göre alt atölye ve yan sanayilere kanban kartlarıyla iletilir (Cusumano, 1989:270).

Şekil 11.Kısmi Kanban Sistemi



Kaynak: Demir ve Şevkinazoğlu, 2003:720.

Son çalışan istasyonundaki operatör üretim için gerekli parçaları bulmak için konteynere bakar. Bundan sonraki aşamalar aşağıdaki biçimdedir (Demir ve Şevkinazoğlu, 2003:720),

- i. Operatör çalışma istasyonundaki boş konteyneri görür ve A3 kanbanını bulur. Bu kanban, ona depodan boş konteyneri yeniden doldurma yetkisi verir. (A2'nin çıktı alanı)

- ii. Boş konteyner ve A3 kanbanını alır ve depodan gereksinimi olan parçalarla dolu olan konteyneri bulur.
- iii. Sonra C kanbanını boş konteynerden alır ve onu dolu konteynere verir.
- iv. Sonra dolu konteynerdeki A2 kanbanını alır ve onu bir sonraki aşama olan A2 iş istasyonuna (boş bir konteynere ilıştirecek) gönderir. A2 kanbanı bu iş istasyonundaki operatöre diğer bir konteyner durdurmak için üretim yapma yetkisi verir.
- v. Son çalışma istasyonunun operatörü dolu konteyneri alır ve üretim yapmak için kendi istasyonuna döner.

1.4.4. Kaizen

Kaizen Japonca ‘Kai’; ‘Değişim’ ve ‘Zen’; ‘İyi olmak’ kelimelerinden türemiştir. Birleştirilmiş haliyle ‘daha iyiye değişim’ veya ‘sürekli iyileştirme’ anlamı çıkmaktadır. Kaizenin amacı; değer akışında yer alan israfları yok etmektir. Kaizen, kalite ve güvenliği arttırırken, maliyeti de düşürmektedir (Sayer ve Williams, 2007:118).

Kaizen, sürekli iyileştirmedir. Kaizen, müşteri memnuniyetinin arttırılması amacıyla, süreçlere odaklanan, süreç, zaman ve teknolojik değişimde yavaş yavaş fakat çok sayıda hızlı bir iyileştirme sağlamayı ve maliyetlerde düşmeyi ifade eden bir yaklaşım olduğunu söyleyebiliriz.

1.4.5. Toplam Verimli Bakım

Toplam verimli bakım en genel anlamda ‘‘tüm çalışanların katılımının ön görüldüğü, küçük grup faaliyetleri aracılığı ile gerçekleşen verimli bakım’’ olarak tanımlanabilir. Toplam verimli bakım, üretim faaliyetleri içinde çalışanların tamamının katılımını gerektiren, operatörlere üzerinde çalıştıkları makine veya ekipmanın otonom bakım sorumluluğunu da getiren, arızaları önleyen ve ekipman etkinliğini en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen bir yaklaşımdır (Görenes ve Yenen, 2007:49).

Toplam Verimli Bakım (TPM), en yalın ifadeyle bir fabrikada kullanılan ekipmanların verimliliğini ya da etkinliğini arttırmak ve olası makine hatalarından kaynaklanacak ıskartaları önlemek amacıyla gerçekleştirilen tüm çalışmaları kapsayan bir terimdir (Okur, 1997:95).

İşletmeler, üretimlerini gerçekleştirirken üretimleri sırasında makine, araç-gereç veya tezgâhlarında meydana gelebilecek arızalanmalara karşı nasıl bir önlem alacaklarına doğru karar vermelidirler. Zira işletmelerde, üretim sırasında çıkabilecek bir makine arızası üretimin duraksamasına, üretimin duraksaması da müşteri taleplerinin zamanında ulaşmamasına neden olacaktır (Tanrıverdi ve diğerleri, 2011:115).

TPM'in amacı; işletmede oluşabilecek arıza, kurulum ve ayar kayıpları, boşa bekleme ve küçük duraklamalar, azaltılmış hız, kusurlar ve yeniden işleme, başlangıç ve verim kayıpları gibi tüm kayıpların ortadan kaldırılmasıdır (Ross & Associates Environmental Consulting Ltd., 2003:11).

1.4.6. Bir Dakikada Kalıp Değişirme – SMED

Konvansiyonel kitle üretim sisteminde stoklu çalışmaya birinci sırada gösterilen gerekçe ya da uzmanlara göre makinalarda bir kalıptan diğer kalıba hatasız ürün elde edecek şekilde geçme süresinin (setup time) çok uzun tutmasıdır. Kitle üretim sisteminde bu sürenin uzun tutacağı adeta bir “veri” kabul edilir, dakikalar, hatta bazen saatler alan kurulum sürelerinin radikal olarak kısaltılması için gerekli çaba gösterilmez. Oysa kurulum süresi uzadıkça, makinanın aynı parçayı büyük miktarlarda üretmesi/işlemesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır, çünkü makina herhangi bir kalıbı en az kurulum süresi kadar kullanılmalıdır ki makinadan alınan verim yüksek, işçilik maliyetleri düşük olsun (Shingo, 1985:364).

SMED yaklaşımını şekillendiren, uygulamasına yön veren ana ilke, yalın üretimin diğer tekniklerinde de olduğu gibi, “gereksiz zaman harcamalarından kurtulmak” tır. Tüm SMED yaklaşımında ve SMED'in alt ilkelerinde bu anlayış hâkimdir. Sistemin temel ilkeleri aşağıdaki gibidir (Akçagün, 2006:47-48),

1) İlk adım ve birinci ilke; bir kalıptan diğer bir kalıba geçiş sürecinde, makine durduğu zaman yapılan işlerle, makine çalışırken yapılan işleri saptayıp, mümkün olduğunca fazla işi makine çalışırken gerçekleştirmeye yönelmektir. Bu sayede zamandan %30–50 arasında tasarruf sağlanabilmektedir. Bunun için:

- İlk olarak mevcut olan uygulamada hangi işlerin makine durduğunda, hangilerinin makine çalışırken yapıldığı saptanmalıdır.
- Bunlar içinde bazı işler önemli bir değişikliğe gidilmeden makine çalışırken de rahatlıkla yapılabilir olmalarına karşın makine durduğu zaman yapılıyorsa, bu büyük bir zaman kaybı anlamına gelir. Bu tür işlemler mutlaka makine çalışırken yapılmalıdır.
- Daha çok işlemin makine çalışırken yapılabilmesi sağlanmalıdır. Bunun için kalıplar ve kullanılan takımlar dâhil donanımda ne gibi modifikasyonların yapılabileceği araştırılmalı ve çözümler geliştirilerek uygulamaya geçirilmelidir.
- Kalıp değiştirmede hem bir önceki kalıbın çıkarıldıktan sonra üzerine hemen yerleşeceği, hem de aynı anda bir sonraki kalıbı taşıyan ve kalıbın yerine takılmasını kolaylaştıran rulmanlı sistemler ya da taşıyıcılar kullanılmalıdır.

2) Kalıp bağlama sırasında makineyi ayarlama gereğini önlemek de zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bunun için bağlama sürecinde kullanılan kalıp ve makine bölümlerinde standartlaşmaya gidilmelidir. Örneğin, kalıpların makineye bağlantı kısımlarının standart hale getirilmesi ile kalıplar bağlanırken aynı bağlayıcıların ve takımların kullanılması mümkün olur. Böylece standartlaşan kalıp değiştirme işi daha az süre tutacaktır.

3) Mengene ve bağlayıcıları vida ve civata gerektirmeyecek şekilde tasarlamak da zaman tasarrufu sağlar. Böylece işçiler çok daha kısa sürede sıkıştırma ve gevşetme işlemlerini yapabileceklerdir. Örneğin manuel mengene yerine hidrolik mengene kullanmak, setup zamanında iyileşmeler sağlayacaktır.

4) Kalıp değiştirme süresinin %50 kadarı, bir kalıp takıldıktan sonra yapılan ayarlama ve deneme çalışmalarına harcanır. Oysa bu zaman kaybı, kalıbın ilk anda tam gerektiği şekilde yerine oturması sağlanırsa, kendiliğinden önlenabilir. Burada kullanılabilir yöntemler arasında, kalıbın bir dokunuşta yerine oturabileceği “kaset” sistemleri, ya da makineye eklenecek limit anahtarları sayılabilir. Böylece kalıp takıldıktan sonraki ayarlama işlemine gerek kalmaz.

5) Kalıpları, makinelerden uzak depolarda saklamak, taşıma ile vakit kaybedilmesine yol açar. Bu yüzden, sık kullanılan kalıpları makinelerin hemen yanlarında tutmak zaman kaybını azaltacaktır.

1.4.7. Poka – Yoke

Japoncada Poka-yoke sözcükleri “poka” (elde olmayan hatalar) ve “yoke” (önlemek) den gelmektedir. Poka-yoke gerçek anlamda kendi sürecini hatalara imkân vermeyecek ya da hataları keşfedecek ve düzeltecek şekilde dizayn etmektir. Poka-yoke donanımları sadece tekrarlı süreç aşamalarındaki hataların önüne geçilmesine olanak veren ve hatanın sürekli oluşmasını önleyecek ve yok edecek şekilde dizayn edilmiş bir araçtır (Filiz, 2004, <http://www.atillafiliz.com/makale.php?id=74>, 22 Ocak 2011).

Poka-yoke, genel anlamda hataya neden olan unsurların sürekli olarak kontrol edilerek yok edilmesinde bir çalışanın üzerindeki fiziksel ve zihinsel yükü azaltır. Aşağıda önem sırasına göre listelenmiş bazı genel geçer hatalar verilmiştir (Dennis, 2002:91),

1. Kayıp süreç adımları (Örnek, akışın kaynak yapmadan önce uygulanmaması),
2. Süreç hataları (Örnek, uygulanan kaynağın standartlara uymaması),
3. Parçaların yanlış işlenmesi (Örnek, parçanın ters monte edilmesi ve kaynağın yanlış yere uygulanması),
4. Kaybolan parçalar,
5. Yanlış parçalar,

6. Parçanın yanlış şekilde işlenmesi,
7. Ayarlama hataları (Kesme makinesinin yanlış ayarlanması sonucu parçanın istenilenden ince ya da kalın olması),
8. Kusurlu makine operatörü,
9. Donanımın düzgün bir şekilde kurulmaması,
10. Aletlerin ve kalıpların eksik hazırlanması.

Üretimden hemen sonra kalite problemlerine yol açan nedenleri belirlemek yeteri kadar yarar sağlamayabilir, ancak gelecekteki hataların önlenmesini sağlayacaktır. Bir sonraki süreçteki işçi bir önceki süreçteki işçinin gözlemcisi olursa kalite konusundaki geri bildirimler çok önceden sağlanmış olacaktır. Böylece her çalışan hem üretimi hem de kontrolü gerçekleştirebilir. Etkili bir Poka-Yoke uygulaması ile muayene maliyetlerini ve zamanını sifira yaklaştıracak bir sistemin gerçekleştirilmesi olasıdır. Eğer ara stoklar düşük tutulursa süreci geliştirmek için sağlanan kalite geri bildirimleri daha hızlı sağlanabilecektir. Bu anlayışla Poka-Yoke, aynı zamanda Tam Zamanında (JIT) üretim felsefesinin de bir parçasıdır (Doğan, 2000:25-50).

1.4.8. Jidoka

Jidoka, kalitenin kaynağında oluşturulması anlamına gelmektedir. Jidoka uygulamasında süreç içerisinde kusurlar kesinlikle bir sonraki adıma geçmemelidir (Sayer ve Williams, 2007:37). Jidoka tekniğinin temel ilkesi, hatayı üzerinden zaman geçtikten sonra keşfetmek ya da saptamak yerine, kaynağında ve anında saptayıp önleyerek, hiçbir hatalı parçanın veya ürünün üretilmemesini sağlamaktır. Jidoka tekniğinin anlayışına göre, üretimin herhangi bir süresinde bir üretim hatasıyla karşılaşıldığında üretim akışının durması, probleme anında müdahale edilmesi, düzeltici önlemlerin alınması ve benzer hataların tekrarının önlenmesinin sağlanması faaliyetleri sırayla gerçekleştirilecektir. Bir sonraki sürece hatalı parçanın geçmesi kesinlikle önlenmiş, kaliteli üretim güvence altına alınmış olacaktır (Filiz, 2004, <http://www.atillafiliz.com/makale.php?id=74>, 22 Ocak 2011).

Toplam kalite yönetiminin önemli bileşenlerinden biri olan Jidoka, tam zamanında üretimin devamlılığını sağlamaktadır. Jidoka, tüm tezgâhların hatasız parçalar üretmesini ve istenilen üretim miktarına ulaşıldığında tezgâhların otomatik olarak durmasını sağlayarak, fazla envanteri ortadan kaldırır. Böylece tam zamanında üretimin gerçekleştirilmesi sağlanır ve talep dalgalanmalarına hızla uyum gösterilir (Özmez, 2006:66).

1.4.9. 5S

Tertip, düzen ve temizlik için gerekli olan temel noktaların Japonca kelimelerinin baş harflerinden oluşan kavramdır. Yalın bir sistem oluşturmanın en önemli şartı, çalışma alanlarının düzenli olarak temizlenmesi ve organize edilmesi, çalışanların güvenliğinin sağlanması ile mümkün görünmektedir (Tapping, 2007:1). 5S; tüm bu düzenleme, temizlik ve disiplinin sistematik olarak bir araya getirildiği yalın üretim tekniklerinden biridir.

5S işyeri organizasyonu, düzeni ve temizliği için bir yapıyı ve adımları sağlar. Bunu aşağıdaki yollarla başarır (Sivaslı, 2006:7):

- Kendi çalışma alanlarını kontrol etmek için bir çalışanlar takımı sağlar,
- İsrafin nedenleri ve ortadan kaldırılmasına odaklanan takıma yardım eder, toplama, depolama ve görsel iletişim standartlarını kurar,
- İş alanını yalın uygulaması için hazırlar,
- Müşterilerine temiz bir alanının önemini gösterir ve böylece ürün kalitesinde övünme açığı çıkar,
- Çalışanların moralini iş alanını güvenli, temiz ve çalışmak için zevkli hale getirme yoluyla iyileştirir.

5S sisteminin beş adımı aşağıdaki gibidir,

➤ 1S - Sınıflandırma

Eşyaları doğru yerlere yerleştirmek ve sınıflandırmak, temizlenmesi zor alanlardan kurtulmaktır. Çalışma alanında bulunan, ama iş yapmada herhangi bir

katkısı olmayan nesnelere işaretlenir ve çevreden uzaklaştırılır. Bunun için kullanılan en bilinen yöntem ise Kırmızı Etiket Yöntemidir.

➤ **2S - Düzenleme**

Düzenleme, tam anlamıyla verimlilikle ilgilidir. Bu 5S adımı, bir şeyin hızlı bir şekilde bir yere konulması ve böylece ona hızlı bir şekilde ulaşılması amaçlanır. Malzemeye veya kullanılan alete hızlı bir şekilde ulaşırsa; iş akışı daha verimli, çalışan daha üretken olacaktır. Her alet, araç ve malzemenin doğru yerde olması demek, o aleti, aracı veya malzemeyi kullanana göre ve işin yapılış şekline göre ilişkilendirmek önemlidir. Her bir parça kolayca tanımlanabilecek şekilde etiketlenmesi gerekir (The 5 'S' Process: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke <http://www.siliconfareast.com/5S.htm> 19 Ocak 2011).

➤ **3S – Temizleme**

Temizliğin amacı tertemiz bir işyeri yaratmaktır. Adına bakıldığında 5S'in en basit aşaması gibi görünse de pek çok faaliyeti kapsayan kompleks bir içeriğe sahiptir. Tozların, yağın, talaşın ve daha birçok kirlilik nedeninin birikmesi; kalitesiz ürünlere, verimin düşmesine, daha kötüsü kazalara yol açar. Temizleme prosedürünün dikkatli uygulanması ve temizlik gerçekleştirildikten sonra bunun devamının sağlanması kirlilikle ilgili bütün problemlerin çözümüdür (Çapan, 1993:154-155).

➤ **4S – Standartlaştır**

Amaç; iyi bir çevre düzeni ve iş yeri ortamı yaratmak ve bunu sürdürmektir. Yapılmış olan düzenlemeyi ve temizliği devamlı hâle getirebilmek için, her şey belirli kural ve şartlara bağlanarak tekdüze hâle getirilmelidir.

Standartlaştırmanın amacı, kirden uzak, güvenli ve iyi organize edilmiş bir ortam yaratmaktır. Standartlaştırma; 5S'in ilk üç aşamasının sırasıyla ve sürekli

uygulanması ile elde edilen sonuçların devamlı olmasını sağlamanın en önemli yoludur (Çapan, 1993:159).

➤ **5S – Disiplin**

Disiplin aşaması 5S çalışmasının belki de en zor olanıdır. Çünkü insan doğasının değişime direnci ve her türlü sisteminde minimum enerji konumuna geçme eğilimi vardır. 5S aktif bir çalışma sonucunda başarılabilir, yeterli enerji harcanmaz ise eski duruma kolayca dönülebilir.

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA

2.1. ALTI SİGMA KAVRAMI

Sembol olarak “Sigma” Yunan alfabesinin bir harfidir. Büyük harf sigma (Σ), genellikle toplam simgesi olarak bilinir. Küçük harf sigma (σ) ise, özellikle istatistikte ve istatistiksel süreç kontrolünde çok önemli bir ölçü birimidir ve standart sapmanın simgesidir.

Standart sapma ise, bir dağılım, yayılma, sapma, farklılaşma ölçütüdür. Belirli koşullarda oluşan değerler arasında farklılaşma büyüdükçe standart sapma büyür ve farklılaşma azaldıkça da küçülür. Ayrıca sigma değeri hataların hangi sıklıkta oluştuğunu gösterdiği gibi daha yüksek sigma değeri daha az hata olasılığını açıklar. Dolayısıyla sigma seviyesi artarken maliyet ve çevrim zamanı azalmakta, aynı zamanda müşteri memnuniyeti de artmaktadır. Belirlenen sigma seviyesi süreç değişiminin isteklerini nasıl karşıladığını göstermede kullanılır (Öztürk, 2009:449-450).

Sigma aşağıdaki formülle hesaplanabilir (örneklem sigma genellikle “s” ile, anakütlenin sigma ise genellikle “ σ ” ile gösterilir) (Kumar, 2006:5).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.1)$$

- s = Örneklem standart sapması
 X_i = Örneklem verisi $i=1, 2, 3, \dots, n$ için
 \bar{X} = Örneklem ortalaması
 n = Örneklemdeki veri sayısı

Son yıllarda literatürde sıkça karşımıza çıkan Altı Sigma; ilk kez Jack Welch ve arkadaşları tarafından popüler hale getirilmiş, hatta Amerikan Hükümetinin terörle mücadelesinde kullanılmış bir kalite tekniğidir (Dirgo, 2005:57). 1980'lerde Motorola firmasında Altı Sigma'nın öncülüğünü üstlenmiş olan Mikel J. Harry ve Richard R.Schroeder kitabında Altı Sigma'nın tanımını şu şekilde vermiştir: "Altı Sigma; işletmenin israf ve fazla kaynak kullanımını azaltmasının yanında, müşterilerin tatmin düzeyini arttıran bir iş sürecidir" (Harry ve Schroeder, 2000:VII).

Bir diğer tanımda ise, "Altı Sigma, bir ürün veya hizmet üreten süreçte sıfır hataya yaklaşan, optimize edilmiş bir performans düzeyidir. Dünya ölçeğinde bir performansa ulaşılmasını ve bu düzeyin sürdürülmesini gösterir. Altı Sigma bir yöntem veya bir araç değil, bir sonuçtur" (Wilson, 1999:181).

Robert T. Dirgo, "*Look Forward?: Beyond Lean and Six Sigma*" adlı kitabında kısaca Altı Sigma'yı şu şekilde tanımlamıştır: "Altı Sigma müşteriler için kritik önem taşıyan unsurlara odaklanarak, iş süreçlerinde meydana gelen hata ve kusurların nedenlerini bulmayı ve bunları ortadan kaldırmayı amaç edinmiş iş iyileştirme yaklaşımıdır" (Dirgo, 2005:58).

Diğer bir tanıma göre "Altı Sigma, hizmetten üretime her türlü süreçteki hataları azaltmayı hedefleyen disiplinli ve veri odaklı bir yöntemdir. Altı Sigma yönteminin en temel hedefi, şirket bünyesinde Altı Sigma iyileştirme projeleri ile değişkenliğin azaltılmasına ve süreç iyileştirmeye odaklanan ölçüm esaslı bir strateji yerleştirmektir" (Pyzdek, 2001:35).

Kapsamlı bir şekilde Altı Sigma tanımlanacak olursa; "Altı Sigma üretim ve hizmet süreçlerinde kusur ve hataların nedenlerini bulmaya ve ortadan kaldırmaya, işlemlerin maliyetini ve çevrim zamanlarını azaltmaya, verimliliği arttırmaya, müşteri beklentilerini daha iyi şekilde karşılamaya ve daha yüksek işletme aktif kullanımı ve yatırımların geri dönüşünün başarılmasına odaklanan bir iş iyileştirme yaklaşımıdır" (Evans ve Lindsay, 2005:3).

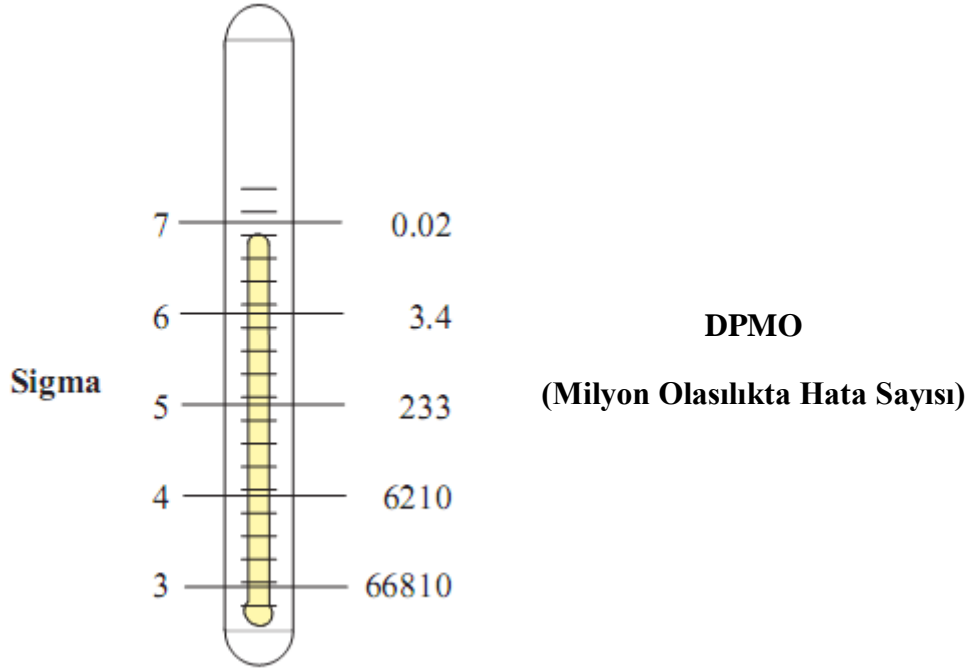
Altı Sigma, yüksek standartlar hedef almış bir kalite yönetim felsefesi olup; sigma sayısı arttıkça, belirlenmiş hedefe göre değişimlerin, başka bir ifadeyle fire miktarının azalacağını öngören bir program içerir. Bu yöntemde, bir firmanın ürün ve hizmetlerdeki performansı, sigma seviyesi ile ölçülür. İş süreçlerinde sapma yaratan nedenleri tespit edip; zararsız hale getirdikçe, sigma seviyesi sürekli artacaktır. Bu da, iş ve üretim süreçlerinde hataların azalacağı anlamına gelmektedir. Altı Sigma’da hedef, değişkenliği ve sapmayı sifıra yaklaştıracak, beklentileri mükemmel şekilde karşılayacak ürün ve süreçlere ulaşmaktır (Yağcızeybek, 2007, <http://www.morfikirler.com/yazi/alti-sigma-nedir>, 15 Aralık 2010).

Altı Sigma uygulayan şirketler, süreçlerinin verimliliğini sigma seviyesi adı verilen bir endeksle izlemektedirler. Sigma seviyesiyle; ürün başına hata, kalitesizlik maliyeti, çevrim zamanı ve verimlilik gibi karakteristikler arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:30-31). Sigma seviyesinin artması hata olasılığının düşmesi demektir. Bir milyon fırsattaki hata sayısı (DPMO), bir Altı Sigma metriğidir. Bu metrikle bir milyon çıktıdaki hatalı ürün adedi hesaplanır ve Altı Sigma’nın amacı olan DPMO’nun 3.4’ten düşük olması için çalışmalar yapılır. Bir sürecin Altı Sigma kalite düzeyinde olması demek, elde edilen ürün veya hizmette bir milyonda 3.4 adet hataya rastlanması demektir. Özet olarak ifade edilirse Altı Sigma, daha sıkı çalışmak için değil, daha akıllıca çalışmak için bir felsefe, bir iş stratejisidir (Wyper ve Harrison, 2000:722).

Hatalı ürün sayısının belirlenmesi yerine Altı Sigma çalışmalarında aşağıdaki oranın kullanılması, değerleri standartlaştırarak karmaşık ya da basit her türlü ürünün kusurluluk değerinin karşılaştırılmasında pratiklik sağlamaktadır. Bir milyon fırsatta hata sayısı aşağıdaki gibi bulunur,

$$DPMO = \frac{1.000.000 \times \text{Hatalı Ürün Sayısı}}{\text{Üretim Miktarı}} \quad (2.2)$$

Şekil 12. Sigma Ölçeği



Kaynak: McCarty, Bremer, Daniels ve Gupta, 2004:4

Altı Sigma performansına ulaşmadaki hedef, değişkenliğin standart sapmalarını, müşterinin talepleri doğrultusunda belirlenmiş sınırlar içerisine çekilmesi yoluyla, azaltmak veya daraltmaktır. Süreç yeteneği, sürecin aynılığının göstergesidir. Buna göre süreç yeteneği, belirli bir kalite karakteristiği için değişkenlik ölçüsüdür. Süreç yetenek analizi de süreç yeteneğini ölçmeye yönelik çalışmalardır. Süreç yetenek katsayısı (C_p), üst ve alt spesifikasyon limitleri, sırasıyla ÜSL ve ASL, sürecin standart sapması σ olmak üzere,

$$C_p = \frac{\text{ÜSL} - \text{ASL}}{6\sigma} \quad (2.3)$$

olarak tanımlanır. Tek yanlı spesifikasyon değerlerinin bulunması durumunda, üst ve alt spesifikasyonlar için sırasıyla süreç ortalaması μ olmak üzere,

$$C_{pu} = \frac{ÜSL - \mu}{3\sigma} \quad C_{pa} = \frac{\mu - ASL}{3\sigma} \quad (2.4)$$

eşitlikleri kullanılır. Süreç yetenek katsayısının bulunmasına ilişkin verilen eşitlikler, sürecin ortalama değerinde çalıştığı ya da çok küçük sapma gösterdiği durumlarda geçerliliğini korumaktadır. Süreç yetenek katsayısı için süreç ortalamasının yerini değerlendiren eşitlik C_{pk} sembolü ile gösterilir. C_{pk} ile süreç ortalamasının hangi spesifikasyon limitine daha yakın olduğu belirlenebilir. $C_p = C_{pk}$ ise, süreç ortalamasının spesifikasyon limitlerinin tam ortasında olduğu anlaşılır. Eğer $C_{pk} < C_p$ ise, süreç öngörülen merkezden uzaklaşmış demektir (Burnak, 1997:23).

Herhangi bir süreç ölçüldüğü zaman, çıktılar herhangi bir birimde (hacim, şekil, vs..) ölçülebilir özelliklerde olabilir. Süreç çıktılarının değeri *ortalama*; değişkenliği ise *standart sapma* ile ölçülür. Normal dağılımda verinin % 95.44'ünü içine alan bir aralıktan ya da bir milyon veri içinden 45.400 hata sayısından söz ediliyorsa verinin ortalamadan ± 2 standart sapma ile; verinin % 99.73'ünü içine alan bir aralıktan ya da bir milyon veri içinden 2.700 hata sayısından söz ediliyorsa verinin ortalamadan ± 3 standart sapma ile; verinin % 99.999998'ini içine alan bir aralıktan ya da bir milyon veri içinden 2 hata sayısından söz ediliyorsa verinin ortalamadan ± 6 standart sapma ile dağıldığını söyleyebiliriz (Gitlow ve Levine, 2005:15). Tablo 1'de her bir sigma seviyesinin dönüşüm tablosu verilmiştir.

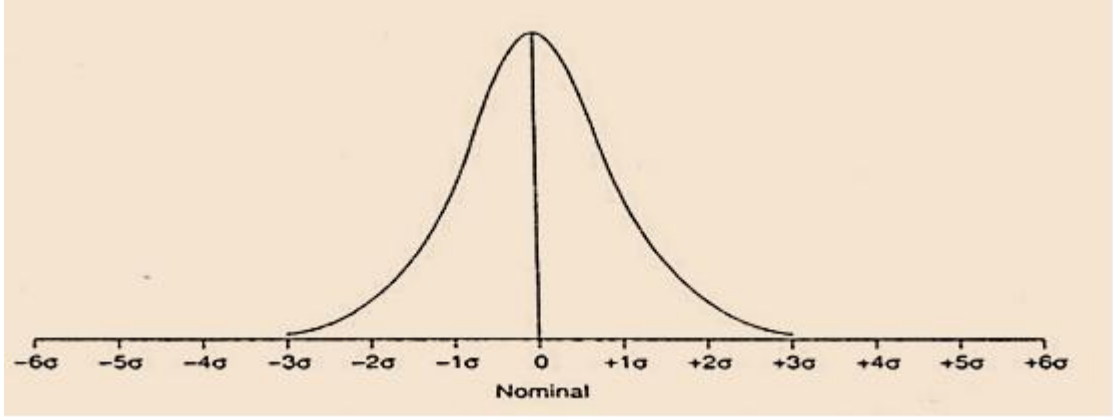
Tablo 1. Sigma Dönüşüm Tablosu

Aralık Ölçütü (μ)	Hatasız Üretim (%)	Hatalı Üretim (%)	Bir Milyonda Hatalı Sayısı
-1 σ 'den + 1 σ 'ya	68.26	31.74	317400
-2 σ 'den + 2 σ 'ya	95.46	4.54	45400
-3 σ 'den + 3 σ 'ya	99.73	0.27	2700
-4 σ 'den + 4 σ 'ya	99.9937	0.0063	63
-5 σ 'den + 5 σ 'ya	99.999943	0.000057	0,57
-6 σ 'den + 6 σ 'ya	99.9999998	0.00000002	0,002

Kaynak: Bass, 2007:20.

Veriler Şekil 13'deki gibi normal dağılım izlediğinde hatasız ürün sayısı Tablo 1'deki gibi olacaktır.

Şekil 13. Ortalama ($\mu=0$) ve Standart Sapma ($\sigma=1$) ile Normal Dağılım

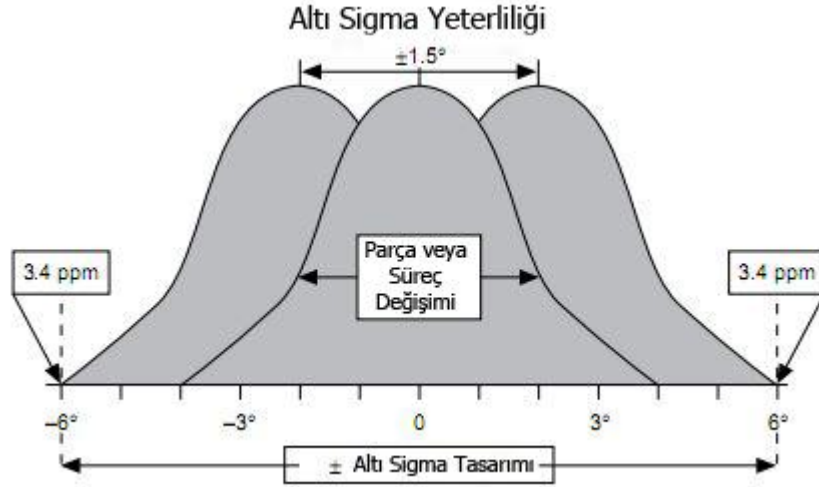


Kaynak: Gitlow ve Levine, 2005:15.

Tablo 1'de ± 4 Sigma seviyesinde bir milyon üretilen üründen 63 tanesinin hatalı olduğu belirtilmiştir. 63 hata sayısı fazla görünmese de, buna sürecin doğal değişmesini de eklediğimizde (genellikle bu değişimin ortalama değerinin ± 1.5 sigma kaydırıldığı Motorola'da doğrulanmaya çalışılmıştır) tek aşamalı süreçte üretilen ürünlerin % 99.3790'u ± 4 sigma aralığı içinde yer alacak ve bu da ürünlerin % 0.621'i spesifikasyon limitleri dışında olduğunu yani üretilen bir milyon üründen 6210'un hatalı olduğunu gösterecektir (Öztürk, 2009:453). Şekil 14'te 1.5 sigma kaymalı normal dağılım eğrisi verilmiştir.

Tipik bir üretim sürecinin ortalamasının merkezden 1.5σ kaydığı bilindiğine göre, bir 3σ süreci merkezden 1.5σ sağa ve sola kaydığında normal eğrinin sadece % 93,32'si kontrol limitleri arasında kalacaktır. ($1 - 0,93319 = 0,06681$) olduğu için spesifikasyonların dışındaki ürün veya hizmetlerin sayısı 66810 olacaktır. Bir süreç 6σ yeterliliğine sahip olduğunda ve yine merkezden 1.5σ kaydığını varsaydığımızda süreç sadece 3.4 hatalı ürün üretir (Gürsakal ve Oğuzlar, 2003:43).

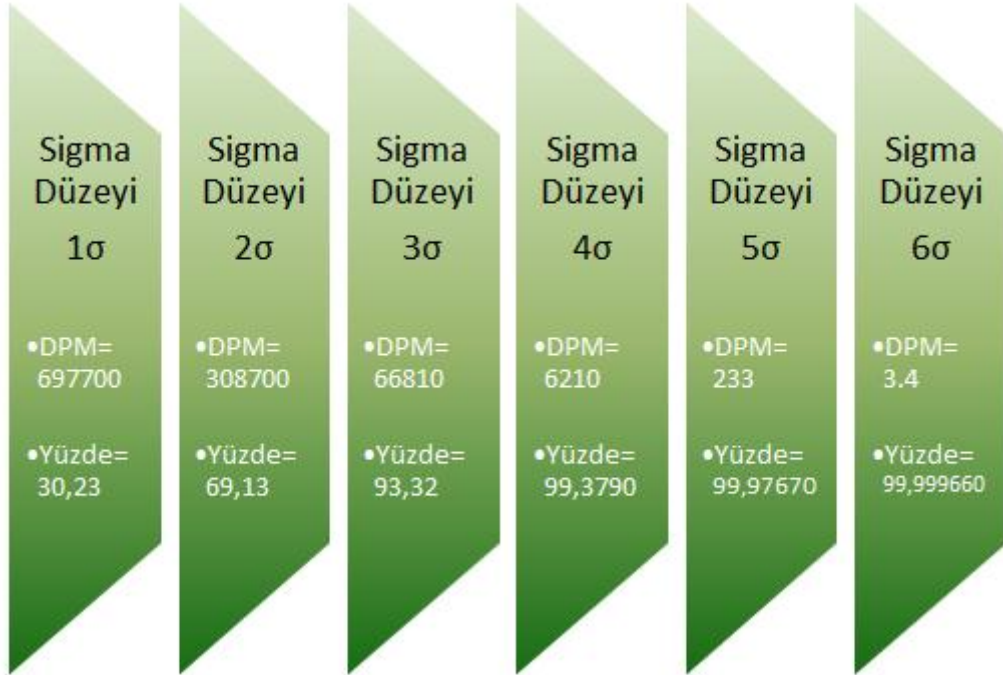
Şekil 14. 1.5 Sigma Kaymalı Normal Dağılım Eğrisi.



Kaynak: Behara, Fontenot ve Gresham, 1995:10.

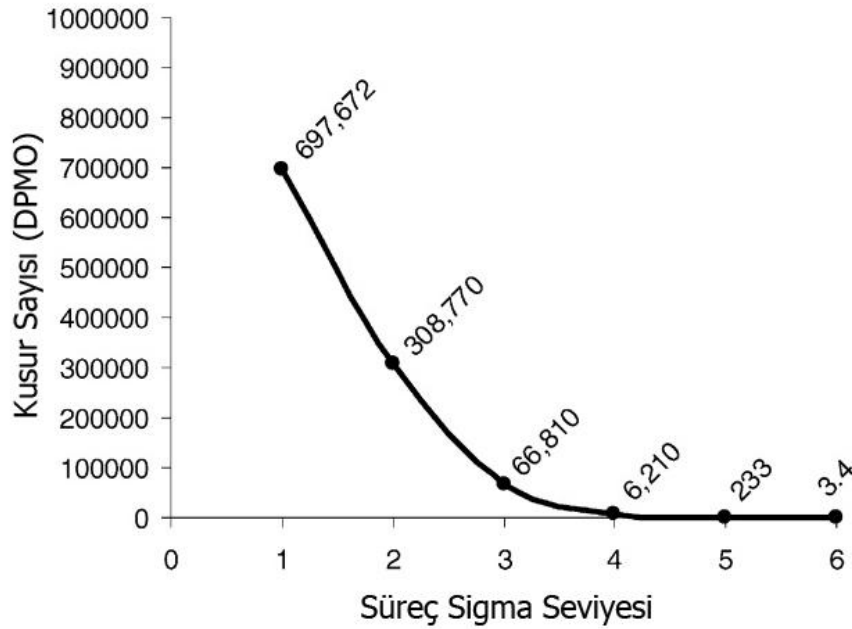
Şekil 15'te $1,5\sigma$ 'ya göre normal dağılım, sigma seviyesi ve hata ilişkisi verilmiştir.

Şekil 15. $1,5\sigma$ Sigma Düzeyine Göre Milyon Başına Hata ve Yüzde



Şekil 15 incelendiğinde, sigma seviyeleri ile milyonda olası hata sayıları arasındaki ilişkinin ters yönlü olduğu görülür. Söz konusu ilişkinin fonksiyonel şekli ise paraboliktir. Bunun anlamı, sigma seviyesinin 2' den 3' e çıkması için hata sayısının (oranının) yaklaşık olarak 3,62 kat azaltılması (iyileştirilmesi), sigma seviyesinin 3'den 4'e çıkması için hata sayısının yaklaşık olarak 9,76 kat azaltılması gerekir. Aynı mantıkla, 4 sigma seviyesinden 5 sigma seviyesine çıkmak için hata sayısının yaklaşık olarak 25,65 kat ve nihayet 5 sigma seviyesinden 6 sigma seviyesine çıkmak için ise yaklaşık olarak 67,53 kat iyileştirme yapmak gerekmektedir. Görüldüğü gibi, sigma seviyelerindeki artış hedefine ulaşmak giderek daha da zorlaşmaktadır. 2 sigma seviyesinden 3 sigma seviyesine çıkmak için basit problem çözme tekniklerinden yararlanılması yeterli olur. Ancak, daha üst sigma seviyelerine ulaşmak için istatistiksel tekniklere ve ileri düzey tasarım çalışmalarına gereksinim vardır (Işığışok, 2004:76). Şekil 16'da süreç sigma seviyesi ile kusur sayısı arasında ilişkiyi görebiliriz.

Şekil 16. Süreç Sigma Seviyesi ile Kusur Sayısı İlişkisi



Kaynak: Linderman, Schroeder, Zaheer ve Choo, 2003:194.

Geleneksel firmalar 3-4 sigma seviyesini yeterli bulmaktadır. Fakat Tablo 2 incelendiğinde gerçek hayatta bu sigma seviyelerinin nelere mal olacağı görülmektedir (Girenes, 2006:8).

Tablo 2. Hata Oranlarının Gerçek Hayata Yansımaları

ÖRNEK	% 99 (3.8 Sigma)	% 99,99966 (6 Sigma)
10 000 çalışanda kayıp işçilik saati	100 adam-gün	49 dakika
Bir günde kirli su içme zamanı	14,4 dakika	0,3 saniye
Aylık elektrik kesintisi	7,2 saat	8,8 saniye
6 saatlik uçuşta ciddi hava boşluğu tehlikesi	3,6 dakika	0,1 saniye
1 000 000 \$'lık yatırımdaki kayıp	10 000 \$	3,4 \$

Kaynak: Girenes, 2006:8.

Görüldüğü üzere daha yüksek sigma seviyesi daha az hata, daha az kalite maliyeti veya daha fazla kar payı ve daha az tatmin olmayan müşteriye belirtir. Bir anlamda sayılar, bir şirkette tedarikçilerden elde edilen değişkenlikler olmak üzere tüm anahtar temel ve destek süreçlerde değişkenliğin azaltılmasının önemini kanıtlamaktadır (Öztürk, 2009:456).

2.2. ALTI SİGMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Dünyada ilk kalite çalışmaları insanoğlunun bir nesneyi çoğaltma isteği ile başlamıştır. İlk uygulamalar bir çekicin, bir bıçağın veya mızrağın ucundaki sivri taşın kötü bir kopyasını yapabilmek amacı ile gerçekleştirilirken, bu uygulamalarda daha çok kullanım kolaylığı ve boyutsal yakınlık hedefleniyordu. Belirli bir boyuta yakın olarak kopyalanan, çoğaltılan bıçaklar, mızraklar kendilerinden beklenen fonksiyonları daha iyi yerine getirebiliyordu. Bu bağlamda, insanoğlunun değişkenliklere ve kalitesizliğe karşı savaşının kendi tarihi kadar eski olduğunu söylenmektedir (Gürsakar ve Oğuzlar, 2003:22).

Bir ölçüm standardı olarak sigmanın kökleri normal eğri veya dağılım kavramını tanıtan Carl Fredrich Gauss'un (1777-1855) çalışmalarına dayanır. Walter Shewhart 1922 yılında çıktı değişim ölçüsü olarak üç sigmayı tanıtmış ve çıktı bu sınırı aştığında sürece müdahale edilmesinin gerekli olduğunu belirtmiştir. Üç sigma kavramı % 99.973'lük bir süreç getirisine ilişkin ve milyonda 2600 hata oranını gösterdiğinden 1980'lerin başına kadar çoğu imalat şirketleri için yeterli görülmüştür (Raisinghani, Ette, Pierce, Cannon. ve Daripaly, 2005:491-492).

İkinci Dünya savaşının sonunda yeniden yapılanma sürecine giren Japonya, başarının anahtarını Kalite olarak görmüş ve Japon Kalite Hareketini başlatmıştır. Bu süreçte, 1950 yılında Dr. Deming tarafından Japonya'da başlatılan konferanslar meyvelerini çok kısa bir zamanda vermeye başlamıştı. 1980'li yılların başlarında Japon üreticilerin kalite anlayışındaki bu ilerlemeleri, küresel tüketicileri Japon mallarına yönlendirmiş ve bu durum Amerikan üreticileri tehdit etmeye başlamıştı.

1980'li yılların ortalarında Bob Galvin (1922 doğumlu, Motorola'nın icra kurulu başkanı) ve Bill Smith (1929-1993, Motorola'da kalite uzmanı olarak çalışmıştır ve Altı Sigma'nın kurucusu olarak bilinir) tarafından kusurları azaltmak ve ürünlerin güvenilirliğini artırmak amacıyla Altı Sigma geliştirildi. Buna göre Shewhart'ın koyduğu % 99,6'lık başarı çitası, ancak milyonda 3,4 oranında hatanın kabul edilebileceği bir noktaya yükseltildi ve bu hedefe ulaşmak için yeni bir anlayış benimsendi. Bu yeni modelde hatalara geçit verilmiyor, her yönüyle kusursuz üretim amaçlanıyordu. Örneğin, bilgisayar üreten bir firma Altı Sigma prensiplerini uyguladığında, ürettiği her 1 milyon bilgisayardan sadece 3-5 adedinin hatalı olabileceği kabul edilmiştir. Altı Sigma yöntemini uygulayan Motorola, tarihindeki en büyük başarıyı yakaladı ve 1989 yılında Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülünü aldı. Motorola'nın bu başarısından sonra başta General Electric, IBM, Kodak olmak üzere dünyanın önde gelen hemen hemen tüm kuruluşları Altı Sigma yöntemini uygulamaya başladı. Altı Sigma kalite anlayışını benimseyerek her yönüyle mükemmel olmayı hedeflemiş kurumlarda, bu amaç için harcanan her 1 doların yaklaşık 5 dolar olarak geri döndüğü görüldü (Coşkun, 2009:72-73).

Motorola Altı Sigma yönteminin resmi olmayan yaratıcısıdır. Bazı yazarların Motorola'nın Altı Sigma kalite girişimine 1960'ların ortalarında başladıklarını söylemesine karşın, Motorola' da Altı Sigma sürecinin uygulanması ilk olarak 1980'lerde başlamıştır. Motorola'nın Altı Sigma'ya katılımı ise 1982' de olmuştur. Bu başlangıç üretim odaklı bir kalite iyileştirme programının uygulanması idi (Henderson ve Evans, 2000:260). Motorola bu kalite ölçümünü somutlaştırmak için MHO: Milyonda Hata Olasılığı –bir milyon işlem basamağında hata yapma olasılığı– kavramını geliştirdi ve 1985 yılında itibaren bu ölçütü uygulamaya koydu. 1987 yılında üst yönetimin kalite iyileştirme konusundaki iddialı gayretlerinin etkisi ile Altı Sigma hedefi, yani bir milyon basamakta 3.4 hata hedefi belirlendi. Bu aynı zamanda müşteri ihtiyaçlarını kusursuza yakın karşılama hedefiydi (Baş, 2003:15).

Motorola uzmanları her ne kadar kendi ürünlerini daha kaliteli olduğunu düşünse de, müşteri üzerinde ürünlerinin aynı etkiyi yaratmadığını, ürünlerinin çok pahalı olduğunu bir araştırma sonucunda görmüş ve Japonların nasıl bir yol izleyerek bu kadar ucuza ürün satabildiklerini incelemeye başlamışlardır. Yapılan araştırmalar ve Amerikan Kalite Derneği'nden sağlanan danışmanlıklar, aradıkları cevaba ulaşmalarını sağlamıştır. Amerikan Kalite Derneği “Japonların Japonya'daki ucuz işçilik ve ucuz malzemeden dolayı ürünleri ucuza satmadığını, Amerika' da üretim yapan şirketlerinde aynı ucuz üretimi sağladığını” Quasar örneğini göstererek Motorola'ya açıklamıştır. Daha önceden kendi şirketleri olan Quasar'daki maliyetlerin düşmesinin sağladığı başarıyı inceleyen Motorolalı uzmanlar, burada Japonların ürün kalitesinden çok, ürünün üretildiği sürecin kalitesinin sorguladıklarını ve bunu iyileştirmek için de müşteri beklentilerini çok iyi belirleyerek daha sonradan Altı Sigma Problem Çözme Modeli olarak adlandırılacak araçlar bütününe temelini oluşturan araçları kullandıklarını görmüşlerdir (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:18)

Bu mesajı iyi değerlendiren Motorola Başkanı kuruluşunda köklü bir değişime gitmiş, Altı Sigma adını doğurmuş ve Motorola, şirketlerinin verimliliğini Sigma seviyesi denen bir endekse takip etmeye ve bunu iyileştirmek için de odaklanmış projeler belirleyerek, Altı Sigma'nın MAIC (Measure – Analyse –

Improve - Control) adı verilen, kendilerinin derlediği bir problem çözme modelini kullanmaya başlamışlardır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:18).

Motorola 80'lerde başlayan ve günümüze kadar süren Altı Sigma çalışmaları sonucunda 1988 yılında Malcolm Baldrige National Quality ödülünü kazanmıştır. Böylece kuruluşun başarısındaki sır herkes tarafından öğrenilmiş ve kendi kuruluşlarına uyarlamaya başlamışlardır (Pyzdek, 2000:1).

2.3. ALTI SİGMA'DA ROLLER VE SORUMLULUKLAR

Altı Sigma yaklaşımı, süreç gücü ve insan gücünü çok iyi bir şekilde bir araya getirerek sinerji sağlar. Başarısı herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Altı Sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitimin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir (Baş, 2003:23). Yukarıdan aşağıya bir yönetim anlayışı şeklinde yürütülür.

Altı Sigma yaklaşımında başarı için işletmede uygun alt yapının olması, tepe yönetiminin isteği ve arzusu ve bütün sistemdeki bireylerin katkısıyla başarılı bir uygulamaya dönüşecektir. Başarılı bir uygulama için projede çalışan ekip görevlilerinin sorumluluk ve görevlerinin tanımlanması gerekir. Altı Sigma yaklaşımında çalışan görevlilerin çalışma görev ve sorumlulukları aldıkları kuşak rengine göre sıralanmış ve tanımlanmıştır (Patır, 2008:73).

İlk bakışta Uzakdoğu sporlarının yapıldığı bir kulübün organizasyon yapısını andıran bu unvanlar Altı Sigma'nın uygulandığı organizasyonun yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bazı şirketler genel kabul gören unvanlara sarı, mavi vb. kuşaklar eklerken, bazıları ise birkaç kuşakla yetinmektedir (Baş, 2003:23). Altı Sigma organizasyonu içerisinde yer alan ekiplerin rolleri özetle Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar

Şampiyon	Uzman Kara Kuşak	Kara Kuşak	Yeşil Kuşak
Şirketin Altı Sigma vizyonunu oluşturmak	Kara Kuşakların eğitimine ve sertifikalandırılmasına yardımcı olmak	Proje engellerini belirlemek	Günlük işlerin yanında, Yeşil Kuşak fonksiyonlarını yerine getirmek
Altı Sigma uygulama yolunu tanımlamak	Şampiyonlarla işbirliği kurmak	Proje gerçekleştirilmesinde ekipleri yönlendirmek ve yönetmek	Kara Kuşakların projelerine katılarak, sorumluluklarını yerine getirmek
Stratejileri uygulamak için eğitim planı geliştirmek	Örgütün birçok seviyesindeki personeline eğitim vermek	Liderlere gelişmeleri rapor etmek	Projelerin uygulanmasında Altı Sigma metodlarını öğrenmek
Etkisi yüksek olacak projeleri belirlemek	Proje tanımlamasına yardımcı olmak	Gerektiğinde şampiyonlardan yardım talep etmek	Projelerin tamamlanmasından sonra da Altı Sigma metod ve araçları öğrenimini sürdürmek
İstatistiksel düşünce sistemini geliştirmek	Proje çalışmalarında Kara Kuşakları desteklemek	Uygulamada kullanılacak en etkin araçları belirlemek	
Kara Kuşakları denetlemek	Gerekli olduğunda teknik danışmanlık verebilmek üzere proje incelemelerine katılmak		

Kaynak: Harry ve Schroeder, 2000:198-199.

Şekil 17’de Altı Sigma uygulayan işletmelerde yer alan ekiplerin birbiri ile olan ilişkisi yer almaktadır.

Şekil 17. Altı Sigma Organizasyonundaki Roller



2.3.1. Üst Kalite Konseyi

Altı Sigma'da projeler, organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülür. Eğer üst yönetim bu projelere yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir ifade ile eğer üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa Kara Kuşakların başarı şansı olmayacaktır. Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlı olacaktır. Bu konseyin başlıca görevleri aşağıdaki gibidir (Baş, 2003:24),

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

Altı Sigma'da başarıya üst yönetimin açık ve katılımcı liderliği ile ulaşılabilir. Üst yönetim, Altı Sigma'nın işletme içinde başarı sağlaması için gerekli olan gücü, yönlendirmeyi ve koordinasyonu sağlar (Gitlow ve Levine, 2005:26).

2.3.2. Şampiyon

Şampiyonlar herhangi bir Altı Sigma projesinde başarı veya başarısızlıkta önemli bir rol oynamaktadır. "Şampiyon" kavramı Orta Çağ dönemine kadar gitmekte ve savaşta kullanılan bir kelime olarak kullanılmaktadır. Bir şampiyon, bir hedef ulaşmak için, savaş alanını hazırlayan kişidir. Altı Sigma'da ise, bir şampiyon Kara Kuşakların hedeflerine ulaşmasında destekleyici rol oynar ve işlevsel, finansal,

kişisel ve diğer engelleri ortadan kaldırır. Böylece Kara Kuşaklar işlerini kolayca yapabilirler (Brue, 2002:83).

Şampiyonlar, Altı Sigma projelerinin yürütülmesinde ve uygulanmasında çok aktif sponsorluk ve liderlik görevi alırlar. Şampiyon, yürütme komitesi üyesi ya da en azından yürütme komitesinin bir üyesine doğrudan rapor veren güvenilir bir kişi olmalıdır. Şampiyon, kaynakları sağlamada veya sınırları kaldırmada, organizasyonda daha yukarıya gitmesine gerek kalmayacak etkiye sahip olmalıdır. Şampiyonlar, projelerin seyrinde yürütme komitesiyle, projelere atanan proje liderleriyle (kara kuşaklarla) ve uzman kara kuşaklarla (kara kuşakların danışmanlarıyla) daha yakın çalışırlar. Şampiyonun sorumlulukları aşağıdaki gibidir (Gitlow ve Levine, 2005:27),

- Organizasyonel kontrol paneli (dashboard) üzerinde projenin tanımlanması,
- Yürütme komitesi ile proje amacının geliştirilmesi ve görüşülmesi,
- Proje takımına önderlik etmesi için kara kuşağın seçimi (veya basit projeler için yeşil kuşağın seçimi),
- Altı Sigma projesine engel olan politik sınırları veya kaynak kısıtlarını kaldırma,
- Proje takımları ve yürütme komitesi arasındaki iletişim bağlantılarının gelişmesini sağlama,
- Takım üyelerine kaynaklarını yönetmesinde ve bütçe içinde kalmasında yardımcı olma,
- Zaman çizelgesine uyulması hakkında proje sürecini gözden geçirme,
- Yön göstererek ve rehberlik ederek, takımın proje üzerinde odaklanışını koruma,
- Altı Sigma metotlarının ve araçlarının projede kullanılmasını sağlama,
- Altı Sigma projeleri için aşama gözden geçirme sürecine katılma.

2.3.3. Uzman Kara Kuşak

Kara kuşaklar arasından seçilen, işletmelerde Altı Sigma konusunda teknik danışman gibi çalışan uzmanlardır. Uzman Kara Kuşaklar, Altı Sigma'nın mantığını,

amaçlarını, kapsamını ve uygulamasını derinliğine kavramış ve Altı Sigma ile ilgili her konuda en üst düzey teknik bilgiye sahip kişilerdir.

Uzman Kara Kuşaklar bir danışman gibi diğer ekip üyelerine öncülük etmektedir. Uzman Kara Kuşaklar, temel Kara Kuşak eğitimlerini tamamlamış ve birçok kez projeler içinde yer almıştır. Böylece projelerin yönünü saptamada ve sonuçların ortaya konmasında uzmanlaşmışlardır (Greg, 2006:54). Uzman Kara Kuşakların başlıca görevleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Baş, 2003:27),

- Projeyi yürütecek takıma başta istatistiki yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her konuda teknik destek sağlamak,
- Şampiyonlara projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak,
- Projelerden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için bir araya getirmek ve özetlemek,
- Altı Sigma konusunda çalışanlara eğitim vermek,
- Çalışanları bilgilendirmek suretiyle Altı Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkı sağlamak şeklinde özetlenebilir.

Ayrıca, genellikle ilk Altı Sigma uygulamalarında Uzman Kara Kuşak dış tedarikçilerden veya danışman firmalardan sağlanır. Sürdürülebilir bir yayılıma sahip olan firmalar iki yıl içinde kendi Uzman Kara Kuşaklarını yetiştirerek dışa bağımlılıklarından kurtulabilirler. Uzman Kara Kuşak olabilmek için Kara Kuşak sertifikasına sahip olmak, başarılı Kara Kuşak projeleri yapmak, Kara Kuşak eğitimlerinde ve danışmanlıklarında görev alarak eğitiminin eğitim süresini tamamlamak gereklidir (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:63).

Uzman Kara Kuşaklar bu eğitimlerin haricinde ileri istatistik, liderlik, sunuş teknikleri, eğitmenlik, iletişim yönetimi, motivasyon teknikleri ve zaman yönetimi gibi eğitimleri de alırlar. Tablo 4'te Uzman Kara Kuşak'ın alması gereken eğitim süreci gösterilmiştir.

Tablo 4. Uzman Kara Kuşak Eğitim Süreci

1. Hafta	2. Hafta
<ul style="list-style-type: none">• Altı Sigma'nın özü ve DMAIC yol haritası• Süreç haritaları• Hata türü ve etkileri analizi (FMEA)• İstatistiksel paket programlarını kullanabilme• Kalite fonksiyonunun yayılımı (QFD)• Süreç yeterliliği analizi• Ölçme sistemi analizi (GAGE)	<ul style="list-style-type: none">• Birinci haftanın özeti• İstatistiksel düşünme yeteneği• Hipotez testleri ve güven aralıkları• Çok değişkenli analiz ve regresyon• Korelasyon• Ekip değerlendirme
3. Hafta	4. Hafta
<ul style="list-style-type: none">• Varyans analizi (ANOVA)• Çoklu regresyon• Deney tasarımı (DOE)• Faktöriyel deneyler• Dengeli blok tasarımı• Tepki düzeyi tasarımı	<ul style="list-style-type: none">• Hata doğrulama• Kontrol planları• Ekip geliştirme• Paralel özel kesikli ve sürekli süreçler• Son alıştırmalar

Kaynak: Yavuz, 2006:95.

2.3.4. Kara Kuşak

Kara Kuşaklar iyileştirme takımının lideridir. İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Kara Kuşak görevini yürüten kişi asli görevini, proje tamamlanıncaya kadar bir başkasına devreder. Proje bitiminde ise aynı göreve devam edebileceği gibi daha üst bir göreve terfi edebilir. Kara Kuşaklar, Altı Sigma araçlarını etkin bir şekilde kullanarak, işletme sorunlarına hızlı ve kalıcı çözümler getirebilecek yeterlilikte olmalıdırlar (Kansoy ve Dirgar, 2008:21).

Bir Altı Sigma Kara Kuşağın rolü, Altı Sigma yöntemleri alanında tekniksel uzmanlığıdır. Bu uzmanlık, Kara Kuşağa karmaşık müşteri ihtiyaçlarını ve onları elde etmek için tasarlanan kritik içsel süreç elemanları arasındaki bağı anlamasını

sağlar. Bir şirketin nominal üç sigmadan altı sigmaya ilerlemesi çok büyük örgütsel ve kültürel değişimi gösterir. Dolayısıyla Kara Kuşakların sadece analitik, istatistiksel ve problem çözme tekniklerinde uzman olmaları yetmez, onlar aynı zamanda değişim temsilciliği görevini yürütmelidirler. Bunun yanında, işletme bilgi sistemleri ve kültürü sıkça bir şirkette başarılı değişim yönetimini gerektirir. Bu yüzden Kara Kuşakların şirket dışından ücretli olarak çalıştırılması yerine işletmenin içinden yetiştirilmesini benimseyen pek çok işletmenin olduğu görülmektedir (Öztürk, 2009:463).

Kara Kuşakların başlıca görevleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Patır, 2008:75),

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

Güçlü bir kişiliğe sahip olan Kara Kuşaklar olmadan Altı Sigma takımları genellikle etkili değildir. Kara Kuşaklar; problem çözmeyi, verileri toplama ve analiz etme yeteneğini, liderlik, koçluk ve yöneticilik vasıflarını içeren becerilere sahip olmalıdır. Dahası, proje yönetimi konusunda deneyimli olmalıdır (Pande ve Holpp, 2002:22).

2.3.5. Yeşil Kuşak

Altı Sigma araçlarından daha çok ölçüm araçlarını iyi bilen ve diğer araçlar konusunda da temel bilgileri olan Yeşil Kuşaklar, Kara Kuşak projelerinde takım elemanı olarak çalışırlar. Bir bakıma Yeşil Kuşaklar, verilen bir projeye atanan takımda çalışması için Altı Sigma kavramlarında yetiştirilen çalışanlardır. Yeşil

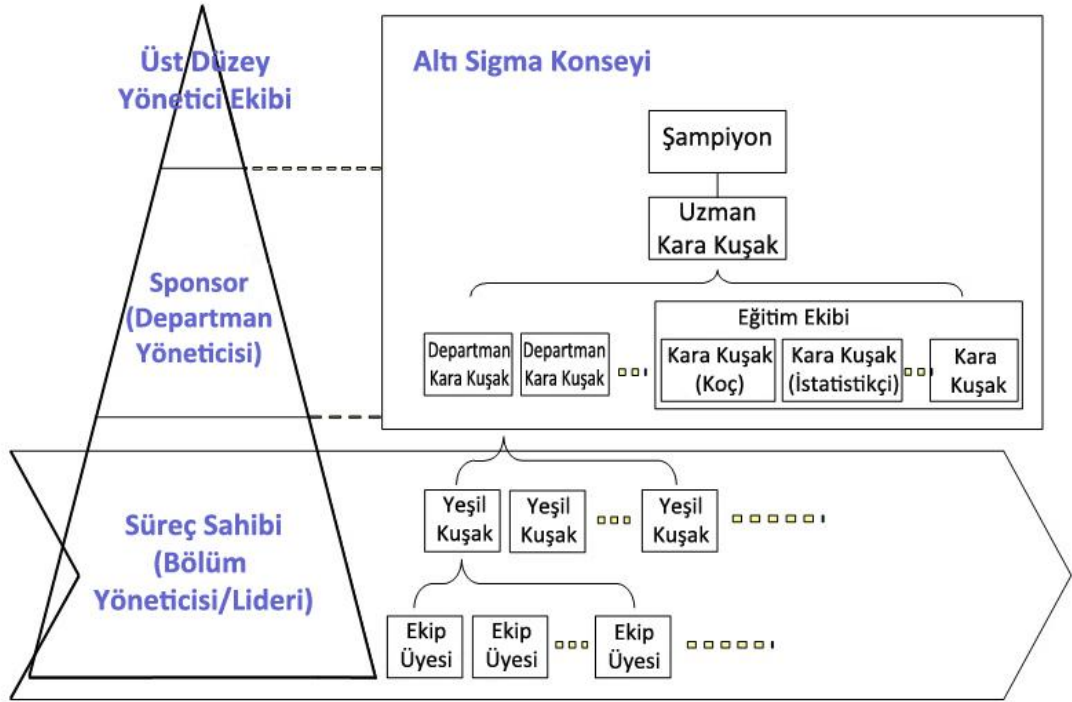
Kuşağın rolü, takıma yerel süreç bilgisi sağlamak ve takımın veri elde etme faaliyetlerini ve beyin fırtınasını kolaylaştırmaktır. Yeşil Kuşaklar günlük işlerini yaparken, Altı Sigma projelerinde de çalışanlar ve işlemsel görevlerini geride bırakan Kara Kuşaklara benzemezler (Öztürk, 2009:464).

Yeşil Kuşak, karmaşık projelerde proje üyesi olarak veya daha basit projelerde proje lideri olarak yarı zamanlı (%25) çalışan kişidir. Yeşil Kuşaklar, Altı Sigma projelerinin “yük beygirleri” dir. Olgunlaşmış Altı Sigma organizasyonlarındaki çoğu yönetici Yeşil Kuşaktır. Yeşil Kuşak sertifikasyonu, Altı Sigma organizasyonunda daha üst yönetime gelebilmek için kritik ön koşuldur. Yeşil kuşaklar daha basit projelere önderlik ederken aşağıdaki sorumlulukları bulunur (Gitlow ve Levine, 2005:29),

- Proje amacının tanımlanması,
- Proje amacının projenin şampiyonu ile birlikte gözden geçirilmesi,
- Proje için takım üyelerinin seçilmesi,
- Projenin bütün aşamalarında, şampiyon, uzman kara kuşak, kara kuşak ve süreç sahibiyle iletişim kurma,
- Takım üyelerine, projenin her aşamasında kolaylık sağlama,
- Toplantılar düzenleme ve lojistiği koordine etme,
- Projenin bütün aşamalarında verileri analiz etme,
- Projenin her aşamasında Altı Sigma araçlarının ve metotlarının kullanılmasında takım üyelerini yetiştirme.

Altı Sigma sistemine başlamadan önce yapılması gereken en önemli işlerden biri, işletme için gerekli rolleri ve bu rollerin görev ve sorumluluklarını ortaya koymaktır. Şekil 18’de Altı Sigma uygulayan işletmelerde Altı Sigma ekiplerinin örgütsel yapısı şematik olarak verilmiştir.

Şekil 18. Altı Sigma Programının Örgütsel Yapısı



Kaynak: Ho, Chang ve Wang, 2008:264.

2.4. ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME MODELİ VE AŞAMALARI

Altı Sigma yaklaşımının uygulanmasında, öncelikle firmanın stratejik ve kritik başarı faktörlerine yönelik olarak doğru projeler ile kendisini bu projeye adayacak kişilerden oluşan bir ekip seçilir. Söz konusu ekipte bulunanlar, yeşil kuşak veya kara kuşak eğitiminden geçirilir. Daha sonra, Altı Sigma iyileştirme planı, (Altı Sigma yol haritası) Tablo 5'te görüldüğü üzere; Tanımlama (Define), Ölçüm (Measure), Analiz (Analyse), İyileştirme (Improve) ve Kontrol (Control) aşamalarının baş harfleri ile TÖAİK (DMAIC) olarak adlandırılır ve uygulanır (Işığışık, 2005:85).

DMAIC yöntemi şirketin liderlik düzeyinden süreç düzeyine doğru uygulanabildiği gibi, proje ister iş düzeyinde ister süreç düzeyinde başlasın, yöntem aynıdır. Altı Sigma uygulanmaya karar verildiğinde şirketin kara kuşakları, alternatif yöntemleri değerlendirerek şirkete en uygun olanını seçerler. Problem çözme ve süreç iyileştirmede izlenecek yol aşağıdaki gibidir (Öztürk, 2009:459),

- Problemi tanımlama,
- Problemin boyutunu ölçme,
- Değişim kaynaklarının analizi,
- Süreci iyileştirme,
- Sürekli iyileştirme için süreci kontrol etme.

Tablo 5. Altı Sigma'nın Temel Adımları ve Yapılacak İşler

Tanımlama: Problemi Tanımla.	Projenin kritik kalite karakteristiklerini(CTQ) belirle Ekip bildirisini geliştir Süreç haritasını çiz
Ölçme : Değişkenleri Ölç.	Kritik kalite özelliklerini seç. Performans standartlarını tanımla. Veri toplama planını oluştur. Ölçme sisteminin geçerliliğini ve güvenilirliğini test et ve verileri topla.
Analiz : Hipotezleri oluştur test ve analiz et.	Süreç yeterliliğini oluştur. Performans amaçlarını tanımla. Değişkenliğin kaynaklarını belirle.
İyileştir : Süreci iyileştir.	Potansiyel nedenleri gözden geçir. Değişkenler arasındaki ilişkileri belirle. Pilot çözümü oluştur.
Kontrol Et : Süreci kontrol et.	Ölçme sisteminin geçerliliğini incele. Süreç yeterliliğini belirle. Süreç kontrol sistemini uygula ve projeyi tamamla.

Kaynak: Gürsakal ve Oğuzlar, 2003:34

Altı Sigma yöntemi bizi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri anlamaya zorlar. Amacımız süreçleri, önce süreç haritaları üstünde sonra matematiksel olarak anlamaktır. Değişkenler arasındaki ilişkileri kavrayıp, matematiksel olarak ifade ettikçe onları istediğimiz düzeylere ayarlayabiliriz. Tablo 6'da değişkenlere verilen farklı adlar görülmektedir (Gürsakal, 2005:108).

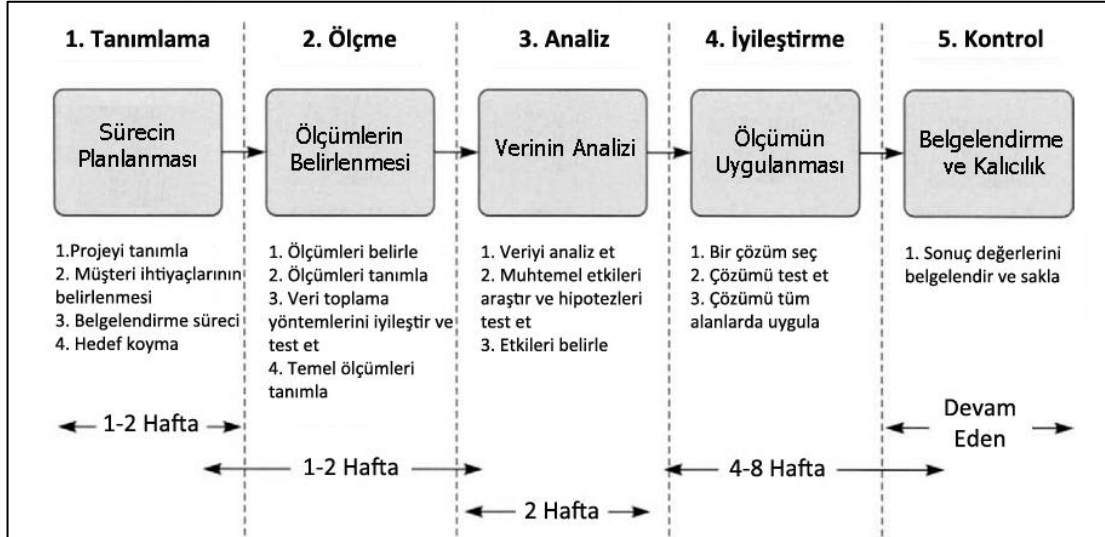
Tablo 6. Süreç Değişkenleri

$Y = f(x_1, x_2, \dots)$	
Y	X_1, X_2, \dots
Bağımlı değişken	Bağımsız değişken
Çıktı	Girdi
Sonuç	Neden
Semptom	Problem
Tepki (response)	Faktör (factor)
İzleme (monitor)	Kontrol

Kaynak: Gürsakar, 2005:108.

Müşterilerin istediklerini ona garantili bir şekilde sağlamak için, kontrol etmek zorunda olduğumuz ürüne ilişkin değişkenler, "kritik kalite karakteristikleri" (Critical to Quality - CTQ) adını alır. Bu değişkenler, bağımlı değişken durumundaki Y değişkenleridir. Kritik kalite değişkenleri, bir sürecin veya pratiğin "algılanan kalite" üstünde doğrudan etkiye sahiptir. Şüphesiz bu ifadedeki "algılanan kalite" bizim algıladığımız değil, müşterinin algıladığı kalitedir (Gürsakar, 2005:108).

Şekil 19. Bir Altı Sigma Projesine Genel Bakış



Kaynak: Harmon, 2007:325.

Şekil 19’da DMAIC’in temel adımları, her bir adımda gerçekleşen faaliyetler ile ihtiyaç olan süreler ve adımlar arasında meydana gelen süre aşımaları gösterilmektedir (Harmon, 2007:325).

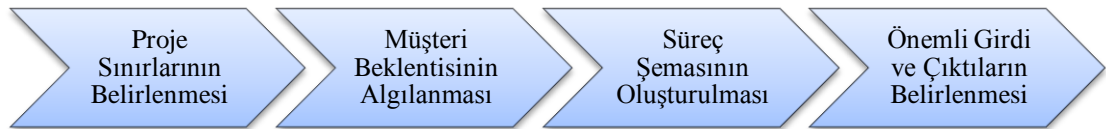
2.4.1. Tanımlama (Define) Aşaması

“Tanımlama” adımı bütünsel olarak projenin adımlarını düzenler ve genellikle de Altı Sigma ekipleri için büyük sorun olarak düşünülür. Proje ekipleri aşağıda belirtilen bir dizi soruyla meşgul olmaktadır (Pande ve Holpp, 2002:31),

- Projeye konu olan problem(ler) nedir?
- Biz ne üzerine çalışıyoruz?
- Biz neden bu sorun üzerinde çalışma yapıyoruz?
- Müşteriler kimlerdir?
- Müşterimizin beklentileri nelerdir?
- Mevcut durumda nasıl bir çalışma içindeyiz?
- İyileştirme yapılmasının yararları nelerdir?

“Tanımlama” aşamasında tüm bu soruların cevapları aranır. Tanımlama adımı, alınacak kararlarda ve bu kararların doğru alınmasında, sorunların çözülmesinde, müşterilerin ve müşteri beklentilerinin tespitinde, Altı Sigma projelerinin en iyi şekilde yürütülmesinde kritik öneme sahiptir. Bu aşamada gerçekleştirilecek faaliyet süreci Şekil 20’de gösterilmiştir.

Şekil 20. Tanımlama Aşaması Faaliyet Süreci



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:85.

İlk adım olan tanımlama aşaması, problemi tanımlamak ve bu problemin müşteri tatminine, paydaşlara, çalışanlara ve karlılığa etkisini belirlemek amacıyla yapılır. Bu aşama boyunca aşağıdakiler tanımlanır (Gupta, 2004:24-25),

- Kritik Müşteri İstekleri
- Proje Amaç ve Hedefleri
- Ekibin Rol ve Sorumlulukları
- Proje Fırsatları ve Kaynakları
- Süreç Haritası ve TGSÇM (SIPOC)
- Süreç Performans Kriterleri

Tanımlama aşamasında; Altı Sigma proje ekipleri, bir projeyi işletme amaçları ile sürecin müşteri ve onların ihtiyaçları bazında tanımlar. Ekip kalite üzerinde en çok etkiye sahip kritik kalite karakteristiklerini (CTQ) tanımlar. Bunu yaparken “çok miktarda ama önemsiz” CTQ’lardan “az miktarda ama önemli” CTQ’ları birbirinden ayırır ve iyileştirilmesi düşünülen sürecin bir haritası çıkarılır (<http://www.6sigma.us/dmaic-step-one-define.php> 21 Ocak 2011).

Şekil 21. Tanımlama Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:86-88.

Kimlerin müşteri olduğu, bir firmanın iç ve dış müşterilerinin ürün ve hizmetlerden beklentilerinin neler olduğu, projenin sınırları ve ne zaman başlayıp ne

zaman bitecekleri, kritik kalite değişkenleri belirlenip, süreç haritaları çizilerek geliştirilecek temel süreçlerin tanımlanması bu aşamada gerçekleştirilir. Yine tanımlama aşamasında sorunların öncelik sırasının belirlenmesi Pareto analizi ile yapılır. Daha sonra öncelik sırası belirlenmiş sorunlara ilişkin projelerin tanımlanması ve uygun bir kişiye atanması işleri yapılır (Kansoy ve Dirgar, 2008:18).

2.4.2. Ölçme (Measure) Aşaması

Ölçme aşamasında öncelikle proje durum raporu doldurularak sponsor, termin ve hedefler belirlenir. Ardından proje ekibi seçilir ve bu ekipte süreçten, tedarikçilerden ve müşterilerden temsilcilerin bulunmasına dikkat edilir. Sürecin akış diyagramı çizilirken, girdiler ve çıktılar işaretlenir. Problemi oluşturan sürecin çıktıları ile girdilerinin bir listesi hazırlanarak, sebep-sonuç diyagramı, sebep-sonuç matrisi ve hata türü ve etkileri analizi (FMEA) gibi araçların kullanımı ile sebep-sonuç ilişkileri tartışılır (Gürsakal, 2005:120).

Bu aşamada temel amaç, projenin girdi ve çıktılarının doğru olduğundan emin olmak ve mevcut durumu değişik görsel analizler yardımı ile ortaya koymaktır. Süreç performans göstergelerinin ne kadar doğru ölçülüp ölçülmediğinin belirlenmesi çalışmaları bu aşamada yürütülür (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:87).

Şekil 22. Ölçme Aşaması Faaliyet Süreci



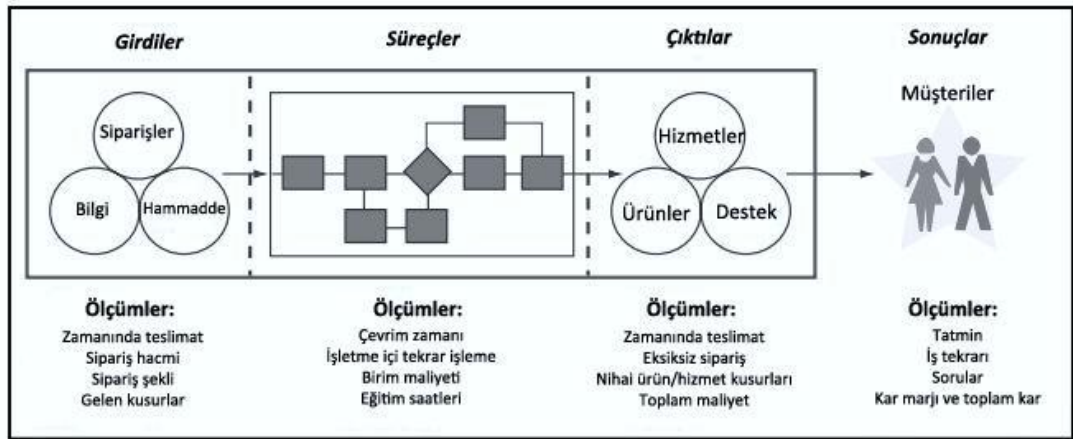
Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:89.

Bir süreç ölçülebiliyorsa, o süreç hakkında bilgi sahibi olunabilir ve analizler yapılabilir. Bu doğrultuda proje için tanımlanan çıktıların ve potansiyel süreç girdilerin doğru olarak ölçülebilmesi gereklidir. Ölçme fazı süresince; proje ekibi, problemler için kritik olan değişkenleri tanımlamak için süreci etkileyen tüm

değişkenleri gözden geçirir. Kritik değişkenleri doğru ve kesin bir şekilde ölçebilmek için, mevcut ölçüm sisteminin yeterliliği analiz edilir ve gerekirse, süreç performansını görüntülemek ve izlemek için yeni bir ölçüm sistemi tasarlanır. Yapılan ölçümler sürecin kapasitesi, istikrarı, yenilenebilirliği ve yeniden üretilebilirliği gibi karakteristiklerin belirlenmesinde kullanılır (Sharma, 2003:45).

DMAIC ekibinin önceliği, çoğu zaman mevcut sorunları en iyi şekilde ölçen çıktı ölçümleridir. Bu temel ölçüm proje beyanını tamamlayan veri kullanımıdır. Problem beklenenden farklı veya daha küçük olursa, proje iptal edilebilir ya da yeniden başlanabilir. Şekil 23 girdi, süreç ve çıktı aşamalarında kullanılan performans ölçümleri örneklerini göstermektedir. Sonuçları ise uzun dönemde görülebilir (Pande ve Holpp, 2002:34).

Şekil 23. Ölçüm Çeşitleri ve Örnekleri

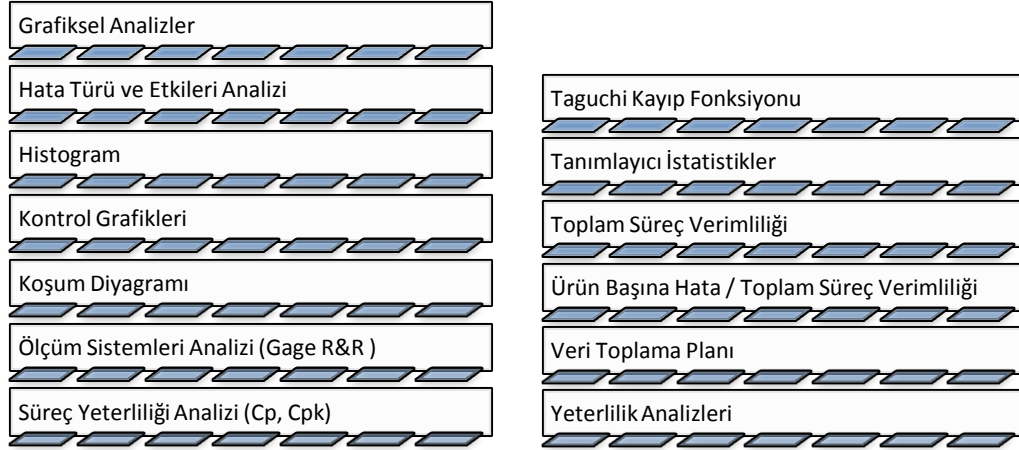


Kaynak: Pande ve Holpp, 2002:34.

Ölçme, Altı Sigma için önemli bir geçiş aşamasıdır. Öncelikle ölçme aşaması ekibe problemi görünür hale getirmeye yardımcı olur ve bir sonraki adım olan Analiz adımının amacını oluşturan temel nedenleri araştırmaya başlar. Özellikle ekipler Altı Sigma projelerinde ilk kez görev alıyorsa, nelerin ölçüleceğine karar vermeleri zor olmaktadır. Veri toplama zor ve zaman alıcı olabilir. Ekipler veri toplama sürecinde aşağıda yer alan bazı özel soruların cevabını aramaktadır (Pande, Neuman ve Cavanaugh, 2002:127),

- Bu süreç nasıl işliyor?
- Müşteri üzerinde değişkenliğin etkileri nelerdir?
- Bu problemin nedenlerini nerede bulabiliriz?

Şekil 24. Ölçme Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:89-90.

Ölçümün yalnızca üretim sürecinin sonunda nihai ürün üzerinde yapılması yaklaşımı yerine, üretim süreci içerisinde çeşitli safhalarda yapılması, ürünün kalitesi açısından daha yararlı olmaktadır. Üretim sürecinin sonunda yapılan ölçümleme ile süreç ve ürün ile ilgili çok az bilgi edinilmesine karşın, üretim süreci içerisinde çeşitli aşamalarda yapılacak ölçümler ile daha fazla bilgi sağlanarak, sürece zamanında müdahale edilebilir. Bu nedenle, üretim süreci içerisinde her bir faaliyet için direkt etkide bulunabilecek, hızlı bir şekilde sonuca ulaşabilecek ve güçlü bir geri beslemeyi sağlayabilecek ölçüm noktaları belirlenmeli ve ölçümler bu noktalarda yapılmalıdır (Özveri, 2007:5).

2.4.3. Analiz (Analyse) Aşaması

Analiz aşamasında, veri analizleri, istatistiksel hipotez testleri ve ANOVA yardımıyla süreçleri etkileyen tüm faktörler tespit edilerek, iyileştirme aşamasına bir ön hazırlık yapılmış olur ve Şekil 25'teki gibi faaliyet süreci takip edilir (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:103).

Şekil 25. Analiz Aşaması Faaliyet Süreci



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:103.

Sistemin ya da sürecin mevcut performansı ile arzu edilen hedef arasındaki boşluğu ortadan kaldırmak için yöntemleri saptamak adına sistem analiz edilir. Mevcut ana hatlar belirlenerek işe başlanır. Veriyi anlamanıza yardımcı olması için keşifçi ve betimsel veri analizler kullanılır. Analizlere rehberlik etmesi için istatistik araçlar kullanılır (Pyzdek: 2003:238). Analiz aşamasında kullanılan araç ve teknikler Şekil 26’da verilmiştir.

Şekil 26. Analiz Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler



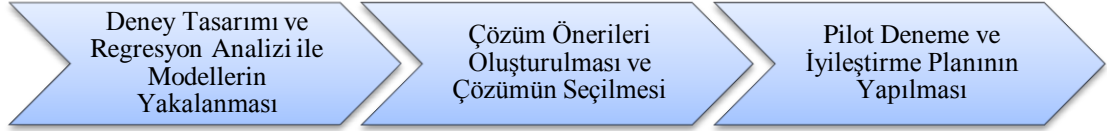
Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:89-90.

2.4.4. İyileştirme (Improvement) Aşaması

Hedef süreci, teknoloji ve disiplin ile problemleri ortadan kaldıran ve problemlerden kaçınan çözümler tasarlayarak, uygulama planları geliştirip yaygınlaştırarak iyileştirme, bu aşamada yapılır. Gerekli kişileri, gerekli yerlerde ve gerekli zamanlarda uygun maliyetlerle kullanarak, hizmet içi eğitim ve ödüllendirme/cezalandırma sistemleri ve yapıları değiştirerek iyileştirmeleri

kurumsallaştırılır (Gürsakal, 2005:123). Şekil 27’de iyileştirme aşamasının faaliyet süreci gösterilmiştir.

Şekil 27. İyileştirme Aşaması Faaliyet Süreci



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:113.

Sistem sürekli iyileştirilir. Bir şeyleri daha iyi, daha ucuz ya da daha hızlı yapmak için yeni yollar bulmak konusunda keşfedici çalışmalar yapılır. Yeni yaklaşım için proje yönetimini ve diğer planlama ve yönetim araçları kullanılır. Gelişimi geçerli ve devamlı kılmak için istatistik yöntemler kullanılır (Pyzdek: 2003a:238). Şekil 28’de iyileştirme aşamasında kullanılan bazı araç ve tekniklere yer verilmiştir.

Şekil 28. İyileştirme Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler



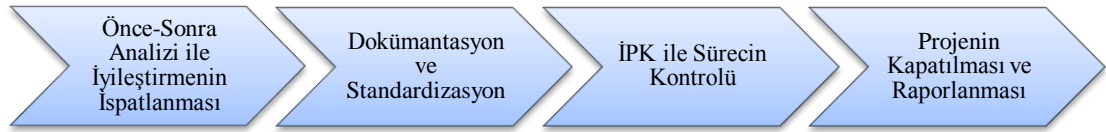
Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:113-115.

2.4.5. Kontrol (Control) Aşaması

Süreç iyileştirmesi başarılı ise doğrulanmalı ve zaman içinde iyileştirmenin süreceğinden emin olunmalıdır. Yeni sürecin kontrolünü sağlamak için önce süreç

belgelendirilir. Yapılacak işlem; insana dayalı yanlışları gidermek, güncel eğitimi sağlamak ve kontrol prosedürlerini güncelleştirerek ve değişimin özel nedenlerini yok ederek yeni sürecin istatistiksel süreç kontrolü altına alınmasıdır. Yeni süreç kararlı olduğunda elde edilen gerçek iş değerleri belgelendirilir. Eğer hedefler karşılanmaz ise düzeltici faaliyet olarak DMAIC döngüsü tekrar başlatılır (Öztürk, 2009:461).

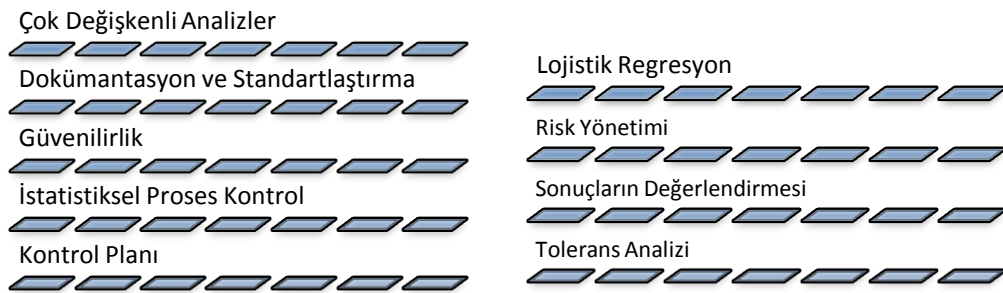
Şekil 29. Kontrol Aşaması Faaliyet Süreci



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:124.

Yeni sistem kontrol edilir. Tazmin ve teşvik sistemlerini, politikaları, prosedürleri, MRP'yi, bütçeleri uyarlayarak, yönergeleri ve diğer yönetim sistemlerini işleterek geliştirilen sistemler kurumsallaştırılır. Dokümantasyonun doğru olduğundan emin olmak için ISO 9000 gibi kalite yönetim sistemlerinden istifade edilebilir. Yeni sistemlerin kararlı ve düzenli biçimde işlediğini izlemek için istatistik araçları kullanılır (Pyzdek: 2003:238). Şekil 30'da kontrol aşamasında kullanılan bazı araç ve tekniklere yer verilmiştir.

Şekil 30. Kontrol Aşamasında Kullanılan Bazı Araç ve Teknikler



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:124-126.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YALIN ALTI SİGMA

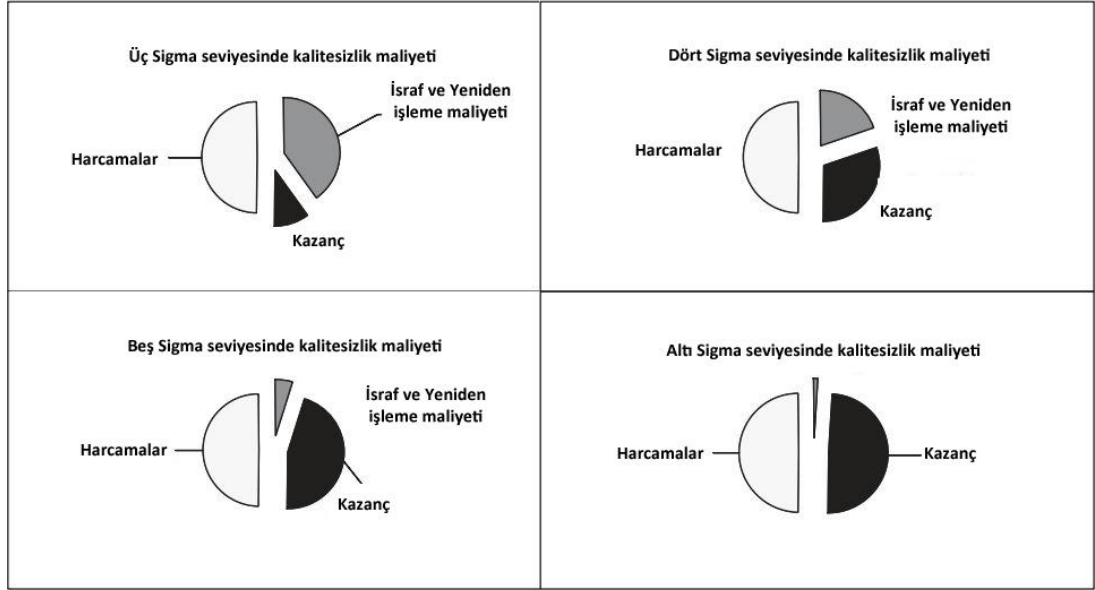
3.1. YALIN ALTI SİGMA KAVRAMI

Yalın Altı Sigma, iki ayrı sürecin- “Yalın” ve “Altı Sigma” süreçlerinin bir araya getirilmesi sonucu oluşmuş bir yönetim felsefesidir. Yalın Altı Sigma, hem kalite iyileştirme hem de ekonomik kazanç elde etmede standardizasyonu sağlarken, aynı anda israf ve maliyeti azaltmada sistematik bir etkiye sahiptir (Polk, 2011:38). Temel süreç bilgilerinin işlenmesiyle hataları yok etmeyi amaçlayan bir iş yapma felsefesi; girdi ve çıktı arasındaki bağlantılar yardımıyla, süreçleri inceleyerek, gerekli iyileştirme noktalarını tespit etmemize yarayan, dünyanın bir çok yerinde kullanımı hızla yayılan bir yöntemdir (http://www.sasa.com.tr/tr/K_6Sigma.asp. 27 Şubat 2011).

Hem çıktı hem de kalite bazında iyileştirme sağlayan Yalın Altı Sigma, dünya çapında popülerlik kazanmıştır. Üretim işlemlerini daha yalın hale getiren ve milyon başına 3.4 hata oranından daha az hata ile ürün kalitesini arttıran bu yaklaşım, General Electric Co., Dell Inc., Xerox Corp. ve Johnson & Johnson gibi birçok şirkette önemli iyileştirmeler ve maliyette tasarruflar sağlamıştır (Guarraia, Carey, Corbett ve Neuhaus, 2008:1).

Hedefi, hata oranını sıfıra indirmek, verimliliği yükseltmek, tüm iş süreçlerini mükemmelleştirmek ve müşteri memnuniyetini sürekli artırmaktır. Yalın Altı Sigma yöntemi hataları tespit etmek ve düzeltmekle yetinmeyip, iş sürecinin daha baştan hata yapmayacak şekilde yeniden yapılandırılması esasına dayanır. (<http://www.borusan.com.tr/tr-tr/Yalin6Sigma/Yalin6SigmaNedir/Sayfalar/Yalin6SigmaNedir.aspx> 27/12/2010). Bununla beraber süreçlerin daha hızlı bir şekilde akışını sağlamak için israfi yokedecek çözümler ortaya koyar ve maliyeti minimum seviyeye getirerek kazancı maksimum seviyeye çıkarır. Şekil 31’de sigma seviyelerine göre düşük kalitenin maliyeti ve toplam kazanç etkisi verilmiştir.

Şekil 31. Yalın Altı Sigma Düşük Kalite Maliyeti



Kaynak: Arthur, 2007:13

Yalın Altı Sigma; müşteri memnuniyeti, maliyet, kalite, süreç hızı ve yatırım sermayesi alanlarında en iyi şekilde iyileşme sağlayarak hissedarların değerini en üst seviyeye çıkarır. Müşterinin kritik kalite sorunlarına neden olan ve tüm süreçlerde uzun süreli gecikmeler meydana getiren faaliyetler; maliyet, kalite ve teslim sürelerinde iyileşme yapabilmek için çok büyük fırsatlar sunar (Dumitrescu, Tent ve Dumitrescu, 2010:433). Yalın Altı Sigma yöntemi Şekil 32’de gösterilen uygulama alanlarında, yani bir çıktı üreten her türlü proseste uygulanabilir.

Yalın Altı Sigma’nın iki temel amacı vardır. Bunlardan ilki, şirket için kritik sonuç göstergelerinin etkileyen faktörlerin bulunması ve iyileştirilmesidir. Belki bunun kadar önemli ikinci amaç ise, verimliliği artırmaktır. Dolayısıyla Yalın Altı Sigma’nın temel amacı, müşteri beklentilerini en verimli şekilde karşılayacak süreç ve ürünlerin tasarlanması veya iyileştirilmesi olarak tanımlanabilir (http://www.results.com.tr/cozumler/yalin_alti_sigma 26 Şubat 2011).

Şekil 32. Yalın Altı Sigma Uygulama Alanları



Kaynak: Durmuşoğlu, 2010:13.

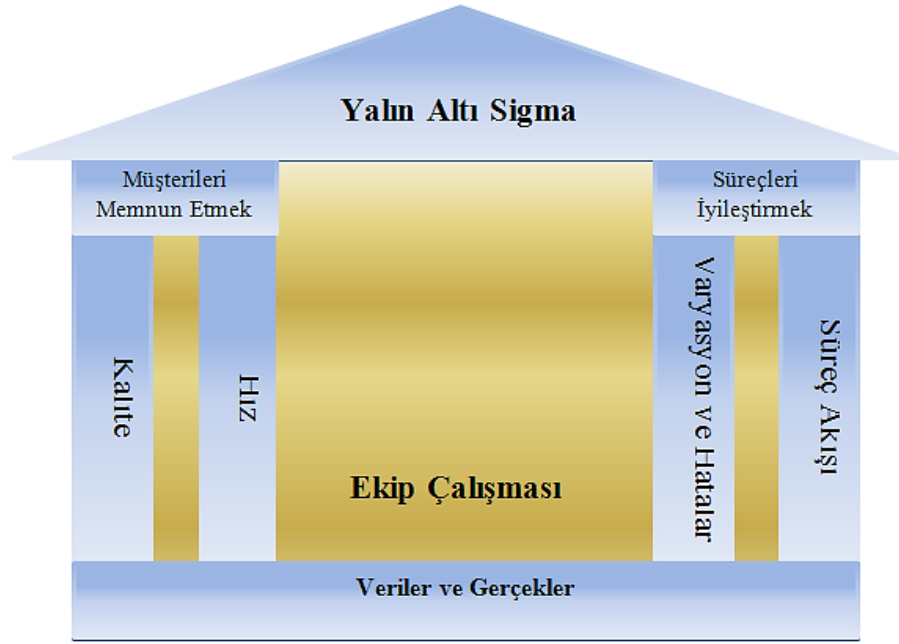
Mevcut sorunların çözümlerini bulmak için ekip üyelerinin birlikte çalışarak Şekil 33'te belirtilen tüm öğeleri bir arada kullanması gerekmektedir. Bu öğelerden herhangi birisi tek başına yeterli değildir. Süreçlerde çalışan insanların yaratıcılığı ile veriler, müşteri ve süreç anlayışı birleştirilmelidir (George, Rowlands ve Kastle, 2005:19).

Yalın Altı Sigma temelini oluşturan bu anahtarlar ile ilgili çalışanların yapması gerekenler aşağıdaki gibidir (George, Rowlands ve Kastle, 2005:18),

- Yalın Altı Sigma'da amaç müşteriye memnun etmek olduğundan, müşteriye daha kısa sürede daha yüksek kaliteli ürün/hizmet verilmelidir,
- Bu hedefe ulaşmak için de süreçlerin iyileştirilmesi, hataların (müşterinin kabul etmeyeceği her şey) ortadan kaldırılması ve işin süreçler boyunca nasıl ilerlediğine odaklanması gerekmektedir,

- Farklı süreçlerde çalışan kişilerin ekip çalışmasını benimsemeleri ve problemleri çözebilmek için fikirlerin paylaşılması gerekmektedir,
- Verilen tüm kararların verilere dayanması gerekmektedir.

Şekil 33. Yalın Altı Sigma'nın Anahtarları



Kaynak: George, Rowlands ve Kastle, 2005:19.

Yalın Altı Sigma'nın temel ilkeleri aşağıdaki gibidir (<http://www.dummies.com/how-to/content/lean-six-sigma-for-dummies-cheat-sheet.html>. 27 Şubat 2011; George, Rowlands ve Kastle, 2005:45),

- Müşterilerin önemli olduğunu bil,
- İşlerin nasıl olması gerektiğini tanımla ve anla (Değer Akışı),
- Süreç akışını yönet, geliştir ve sorunsuz işleyişini sağla,
- Değer katmayan adımları ve israfı ortadan kaldır,
- Hız, kalite ve düşük fiyat amacını benimse,
- Gerçeklerle yönet, sapma ve hataları ortadan kaldır,
- Süreçte yer alan çalışanlara katıl ve onları hazırla,
- Sistematik bir şekilde iyileştirme faaliyetini üstlen.

Tüm bu ilkeleri gerçekleştirebilmek için Yalın Altı Sigma'nın beş yasının da uygulanması gerekmektedir (George, Rowlands ve Kastle, 2005:49),

Yasa #1 Piyasa Yasası: Müşteri ihtiyaçları kaliteyi belirler ve iyileştirmede en yüksek önceliğe sahiptir. Bu olmadan sürekli gelir artışı sağlanamaz.

Yasa #2 Esneklik Yasası: Herhangi bir sürecin hızı, esneklik (yani çalışanların farklı türde görevler arasında ne kadar kolay geçiş yapabildikleri) ile orantılıdır.

Yasa #3 Odaklanma Yasası: Verilere göre bir süreçteki etkinliklerin %20'si, sorun ve gecikmelerin %80'ine neden olmaktadır. Bu nedenle çalışmalarda bu %20'lik kesime odaklanılırsa en büyük ilerleme kaydedilir.

Yasa #4 Hız Yasası (Little Yasası): Herhangi bir sürecin hızı, sürmekte olan iş miktarı ile ters orantılıdır. Bu nedenle sürmekte olan iş arttıkça hız düşer.

Yasa #5 Karmaşıklık ve Bedel Yasası: Hizmet veya ürün teklifinin karmaşıklığı genellikle düşük kaliteli (düşük sigmalı) veya yavaş (Yalın'a uygun olmayan) süreç sorunları ile daha fazla masraf ve süreçteki iş yoğunluğunu beraberinde getirir. Bu nedenle ilk iyileştirme hedefleri çalışma grubunun geliştirdiği ürün ve hizmetlerin sayısını veya bu öğelerin varyasyonlarını azaltmak olabilir. Bu, iyi finansal veriler ve piyasa bilgisine dayanarak yönetim tarafından verilmesi gereken bir karardır.

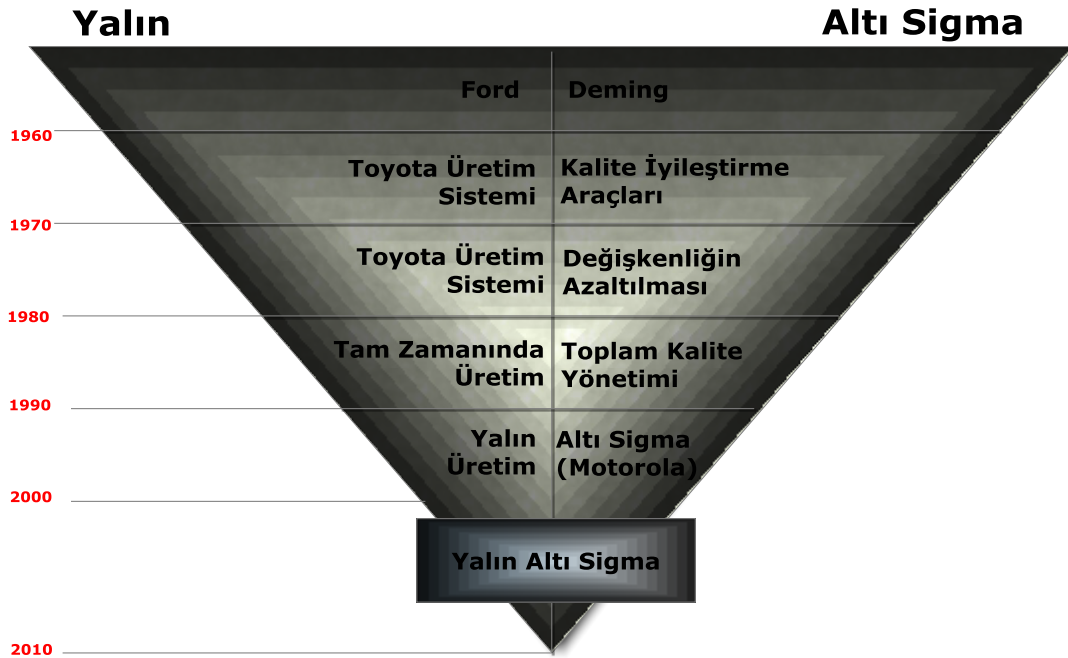
3.2. YALIN ALTI SİGMA'NIN GELİŞİMİ

Yalın Altı Sigma yaklaşımının temeli ise yaklaşık on yıl öncesine dayanmaktadır. 1950'li yıllarda Deming ve Juran tarafından gündeme getirilen İPK - İstatistiksel süreç kontrol (SPC) sistemleri 1960'lı yıllarda Taiichi Ohno tarafından uygulamaya alınan TUS - Toyota Üretim Sistemi (TPS) ile bir ileri safhaya taşınmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde TZÜ – Tam Zamanında Üretim (JIT) ve TKY – Toplam Kalite Yönetimi (TQM) yeni yaklaşımlar olarak ön plana çıkmıştır. 1990'lı yıllarda Yalın Düşünce ve Yalın Üretim ilk kez James P.Womack tarafından Toyota Üretim Sistemi'nden esinlenerek yazılan “Dünyayı Değiştiren Makine” adlı

kitap ile gündeme gelirken, Altı Sigma yaklaşımı ise önce Motorola ardından General Electric ile dünyada tanınmıştır (Kayacık, 2010:146-147).

Yalın Üretim ile Altı Sigma'nın üretim ve serviste farklı avantajları bir araya getirilerek, 2000'li yıllardan itibaren Yalın Altı Sigma yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Yalın Altı Sigma, kalite yolculuğunda bilinen en son yaklaşım olmakla birlikte, yöntem halen gelişme aşamasındadır. Yalın Altı Sigma'nın gelişimi özetle Şekil 34'de verilmiştir.

Şekil 34. Yalın Altı Sigma Tarihi Gelişimi

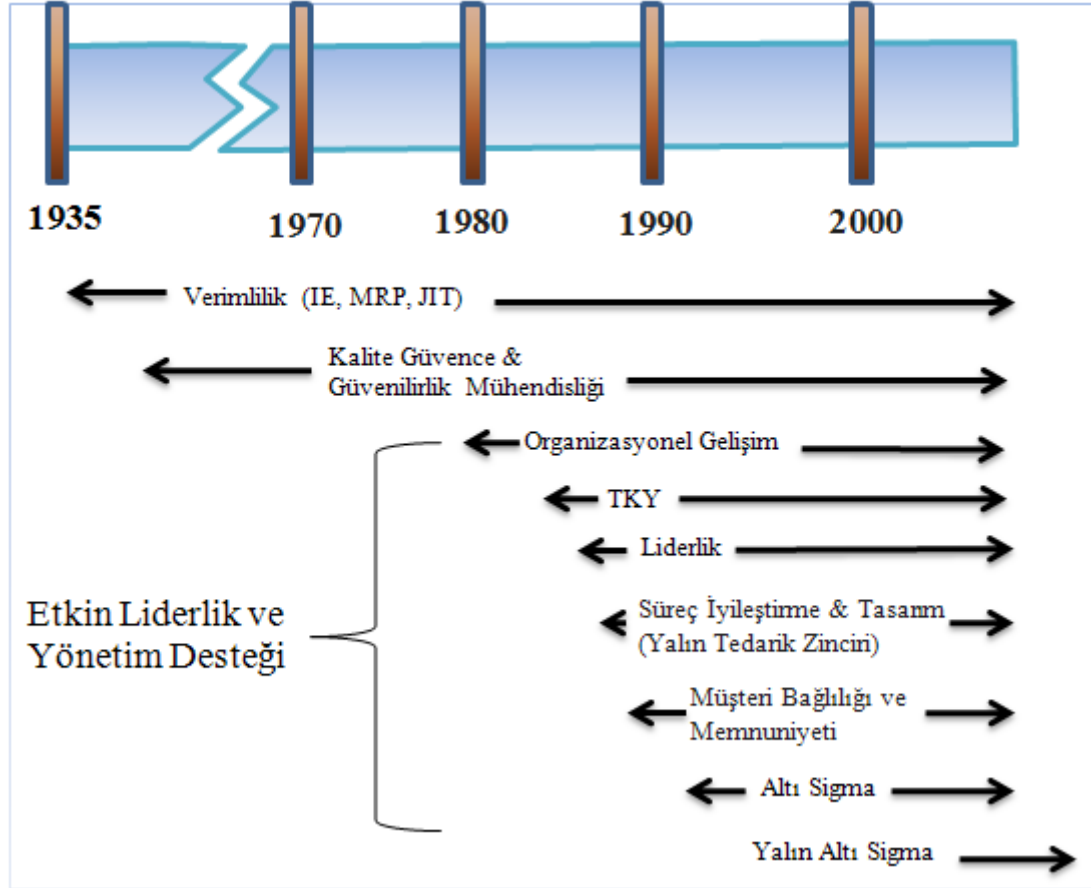


Kaynak: <http://www.tbmcg.com/about-tbm/leansigma.html>, 27 Şubat 2011.

Bir işletme için, müşteri tatmini en önemli önceliktir. Müşteri tatmini aynı zamanda karlılık anlamına da gelmektedir. Bir işletmenin başarısı minimum maliyetle, maksimum kaliteyi yakalama yeteneğine bağlıdır. 1980'lerde birçok işletme kaliteli ürün üretmenin çok maliyetli olduğuna inanırken; Motorola buna karşı çıkmıştır. Daha iyiyi daha ucuza üretmenin yollarını aramıştır. Motorola müşteri tatminini arttırmanın karlılığı daha da artıracığını düşünmekte idi (Taghizadegan, 2006:1). Altı Sigma'nın temellerini atan Motorola firması, Yalın Altı

Sigma yolculuğunun ilk adımlarını oluşturmuştu. Geçmişe baktığımızda Şekil 35'te verilen tüm yöntemler süreçleri iyileştirmek için geliştirilmiş yöntemlerdir. Yalın Altı Sigma, tüm bu yöntemleri içinde barındıran kalite iyileştirme felsefesi olarak yolculuğuna devam etmektedir.

Şekil 35. Sürekli İyileştirme Gelişimi



Kaynak: S.P.A.C., 2003:1.Hafta Eğitimi, Ünite 2, s.29.

3.3. YALIN ÜRETİM İLE ALTI SİGMANIN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ

Yalın (lean), her türlü gereksiz israfı azaltmak ve müşteri ihtiyaçlarına göre kaynakları kontrol etmektir. İsrif, müşteriye değer katmayarak maliyeti artıran her şeydir. Yalın, sürekli iyileştirme içinde müşteriye mükemmel ürün akışını sağlamak için israfın belirlenmesi ve yok edilmesi için sistematik bir yaklaşımdır. Yalın yaklaşım süreç optimizasyonu içinde maliyetin azaltılmasına odaklanır (Öztürk,

2009:471). Altı Sigma ise, hataların azaltılması ile değişkenliğin azaltılarak kalitenin iyileştirilmesine odaklanan, ölçüm esaslı bir yöntemdir. Yalın Altı Sigma, bu iki yöntemin dengeli bir biçimde bir araya getirilmesi ile oluşan bir yaklaşım olmaktadır (Hostetler, 2010:38). Tablo 7’de Yalın Üretim ile Altı Sigma arasındaki farklılıklar özet olarak yer almaktadır.

Tablo 7. Yalın Üretim ile Altı Sigma arasındaki farklılıklar

İçerik	Altı Sigma	Yalın Üretim
<i>Hedef</i>	Spesifik, yerel çözümler	Kültürel dönüşüm
<i>Kapsam</i>	Dar olarak tanımlanan problem	Şirket kapsamında
<i>Statü</i>	Sebebin bulunması zor, çözüm kolay	Tanımlanması kolay, ulaştırılması ve devam ettirilmesi zor
<i>Varsayım</i>	Var olan sistem içinde	Var olan düşünce tarzına aykırı
<i>Mentalite</i>	"Ne" ve "Nasıl"	"Niçin" ve "Neden değil"
<i>Metot</i>	DMAIC düşünce süreci	PDCA (PUKÖ) döngüsü
<i>Sponsor</i>	Operasyonlar ve kalite	Üst yönetim ve liderlik
<i>Katılımcılık</i>	Uzmanlar, kara ve yeşil kuşaklar	Herkes, her zaman, şampiyonlar
<i>Sonuçlar</i>	Bir kerelik iyileştirmeler	Önce Kaikaku (hızlı, radikal değişiklikler), sonra Kaizen (sürekli iyileştirmeler)
<i>Uygulama</i>	Tüm iş prosesleri	Öncelikli olarak üretim prosesleri
<i>Proje Seçimi</i>	Çeşitli yaklaşımlar	Kalite Yayılım Matrisi ve Değer Akış Haritası baz alınarak
<i>Proje Süresi</i>	2 ay ile 6 ay arası	1 hafta ile 3 ay arası
<i>Eğitim</i>	Adanmış kaynaklar ile geniş tabanlı eğitim, yaparak öğrenme	Genellikle resmi eğitim az, yaparak öğrenme

Kaynak: Yönel, 2010:1; Bertels, 2004.

Yalın Üretim yöntemine kayıpları devamlı, ısrarlı ve sistematik bir şekilde yok eden araçlar ile insan bazlı eylemler olarak baktığımızda, Altı Sigma ile ilişkisi açık olarak ortaya çıkmaktadır. Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere Altı Sigma özel konumlarda kullanılan bir araç olarak ele alındığında, Yalın Üretim bünyesinde gerektiğinde uygulanabilen bir yöntemdir (Yönel, 2010:1).

Altı Sigma ve Yalın Üretim yaklaşımlarının (ilkeler, teknikler ve ön koşul) temellerini, benzer ve farklı yönlerini gösteren Tablo 8, literatürde yer alan Altı Sigma ve Yalın Üretim ile ilgili ilkeleri de kısaca özetlemektedir. Altı Sigma’nın öncelikle önem verdiği konu, sapmaların azaltılmasıdır. Sapma, müşteri tatmini

üzerinde olumsuz etkiye sahip bir olgudur. Altı Sigma, mali sonuçları etkileyen süreç iyileştirmelerine odaklanan müşteri bazlı bir yönetim felsefesidir. Sorunlar üzerine sürekli olarak iyileştirme yaparak işletme geneline bir kültür aşılama çalışır ve daha iyi iş performansı elde etmek için veriye dayalı karar verme ve yönetimini benimser. Diğer taraftan, Yalın Üretimin öncelikli itici gücü israfın azaltılmasıdır. Yalın Üretim, Tam Zamanında Üretim sistemini kullanarak, her bir süreçte yer alan yedi israfın tanımlanması ve yok edilmesi üzerine odaklanır (Jiang, Chen ve Wu, 2004:2).

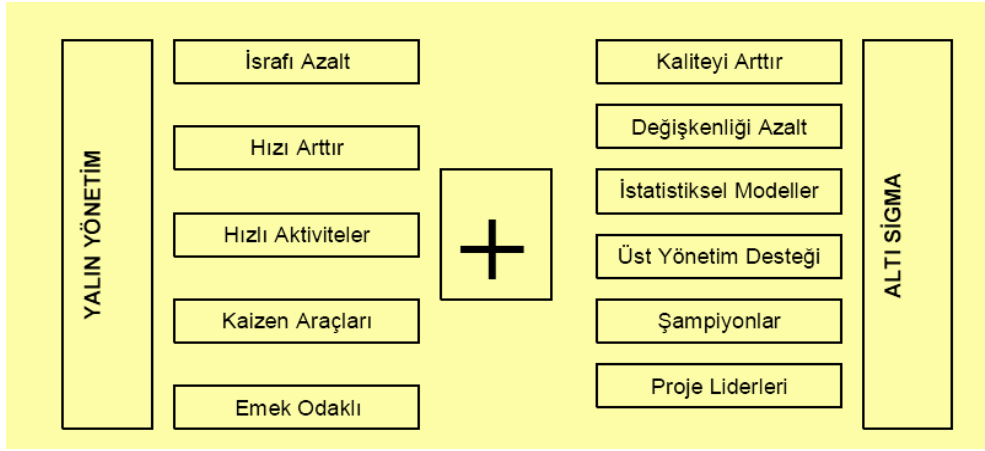
Tablo 8. Altı Sigma ve Yalın Üretim İlkeleri

Altı Sigma İlkeleri	Yalın Üretim İlkeleri
<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli iyileştirme • Kültür değişimi • Veriye dayalı yönetim • Sapmanın azaltılması • Müşteri yönlü • Kazanç odaklı projeler • Proje bazlı organizasyon • Mali sonuçlara odaklanma • Süreç iyileştirme ve süreç yönetimi • Süreç istikrarı ve doğruluğu 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudayı tanımlama ve ortadan kaldırma (yedi israf) • Talep kadar ürün üretme (JIT) • Müşteriyi anlama • Ürün sürecinin sürekli olarak basitleştirilmesi • Minimum mal stoku, yarı mamul ve hammadde • Üretim kaynakları kullanımını optimize etme

Kaynak: Jiang, Chen ve Wu, 2004:2.

Yalın Altı Sigma, Yalın yöntemler ile Altı Sigma yaklaşımının birleşimidir. Yalın Altı Sigma işlemsel iyileştirme ve uygulamalardan elde edilen bilgi, yöntemler ve araçlar üzerine kurulmuştur (Öztürk, 2009:471). Yalın Altı Sigma, Yalın Üretim ile Altı Sigma'nın avantajlarını birleştirerek güçlü yönlerini kullanır. Her iki yöntemin kendine göre güçlü ve zayıf yönleri bulunmasına karşın, bu iki yöntemin birlikte kullanılması ile daha iyi sonuçlar elde edilebilecektir. Yalın Üretim ve Altı Sigma'nın güçlü yönleri Şekil 36'da gösterilmektedir.

Şekil 36. Yalın Üretim ve Altı Sigma Bütünleştirilmesi



Kaynak: S.P.A.C., 2003:1.Hafta Eğitimi, Ünite 2, s.45.

Yalın organizasyonlar, karar verirken daha fazla veri kullanmalı ve kaliteye ulaşmada bilimsel yaklaşım sunan yöntemleri kullanmalıdır. (Arnheiter ve Maleyeff, 2005:13). İşletmede verimliliğin artırılması ve israfın azaltılması için, Yalın Üretim teknikleri ile Altı Sigma tekniklerinin birlikte kullanılarak müşteri talepleri daha iyi bir şekilde karşılanabilecektir.

Yalının amacı iş süreçleri içerisinde yer alan ve müşteriye değer katmayan hizmet ve işleri ortadan kaldırmaktır. Altı Sigma, üretilen ürün ve hizmetlerin daha kısa zamanda, en az maliyetle nasıl yüksek kaliteyle müşteriye ulaştırılacağını belirler. Bunu sağlayacak istatistiksel ölçümleme ve analiz tekniklerini ortaya koyar. Yalın ve Altı Sigma teknikleri birlikte ve birbirini destekleyecek şekilde kullanıldıklarında en iyi sonuca ulaşır.

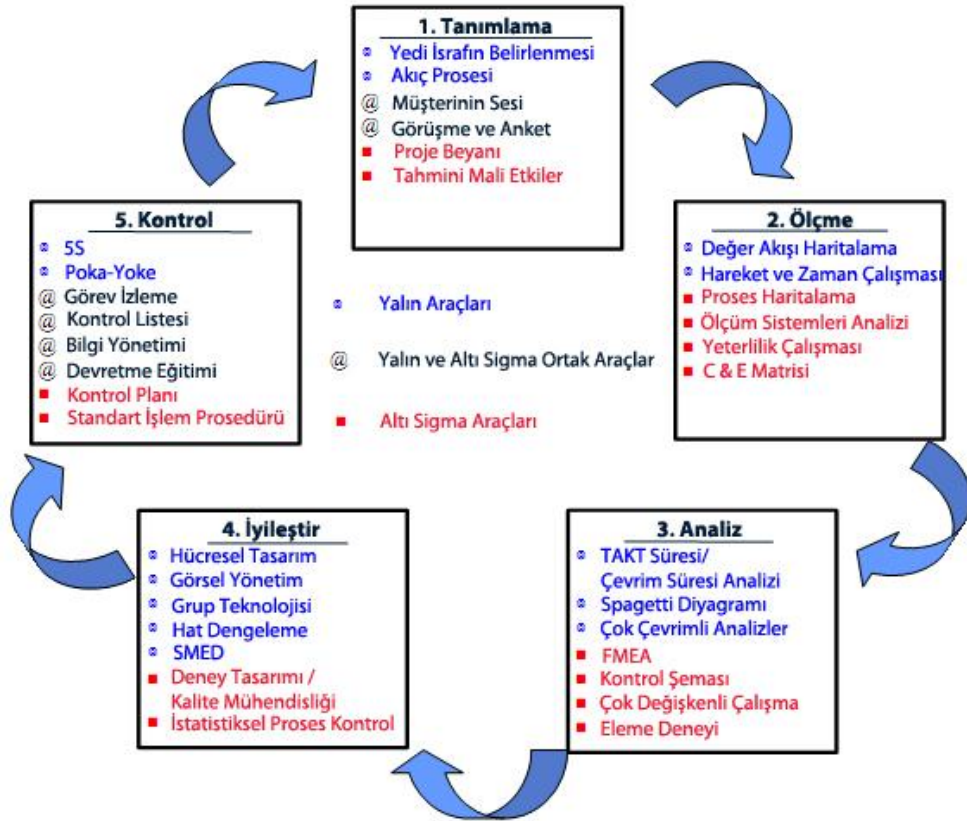
3.4. YALIN ALTI SİGMA DMAIC MODELİ VE ARAÇLARI

Yalın Altı Sigma yöntemi geleneksel Altı Sigma adımları olan DMAIC yol haritasını izler (Kanakana, Pretorius ve Wyk, 2010:863). DMAIC (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol) ile gösterilen Altı Sigma sistemi mevcut problemleri çözmeye, gelecekteki fırsatları görmeye ve projeleri yönetmeye yardımcı yapısal bir yöntemdir (Wyman, 2007:5). DMAIC, şimdiye kadar kullanılan en etkili

sorun çözme yöntemlerinden biri olduğunu ispatlamıştır, çünkü ekipleri veri kullanarak aşağıdakileri yapmaya zorlar (George, Rowlands ve Kastle, 2005:62),

- Sorunun yapısını ve kapsamını doğrulamak,
- Sorunların gerçek nedenlerini tanımlamak,
- Kanıtlara göre nedenlere bağlı olan çözümler bulmak,
- Çözümleri proje bittikten sonra bile koruyan prosedürler oluşturmak.

Şekil 37. Yalın ve Altı Sigma Araçları



Kaynak: Jiang, Chen ve Wu, 2004:4.

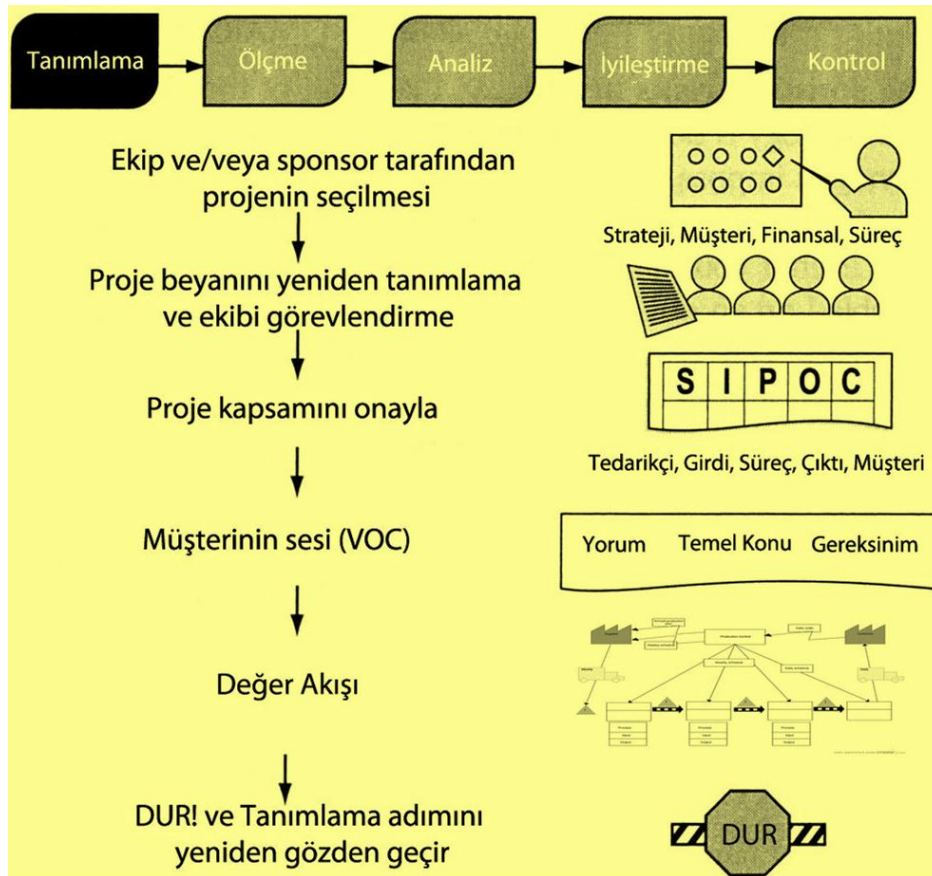
Şekil 37'de gösterildiği gibi süreç iyileştirmeyi temsil eden DMAIC modeli mantıksal, sıralı bir yapıya sahiptir. DMAIC (Tanımlama-Ölçme-Analiz-İyileştir-Kontrol) yol haritası izlenerek disiplin sağlanır. DMAIC, hem Altı Sigma hem de Yalın Üretim sistemini kullanmak isteyen işletmeler için sağlam bir çözüm yolu sunmaktadır. DMAIC yol haritasının her bir adımında kullanılan bazı teknikler

vardır. Şekilde mavi renk(●) ile gösterilenler Yalın Üretim araçlarını, kırmızı renk (■) ile gösterilenler Altı Sigma araçlarını ve siyah renk (@) ile gösterilenler hem Altı Sigma'da hem de Yalın Üretimde kullanılan araçları sembolize eder. Bununla beraber, yol haritası, operasyonel mükemmellik peşinde koşarak sürekli iyileştirme süreç döngüsüne sahiptir (Jiang, Chen ve Wu, 2004:4).

3.4.1. Yalın Altı Sigma Tanımlama Aşaması

DMAIC sürecinin ilk adımı olan tanımlama aşaması, problemi tanımlamak ve problemin müşteri tatminine, paydaşlara, çalışanlara ve karlılığa etkisini belirlemek amacıyla yapılır. Yalın Üretim araçlarının da kullanılması sonucunda, bu aşama boyunca genel olarak Şekil 38'de yer alan adımlar takip edilir.

Şekil 38. Tanımlama Aşaması Genel Görünüm



Kaynak: George, Rowlands, Price ve Maxey, 2005:5.

3.4.1.1. Projenin Seçilmesi

Proje, belirli bir işin tamamlanabilmesi için yapılması gereken ilişkili aktiviteler kombinasyonu olarak tanımlanır. Aktiviteler, mantıksal bir sıra içinde birbirleriyle ilişkilidir. Aktivitelerin bazıları, aynı zamanda gerçekleştirilebilir; bunlar paralel aktivitelerdir. Bazı aktivitelerin ise biri tamamlanmadan diğerine başlanamaz; bu tip aktivitelere seri aktiviteler adı verilir (Gümüšođlu ve Tütek, 2008:311).

Yalın Altı Sigma programında doğru projeyi seçme herhangi bir kuruluş için erken başarıyı elde etme ve uzun dönemli kabulü için en önemli faktördür. Projeler, gerçekler ve iyi seçilmiş metrik temelleri üzerine seçilmiş olmalıdır. Proje hedefleri açık, öz, spesifik, gerçekleştirilebilir, gerçekçi ve ölçülebilir olmalıdır. Proje seçme sürecinde üç önemli kriter vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir (Anthony, 2004:1010-1011),

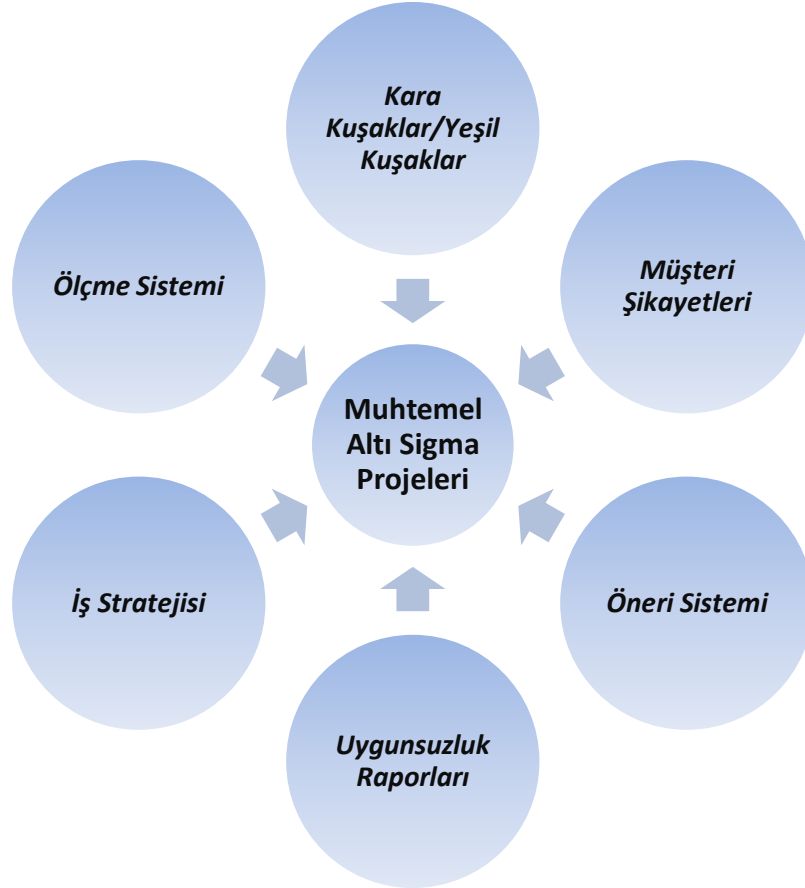
- Prosesin sesi,
- Müşterinin sesi,
- Stratejik iş hedeflerinin sesi.

Altı Sigma proje bazlı bir yöntemdir ve organizasyona en çok finansal faydayı sağlayacak olan projelerin önceliklendirilmesi gerekir. Organizasyonun iş amaçlarına ve stratejilerine bağlı olan projeler seçilmelidir. Seçilen her projenin organizasyonun rekabet avantajını, iş karlılığını, proses çevrim-zamanını geliştirmesi gerekir. Proje seçimi yukarıdan aşağıya ya da aşağıdan yukarıya olabilir ve aşağıdaki kriterler proje seçimi için kullanılabilir (Sandal, 2008:55),

- DPMO,
- Net tasarruf,
- Kalitesizlik maliyeti,
- Kapasite,
- Çevrim süresi,
- Müşteri tatmini,
- İç performans.

En yaygın biçimde kullanılan proje oluşturma kaynakları Şekil 39'da görülmektedir.

Şekil 39. Proje Oluşturmada Kullanılan En Yaygın Kaynaklar



Kaynak: Magnusson, Kroslid ve Bergman, 2003:57.

Projeler seçilirken onların amacını ve kısıtlarını tanımlamak, takımın neler üzerinde çalışması veya çalışmaması gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca, proje amaçları ve hedefleri müşterilerden gelen kritik kalite gereksinimlerini yansıtmalıdır. Genellikle seçilen proje tipleri kalite, işlem hacmi, çevrim zamanı ve kazanç gibi rekabet avantajı üzerinde büyük etkiler yaratacak olan projelerdir. Diğer önemli projeler geleneksel anlayışla çözülemeyen problemlerin çözümlerini içerir (Ingle ve Roe, 2001:278).

3.4.1.2. Proje Beyanı

Proje beyanı, proje planının bir parçası olan resmi bir belgedir. Proje beyanında, proje kesin ve net bir şekilde belirlenmiş olmalıdır. Proje beyanı, kaynakların proje faaliyetlerine uygun olarak kullanılmasından proje yöneticisi ile birlikte sorumlu olan proje sponsoru tarafından yapılır. Proje beyanı genel olarak şu unsurları içerir (Pyzdek, 2003b:1),

- Projenin tanımı yapılmalıdır,
- Projeden dolayı organizasyonun karşılaşılabileceği fırsat ve tehditler belirtilmelidir,
- Proje ile ürün ve hizmette oluşacak değer belirtilmelidir,
- Proje ile üretilecek ürün ve iş arasındaki ilişki tanımlanmalıdır. Daha sonraki proje planına katkıda bulunması açısından ürün yeterli detaylar ile açıklanmalıdır,
- Projeye katkıda bulunacak organizasyonel kaynaklar yetkilendirilmelidir.

Proje beyanı, projenin neyi başarmayı umduğunu ve grubun sahip olabileceği kaynakların neler olduğunu belirten doküman, yazılı bir belge ve önemli bir iletişim ve referans aracıdır. Proje beyanının amacı yönetim ve takım arasında bir bağ oluşturmak, takımın yapacağı işlere açıklık getirmek ve takımın organizasyonel öncelikleri düzene sokmasını sağlamaktır (Can, 2006:44).

Proje beyanı ile projenin adı, kapsamı, proje grubu, iletişim bilgileri, projenin getirisi, hedef bitirme süresi ve projeye ait diğer detaylar proje süresince sürekli olarak geriye dönük güncellenerek projenin sonuçlanması ve kapatılması bu sözleşme üzerinden yapılır. Proje sözleşmesi kullanılarak, proje detaylarının belirlenmesi ile birlikte, en önemli aşama olan proje sınırları belirlenmektedir. (Çetin, 2007:54).

Tablo 9. Ayrıntılı Proje Beyanı

PROJE BEYANI				Proje No		Güncelleme Tarihi					
						Revizyon No					
Proje Adı				Başlangıç Tarihi							
Şampiyon / Şirket yeri				Bitiş Tarihi							
Proje Lideri				Uzman Kara Kuşak							
Ekip Üyeleri	İsim	Zaman Kullanımı	Potansiyel Kazançlar/ Öngörülen Süreç, İyileştirme								
			Müşteri Getirileri								
Gerekli Kaynaklar				Hedef Kazanç (\$/yıl)							
Proje Detayları											
1. Proje Tanımı											
2. Süreç Sınırları ve Proje Sınırları											
3. Proje Hedefleri	İlgili Stratejik Hedef / İş Hedefi										
	Göstergeler	Birim	Başlangıç	Şu Anda/ Gerçekleşen	Hedef	En iyi değer					
4. Kontrol Göstergeler											
Proje İzleme Aşaması											
Proje İzleme Başlangıç Tarihi				Proje İzleme Bitiş Tarihi							
Proje İzleme Ekibi Üyeleri	İsim	Zaman Kullanımı	Gerçekleşen Proje Maliyeti (\$/yıl)		Proje Maliyeti (\$)						
					Yıllık Sürekli Maliyet (\$)						
			Gerçekleşen Kazanç (\$/yıl)								
Onaylar:		Proje Lideri		Proje Şampiyonu		Mali İşler Temsilcisi		Danışman		Sponsor	
		Tarih	İmza	Tarih	İmza	Tarih	İmza	Tarih	İmza	Tarih	İmza
Proje Başlangıcı	"Projenin başlaması, proje ekibi, kapsamı ve hedefleri onaylandı"										
Proje Ölçme Adımı Sonu	"Ölçme kısmıyla ilgili sunum dinlendi ve ölçme kontrol listesi onaylandı"										
Proje Analiz Adımı Sonu	"Analiz kısmıyla ilgili sunum dinlendi ve analiz kontrol listesi onaylandı"										
Proje İyileştirme Adımı Sonu	"İyileştirme kısmıyla ilgili sunum dinlendi ve iyileştirme kontrol listesi onaylandı"										
Proje Kontrol Adımı Sonu İzleme Aşaması Başlangıcı	"Projenin yukarıdaki plan kapsamında beklenen iyileştirmeleri tamamladığı ve kontrol planı koyulduğu ve izleme aşamasına geçmesi onaylandı"										
Proje Kapanışı	Projenin izleme süresince hedeflenen göstergeler sonuçlarının gerçekleştiği ve projenin kapatılması										
Görüşler											

Kaynak: S.P.A.C., 2003:1.Hafta Eğitimi, Ünite 5, s.5.

3.4.1.3. SIPOC

Yalın Altı Sigma'nın en önemli ilkelerinden biri, müşteriye mutsuz eden uzun toplam süre, toplam sürede varyasyon, düşük kalite ve yüksek bedel gibi unsurların ortadan kaldırılmasıdır. Bu sorunlardan herhangi birine cevap verebilmek için atılacak ilk adım, işletmenin müşteri taleplerinin değerlendirildiği süreçleri incelemektir. Yalın Altı Sigma yönteminde sürecin üst seviyede haritasını çıkaran aracın adı SIPOC'tur (George, Rowlands ve Kastle, 2005:65).

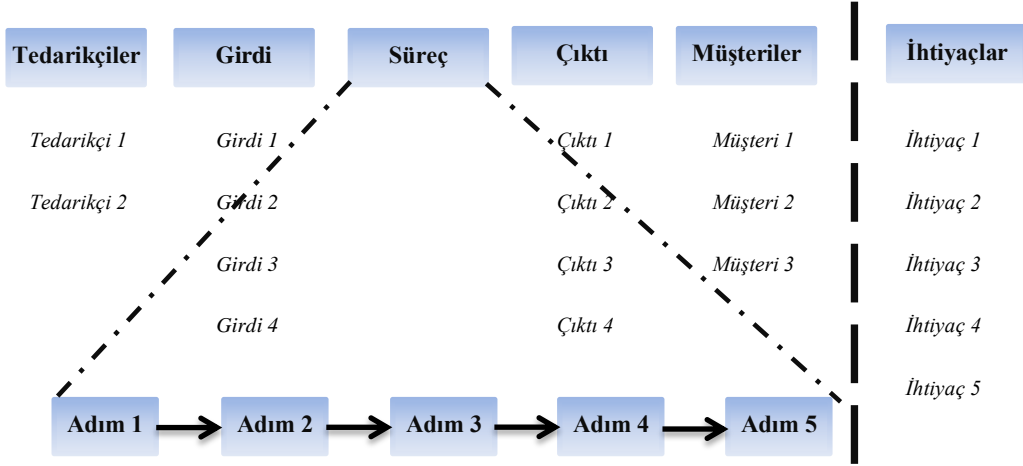
SIPOC çizelgesi, Yalın Altı Sigma iyileştirme projelerinde kullanılan bir araçtır. SIPOC, değerlendirme aşamasında olan tüm süreçlerin ilişki durumlarını gösterir. Altı Sigma'da kullanıldığında, Ölçme aşamasının bir parçası olarak da tamamlayıcı rol oynar. Çizelge adını Suppliers - Input – Process -Output - Customers (Tedarikçiler – Girdi – Süreç – Çıktı – Müşteriler) kavramlarının baş harflerinden almıştır (<http://www.modernanalyst.com/Careers/InterviewQuestions/tabid/128/articleType/ArticleView/articleId/599/What-is-a-SIPOC-Diagram.aspx> 01 Mart 2011).

Süreç Şeması genel olarak aşağıdaki adımlardan oluşur (S.P.A.C, 2003: 1.Hafta Eğitimi, Ünite 8, s.7; Seath, 2008),

1. **Adım:** Sürece bir isim verilir,
2. **Adım:** Tedarikçi listesi ve müşteri beklentileri oluşturulur,
3. **Adım:** Genel girdileri ve müşteri beklentilerini göz önüne alarak önemli çıktılar belirlenir,
4. **Adım:** Süreç adımları belirlenir,
5. **Adım:** Çıktı kalitesine etki etmeyen adımlar belirlenir (katma değeri olmayan adımlar),
6. **Adım:** Her süreç adımında temel çıktılar belirlenir,
7. **Adım:** Her süreç adımında temel girdiler belirlenir,
8. **Adım:** Her süreç adımında temel girdiler sınıflandırılır,
9. **Adım:** Temel girdiler için kontrol edilebilir özellikler tanımlanır.

Bu adımlar takip edilerek Şekil 40'taki SIPOC diyagramı oluşturulur.

Şekil 40. SIPOC Diyagramı



Kaynak: <http://www.modernanalyst.com/Careers/InterviewQuestions/tabid/128/articleType/ArticleView/articleId/599/What-is-a-SIPOC-Diagram.aspx> (01 Mart 2011).

3.4.1.4. Müşterinin Sesi (VOC)

Bir işletmenin öncelikli hedefi, para kazanmak için müşteri beklentileri doğrultusunda ürün ve hizmet üretmektir. Bu doğrultuda şirketin başarısı müşteri beklentilerini karşılama yeteneği ile doğrudan ilişkilidir. Müşteriler üreticiden, ürün veya hizmetleri zamanında, hatasız ve en düşük fiyatla almak isterler. Üreticiler ise müşteri beklentilerine cevap verebilmek için minimum maliyetle, hatasız ve minimum çevrim süreleri ile ürün veya hizmet üretmeye çalışırlar. İşte bu uyum ne kadar kuvvetlendirilse o kadar sağlıklı, katma değerli iş üretilebilir. Dolayısıyla müşteri beklentilerini doğru ve dinamik olarak algılamak başarının önemli bir anahtarıdır (Köse, 2009:57-58). Altı Sigma faaliyetlerinin son ürünleri şunları içermektedir (Evren, 2006:50),

- Müşterilerin gereksinimlerini, rakiplerin faaliyetlerini, pazardaki değişiklikleri vb. sürekli olarak takip etmek ve güncellemek için bir strateji ve sistem- bir “Müşterinin Sesi” sistemi,
- Müşteriler tarafından belirlenen her kilit çıktı için özel, ölçülebilir performans standartları için bir tanım,
- Müşterilerle olan kilit, ara yüzler için incelenebilir ve ölçülebilir hizmet standartları,
- Performans ve hizmet standartlarının müşteri ve iş stratejileri üzerindeki etkilerine dayanan göreceli önemin analizi.

Müşteri Sesinin yönetimi modelinde aşağıda belirtilen üç alt unsur mevcuttur (<http://www.borusanlojistik.com.tr/YonetimSistemleri.aspx> 01 Mart 2011),

- Müşterinin sesi sistemini sistematik ve bütünsel bir şekilde ele almak (daha iyi anlama),
- İş süreçlerinin mevcut performans seviyelerini müşteri beklentilerine cevap verecek şekilde artırmak (daha iyi uygulama),
- Müşteri beklentilerine cevap verecek ürünler ve servisler sağlamak (daha iyi hizmet).

Şekil 41. Müşterinin Sesi Yönetimi



Kaynak: <http://www.borusanlojistik.com.tr/YonetimSistemleri.aspx> (01 Mart 2011).

Müşterinin sesi birçok farklı yolla yakalanabilir. Direkt görüşme veya mülakat, inceleme yapmak, gruplara odaklanma, müşteri spesifikasyonları, gözlem, garanti bilgi ve saha raporu başvurulabilecek yollardır (Yang ve El-Haik, 2009:15-16). Kano modeli de müşterinin sesini yakalamada etkin bir rol oynayabilir.

Müşteri beklentilerini karşılayabilme derecesi ile tüketici tatmini arasındaki ilişkiyi ortaya çıkaran kano modeli, bazı müşteri gereklerinde küçük bir gelişme sağlandığında müşteri memnuniyeti son derece artarken, bunun aksine diğer müşteri gereklerinde büyük bir gelişme olmasına rağmen müşteri memnuniyet derecesinin niçin sıradan bir artış gösterdiğini açıklayan bir modeldir (Tan ve Shen, 2000:1042).

Tablo 10. Kano Modeli için Değerlendirme Tablosu

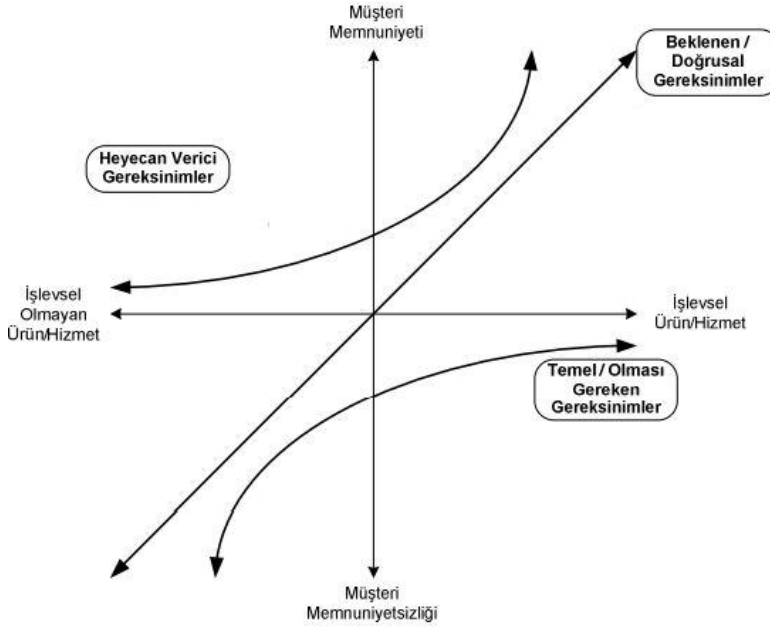
Müşteri İstekleri		Gereksinimlerin Karşılanmama Durumu				
		Hoşlanırım	Öyle olmalı	Fark etmez	Olmasa da Olur	Hoşlanmam
Gereksinimlerin Karşılanma Durumu	Hoşlanırım	Q	A	A	A	O
	Öyle olmalı	R	I	I	I	M
	Fark etmez	R	I	I	I	M
	Olmasa da Olur	R	I	I	I	M
	Hoşlanmam	R	R	R	R	Q

A= Heyecan verici, M= Temel/olması gereken, O= Beklenen/Doğrusal, I= Fark yaratmayan, Q= Soru İşareti yaratan, R= Zıt.

Kaynak: Delice ve Güngör, 2008:196.

Heyecan verici gereksinimlerin keşfedilmesi diğerlerine göre daha zordur. Bu gereksinimlerin karşılanmaması müşteride herhangi bir tepkiye yol açmazken, ürüne yansıtılması durumunda müşteri memnuniyetini beklenmedik derecede arttırmaktadır. Kano modeli, ürünlerdeki fonksiyonların müşteriler üzerinde nasıl bir etki yaratacağı konusundaki araştırmalarda kullanılacak etkin bir araçtır (Kano, Nobuhiko, Fumio ve Shinichi, 1984:40).

Şekil 42. Kano Modeli



Kaynak: Berger, Blauth, Boger, Bolster, Burchill, DuMouchel, Pouliot, Richter, Rubinoff, Shen, Timko, ve Waiden, 1993:4.

3.4.1.5. Değer Akışı

Bir değer akış haritası değer katan ve değer katmayan adımları göstermeye yardımcı olur (Hostetler, 2010:42). SIPOC çizelgeleri, süreci çok basit bir şekilde gösterirler ve üzerinde çalışılan sürecin temel unsurlarını görsel olarak ifade etmek için son derece kullanışlıdır. Ancak aslında bir ekibin süreçte değişecek şeylere karar vermesine yardımcı olmazlar. Bunun için daha ayrıntılı süreç haritalarına ("akış çizelgesi" olarak da adlandırılırlar) ihtiyacınız vardır (George, Rowlands ve Kastle, 2005:66).

Yalın Altı Sigma yöntemini kullanarak müşteriler için değer iyileştirilmek isteniyorsa, müşterilerin bakış açısıyla bakmak ve müşterilerin değer kavramından ne beklediklerini bilmek gerekmektedir. Doğru ürün ve hizmet, zamanında teslimat, uygun fiyat, kaliteli ürün ve hizmet müşterilerin önem verdikleri konulardır (<http://www.dummies.com/how-to/content/lean-six-sigma-for-dummies-cheat-sheet.html> 27 Şubat 2011).

Bu sebeple Yalın Altı Sigma projelerinde sıkça kullanılan bir süreç haritası türü, değer akışı haritasıdır. Bu haritalar hem süreç akışını, hem de gerçek süreç verilerini gösterirler. Değer akışı haritaları, veri içerdikleri için ekiplerin süreçte belirli noktalarda karşılaştıkları uzun bekleme süreleri veya çok sayıda hata gibi sorunları seçmelerine yardımcı olabilirler (George, Rowlands ve Kastle, 2005:66).

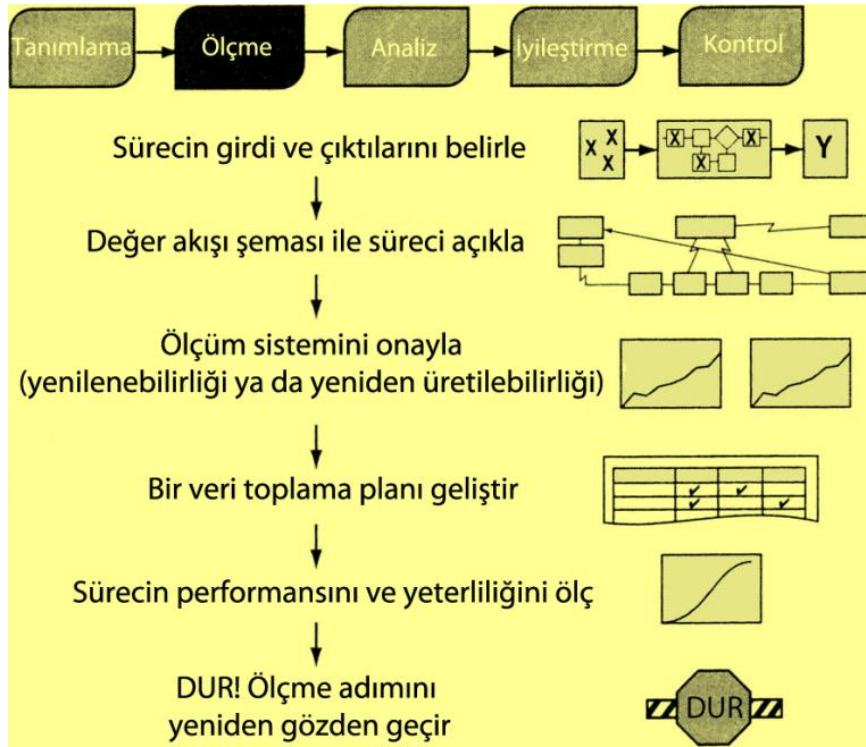
3.4.2. Yalın Altı Sigma Ölçme Aşaması

Yalın Altı Sigma'nın temel amaçlarından biri de süreçlerin ölçülebilir hale getirilmesidir. Bu doğrultuda, proje için tanımlanan çıktıların ve potansiyel süreç girdilerinin doğru ölçülmesi çok önemlidir. Bu aşamada Karakuşak adayının Ölçüm Sistem Yeterliliklerini sağlaması beklenmektedir. Ölçüm Sistem Yeterliliklerinin garanti altına alınmasından sonra, süreç çıktı ve potansiyel girdilerine ait veriler, mevcut sürecin yeterliliklerinin belirlenmesinde, analiz çalışmalarında kullanılacaktır. Yine mevcut sürecin akışının belirlenmesi, ara stok ve dar boğazların hesaplanması, proses çevrim verimliliğinin belirlenmesi ve iyileştirme noktalarının ön tanımlaması için süreçlerin değer akış şemaları oluşturulur (S.P.A.C., http://www.spac.com.tr/downloads/brosurler/yalin_danismanligi.pdf 01 Mart 2011).

Ölçme, başka yaklaşımlardan farklı olarak Yalın Altı Sigma'nın kalbini oluşturur. Veri toplamazsanız büyük ihtimalle çok sayıda kısa ömürlü veya hayal kırıcı sonuçları olan hızlı projeniz olur. Gerçek iyileştirme ile bir süreç üzerinde oynama arasındaki fark, verilerin bilgi ve deneyim ile birleştirilmesidir. Ölçme süreci ile aşağıdakileri yaparsınız (George, Rowlands ve Kastle, 2005:67-68),

- Mevcut ölçüm sistemini değerlendirmek,
 - Gerekiyorsa iyileştirme yapmak
 - Mevcut bir sistem yoksa ölçüm sistemi geliştirmek
- Süreci izlemek,
- Veri toplamak,
- Sürecin daha ayrıntılı bir haritasını çıkarmak.

Şekil 43. Ölçme Aşaması Genel Görünüm



Kaynak: George, Rowlands, Price ve Maxey, 2005:8.

Ölçmeden iyileştirme yapmak yanlış bir karardır. Mevcut sistemin ölçülmesi ve mevcut durumla müşteri ihtiyaçlarının ne şekilde karşılandığının öğrenilmesi önemlidir. Amaçlara yönelik gelişmeyi izlemeye yardımcı olacak geçerli ve güvenilir ölçümleri yerleştirmek gerekir (Pyzdek, 2003a:238).

Ölçümleme sonucunda güvenilir veriler elde edebilmek için ölçüm sisteminin de güvenilir olması gerekmektedir. Ölçüm sistemi operatörler ve ölçüm araçlarından oluşmaktadır. Ölçüm sistemini oluşturan operatörlerin, ölçüm yapabilme yetenekleri tespit edilmeli ve gerekli eğitimler verilmelidir. Aynı şekilde, ölçüm araçları da ölçümlmeleri doğru yapabilecek şekilde ayarlanmalı ve bakımları düzenli olarak yapılmalıdır (Özveri, 2007:4). Ölçme sonucunda elde ettiğimiz veriler aşağıda verilmiştir (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:89),

- Gerçekte olanla, düşünülen arasında farkları gösterir,

- Daha önceden varolan tecrübeleri doğrulamaya yardımcı olur,
- Başlangıç performansını gösterir,
- Problemin geçmiş zamandaki durumunu gösterir,
- Süreçte yapılan değişikliklerin işe yarayıp yaramadığını gösterir,
- Değişkenliği oluşturan ilişkilerin yakalanabilmesini sağlar,
- Sürecin kontrol edilmesini sağlar,
- Gerçek problemi çözmeyecek yaklaşımlardan uzak durmayı sağlar.

3.4.2.1. Veri Toplama Planı

Ölçme aşamasının temel çıktısı olan sürecin sigma seviyesini ve temel performansını ölçmek için doğru verinin toplanması proje sonuçlarını etkilediğinden veri toplamada planlama yapma önem kazanmaktadır. Doğru verinin mevcut süreci anlamaya yardımcı olması, bu aşamanın diğer önemli çıktısıdır. Ölçme aşamasının başında sürecin gerekli temel ölçümleri düzgün tanımlanmamışsa, veri toplama planı geliştirmek acı verici bir deneyim yaşatabilir (Ehrlich, 2002:93).

Süreçler için veri toplama planı geliştirmek, çeşitli kaynaklardan hata türlerini, ölçüleri ve müşterilere ilişkin tarama sonuçlarının eksikliklerini belirlemek, karşılaştırmak amacıyla temel süreçlerin performansları ölçülür (Kansoy ve Dirgar, 2008:18). Bir sürecin gözlemlenmesi ve süreci etkileyen çeşitli parametrelerin ölçülmesi ile elde edilen bilgilere “veri” adı verilir. İstatistiksel olarak verileri ölçülebilir veriler ve sayılabilir veriler olarak ikiye ayırmak olasıdır.

Veri elde edildikten sonra, bilgi kaynağı olarak kullanılması amacıyla analiz edilirken çeşitli istatistik yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu amaçla veri toplanırken; sorun çözme sürecinin daha sonraki aşamalarında kolaylıkla kullanılacakları şekilde düzenlenmelidir. Bu bağlamda veri kaynağı önem kazanmaktadır. Veri toplamada kullanılan kontrol grafiklerinin iki temel amacı vardır (Bozkurt, 2003: 176-177),

- Amaca uygun veri toplanmasını kolaylaştırmak,

- Veriyi toplarken düzenleyerek daha sonra kolaylıkla kullanılabilir duruma getirmektir.

Veri toplama planını yaptıktan sonra, yeni veri toplamadan önce mutlaka aşağıdakilerin yapılması gereklidir (S.P.A.C., 2003:2.Hafta Eğitimi, Ünite 12, s.20),

- Gerekli yerlerde ölçüm sistemi analizi,
- Veri toplayıcıların belirlenmesi ve gerekli bilgilendirmelerin yapılması,
- Veri toplama formlarının hazırlanması,
- Veri kaydedicilerin nereye ne yazacağını yazılması,
- Örneklem planının yapılması.

Tablo 11.Veri Toplama Planı Örneği

Müşterinin Sesi-Veri Toplama Plan Formu	
Veri Toplama Planı	
Proje:	
Kim	Ne ve Neden
Müşteri ve Bölümler	Müşteriniz hakkında ne bilmek istediğinizi detaylı bir şekilde gösterir. Yüz yüze görüşmelerde müşterilerinize sorabileceğiniz soruları ortaya çıkarır.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sizin için önemli olan nedir? ✓ Kusur nedir? ✓ İhtiyacınızı karşılayabiliyor muyuz? ✓ Neleri seversiniz? Neleri sevmezsiniz?
Kaynaklar	
Reaktif kaynaklar	Proaktif kaynaklar
Şikâyetler	Görüşmeler
Teknik destek çağruları	Merkez gruplar
Müşteri servisi çağruları	Araştırmalar
Talep ve sadakat	Yorum kartları
Satış raporları	Direkt gözlemler
Ürün dönüşüm bilgileri	Satış ziyaretleri
Web sayfası aktiviteleri	Pazar araştırması
	Kıyaslama
	Kalite skor kartı

Kaynak: Brassard, Finn, Ginn ve Ritter, 2002:100.

3.4.2.2. Ölçüm Sistemi Analizi

Ölçüm sistemleri analizi, ölçülerin doğruluğu ve güvenilirliğinden emin olmak için çok çeşitli araç ve yöntemler kullanır. Ölçüm sistemleri analizinde amaç

ölçülere dayanarak problemi tanımlamak ve ortadan kaldırmaktır. Ölçüm sistemleri analizinin kullandığı ve Altı Sigma projelerinde sıkça kullanılan ölçülerden birisi de “Tekrarlanabilirlik ve Yeniden Üretilirlik” (Gage R&R) ölçüsüdür. Bu ölçü; ölçülerin, kuralların ve diğer ölçüm materyallerinin etkinliğini ölçmede kullanılmaktadır (Pande ve Hollp, 2002:57).

Ölçüm sistemi yeterlilik analizi çalışması için bir plan yapılarak, çalışma sistematik bir şekilde yürütülebilir. Ölçüm sistemi analizi çalışmasında yapılacak planlamanın aşamaları genel olarak şu sırada olabilir (Özveri, 2007:13),

1. Çalışmanın amacının, veri tipinin ve ölçüm yönteminin belirlenmesi,
2. Verileri toplama yönteminin belirlenmesi,
3. Verilerin toplanması ve kayıt edilmesi için uygun bir formun hazırlanması,
4. Verilerin hesaplama yönteminin belirlenmesi,
5. Sonuçların değerlendirilmesi,
6. Gerekli ise düzeltici faaliyetin oluşturulması,
7. Analiz sonuçlarının raporlanması,
8. Çalışmanın belirli bir süre sonra tekrarlanması.

Ölçüm (Gage) varyasyon çalışması, ölçüm yeniden üretilebilirlik (reproducibility) ve tekrarlanabilirlik (repeatability) analizlerini gerektirir (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:95).

Yeniden üretilebilirlik (reproducibility), ölçümleri alan farklı operatörlerden kaynaklanan varyanstır. Aynı parça üzerindeki bir parametrenin farklı kontrol elemanlarınca birçok defa ölçüldüğünde ortaya çıkan değişkenliktir. Yeniden üretilebilirlik, operatörlerin birbirleri arasındaki farklılara göre hesaplanmaktadır.

Tekrarlanabilirlik (repeatability), ölçüm cihazının kendisinden kaynaklanan varyanstır. Aynı parça üzerindeki bir parametrenin aynı ölçüm cihazı kullanılarak bir kontrol elemanı tarafından birçok defa ölçüldüğünde ortaya çıkan değişkenliktir. Yinelenebilirlik, her operatörün kendi içindeki tekrar edilebilirliğini test etmektir.

Ölçümlerin doğruluğunun ve güvenilirliğinin sağlanmasından sonra sürecin mevcut yeterliliğinin belirlenmesi için sürece ait veriler toplanmaktadır. Sürecin mevcut yeterliliğinin belirlenmesi için sürece ait veriler, her bir kritik kalite özelliğinin “kararlılığını” ve “yeterliliğini” belirlemek için toplanmaktadır (Eckes, 2005:42).

3.4.2.3. Pareto Şeması

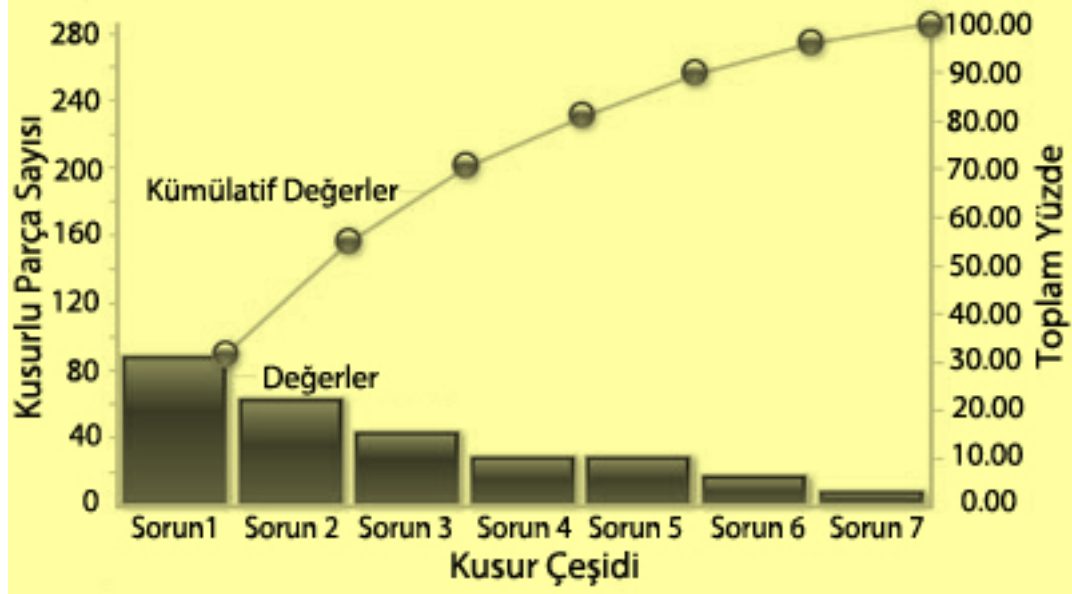
İtalyan asıllı sosyolog ve ekonomist Vilfredo Federico Damaso Pareto (1848-1943) tarafından ortaya atılan ve günümüzde çok farklı alanlarda uygulanan, özellikle de belli sonuçlar doğuran en önemli etmenleri bulmaya yarayan analiz tekniğidir. Günlük yaşamda asıl problemlerin az sayıda faktörden kaynaklandığını belirten Pareto, İtalya’da gelir ve refahın % 80-90’nının, % 20’lik bir grup tarafından kontrol edildiğini gözlemiştir. Benzer dağılımları çok farklı alanlarda da gözlemiş ve bu bulgulara dayanarak % 80’lik sonucun, % 20’lik nedenden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu orana (80/20) Pareto yasası adı verilmiştir. Pareto, işletmelerde çeşitli incelemeler yapmış ve elde ettiği sonuçları şu şekilde genellemiştir: Normal dağılımda sebeplerin en önemli % 20’si, sonuçların % 80’ini, sonra gelen % 30’u, sonuçların % 15’ini, geri kalan % 50’si ise, sonuçların sadece % 5’ini oluşturur (Coşkun, 2009:75). Pareto analizi aşağıdaki sıra ile oluşturulur:

1. Diyagramda gösterilecek problemler seçilir.
2. Ölçüm yapılacak standart karşılaştırma birimi seçilir,
3. Seçilen problemler, bunlara ait verilerden de yararlanarak önem sırasına konular ve diyagramın en solundan başlayarak yerleştirilir,
4. Yatay (X) eksenine sorun tipleri, düşey (Y) eksenine bunların meydana gelme sıklığını gösteren diyagram çizilir. (Y) ekseni tekrarların kümülatif (yığımlı) yüzdesini göstermek için kullanılır.

Altı Sigma çalışmalarında Pareto analizi önemli yer tutar. Pareto analizi ile problem çözmeye nereden başlanacağı belirlenir. Öncelikle kusurlara neden olan etmenler sıklık sırasına göre sıralanır, daha sonra problemlerin % 80’ine neden olan

sebepler belirlenir. Az sayıda olan bu sorunların çözümü ile hataların % 80'i ortadan kaldırılmış olur (Coşkun, 2009:75). Şekil 44'te Pareto Şeması örneği verilmiştir.

Şekil 44. Pareto Şeması Örneği



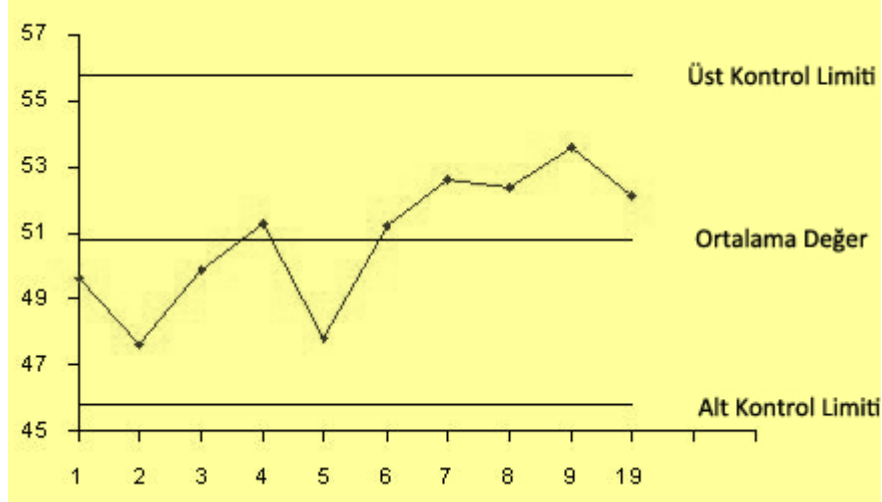
3.4.2.4. Kontrol Grafikleri

1920'li yılların ikinci yarısında, Bell Telefon Şirketinde, Walter Shewhart istatistiksel kalite kontrol teorisini geliştirdi. Bütün üretim süreçlerinin iki tür değişkenlik içerdiği sonucuna vardı. Birinci bileşen tesadüfi değişkenlik, ikinci tür değişkenlik ise özel nedenlere dayanan bir değişkenlikti. Özel nedenler etkin programlarla ekonomik olarak belirlenebilir ve ortadan kaldırılabilirdi. Shewhart, bu iki tür değişkenliği birbirinden ayıracak 3σ limitlerine dayanan standart kontrol grafiklerini oluşturdu. 1940'lı yıllarda kontrol grafikleri yaygın olarak kullanıldı. Daha sonra 50'li yıllarda Western Electric bu testlere dizi sayıları testlerini kattı. İstatistiksel kontrol grafikleri, standartların karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılan istatistiksel tekniklerdir (Gümüšoğlu, 1996:103).

Kontrol grafikleri, zamana bağlı süreç değişkenliklerini ortaya koymak ve süreç değişimi ya da iyileştirilmesinden sonraki ilerlemeyi değerlendirmek için kullanılır. Süreç yeterliliğini gösteren kontrol limitleri, genel ve özel sebep

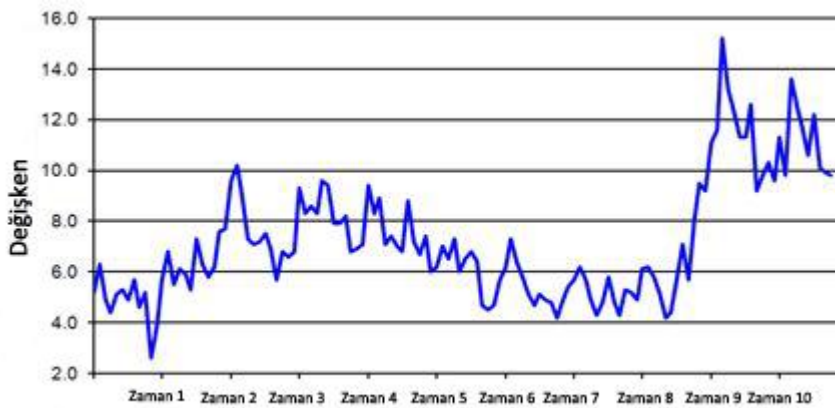
değişkenliklerini ayırt etmek için sık kullanılan bir yoldur. Noktalar limitlerin dışındaysa özel sebepler var demektir (Özgen, 2006:18).

Şekil 45. Kontrol Şeması Örneği



Kontrol grafikleri süreç ortalamasını ve değişimini zamana göre izlemek için kullanılır ve sürecin kontrol altında olup olmadığını belirler. Bir değişkenin zaman içerisinde nasıl değiştiği konusunda bilgi sahibi olabileceğimiz zaman serisi grafiğine benzer (Şekil 46). Ancak, süreç ortalaması ile alt ve üst kontrol sınırlarını içerir.

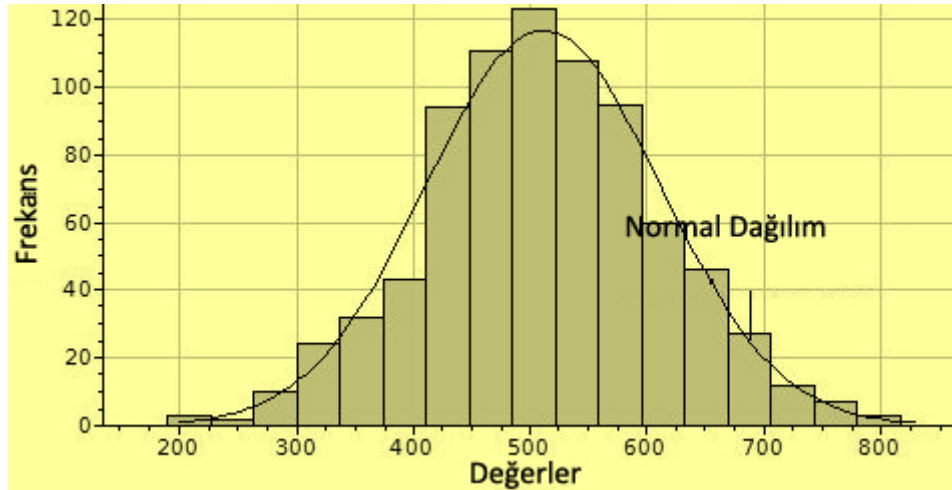
Şekil 46. Zaman Serisi Grafiği



3.4.2.5. Histogram

Bir konuda derlenmiş sayısal verilerin belirli aralıklarda yer alan sayılarının grafik şeklinde gösterimi histogram olarak adlandırılmaktadır. Verilerin en küçüğü ve en büyüğü grafiğin yatay ekseninde işaretlenir ve ikisinin arası eşit uzaklıkta alt aralıklara bölünür. Aralık sayısının 5 - 10 arası olmasında yarar görülmektedir. Verilerden her bir aralığa düşenler sayılır ve bu frekanslar düşey ekseninde işaretlenir. Daha sonra da her aralığa karşı gelen frekans yüksekliğinde dikdörtgenler oluşturulmaktadır. Histogramın bu şekilde oluşturulması sezgisel yöntem olarak bilinmektedir (Pyzdek, 2003a:371-372).

Şekil 47. Histogram Örneği



3.4.3. Yalın Altı Sigma Analiz Aşaması

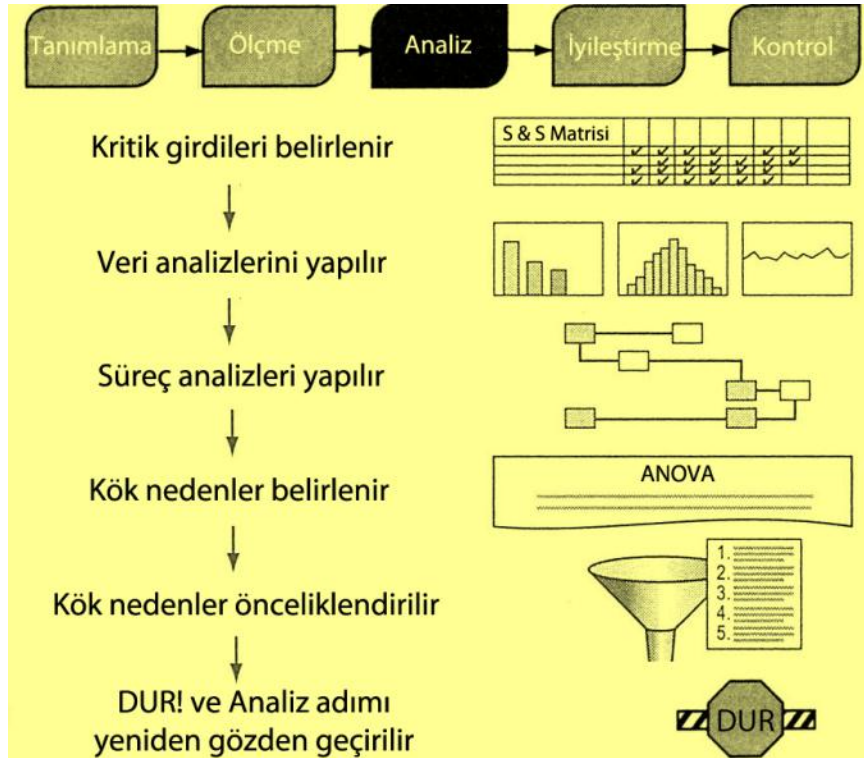
DMAIC'ın üçüncü adımı Analiz aşamasıdır. Analiz aşaması; sorunların oluşma nedenleri ile iyileştirme fırsatlarını gösteren verinin, süreçlerin ve olguların incelenmesi olarak tanımlanır. Bu aşama, girdi değişkeni X ile sonuç değişkeni Y arasındaki ilişkiyi anlamaya yardımcı olur. Bu ilişki $Y = f(X)$ ile gösterilir ve sonuçları etkileyen en kritik faktörleri belirtmede kullanılır (Evans ve Lindsay, 2005:132).

Tablo 12. Uygun Analiz Tekniğinin Seçilmesi

		Faktörler					
		Tek X			Birden Çok X		
			Sürekli	Kesikli		Sürekli	Kesikli
Y Tepki	Tek Y	Sürekli	Serpilme Diyagramı Basit Regresyon	T-Testleri Tek Yönlü ANOVA Varyansın Homojen Olup Olmadığını Testi	Sürekli	Çoklu Regresyon	Deney Tasarımı Çok Yönlü ANOVA
	Birden Çok Y	Kesikli	Lojistik Regresyon	Uygunluk Testleri Bağımsızlık Testleri	Kesikli	Çoklu Lojistik Regresyon	Çoklu Lojistik Regresyon
Çok Değişkenli İstatistik			Çok Değişkenli İstatistik				

Kaynak: Gürsakal, 2005:122.

Şekil 48. Analiz Aşaması Genel Görünüm



Kaynak: George, Rowlands, Price ve Maxey, 2005:12.

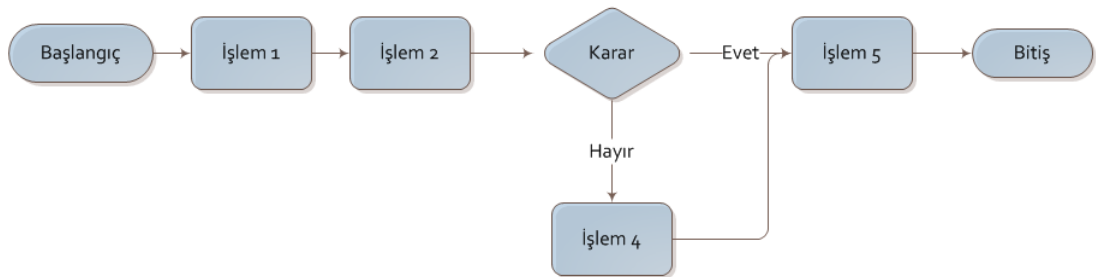
Analiz aşamasının amacı, ölçme aşamasında toplanan tüm bilgi ve verilerden anlam çıkarmak ve bu verileri gecikme, israf ve düşük kalitenin kaynağını doğrulamak için kullanmaktır. Bütün ekiplerin analiz aşamasında karşılaştıkları zorluk, verilere bağlı kalmak ve sorunların esas kaynaklarına ulaşmak için kendi deneyim ve fikirlerini kullanmamaktadır (George, Rowlands ve Kastle, 2005:72).

Toplanan veriler ve süreçlerin süreç haritalarını, hataların temel nedenlerini ve geliştirme fırsatlarını belirlemek için; cari performansla hedef performans arasındaki farkı, iyileştirme fırsatlarının önceliklerini ve değişkenlik kaynaklarını belirlemek için çeşitli analizler yapılır. Ortalama, standart sapma, medyan veya oran gibi özetleyici istatistiksel değerler kullanılarak ana kütle parametreleri için güven aralıkları hesaplanır ve anlamlılık testleri yapılır (Gürsaka1, 2005:122).

3.4.3.1. Detaylı Süreç Analizi

Bir işletmede iş süreçlerinin detaylı olarak tanımlanması, akışın süreç hedefleri doğrultusunda optimizasyonu, her türlü duruma ilişkin mantıki modellenmenin belirlenmesi, izlenmesi ve iyileştirilmesi detaylı süreç analizinin temel konularıdır. Tanımlama aşamasında yapılan SIPOC analizinin devamı niteliğini taşıır ve proses adımını detaylandırarak süreci çok daha iyi anlamamıza yardımcı olur. İş akış şemaları çizilerek, katma değeri olan ve katma değeri olmayan adımların tespiti yapılabilir. Şekil 49’da iş akış şeması örneği verilmiştir.

Şekil 49. İş Akış Şeması Örneği



İş akış şeması bir faaliyetin başlangıcından sonuçlandırılmasına kadar olan aşama ve işlem adımlarını görsel hale getirmeyi sağlayan ve işlem adımlarını geometrik şekillerle gösteren şemadır. Ek 2’de iş akış şemasında kullanılan şekiller gösterilmiştir.

3.4.3.2. Sebep - Sonuç Analizi (S & S Analizi)

Sebep – Sonuç Matrisi: CTQ’ların (müşteri beklentilerinin) birbiri ile olan ilişkilerini inceleyerek, olası sorunları önceliklendirmede kullanılan bir araçtır. Süreç haritasından alınan CTQ’lar matrisin üst kısmına, sebepler de sol kısmına yerleştirilir ve önem derecesine göre sıraya konular. CTQ’lar ile sebepler arasındaki ilişki kuvveti puanlanır (http://www.processma.com/resource/cause_and_effect_matrix.htm 02 Mart 2011).

Tablo 13. S & S Matrisi

		Müşteri İçin Önem Derecesi									
Süreç Adımı			1	2	3	4	5	6	7	8	
			Çıktı 1	Çıktı 2	Çıktı 3	Çıktı 4	Çıktı 5	Çıktı 6	Çıktı 7	Çıktı 8	Toplam
	Süreç Adımı	Süreç Girdisi									
1		Girdi 1									0
2		Girdi 2									0
3		Girdi 3									0
4		Girdi 4									0
5		Girdi 5									0
6		Girdi 6									0
7		Girdi 7									0
8		Girdi 8									0
9		Girdi 9									0
Çıktılar için toplam			0	0	0	0	0	0	0	0	
Alt Spesifikasyon Limiti											
Hedef											
Üst Spesifikasyon Limiti											

Kaynak: www.csun.edu/~jnh05640/CEmatrix_template.xls (02 Mart 2011).

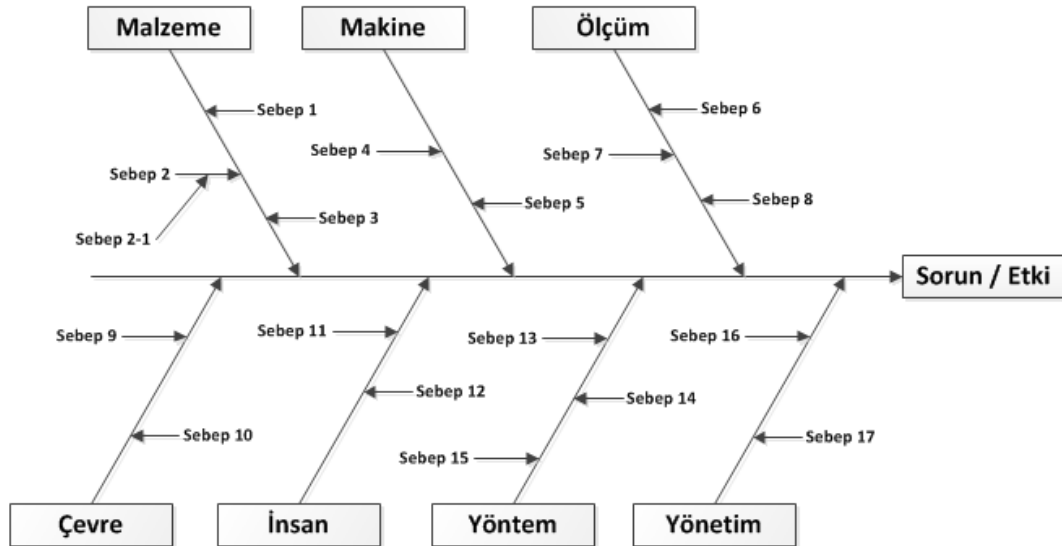
İlişki kuvveti aşağıdaki skalaya göre düzenlenir (S.P.A.C., 2003: 1.Hafta Eğitimi, Ünite 09, s.8),

- 0 = İlişki yok
- 1 = Çok zayıf ilişki
- 3 = Orta düzeyde ilişki
- 5 = Güçlü ilişki
- 9 = Çok güçlü ilişki

Her bir sebebin CTQ'larla olan ilişki puanı ile CTQ'ların müşteri tarafından verilen önem puanları çarpılarak toplanır. Pareto şeması yöntemiyle en yüksek puanlı sebepler ortaya konulur. Tablo 13'te S&S Matrisi örneği verilmiştir.

Sebe – Sonuç Diyagramı (Balıkkılçığı Diyagramı): Problemin olası nedenlerini tespit etmek amacıyla kullanılır. Ekip üyelerinin tüm fikirleri beyin fırtınasında ortaya çıktıktan sonra, probleme neden olan tüm fikirler diyagrama yazılır.

Şekil 50. Sebe - Sonuç Diyagramı (Balıkkılçığı Diyagramı)



3.4.3.3. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)

Hata Türü ve Etkileri Analizi; sistem, tasarım, proses veya serviste oluşabilecek hataların değerlendirmesini yapan özel bir yöntemdir. Çoğunlukla yeni ürün ya da hizmet tasarlanırken, mevcut süreç için kritik olan girdi ve süreç değişkenlerindeki verilerde kullanılır. Risklerin belirlenmesi, tahmin edilmesi, önceliklendirilmesi ve değerlendirilmesi için yapısal bir yaklaşımdır.

FMEA'nın amacı, bilinen potansiyel hataları müşteriye ulaşmadan engellemek olduğu için bazı tahminler yapılmalıdır. Bu tahminler yapılırken, geçmiş tecrübelerden yararlanılarak yanlış gidebilecek her nokta analiz edilmelidir. Bir FMEA çalışmasında üç temel hedef vardır (Baykasoğlu, Dereli, Yılankırkan ve Yılankırkan, 2003: 157),

- Bir ürün veya süreçteki potansiyel hataları ve hataların sonuçlarını algılama ve değerlendirme,
- Potansiyel hatanın oluşma şansını azaltacak veya ortadan kaldıracak aktiviteleri belirleme,
- Prosesin dokümantasyonlarını hazırlama.

FMEA, her hata türü için bir risk önceliği sayısı (Risk Priority Number – RTN) oluşturur. RPN değeri büyüdükçe hatanın ciddiyeti artmakta ve tasarım çabası içinde bu hata, ilgilenilmesi önem kazanmaktadır. Büyük RPN değerine sahip olan hatalar öncelikle tasarım sırasında ortadan kaldırılmalı veya azaltılmalıdır (Gürsakal, 2005:188).

FMEA oluşturulurken aşağıdaki sıra izlenmelidir (www.fmeainfocentre.com/tools/FMEA%20TOOLS2.xls 03 Mart 2011),

1. Sıra numarası verilir,
2. Sürece bir başlık verilir,
3. Süreç sorumlusu belirtilir,
4. Kimin tarafından hazırlandığı yazılır,
5. İlgili ürün belirtilir,

6. Oluşturma tarihi belirtilir,
7. Revizyon tarihi belirtilir,
8. Ekip üyeleri listelenir,
9. Olası hatalar listelenir,
10. Olası hata etkileri listelenir,
11. Etkinin önem dereceleri belirlenir,
12. Sınıflandırma yapılır (SOP, kontrol edilebilir veya gürültülü),
13. Olası hata nedenleri belirlenir,
14. Her sebep için oluşma derecesi belirlenir,
15. Hata önleme/saptama için mevcut süreç kontrolleri listelenir,
16. Hatanın saptanabilirlik derecesi belirlenir,
17. Risk öncelik değeri hesaplanır (Risk Öncelik Değeri (RPN)= Hata Olasılığı (OCC) x Etkinin Önem Derecesi (SEV) x Hatanın Saptanabilirliği (DET)),
18. İzlenecek yol için öneriler sunulur,
19. Sorumluluklar belirlenir,
20. Yapılacak işlemler belirlenir,
21. Risk Öncelik Değeri yeniden hesaplanır.

Şekil 51. FMEA Genel Yapısı

#	Süreç İşlemi	Olası Hata Modu	Olası Hata Etkileri (KPOVs)	SEV	CLASS	Olası Hata Nedenleri (KPIVs)	OCC	Mevcut Süreç Kontrolleri	DET	RPN	Önerilen yol	Sorumlu Personel	Yapılacak İş	SEV	OCC	DET	RPN
F1																	

Hata Olasılığı (OCC), Etkinin Önem Derecesi (SEV) ve Hatanın Saptanabilirliği (DET) Ek 3, Ek 4 ve Ek 5'te verilmiştir.

3.4.3.4. Hipotez Testleri

İstatistiksel analizlerin ve karşılaştırmaların temelini oluşturan hipotez testleri Analiz aşamasında sıkça kullanılan araçlardan biridir. İstatistiksel olarak bir yargıya ulaşabilmek için bir hipotez ortaya konulması ve elde verilerin bu hipotezi ne kadar doğruladığının incelenmesi gerekmektedir. Altı Sigma projelerinde ve endüstriyel uygulamalarda genellikle alınmak istenen risk seviyesi %5 veya daha altında olmalıdır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:105-106).

İstatistiksel hipotezlerin testinde, iki hipotez söz konusudur. Bunlar; “sıfır hipotezi” ve “karşıt hipotez” olarak isimlendirilirler. Bu aşamada, sıfır hipotezinin ve karşıt hipotezin nasıl ifade edileceğine aşağıdaki gibi karar verilir (Yüzer, Ağaoğlu, Tatlıdil, Özmen ve Şıklar, 2007:216),

1. Sıfır hipotezi: H_0 simgesiyle gösterilir ve hangi hipotezin test edileceğini, ifade eder. Sıfır hipotezi; parametrenin önceden belirlenmiş, bilinen değerinde, hiçbir farklılığın (etkinin) beklenmediğinin ifade edildiği hipotezdir.
2. H_0 hipotezinin test edilebilmesinde, bu hipotezden farklı bir hipotezin de ifade edilmesi gerekir. H_1 simgesiyle gösterilen bu hipoteze "karşıt hipotez" adı verilir. H_1 hipotezi, H_0 hipotezinin belirli bir olasılıkla reddedilmesi durumunda kabul edilen ve genellikle araştırma hipotezinin incelendiği hipotezdir.

Bir problemde hangi hipotezin H_0 , hangi hipotezin H_1 alınacağında şu esasa uyulur. Eskiden beri geçerli kabul edilmiş bir öneri, bunun aksi yeni bir görüşle karşılaştırılıyorsa, geçerli sayılmış öneri H_0 , yeni görüş H_1 olur. Eskiden beri geçersiz, şüpheli sayılmış bir öneri, bunun aksi yeni bir görüş ile karşılaştırılıyorsa, yeni görüş H_0 , eski öneri H_1 olur (Çil, 2008:214).

$H_0: \mu_x = \mu_y$ ise X ve Y arasında fark yoktur.

$H_1: \mu_x \neq \mu_y$ ise X ve Y arasında fark vardır.

Karar problemlerinde belirsizlik durumları ile karşılaşılır. Burada sözü edilen belirsizlik, aynı koşullar altında tekrarlanan deneylerin her birinden elde edilecek sonuçların ya da gözlenen değerlerin birbirinden farklı olmaları anlamındadır. Uygulamada, araştırmacı deney yapmaya ya da gözlem değerlerini toplamaya başlamadan önce mutlaka yapacağı araştırmanın amacını belirlemelidir. Deney ya da gözlem ile elde edilen sonuç, istatistik yöntemler yardımıyla herhangi bir olay için önceden belirlenen bir fikir, bir inanış ya da kitlenin herhangi bir konudaki genel eğiliminin ispatlanması için kullanılır. Hipotezin ispatlanması ise test edilmesi olacaktır. İstatistiksel testler hipotezi doğruladıklarında hipotez kabul edilecek, aksi halde reddedilecektir (Baskan, 1993:283).

H_0 'a karşı H_1 test edilirken, H_0 hipotezi ancak örnek verilerinin H_0 'ın yanlış olduğunu kuvvetli bir şekilde gösterdiğinde H_1 'i kabul etmek için H_0 reddedilir. Eğer örnek böyle bir durum göstermiyorsa, H_0 reddedilmeyecektir. Buna göre H_0 'ın reddedilmesi veya reddedilmemesi gibi iki olası sonucu vardır (Öztürkcan, 2006:145).

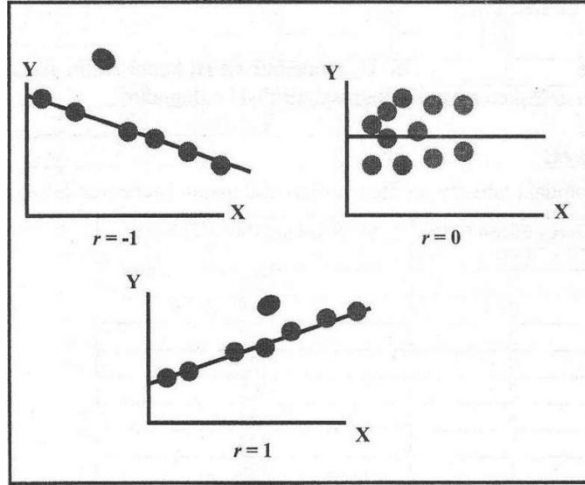
3.4.3.5. Korelasyon Analizi

Analiz aşamasında kullanılan bir diğer teknik korelasyondur. Korelasyon, girdi ve çıktılar arasında lineer bir ilişki olması durumunda kullanılabilecek araçlardan biridir ve sebep sonuç ilişkisi olmaksızın iki nicel veri arasındaki ilişkiyi ortaya koyar. İki nicel veri arasında varolan lineer ilişki korelasyon katsayısı ile değerlendirilir. Korelasyon katsayısının düşük olması iki nicel veri arasında lineer bir ilişki olma ihtimalinin azaldığını gösterir (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:105).

Popülasyon korelasyon katsayısı ρ ve örnek korelasyon katsayısı r ile gösterilir. r , ρ 'nin tahmin edicisidir. Korelasyon katsayısı, +1 ile -1 arasında değerler almaktadır. ± 1 sayılabilen iki değişken arasındaki mükemmel ilişkiyi ifade etmektedir. +1 mükemmel pozitif, -1 ise mükemmel negatif ilişkinin göstergesidir. Korelasyon katsayısının 0 olması ise değişkenler arasında herhangi bir ilişki bulunmadığının bir işaretidir (Özsoy, 2005:351). Korelasyon katsayısı r_{xy} aşağıdaki formül ile bulunur.

$$r_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(x_i - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \right] \quad (3.1)$$

Şekil 52. Farklı Korelasyon Katsayıları



Kaynak: Özsoy, 2005:351.

Yukarıdaki grafiklerde X ve Y değişkenleri arasındaki ilişkilerin +1 ve -1 arasındaki durumlarını gösteren korelasyon katsayıları yer almaktadır. Korelasyon katsayısının işareti değişkenler arası ilişkinin yönünü belirtir (Ünver ve Gamgam, 2008:228). İlişki düzeyi r_{xy} olarak alınır;

$|r_{xy}| < 0.20$ ise ilişki önemsiz,

$|r_{xy}| > 0.80$ ise ilişki önemli kabul edilir.

Kısaca özetlenecek olursa, Korelasyon Analizi ile, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin hangi dereceye kadar uyduğunu özetleyecek sayısal bir ölçü birimi elde edilir (Öztürkcan, 2006:223).

3.4.3.6. Çoklu Değişken Analizi

Analiz aşamasında kullanılan bu teknik sayesinde, ürünün üretildiği sürecin monitörize edilmesi sağlanır. Mevcut operasyonlarda varolan veriler, anlamlı bilgiler haline dönüştürülmeye, bir ya da daha çok bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasındaki ilişki ortaya konulmaya başlanır. Hataların oluştuğu süreçte zamana bağlı değişkenlikler, doğal değişkenlik kaynakları, ürün üzerindeki ve ürünün üretildiği süreç üzerindeki değişkenlikler hakkında bilgiler elde edilir. Süreçte yer alan girdi ve çıktı tiplerine göre değişkenleri üç grupta incelemek mümkündür (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:105),

1. Pozisyonel - Bir üretim hattındaki benzer süreçlerdeki değişkenlik farkları:

- Banttandan banda farklar
- Hattan hata farklar
- Vagondan vagona farklar
- Robottan robota farklar
- Operatörden operatöre farklar

2. Zamansal - Zaman içinde süreçteki değişkenlik farkları:

- Vardiyadan vardiyaya farklar
- Günden güne farklar
- Haftadan haftaya farklar

3. Sırasal - Ard arda gelen süreçlerdeki değişkenlik farkları.

Çoklu değişken analizi tek bir değişken ya da etken yerine çeşitli etkenlerin belirginliğini tanımlamak için kullanılır. Ayrıca çoklu değişken analizi yöntemlerinde nicel çıktılarla, nitel ve nicel girdilerin (özellikle gürültü faktörlerinin) ilişkileri sorgulanır.

Tablo 14. Çoklu Değişken Analiz Yöntemleri

		ÇIKTILAR (Y'ler)	
		Nicel	Nitel
Girdiler (X'ler)	Nicel	Korelasyon Regresyon İlişki Grafiği	Lojistik Regresyon İlişki Grafiği
	Nitel	Kutu Grafiği Ana etki ve etkileşim grafikleri ANOVA ve Deney Tasarımı F - Test T - Test Multi-Vari Grafiği	Ki - kare Testi İkili Oran Testi Pareto Şeması

Kaynak: S.P.A.C., 2003:3.Hafta Eğitimi, Ünite 6, s.7.

3.4.3.7. Çoklu Regresyon Analizi

Sayılabilen bir çıktının bir veya birden çok sayılabilen girdi ile arasındaki ilişkiyi tahmin etmeye yardımcı olan çoklu regresyon analizinde bağımsız değişkenler eş zamanlı olarak (aynı anda) bağımlı değişkendeki değişimi açıklamaya çalışmaktadır. Çoklu regresyon katsayısı R, bir bağımlı değişkendeki değişim ile eş zamanlı (aynı anda) ele alınan birden fazla bağımsız değişkendeki değişim arasındaki ilişkinin derecesini göstermektedir. Daha basit bir ifade ile; bağımlı değişken ile birlikte ele alınan bir grup bağımsız değişkendeki değişimin ilişkisinin (korelasyonunun) bir göstergesidir (Gültekin, 2008:7).

$$Y_i = (b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n) + e_i \quad (3.2)$$

Y bağımlı değişken, b_0 , regresyon eğrisinin y eksenini kesim noktası, b_1 ilk tahmin değişkeninin X_1 katsayısı, b_2 ikinci tahmin değişkeninin X_2 katsayısı, ... e_i ise i 'inci denek için Y'nin tahmin edilen değeriyle gözlenen değeri arasındaki farktır.

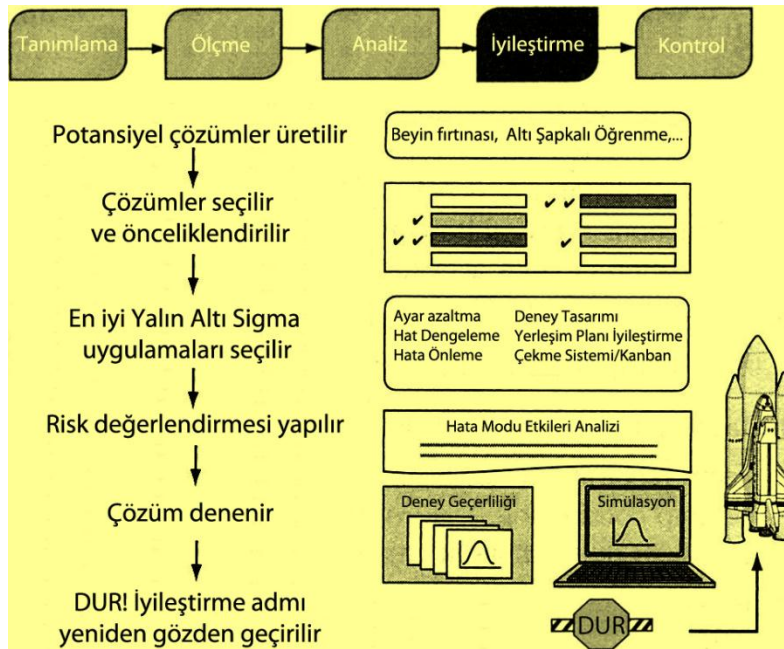
Bir bağımsız değişkenin olduğu regresyon modelinde belirleme katsayısı (Y_i) küçükse (sıfıra yakın) modelin anlamlılığı için yapılacak F testinde F_h de küçük olacaktır. Bunun nedeni bağımlı değişkeni açıklama gücüne sahip olan bazı bağımsız değişkenlerin model dışında kalmış olmasıdır. Y_i belirleme katsayısı küçükse modele yeni bağımsız değişkenler ilave edilmelidir. Ancak modeldeki bağımsız değişkenler

arasında sıkı ilişkilerin olması arzu edilen bir durum değildir. Örneğin X_1 ve X_2 arasındaki korelasyon 0.995 ise belirleme katsayısı hem tek bağımsız değişkenli modelde hem de iki bağımsız değişkenli modelde birbirine çok yakındır. Bu nedenle bağımsız değişkenleri seçerken kendi aralarında sıkı ilişki olmayanlar seçilmelidir. Teorik olarak bağımlı değişkeni açıklayabilecek sonsuz sayıda bağımsız değişken düşünülebilir. Ancak uygulamada 1 ya da 2, bazen 3 bağımsız değişken bağımlı değişkendeki varyansın büyük bir kısmını açıklar. Belirleme katsayısının 0.80 dolayında olması yeterli kabul edilmektedir (Ünver ve Galgam, 2008:323).

3.4.4. Yalın Altı Sigma İyileştirme Aşaması

Bu aşamada amaç, sürecin değişkenliğini yaratan önemli girdilerin hangi düzeylerde ayarlanacağını belirlenmesi ve test edilmesidir. Altı Sigma yönteminin en önemli süreç girdileri ile çıktılar arasındaki matematiksel modellerin oluşturulmasıdır. Bu modeller yüzde yüz doğru modeller olmamasına karşın, işimizi doğru yapabilmek için kullanabileceğimiz faydalı modeller olacaklardır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:113).

Şekil 53. İyileştirme Aşamaları Genel Görünüm



Kaynak: George, Rowlands, Price ve Maxey, 2005:14.

İyileştirme aşamasının ana konsepti çözüm geliştirmedir. Çözüm geliştirirken en iyi çözümleri bulmak ve bunlar sonucunda oluşacak en güçlü performansı yakalamak hedef olmalıdır. Bu maksatla iyileştirme aşamasında iki ana araç kullanılmaktadır: deney tasarımı ve değişim yönetimi (Gupta, 2004:36).

İyileştirme aşaması proje sonucunda iyileştirmeye gidildiği, proje hedeflerine dönük iyileştirme plan ve stratejilerinin devreye alındığı çalışmaları içerir. Yöntemin problem çözümünde çok etkin faydaları olan deney tasarımları sayesinde önemli süreç girdilerinin optimizasyonu sağlanarak, süreç çıktısının mükemmele yaklaştırılmaya çalışıldığı aşamadır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2003:64).

3.4.4.1. Deney Tasarımı

Deney Tasarımı adı verilen ileri düzey istatistiksel araçları içeren yöntem özellikle üretim amaçlı olarak proses girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkileri matematiksel modeller ile ortaya koymaktadır. Bu sayede üretim prosesinin çıktısı olan kriterleri en iyi seviyelere ayarlamak için deneme yanılma veya her seferinde bir faktör çalışmaları yerine bilimsel bir yöntem kullanmamıza olanak sağlamaktadır. Bu sayede prosesin kritik parametrelerini olması gereken en optimum seviyeye ayarlama olanağına kavuşulabilmektedir (S.P.A.C., http://www.spac.com.tr/tu/_danismanlik/_proses/deney_tasarimi.html 04 Mart 2011).

Deney tasarımı, bir prostedeki girdi faktörleri üzerine istenilen değişikliklerin sistematik bir şekilde yapılmasıyla cevap değişkeni üzerindeki değişkenliğin gözlenmesi ve yorumlanması olarak da tanımlanabilir. Bağımlı faktördeki değişikliğin nedeni olarak ele alınan bağımsız faktörün etkilerinin ölçülmesi işlemini yürütmek için kullanılan tekniktir (Şanyılmaz, 2006:3).

Deney tasarımı, süreç girdilerinin kontrol edilebilir değişkenlerinin değiştirilmesinde ve bu süreç değişkenlerinin çıktı üzerindeki etkilerinin analiz edilmesinde kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. Deney tasarımı ayrıca, süreç değişkenlerinin hangilerinin çıktı üzerinde etkisinin olduğunu ve süreç çıktısının optimize edilmesi için bu değişkenlerin değerlerinin ne olması gerektiğinin

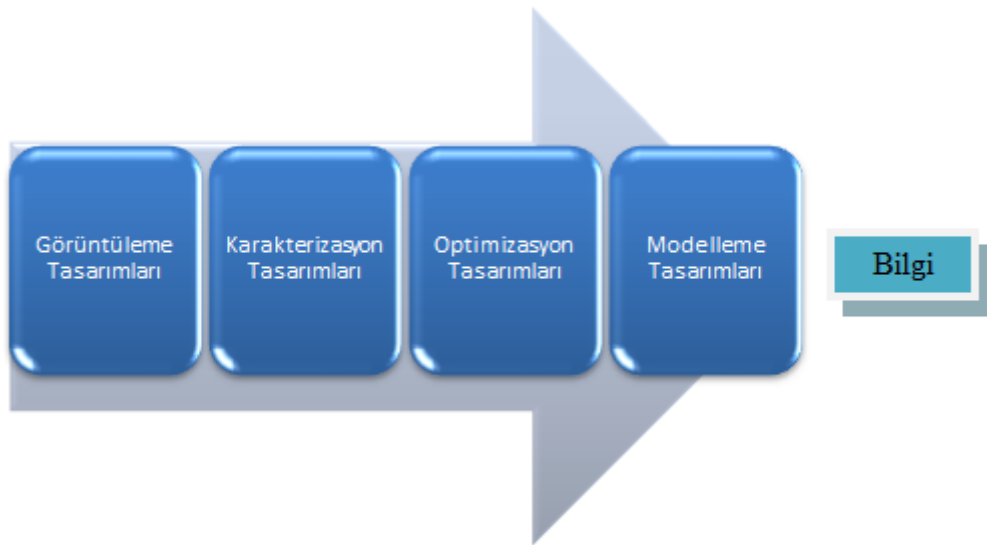
belirlenmesinde kullanılır. Deney tasarımları, süreç yeterliliğinden çok genel imalat ve ürün/süreç geliştirme sorunlarında kullanılır. Deney tasarımlarının en önemli kullanım alanlarından birisi, bir süreçteki değişkenliğin kaynaklarının belirlenmesi ve izole edilmesidir (Bozkurt, 2003:162).

Deney tasarımı, süreçteki sebep-sonuç ilişkisini belirlemek ve süreci iyileştirmek için deneyleri tasarlamayı, uygulamayı ve analiz yapmayı kapsayan bir stratejidir. Deney tasarımında izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir,

- Problem tanımlanır,
- Çıktı verisi seçilir,
- Girdi verileri (faktörler) seçilir,
- Faktör seviyeleri belirlenir,
- Deney yöntemi seçilir,
- Verilerin analizi yapılır,
- Sonuçlar yazdırılır.

Deney tasarımında bilgi elde etme kabiliyeti Şekil 54'teki gibi sürekli olarak artabilecektir (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:111),

Şekil 54. Bilgi Elde Etme Kabiliyeti



Kaynak: Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:111.

Görüntüleme Tasarımları: Önemli az girdileri, önemsiz çok girdilerden ayırmak için ilk başta yapılan tasarımlardır. Genelde ana etkiler hakkında bilgi verir, etkileşimler hakkında bilgi vermez,

Karakterizasyon Tasarımları: Görüntüleme tasarımlarına göre daha az sayıdaki faktörün ana etkilerini ve ikili etkileşimlerini gösteren tasarımlardır.

Optimizasyon Tasarımları: Karakterizasyon tasarımlarında bulunan faktörlerin değişik düzeylerinde yapılabilecek gerekli etkileşimlerin sonucu faktörlerin eniyilemesinin yapıldığı tasarımlardır.

Modelleme Tasarımları: Önemli az faktörlerle sistemi en iyi ifade edecek denklemin bulunması tasarımlarıdır.

Tam Faktöriyel Deney Tasarımı

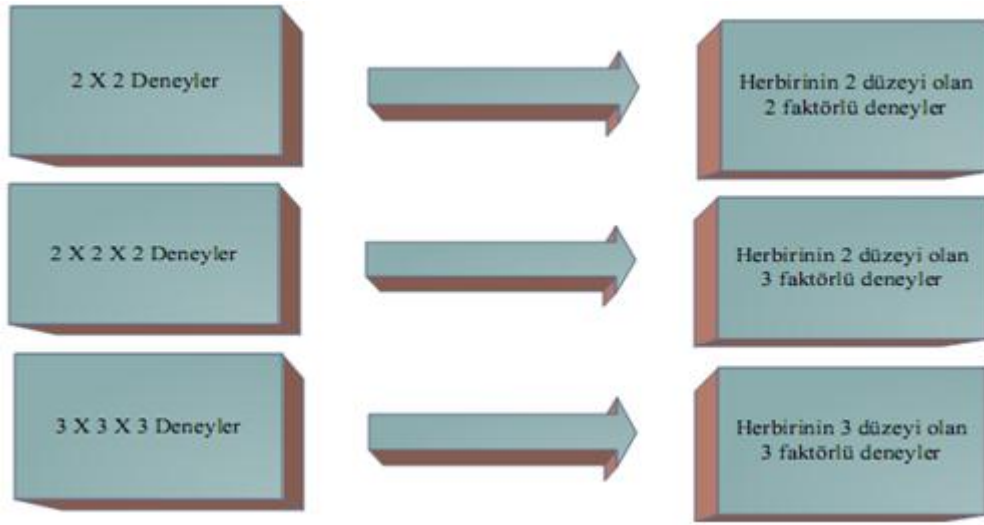
Faktöriyel deneylerde çıktı üzerinde etkisi olabilecek ve deneyde incelediğimiz girdilere faktör, bu faktörlerin deneyde incelediğimiz değerlerine de faktörlerin düzeyleri denilmektedir. Tam faktöriyel deneylerde bu faktörlerin incelenen seviyelerinin tüm kombinasyonlarında deneyler yapılır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:120).

DeneySEL sonucu etkileyebilecek faktör sayısının birden fazla olduğu durumlarda, bu faktörlerin ve tüm etkileşimlerinin incelenmesi durumunda kullanılan bir yaklaşımdır. Tam faktörlü deney tasarımında tüm seçeneklerin göz önüne alınması hedeflenmektedir. Bu sebeple, deneye tüm bileşenler bloklanmış olarak yansıtılır. Bu şekilde, bloğun tüm özellikleri analiz edilebilir ve dENEYSEL hataların deneyi olumsuz etkilemesinin önüne geçilir. Tam faktörlü deneyler, en az iki faktörün, yine en az iki düzeyde incelendiği deneylerdir (Karadaş, 2010:28).

Tam faktöriyel deney tasarımına göre, ürün/süreç hakkında sahip olunan bilgi ve/veya tecrübeye bağlı olarak performansa etkisi muhtemel düzeyler seçilerek

deneyler yakılır. Endüstri uygulamalarında oldukça yoğun bir şekilde kullanılan böylesi bir tasarımda, seçilen düzeylerden kaynaklanan sabit etkiler söz konusudur ve elde edilecek sonuçlar seçilen düzeyler için geçerlidir (Kasap, 2006:15). Tam faktöriyel deneyler iyileştirme sürecinin optimizasyon ve modelleme adımında yer alır ve faktörlerin tüm seviyelerinde tüm kombinasyonlar uygulanır (S.P.A.C., 2003:4. Hafta Eğitimi, Ünite 10, s.6).

Şekil 55. Tam Faktöriyel Deneyler



Kaynak: S.P.A.C., 2003:4. Hafta Eğitimi, Ünite 10, s.6.

Deneyde uygulanmak istenen seviye sayısı, faktör sayısı kadar çarpılarak deney sayısı bulunur. Deney sayısının bu şekilde artması, deneyin sonucunun alınma süresinin uzamasına, maliyetlerin artmasına aynı oranda yansımaktadır. Birçok sanayi uygulamasında bu artış, kesirli faktöriyel yöntemin tercih edilmesine sebep olmaktadır.

Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı

Birçok durumda, deney maliyetleri ve süresi tam faktörlü deneylerin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Tam faktörlü deneyin, belirlenen kısmi uygulamasını içermektedir. Deney sayısı, kullanım koşulları ve etkileşime göre değişebilmektedir. Deney sayısı, faktör ve seviye sayısına göre değişmektedir. Deney süresinin ve

bütçesinin kısıtlı olduğu durumlarda, tam faktörlü deneylerin sayısı, başarıyı fazla etkilemeden azaltılması gerekebilir. Bu tür durumlarda, kesir faktörlü deney tasarımı çalışması yapılır (Karadaş, 2010:34).

Eğer çok sayıda parametre aynı anda incelenecekse, tam faktöriyel tasarım ile yapılması mümkün olmayacak kadar fazla sayıda deney yapmak gerekebilir. Örneğin, incelenecek parametre sayısı 11 ve her bir parametrenin seviyesi 3 alınırsa (3^{11}) yani 177147 adet deney yapmak gereklidir. Bu deney tasarımında, asıl etkiler hesaplanırken bazı bileşik etkilerin ihmal edilmesi söz konusu olabilir. İncelenen probleme bağlı olarak üç veya daha fazla seviyeli faktöriyel tasarım da kullanılabilir. Bir miktar bilgi kaybı olsa da, deneysel maliyetlerden sağlanan tasarruf miktarı ihmal edilemeyecek düzeylere ulaştığı için, genellikle, kesirli faktöriyel tasarım tam faktöriyel tasarıma tercih edilmektedir. Ayrıca kesirli faktöriyel tasarım kullanılarak, olayı etkileyen önemli parametreler belirlendikten sonra, istenirse, tam faktöriyel tasarım kullanılarak önemli olan parametrelerin daha ayrıntılı analizleri yapılabilir (Havuz, 2007:20).

Faktöriyel tasarım yöntemleri, 2^n , 3^n , 4^n ,... gibi tam faktöriyel tasarım ve 2^{n-k} , 3^{n-k} , 4^{n-k} ,...gibi fraksiyonel (kesirli) tasarım yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Parametre ve seviye sayısının artması durumunda tam faktöriyel tasarım yöntemlerinin kullanılması imkânsız hale gelmiştir. Tam faktöriyel tasarım yöntemlerinden en fazla kullanılanı 2^2 , 2^3 ve 2^4 olanlardır. Oysa bilimsel çalışmalarda parametre sayısı genellikle 4'ten, seviye sayısı da 2'den fazladır. Bu sebepten dolayı deneysel maliyetleri en az düzeyde tutabilmek için kesirli faktöriyel tasarım yöntemleri kullanılır (Havuz, 2007:17). Faktör sayısı 6, seviye sayısı 2 olan bir deney tasarımında, tam faktörlü uygulama ile deney sayısı bir olduğu durumda, $2^6 = 64$ adet deney yapılması gerekir.

Kesirli faktöriyel deneylerde tam faktöriyel deneylerde alacağımız bilginin bir bölümünü kaybederiz. Bu da bazı etkileşimler hakkında bilgi sahibi olamamamız anlamına gelir. Ancak kaybedilen bilgi deneyde seçilen kombinasyonlara göre minimum olmaktadır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:122).

3.4.4.2. Varyans Analizi (ANOVA Testi)

Değerlerin ortalamasının çevresindeki dağılımını ölçmek için en yaygın biçimde kullanılan nicelikler varyans ve varyansın karekökü olan standart sapmadır. Varyans, ortalamanın örneklem değerlerinden çıkarılmasıyla bulunan sapmaların karelerinin ortalaması alınarak hesaplanır (Ocak, <http://www2.aku.edu.tr/~gocak/Arastirmayontem/Anova%20Testi.pdf>, 05 Mart 2011).

Varyans analizinin ön koşullarından birisi her bir grubun normal dağılım sergileyen bir ana kitleden rasgele seçilmiş örnekler olmasıdır. Ayrıca her bir grubun eşit varyansa sahip olması da istenmektedir.

Analiz yapılırken ölçülen özellik bir tek yönde sınıflandırılırsa tek yönlü varyans analizi, ölçülen özellik karşılıklı çapraz olarak iki yönde sınıflandırılırsa yapılan analize çift yönlü varyans analizi denir. Tek yönlü varyans analizi uygularken 5 koşula uymak gerekir (Öztürkcan, 2006:200),

Örnekleme koşulları

1. Ölçümler farklı yığımlardan gelen rastlantısal örneklerden gelmelidir,
2. Örnekler bağımsız olmalıdır,

Yığın koşulları

3. Yığın dağılımları normal veya yaklaşık normal olmalıdır,
4. Yığınların varyansları aynı olmalıdır. Bir başka deyişle, bütün yığınlar için ölçümlerin değişkenliği aynı olmalıdır ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$),

Toplam Koşulu

5. Bir yığının ölçümlere etkisi varsa, her bir yığının ölçümlere etkisinin toplanacağı varsayılmalıdır. Bir başka deyişle, bütün ölçümler için toplam ortalamaya sabit bir sayı eklemek ve çıkarmak değeri değiştirmez.

Bağımsız örneklemeler için tek-faktörlü varyans analizinde tek bir bağımsız değişken ve bir bağımlı değişken söz konusu iken iki-faktörlü varyans analizinde ise iki bağımsız değişken ve bir bağımlı bir değişken söz konusudur. Bağımsız örneklemeler için iki-faktörlü varyans analizi ile bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki ortak etkileri belirlenirken, aynı zamanda ayrı ayrı her iki değişkene ilişkin grupların bağımlı değişkene göre ortalamalarının karşılaştırılarak ortalamalar arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde (%95, %99 gibi) anlamlı (önemli) olup olmadığı test edilir. İki-faktörlü varyans analizinde temel amaç, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki ortak etkisini ölçmektir (http://www.istatistikanaliz.com/varyans_analizi.asp 05 Mart 2011).

3.4.4.3. İkili Lojistik Regresyon

Lojistik regresyon yöntemi önceleri daha çok tıp alanındaki çalışmalarda kullanılan bir yöntem olmasına rağmen son yıllarda sosyal bilimlerdeki araştırmalarda popülerlik kazanan Probit modele alternatif oluşturan ileri düzey bir regresyon yöntemidir. Lojistik regresyonun da temelde amacı, diğer regresyon yöntemleri gibi bir ya da birden çok bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi modellemektir (Atan ve Çatalbaş, 2004:12). Bir ya da daha fazla açıklayıcı değişken ile ikili cevap değişken arasındaki bağıntıyı ortaya koyar. Açıklayıcı değişkenler ya açıklayıcı değişkenlerdir ya da ortak değişkendir. Faktör değişkenler kategorik isimsel ölçeklidirler, ortak değişkenler ise sürekli değişken olmalıdır.

Lojistik regresyonda, doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi bazı değişken değerlerine dayanarak tahmin yapılmaya çalışılır. Ancak bu iki yöntem arasında üç önemli fark vardır (Elhan, 1997: 4),

1. Doğrusal regresyon analizinde tahmin edilecek olan bağımlı değişken sürekli iken, Lojistik Regresyon Analizinde bağımlı değişken kesikli bir değer almaktadır.

2. Doğrusal regresyon analizinde bağımlı değişkenin değeri, Lojistik Regresyon Analizinde ise bağımlı değişkenin alabileceği değerlerden birinin gerçekleşme olasılığı tahmin edilir.

3. Doğrusal regresyon analizinde bağımsız değişkenin çoklu normal dağılım göstermesi şartı aranırken, Lojistik Regresyon Analizinde böyle bir şart yoktur.

Lojistik regresyonda kullanılan en önemli terim “ODDS” dur. ODDS Türkçede farklar olarak adlandırılabilir (S.P.A.C., 2003:3.Hafta Eğitimi, Ünite 13, s.4). ODDS, olayın gözlenme olasılığının gözlenmeme olasılığına bölünmesiyle elde edilen matematiksel değerdir. Olasılık her zaman 0 ile 1 arasında değer alırken ODDS sıfır ve daha büyük pozitif değerler alabilmektedir. Sıfır değerinde ODDS ve olasılık birbiriyle aynıdır, olasılık 0.5'e karşılık ODDS değeri 1'dir ($0.5/0.5=1$), fakat 0.5 ile 1 arasındaki olasılık değerleri için ODDS 1 ile sonsuz arasında değerler alabilir (Süt ve Şenocak, 2007:215).

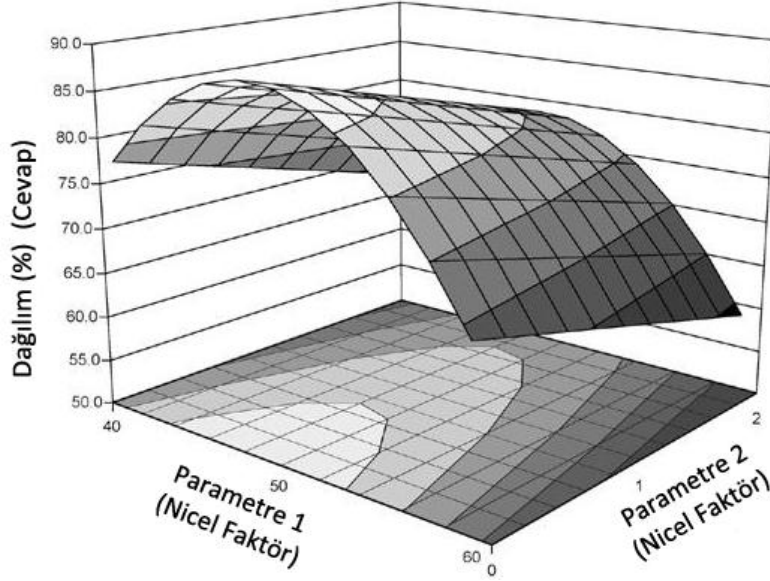
$$ODDS \text{ Değeri} = \frac{\text{Gözlenme Olasılığı}}{\text{Gözlenmeme Olasılığı}} \quad (3.3)$$

İkili lojistik regresyonda çıktının sadece iki değişik kategori oluşturduğu durum incelenir. Hasarlı – Hasarsız, İyi – Kötü, Hatalı – Hatasız gibi çıktı örnekleri ele alınmaktadır.

3.4.4.4. Cevap Yüzeyi Yöntemi

Cevap Yüzeyi Yöntemi (Response Surface Metodology, RSM) iki ve/veya daha fazla değişken yardımıyla tanımlanan yüzeylerin matematiksel ve istatistiksel tekniklerin yardımı ile modellenmesidir. Kalitenin iyileştirilmesi, değişkenliğin azaltılarak ürün performansının ve sürecin iyileştirilmesi çoğunlukla doğrudan RSM kullanılarak başarılır. RSM, süreç açısından en iyi cevabın bulunması için faktörlerin belirlenmesini, süreçte etkin olan faktör seviyelerinin bulunmasını, mevcut koşullarda elde edilen bir kalite düzeyinin üzerinde bir ürün kalitesi sağlanabilmesi için yeni üretim koşullarını belirlemeyi, cevap ve nicel faktörler arasındaki ilişkiyi bir modelle tanımlamayı sağlar (Göncü ve Ay, 2008:163).

Şekil 56. İki Parametre için Cevap Yüzeyi Grafiği



Cevap yüzeyi yöntemi, süreçlerin geliştirilmesi ve optimizasyonu için gerekli istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birlikte kullanıldığı bir yöntem olarak tanımlanabilir. Cevap yüzeyi yöntemi, süreç değişkenlerinin deneysel uzayını araştırmak için deneysel stratejileri, sistemin yanıtı ve üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan ampirik modelleme tekniklerini ve süreç değişkenlerinin sistemin cevabında arzu edilen etkiyi gösterdiği seviyelerinin bulunması için kullanılan optimizasyon tekniklerini içermektedir (Eren, 2004:18).

3.4.5. Yalın Altı Sigma Kontrol Aşaması

Bu aşama, uygulamanın sadece kâğıt üzerinde kalmaması, sürekliliğinin sağlanması ve standartlaştırma için en kritik adımdır. Süreç sahibi ve alt kademeler, problemin varlığının yanında çözüm yolunu da kabul etmeleri ve uygulamaları gerekmektedir. Bunun da tek yolu problemin tanımlanmasından, çözümün bulunmasına kadar olan aşamalarda süreç sahibi ve alt kademelerinden mümkün olduğunda çok kişinin katılımının sağlanması ile mümkün olacaktır (Chen ve Roth, 2005:17).

Şekil 57. Kontrol Aşaması Genel Görünüm



Kaynak: George, Rowlands, Price ve Maxey, 2005:17.

Kontrol aşamasının amacı, ekibin elde ettiği getirilerin kalıcı olmasını sağlamaktır. Bu da çalışanların, bundan sonraki işlerini farklı şekillerde yapabilmelerine yardımcı olacak prosedürler ve iş talimatlarını oluşturmak anlamına gelir. Ekip, öğrendiklerini süreç sahibine aktarmalı ve süreçte çalışan herkesin yeni, belgelenmiş prosedürleri uygulama konusunda eğitilmiş olmasını sağlamalıdır. Kontrol aşamasında yapılması gerekenler aşağıdaki gibidir (George, Rowlands ve Kastle, 2005:19),

- Yeni, iyileştirilmiş prosedürleri belgelendirmek,
- Herkesi eğitmek,
- Anahtar “hayat belirtilerini” izlemek için prosedürler geliştirmek,
- Sürmekte olan yönetim işlerini, süreç sahibine aktarmak,
- Projenin belgelendirilmesini sağlamak.

Bu aşamada, gelecekteki süreç performansı kontrol edilir. Bu, projede elde edilen kazançların bir süre sonra kaybolmamasını sağlamak amacıyla performans

izleme mekanizmaları ve ölçümleri ile yapılır. İyileştirmeler ayrıca sistemlerin modifikasyonu ve yapılar (personel, eğitim, teşvik) üzerinden kurumsallaştırılır. Bu çaba, izleme ve kontrol mekanizmalarının tanımlanması ve geçerli kılınmasını, standartların ve prosedürlerin geliştirilmesini ve faydaların, maliyet tasarruflarının, öğrenilen derslerin doğrulanmasını içerir. Bununla, Altı Sigma yaklaşımı dönüşler yaratmaya başlamak için harekete geçer; organizasyonun bir kısmındaki fikirler ve projeler, çok hızlı bir şekilde organizasyonun başka bir kısmında uygulamaya dönüştürülür (Hong ve Goh, 2003:370).

Hata veya uyumsuzluk seviyesinin azalması durumunda, temel değişkenlik nedenleri belirlenmiş, yapılan iyileştirmenin nasıl korunacağı anlaşılmış olur. Kuşkusuz, projeye ilişkin kazanımlar ile finansal doğrulama yapıldıktan ve müşterilere yönelik takım toplantısı düzenlendikten sonra proje kapatılır (Işığışık, 2007:16).

Kontrol aşamasında yaygın olarak kullanılan diğer araçlar aşağıdaki gibidir (Hoerl, 2001:399),

- Akış diyagramları,
- Öncesi ve sonrasını kontrol için frekans dağılımı, pareto vb. kartlar,
- Kalite kontrol kartı,
- Standardizasyon

3.4.5.1. Standardizasyon

Güvenli ve uzun ömürlü iş yapacak bir sistem kurmadıkça, hiçbir süreç güvenilir ve uzun ömürlü olmaz. Standardizasyon bu güveni ve uzun ömürlülüğü sağlar (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:126).

- Standardizasyon ile prosesin önemli parçalarının düzgün olarak en iyi yoldan yapılması sağlanır.
- Değişiklikler sadece alternatif bir yöntemin daha iyi olduğu ispatlanırsa yapılır.

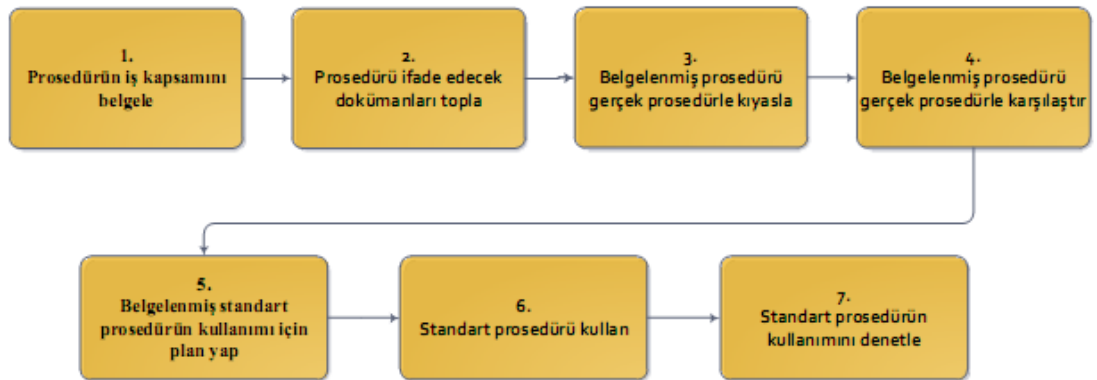
- Dokümantasyon anahtardır. Dokümantasyonun güncel ve kullanılabilir olması standart metotları destekler.

Standardizasyon uygulanması sonucunda işletme genelindeki kazanımlar aşağıdaki gibidir (S.P.A.C., 2003:5.Hafta Eğitimi, Ünite 10, s.5),

- Artırılmış güvenilirlik,
- Azaltılmış maliyet,
- Artırılmış çalışan performansı,
- Artırılmış güvenlik,
- Kontrol altında tutulan prosesler,
- Sürekli iyileştirme,
- Müşteri ihtiyaçlarını çabuk karşılamaya olanak sağlayan esnek uygulamalar.

Değişkenlik kaynaklarının belirlendiği ve iyi tanımlandığı durumlarda süreç güvenilirliği sağlanırken, azalan değişkenliğe paralel kalite maliyetlerinde azalmalar oluşacaktır. Artık önemli olan, süreçlerde istenilmeyen değişkenliklere yol açan, genel ve özel sebeplerin izlenmesi ve önlem alınması safhasıdır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:126).

Şekil 58. Standardizasyon Adımları



Kaynak: S.P.A.C., 2003:5.Hafta Eğitimi, Ünite 10, s.8),.

Standardizasyon, süreçteki önemli adımların en uygun şekilde yapıldığının göstergesidir. Standardizasyon, bireyler veya gruplar arasındaki değişkenliğin azaltılmasını, yeni çalışmaya başlayan kişilere temel oluşturmayı ve bilginin yakalanıp elde tutulmasını hedefler.

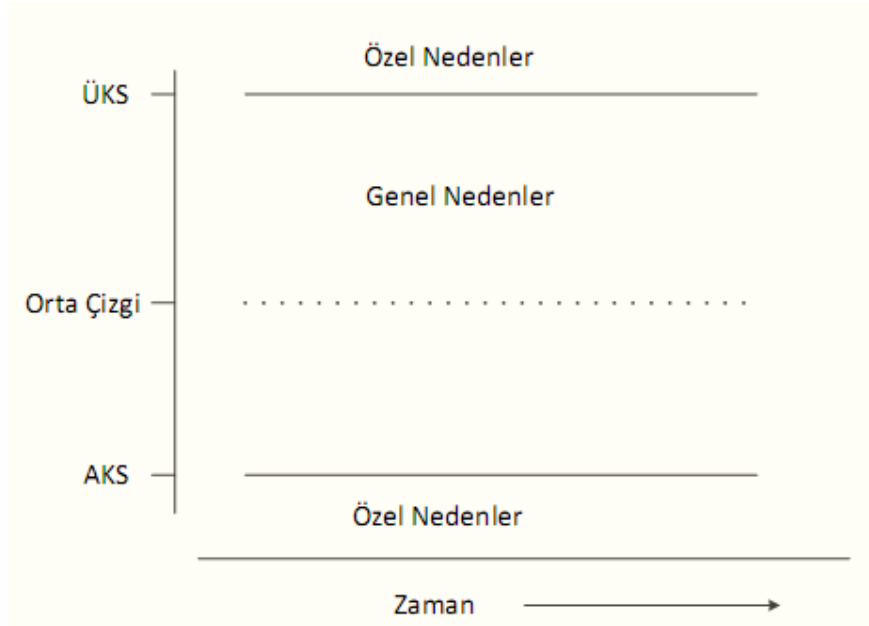
3.4.5.2. İstatistiksel Proses Kontrol

İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK), bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak, önceden belirlenmiş kalite spesifikasyonlarına uygunluğunu ve standartlara bağımlılığı hedef almak, kusurlu ürün üretimini minimuma indirmek amacıyla istatistik prensip ve tekniklerin üretimin bütün safhalarında kullanılmasıdır (Akın,1996:3).

Bir başka tanıma göre, İstatistiksel Proses Kontrol, bir süreci sürekli denetlemek ve süreçteki değişkenliği yaratan koşulları belirlemede kullanılan yöntem veya gereçlerdir. İPK yaklaşımları, diğer endüstri uygulamalarından farklı olarak, üretim sürecini aktif olarak denetlemek ve değişkenliği yaratan koşulların belirlenmesi ve sürekli kontrol edilmesiyle müşteri şartlarının yerine getirilip getirilmediğine karar vermek için tasarlanmıştır. Rastgele incelemelerle kaliteyi temin etme girişimlerini kullanan sistemlerin tersine, İPK, kaliteyi kontrol etmenin en etkin yoludur (Erdoğan, 2006:34).

Herhangi bir süreçte değişme genel ve özel nedenlerden kaynaklanır. Materyaller, makine ve insanlarla varolan doğal değişim, değişimin genel nedenlerine yol açar. Endüstriyel ortamlarda bu nedenler düzeltilebilir nedenler olarak bilinir, aşırı alet yıpranmasına, yeni bir operatöre materyal değişimine, yeni bir tedarikçiye vb. bağlı nedenlerdir. Kontrol grafiklerinin bir amacı değişimin özel nedenlerini belirlemek ve eğer mümkünse ortadan kaldırmaktır. Kontrol grafiklerinin genel yapısı Şekil 59'da gösterilen bir orta çizgi ve kontrol sınırlarında oluşur. Kontrol grafiklerinde bir nokta kontrol sınırlarının dışında düştüğü zaman süreç istatistiksel kontrol dışıdır denir (Spiegel ve Stephens, 2010:470).

Şekil 59. Süreç Kontrol Grafiği



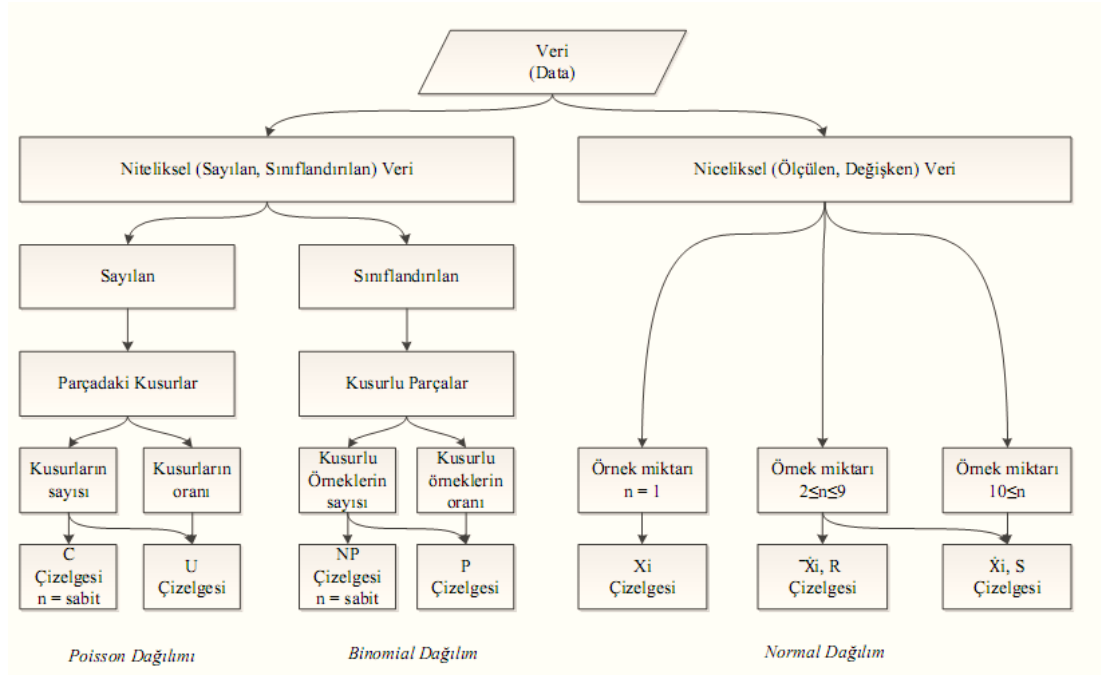
Kaynak: Spiegel ve Stephens, 2010:470.

İPK grafikleri kullanılırken sorulması gereken sorular aşağıdaki gibidir,

- Hangi grafik kullanılacak?
- Ölçülecek metrikte spesifikasyon limitleri var mı?
- Ölçüm sistemi analizi yeterli mi?
- Spesifikasyon limitleri varsa süreç yeterli mi?
- Spesifikasyon limitleri yoksa süreç istenilen düzeyde mi?
- Kontrol limitleri belirli mi?
- Ölçümü yapacak personel testler konusunda eğitilmiş mi?

İstatistiksel süreç kontrolü herhangi bir süreçteki değişimi ölçmek ve analiz etmek için istatistiksel yöntemlerin uygulanmasıdır. İPK özel nedenleri gidermek, süreçte kararlılığı sağlamak ve kurmak, süreç gelişimini sağlamak için doğal nedenlerden sonuçlanan değişimden, özel nedenleri ayıran istatistiksel bir yöntemdir (Öztürk, 2009:311).

Şekil 60. İPK Grafiklerinin Seçimi



Kaynak: S.P.A.C., 2003:5.Hafta Eğitimi, Ünite 6, s.4.

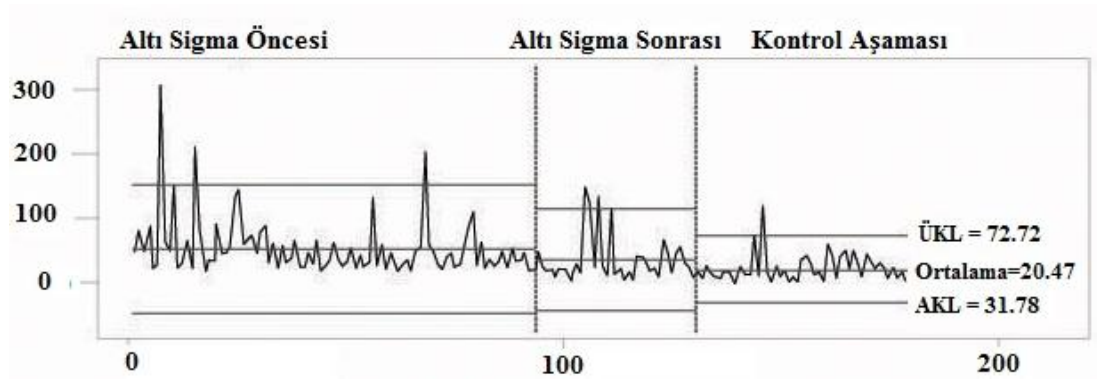
3.4.5.3. Kontrol Grafikleri ve Önce - Sonra Analizi

Kontrol aşamasında en yaygın olarak kullanılan araç muhtemelen kontrol grafikleridir. Bu grafikler fazlasıyla yüklenmiş bir zaman serisi grafiği olarak da düşünülebilir. Zaman grafiğindeki gibi veri noktaları zaman çizgisi boyunca çizilmiştir. Ancak kontrol grafiklerinde veri kalıplarını yorumlamak için kullanılan kontrol sınırları vardır. Temelde herhangi bir nokta kontrol sınırlarının dışına çıkarsa, bu durum bir varyasyon olduğuna işarettir. Süreçte meydana gelen bu varyasyonun incelenmesi gerekmektedir (George, Rowlands ve Kastle, 2005:79).

Önce –Sonra Analizi, üst yönetime yapılan iyileştirmelerin görsel olarak aktarılmasıdır. Altı Sigma uygulanmadan önceki değişimi gösteren kontrol grafikleri ile Altı Sigma sonrası kontrol grafiklerinin yan yana konularak, yapılan çalışmanın görsel olarak sunumunu sağlar.

Yönetime yapılan sunuşlarda iyileştirme etkisini grafiksel göstermekle beraber; parasal göstergeler, sigma seviyesi gibi iş metriklerinin de kullanılması gereklidir. Yönetime grafiksel analizlerle sunulan farkların öncesinde Kara/Yeşil Kuşakların mutlaka hipotez testleriyle bu farklılıkları ispatlamaları gerekmektedir (S.P.A.C., 2003:5.Hafta Eğitimi, Ünite 2, s.3). Şekil 61, Önce-Sonra Analizini göstermektedir.

Şekil 61. Önce - Sonra Şeması



Kaynak: George, Rowlands ve Kastle, 2005:79.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

4.1. A FİRMASI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

4.1.1. Firmanın Tanıtılması

A firması 1977 kurulmuş, yaklaşık 1500 çeşit jant üretimi gerçekleştiren ve üretiminin büyük bölümünü ihraç eden büyük ölçekli bir firmadır. Firma ürünün gerçekleşmesinde müşteri memnuniyetinin sağlanması amacıyla yönelik olarak 1997 yılında TS.EN.ISO 9000:1994 versiyonuna göre kalite belgesi almıştır. Kalite yönetimi şartlarına uyarak kuruluşun etkinliğini sürekli geliştirmek için TS.EN.ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi kurulup işletmeye uygulanmıştır.

Avrupa Birliği'ne üyelik ve uluslararası rekabetin zorunlu kıldığı uluslararası standartlara uyum ve kalite yönetiminin sağlanması amacıyla da 2005 yılında ISO/TS 16949 - Otomotiv Sektörü ve Yan Sanayi Kalite Yönetim Sistemi Belgesi alınmıştır. Dünyanın en prestijli şirket sıralaması olan Fortune 500, 2008 yılında ilk kez Türkiye için yaptığı sıralamada, firma toplam net satışlarda ilk 500 içinde, ihracat kategorisinde ise ilk 200 içerisinde yer almıştır. 2010 yılında ise tüm çalışanlara Yalın Üretim ile ilgili eğitimler verilerek, firma genelinde süreçlerin daha hızlı ve düzenli olması sağlanmış, müşteriye katma değeri yüksek ürünler satılmaya başlanmıştır.

4.1.2. Ürünlerin Tanıtılması

Firmanın üretimini gerçekleştirdiği jant, disk ve kasnaktan oluşur. Kasnak lastiğin oturduğu kısım, disk ise kasnağı araca bağlayan bölümdür. A markalı jantlarda çoğunlukla diskin ön tarafındaki bijon deliklerinin arasında markalandırılmış referans numarası ve tarihi yazılmaktadır. Jantlar, yasal şartlara ve müşteri isteğine göre farklı ibarelerde de mühürlenebilir.

Şekil 62. Jant Örneği



Kasnak jantın oturduğu yüzey olarak tanımlanabilir. Jant kasnağı iki temel gruba ayrılabilir. Genişlik ve çap arasına yerleştirilen "X" veya "-" işaretleri ilgili kasnağın dâhil olduğu grubu gösterir. Örnek olarak, "X" işareti tek parça kasnaktan bahseder. "-" işareti çok parçalı kasnaktan bahseder. 15° eğimli kasnak: (22.5x11,75) 11,75" ve çapı 22.5 olan ve 15° eğimli kasnak anlamına gelir. 5° eğimli kasnak: (8,5-24) 8.5" ve çapı 24" olan ve 5° eğimli kasnak anlamına gelir. Şekil 63'te firmada üretilen jant çeşitleri yer almaktadır.

Şekil 63. Firmada Üretilen Jant Çeşitleri



4.2. UYGULAMANIN AMACI

Günümüz işletmeleri yoğun rekabet, her alanda hızla yaygınlaşan otomasyon ve bilgisayar kullanımı, kısalan ürün yaşam eğrileri, yüksek kaliteli ve yeni ürünlere makul fiyatlarla sahip olmak isteyen tüketici istekleri gibi faktörler içerisinde faaliyetlerini sürdürmeye çalışmakta ve başarılı olmanın yollarını aramaktadırlar. Maliyetlere dayalı olarak belirlenen fiyatlar, tüketicinin ürün için biçtiği değer altında kalabilmekte ve dolayısıyla, işletmenin normal olarak elde edebileceğinden daha düşük bir düzeyde karlılık ortaya çıkabilmektedir.

Maliyetlerin azaltılabilmesi, süreçlerin iyileştirilerek, hataların azaltılması ve israfın ortadan kaldırılması ile mümkündür. Literatürde maliyetleri azaltmaya yardımcı birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak, son dönemlerde bir süreç iyileştirme tekniği olan Yalın Altı Sigma'nın hataları ve israfı azaltan hedefinin maliyetler üzerindeki olumlu etkilerinin görülmesi, işletmelerin bu yöntemi tercih etmesinde etken olmaktadır. Hem hizmet hem de üretim sektöründe sıkça karşımıza çıkan bu yeni iyileştirme tekniği, çalışmamızın konusunu oluşturmuştur.

Çalışmanın uygulama bölümünde, teorik kısımda anlatılan Yalın Altı Sigma kavramının ve kullanılan tekniklerinin örnek bir uygulamasına yer verilmiştir. Bunun için bir üretim işletmesi olan, A marka jant üretim işletmesi seçilmiş, DMAIC yol haritası izlenerek Yalın Üretim ve Altı Sigma teknikleri bir arada kullanılmıştır. Uygulama, hem süreçteki değişkenlikleri azaltarak sigma seviyesini arttırmayı hem de israfların yok edilmesini amaçlamaktadır.

4.3. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Uygulama, Yalın Altı Sigma araçları kullanılarak, müşteri beklentilerine uygun iyileştirmelerin sağlanması amacıyla, DMAIC (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol) adımları takip edilerek yürütülmüştür. Her bir adımda, uygulamaya uygun Yalın Üretim ve Altı Sigma teknikleri seçilerek, iyileştirme amacına ulaşılmaya çalışılmıştır.

4.3.1. Tanımlama Aşaması

Tanımlama aşamasında öncelikle müşterinin sesi analizi yapılarak, müşteri istekleri belirlenmiştir. AHP yöntemi ile müşterilerin bu istekleri arasında ikili karşılaştırmalar yapması istenmiş ve böylece en iyi müşteri beklentisinin seçilmesi sağlanmıştır. Müşteri beklentilerine uygun olarak Ağaç Diyagramı çizilmiş ve CTQ'lara belirlenerek, hedefler ortaya konulmuştur.

Veri toplama planı her ne kadar ölçme aşamasında kullanılan bir kavram olsa da, seçilecek olan proje seçiminde gerekli verilerin toplanması amacıyla tanımlama aşamasında ele alınmıştır. Proje beyanı ile hedefler ortaya konulmuş ve SIPOC ile tedarikçilerin sağladığı girdinin, müşteriye hangi süreçlerden geçerek ulaştığı gösterilmiştir. Yalın üretim tekniği olan değer akış haritası ile sürecin görsel olarak sunumu gerçekleştirilmiştir.

Müşterinin Sesi

Müşterilerin ürünle ilgili beklentileri Kano Modeli yöntemiyle incelenmiştir. Öncelikle, firmaya çağrılan 10 müşteri ile Fokus Grup oluşturulmuştur. Uygun hedef kitleden oluşan bu grubun konu üzerine yaptığı tartışmalar dinlenmiş ve Tablo 15'teki müşterileri istekleri belirlenmiştir. Fokus Gruptan elde edilen bilgiler ışığında 22 müşteri ile yapılan görüşmede Ek 8'de yer alan anket soruları olumlu ve olumsuz olmak üzere iki şekilde sorularak, Kano kategorileri belirlenmiş ve Tablo 10'daki Kano Modeli değerlendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilmeye alınmıştır.

Yapılan değerlendirme sonuçları Tablo 15'te verilmiştir. Tabloda müşterilerin verdikleri cevaplar değerlendirilerek, frekansları ortaya konulmuştur. Son sütunda yani Kategori (K) sütununda ise bu isteklerin frekans değerlerine göre aldığı nihai kategori değerleri gösterilmiştir. Böylece, Kano modeli ile müşteri istekleri derecelendirilmiş ve tatmin boyutları belirlenmiştir. Müşteri isteklerinin hangi yönden ve ne derece önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Tablo 15. Müşterileri İstekleri için Kategoriler

Kodu	Müşterilerin İstekleri	M	O	A	I	R	Q	K
A	Jantın Taşıma Kapasitesi	12	8		2			M
B	Jantın Ömrü	16	5		1			M
C	Jantın Fiyatı	2	18		2			O
D	Jantın Ağırlığı	5	5		12			I
E	Jantın Lastikleri Yıpratma Seviyesi	11	1	4	6			M
F	Jantın Frenlerin Ömrünü ve Performansına Etkisi	13	7		2			M
G	Firma Tarafından Sorunların Çözülme Hızı	14	7		1			M

Böylece müşterilerin “*Jantın Taşıma Kapasitesi*”, “*Jantın Ömrü*”, “*Jantın Lastikleri Yıpratma Seviyesi*”, “*Jantın Frenlerin Ömrüne ve Performansına Etkisi*” ve “*Firma Tarafından Sorunların Çözülme Hızı*” beklentileri “M” kategorisine girmektedir. Yani, tüm bu isteklerin jantta veya firmada olumlu yönde olması gerektiği düşüncesi hâkimdir.

“*Jantın Ağırlığı*” beklentisinin “I” kategorisinde olması; bu özelliğin müşteri tarafından çok fazla önemli olmadığı, olmasa da olur türden bir beklentidir. Ancak “*Jantın Fiyatı*” ile ilgili beklenti “O” kategorisinde yer almaktadır. Yani bu isteğin olumlu yönde yerine getirilmesi müşteri memnuniyeti için son derece önemlidir.

Proje seçim yöntemi olarak da Analitik Hiyerarşi Prosesine (AHP) başvurulmuştur. AHP, karmaşık, yapılandırılmamış bir durumun, bileşenlerini ve değişkenlerini hiyerarşik bir düzende ifade etme, her bir alternatifin kıyaslamalı önem düzeyine ilişkin kişisel yargılara kantitatif değerler atama ve elde edilen yargıların sonucuna göre değişkenlerin öncelik düzeylerini ortaya koyarak sentez yapma metodu olarak tanımlanabilir (Saaty, 1999:5).

Tablo 16’daki AHP değerlendirme ölçeği kullanılarak, her bir özelliğin diğer özelliklere göre tercih edilme dereceleri belirlenir. 22 müşteriye Kano Modeli ile belirledikleri istekleri için ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Müşterilerin yaptığı karşılaştırmalar ile Tablo 17 elde edilmiştir.

Tablo 16. AHP Değerlendirme Ölçeği

SAYISAL DEĞER	TANIM
1	Elemanlar eşit düzeyde önemli.
3	1. Eleman 2.'ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor.
5	1. Eleman 2.'ye göre fazla önemli veya fazla tercih ediliyor.
7	1. Eleman 2.'ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor.
9	1. Eleman 2.'ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih ediliyor.
2, 4, 6, 8	Ara değerler, yukarıda verilen yargıların arasına düşen değerler.

Kaynak: Saaty, 1980:54.

Tablo 17’de yer alan her bir sütun için toplam değerler, en alttaki satıra yazılmıştır. Matriste yer alan her bir değer, bulunduğu sütunun en altında yer alan toplam değerlere bölünmek suretiyle hesaplamalar yapılarak hücrelere kaydedilmiş, her bir satırın ortalama değerleri bulunmuş ve böylece Tablo 18 elde edilmiştir. Tutarlılık Analizi yapılarak, yapılan AHP çalışmasının tutarlılığı ölçülmüş ve Tutarlılık Oranı “-0.75” bulunmuştur. $-0.75 \leq 0.10$ olduğundan sonuçların tutarlı olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

Tablo 17. Müşteri İstekleri için İkili Karşılaştırma Matrisi

CTQ'lar	A	B	C	D	E	F	G
A	1	0.33333	0.11111	5	0.2	0.33333	0.2
B	3	1	0.2	7	3	5	3
C	9	5	1	9	3	3	5
D	0.2	0.14286	0.11111	1	0.14286	0.2	0.33333
E	5	0.33333	0.33333	7	1	7	3
F	3	0.2	0.33333	5	0.14286	1	0.04
G	5	0.33333	0.2	3	0.33333	25	1
Toplam	26.2	7.34286	2.28889	37	7.81905	41.5333	12.5733

A= Jantın Taşıma Kapasitesi, B= Jantın Ömrü, C= Jantın Fiyatı, D= Jantın Ağırlığı, E= Jantın Lastikleri Yıpratma Seviyesi, F= Jantın Frenlerin Ömrüne ve Performansına Etkisi, G= Firma Tarafından Sorunların Çözülme Hızı.

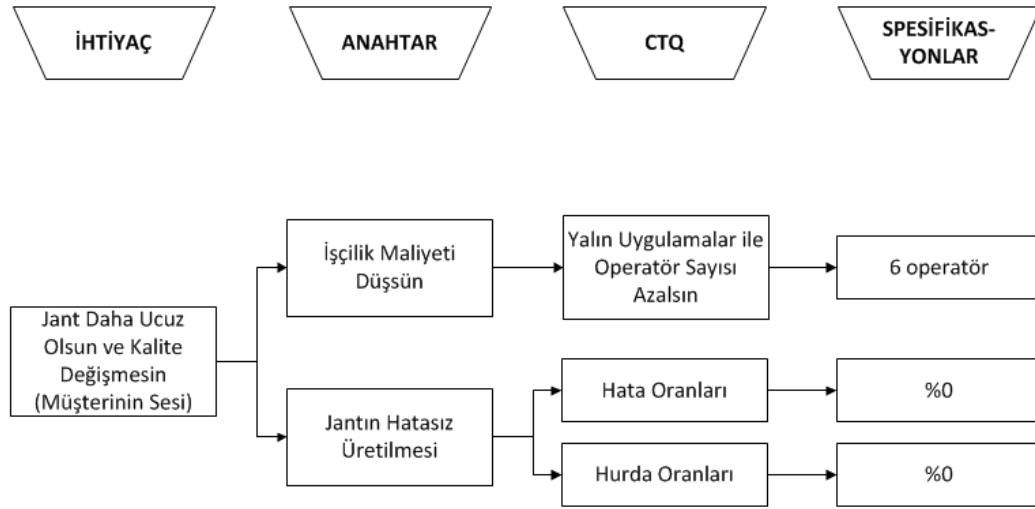
Tablo 18’e bakıldığında, “Jantın Ömrü”, “Jantın Lastikleri Yıpratma Seviyesi” ve “Firma Tarafından Sorunların Çözülme Hızı” beklentileri yüksek ortalamaya sahip olduğundan, üstünde durulması gerekmektedir. “Jantın Ağırlığı” müşteri gözünde katkısı yüksek olan bir beklenti olarak görünmemektedir. Ancak,

AHP terminolojisine göre en yüksek ortalamaya sahip olan müşteri isteği olarak; “C” yani “Jantın Fiyatı” isteğinin 0.3654 değeri ile seçilmesi gerekmektedir. Tablo 15’teki Kano Modelinde de bu beklentinin olumlu yönde gerçekleşmesi müşterileri memnun edeceği sonucuna ulaşılmıştı.

Tablo 18. Göreceli Önem Dereceleri

CTQ'lar	A	B	C	D	E	F	G	Ortalama
A	0.03817	0.0454	0.04854	0.13514	0.02558	0.00803	0.01591	0.045250468
B	0.1145	0.13619	0.08738	0.18919	0.38368	0.12039	0.2386	0.181417472
C	0.34351	0.68093	0.43689	0.24324	0.38368	0.07223	0.39767	0.365451193
D	0.00763	0.01946	0.04854	0.02703	0.01827	0.00482	0.02651	0.021750929
E	0.19084	0.0454	0.14563	0.18919	0.12789	0.16854	0.2386	0.158012556
F	0.1145	0.02724	0.14563	0.13514	0.01827	0.02408	0.00318	0.066862308
G	0.19084	0.0454	0.08738	0.08108	0.04263	0.60193	0.07953	0.161255073

Şekil 64. Ağaç Diyagramı



Müşterinin sesi analizi ile elde edilen müşteri beklentisine uygun olarak Ağaç Diyagramı çizilmiş ve genel itibariyle iyileştirme hedefleri ortaya konulmuştur. Şekil 64’te gösterildiği üzere, jantın hatasız üretilmesi ve işçilik maliyetinin düşürülmesi, jantın daha düşük fiyatla satışı için anahtar rol oynamaktadır. Ayrıca hurda ve hata oranlarının sıfır olması ve operatör sayısınının 6’ya düşürülmesi Ağaç Diyagramında spesifikasyon başlığı altında gösterilmektedir.

Proje Beyanı

İlk olarak projenin yapılmasına ve uygulanmasına karar verdikten sonra “proje beyanı” oluşturulmuştur. Bu beyanda; projenin tanımının yer aldığı, hedeflerin ve kazanımların belirtildiği, projenin sınırlarının belirlendiği ve zaman planının olduğu bir “proje beyanı” ile proje için bir yol haritası oluşturulmuştur. Tablo 19’da Altı Sigma ekibi tarafından hazırlanan ve sürekli olarak güncellenmiş proje beyanı görülmektedir.

Tablo 19. Proje Beyanı

PROJE BEYANI				Proje No	Güncelleme Tarihi	31/05/2011
				Revizyon No		
Proje Adı	Müşteri Memnuniyetini Arttırma			Başlangıç Tarihi	01/01/2011	
Şampiyon Şirket yeri	xxxxx/Üretim Bölümü			Bitiş Tarihi	31/05/2011	
Proje Lideri	xxxxx			Uzman Kara Kuşak	xxxxx	
Ekip Üyeleri	İsim	Zaman Kullanımı	Potansiyel Kazançlar/ Öngörülen Süreç, İyileştirme	Jant Fiyatlarının Düşmesi ile Satışların Artması		
	xxxxx,xxxxx,xxxx,xxxxx	% 20	Müşteri Getirileri	Memnun Müşteri		
Gerekli Kaynaklar	Üst yönetim desteği, iletişim araçları, haftalık 1 saat toplantı			Hedef Kazanç (TL/ay)	2500 TL	
Proje Detayları						
1. Proje Tanımı	Müşteri istek ve beklentileri dikkate alınarak gerekli iyileştirmelerin yapılması, hatasız ve katma değeri yüksek ürünlerin müşteriye akışının sağlanması					
2. Süreç Sınırları ve Proje Sınırları	7. Üretim Hattı					
3. Proje Hedefleri	İlgili Stratejik Hedef / İş Hedefi			7. Hat Verimliliğinin ve Sigma Seviyesinin Arttırılması		
	Göstergeler	Birim	Başlangıç	Şu Anda/ Gerçekleşen	Hedef	En iyi değer
	7.Hatta meydana gelen hurdalar	Sigma Değeri	3.4	3.9	3.8	4.0
	Çevrim zamanlarının azaltılması	saniye	461 sn	436 sn	400 sn	420 sn
4.Kontrol Göstergeler						
Proje İzleme Aşaması						
Proje İzleme Başlangıç Tarihi	01/01/2011			Proje İzleme Bitiş Tarihi	31/05/2011	
Proje İzleme Ekibi Üyeleri	İsim	Zaman Kullanımı	Gerçekleşen Proje Maliyeti (TL/ay)	Proje Maliyeti (TL)	-	
	xxxxxx,xxxxxx,xxxxx	% 10		Aylık Sürekli Maliyet (TL)	-	
			Gerçekleşen Kazanç (TL/ay)	3503,72 TL		

Uygulamada, AHP ile tespit edilen “Jantın Fiyatı” ile ilgili beklentinin karşılanabilmesi için, Ağaç Diyagramında ortaya konulan CTQ'lara uygun iyileştirmeler yapılmıştır. Bunun için Yalın araçlar kullanılarak, süreçlerde oluşacak israfın önüne geçilmiş ve maliyetler azaltılmış, Altı Sigma araçları kullanılarak da süreçlerdeki hataların önüne geçilerek mükemmellik hedeflenmiştir. Çalışma için 7. Üretim Hattı seçilmiştir. 7. Hattın seçilmesinde en önemli etken, işletmede uygulaması bulunmayan Yalın Altı Sigma yönteminin 7. Hattın pilot hat olarak üst yönetim tarafından tercih edilmesinden ve ekip üyelerinin çoğunlukla burada görevli olmasından kaynaklanmaktadır.

SIPOC Analizi

Tanımlama aşamasının diğer bir adımı olan SIPOC analizi ile detaylı süreç şemasına girdi sağlayacak çalışmalar yapılmaktadır. SmartDraw 2010 yazılımı ile çizimi yapılan Şekil 65'teki SIPOC analizinde gösterildiği üzere sürecin çıktısını alan ya da kullanan birim yani sürecin müşterisi montaj departmanıdır. Hurda bölümü ve tadilat bölümü de çıktılarını ulaşılabildiği birimler olabilmektedir. Ancak tadilat birimine ulaşan kasnaklar, gerekli tadilatlar yapılmak üzere süreç içerisinde hataya neden olan operasyona geri dönmektedir. Tadilatı mümkün olmayan kasnaklar ise, hurdaya ayrılmaktadır.

Şekil 65. 7. Hat SIPOC Analizi

Suppliers (Tedarikçiler)	Inputs (Girdi)	Process (Süreç)	Outputs (Çıktı)	Customers (Müşteriler)
Makas Bölümü Teknik Bilgi Operatörler Pazarlama Departmanı Depolama Alanı Forklift	Çelik Sac Sipariş Bilgisi Kasnak Yarı Mamulu Prosedürler Talimatlar İşçilik Elektrik Kalıplar Gazaltı Kaynak Teli Tozaltı Kaynak Teli	<p>Proses Tanımlanması: 7. Hatta kasnak üretim süreci</p> <p>Proses Haritası:</p>	Kasnak Firesi Kasnak	Montaj Bölümü Hurda Bölümü Tadilat Bölümü

Pazarlama departmanından gelecek sipariş bilgisine göre üretim yapılmaktadır. Üretime geçmeden önce yarı mamul stok alanından kasnak yarı mamullerine bakılır. Yarı mamuller istenilen düzeyde ise forkliftlerle montaj bandına getirilir. Eğer yarı mamuller istenilen düzeyde değil ise, kasnağın hammaddesi çelik sac, istenilen ölçülerde makas biriminden istenir. Teknik bilginin yanında, hukuki bazı bilgilerin de göz önüne alınarak üretim yapılması gerekmektedir.

Veri Toplama Planı

Veriler her bir operatörde yer alan günlük çizelgelere işlendikten sonra, bölüm şefleri tarafından elektronik ortama aktarılmaktadır. Şekil 66'da operatörler tarafından kullanılan günlük üretim takip formu yer almaktadır. Ayrıca günlük üretim takip formu ile operatörün yapacağı iş, tamamladığı iş, başlama ve bitiş saati, setup süreleri bilgisine de ulaşılabilmektedir.

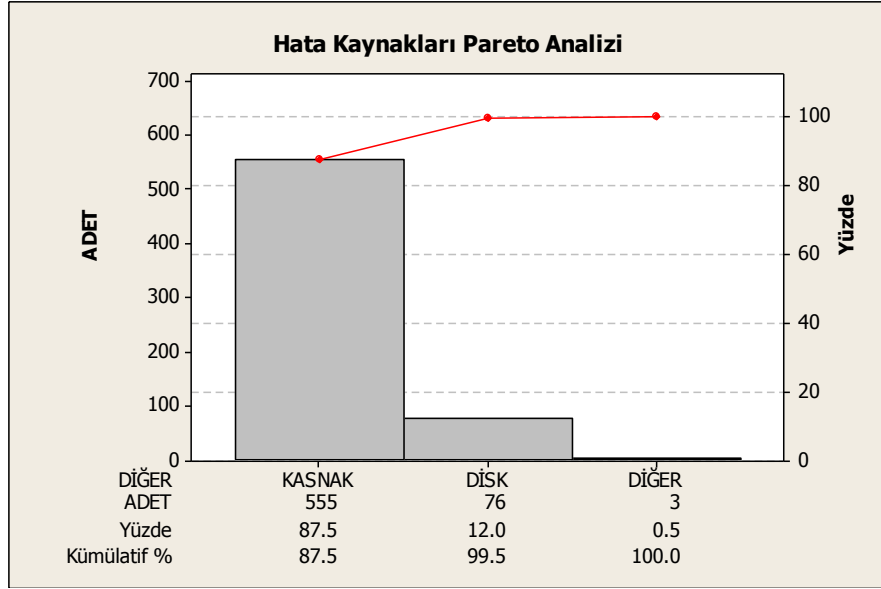
Şekil 66. A Firması Günlük Üretim Takip Formu

A FİRMASI															GÜNLÜK ÜRETİM TAKİP FORMU					İMZA	
TARİH																					
TEZGAH NO																					
TEZGAH ADI																					
GÜNLÜK İŞ EMRİ										PPM				SET-UP							
TARİH	İMZA	OPERATÖR ADI - SOYADI	KULLANILACAK MALZEME	YAPILACAK İŞ	ADET	YAPILAN İŞ ADETI	MARKA	BAŞLAMA SAATI	BITİŞ SAATI	HURDAYA ATILAN ADET	YENİDEN İŞLEM ADETI	KALIP KODU / EBAT	ANL. MÜHÜR	İLK ÜNAY İÇİN BELLENEN ZAMAN	KALIP BİLGİLERİ İÇİN ÇALIŞAN İŞ SAATİ	İŞ EMRİ NO	AÇIKLAMALAR				
VARDİYA DEVİR TESLİM :																					
VARDİYA DEVİR TESLİM :																					
VARDİYA DEVİR TESLİM :																					
VARDİYA DEVİR TESLİM :																					
DURUŞ KODU																					
BAŞLAMA SAATI																					
BITİŞ SAATI																					
TOPLAM SÜRE																					
AÇIKLAMA																					
MA: Mekanik Arıza EA: Elektrik Arıza KA: Kalıp Arıza AY: Ayar Yapma KB: Kalıp Başlama MB: Malzeme Bekleme FB: Forklift Bekleme																					
TZ: Temizlik DS: Diğer Sorunlar																					

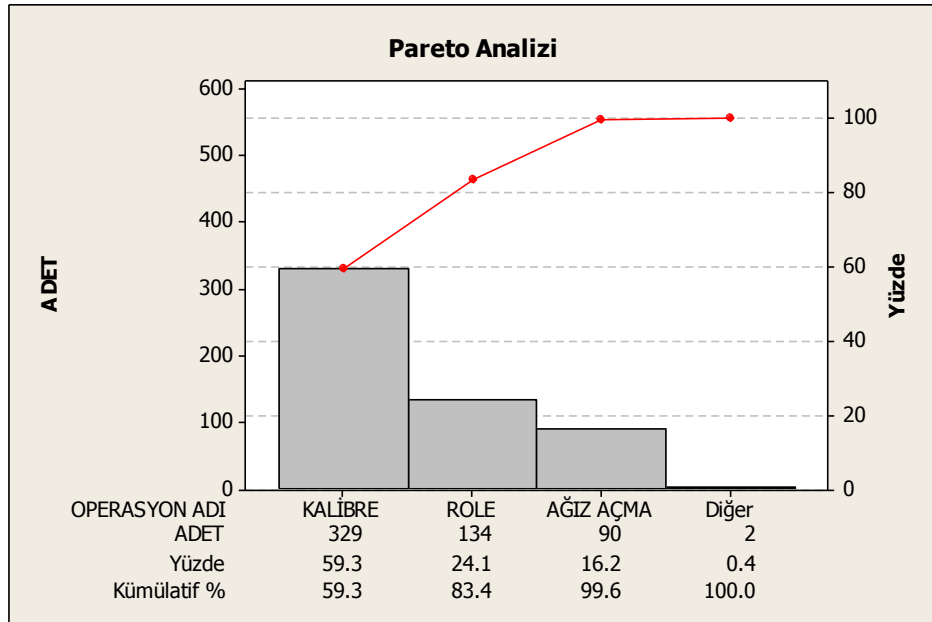
Operatörlerden alınan bilgiler 2010 Nisan ayından 2010 Aralık ayına kadar olan süreyi kapsamaktadır. Veriler hurdanın oluştuğu birimler baz alınarak derlenmiş ve pareto analizinde ortaya konulmuştur. Bu durum Şekil 67'de Hurda Kaynakları Pareto Analizinde gösterilmektedir. Şekilde, hurdaya %88,7'lik oranla kasnak bölümünün, %10,7'lik oranla da disk bölümünün neden olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Bu sebeple fiyat iyileştirmesi yapabilmek için, hurda miktarını azaltmak

gerektiğinden, en çok hatanın meydana geldiği Kasnak bölümü üzerinde iyileştirme yapılması kararı alınmıştır.

Şekil 67. Hurda Kaynakları Pareto Analizi



Şekil 68. Hata Nedenleri Pareto Analizi



Kasnak bölümü için de daha detaylı bir çalışma yapılarak, en çok hataya neden olan operasyonun “Kalibre” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kasnaktan

kaynaklanan 555 hatalı kasnağın 329'unun "Kalibre" operasyonunda olduğundan, bu bölüm için gerekli analizlerin yapılması kararlaştırılmıştır. Konu ile ilgili pareto analizi şekil 68'de verilmiştir.

Değer Akış Haritalama

Değer akış haritalamadaki amaç, tüm operasyonları şeffaf hale getirerek, onları görsel olarak sunmaktır. Müşterinin ödemek istediği, ürüne anlam katan değer ön planda tutulmasını içeren değer akış haritalama, aynı zamanda müşterinin ödemek istemediği israfın nedenlerini görsel hale getirmektedir. Değer akışı haritaları ile, yol üzerinde katma değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve değer kesintisiz akışının sağlanması için nelerin yapılması gerektiği daha iyi ortaya çıkmaktadır.

Şekil 68'deki pareto analizinde hurda probleminin en büyük kaynağı kasnak bölümünde meydana gelen hatalar olduğu sonucu ile karşılaşıldığından, kasnak üretim hattı için değer akış haritası hazırlanmıştır. Hattın tedarikçisi konumunda olan makas bölümü, jant ebatına uygun ölçülerde boydan ve enden kesilen sacı, kumlayarak kasnak bölümüne göndermektedir. Bölüm şefinin her bir operasyonda bulunan operatöre verdiği bilgi doğrultusunda üretim gerçekleştirilmektedir. Sac hammaddesinin forkliftler ile 7. Hattın bulunan markalama tezgâhına gelmesi ile başlayan prosesler zinciri, kasnağın taşlanması ile sona ermektedir. Sürecin sonunda üretilen kasnak, 3.Hattan gelen disk ile montaj edilmek üzere montaj bölümüne sevk edilmektedir. Ek 10'da mevcut değer akış haritası verilmiştir. Söz konusu harita ilerleyen aşamalarda elde edilen bilgilerle sürekli olarak revize edilmiştir. En son aşamaya gelindiğinde ise iyileştirme sonucunu gösteren gelecek durum değer akış haritası çizilmiştir (Ek 11).

4.3.2. Ölçme Aşaması

Tanımlama aşamasında müşterinin sesi analizi yapılarak, jant fiyatlarının daha ucuz olması halinde satışların artacağı sonucu ile karşılaşılmış, daha ucuz jant üretimi için de hurda kaynaklı israfın azaltılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Ayrıca hurdanın en çok meydana geldiği kasnak bölümü için değer akış haritası çizilmiş, yalın araçları kullanılarak iyileştirme hedefleri belirlenmiştir. Veri toplama planı ile ölçme aşaması için gerekli veriler toplanmıştır.

Ölçüm Sistemi Analizi

Ürünün istenilen kalite düzeyinde oluşması istendiğinde, kalite kontrol çalışmalarının dikkatli biçimde yürütülmesi gerekmektedir. Kontrol çalışmaları sırasında yapılabilecek bir yanlışlık (hatasız ürünün hatalı olarak veya hatalı ürünün hatasız olarak nitelenmesi), direkt olarak ürünün kalitesi ile ilgili kararı etkileyecektir. Bu çalışmada elde edilen bilgiler nitel özellikler taşıdığından, ölçüm sistemi analiz yöntemi olarak, Nitel Gage&Gage analiz tekniği tercih edilmiştir. Operatörlerin ürünlerin hatalı ve hatasız diye yaptıkları ölçümlerinin uzman tarafından yapılan ölçümlerle karşılaştırması yapılmış ve böylece ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığı incelenmiştir.

Veri toplama aşamasında 555 adet kasnağın hatalı olduğu ve bunların 329'unun "Kalibre"den kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu 555 hatalı kasnak içerisinde rastgele seçilen 30 örnekten kalibre hatası olanlar için ölçüm sistemi analiz edilmiştir. Bunun için öncelikle 30 kasnak uzman tarafından kontrol edilmiştir. Birbirlerinden habersiz olan 1. ve 2. Operatör, 30 kasnağın incelemesini yaptıktan sonra, farklı zamanda ve farklı sıra ile tekrar getirilen 30 kasnağın ikinci kez incelemelerini yapmışlardır. Böylece iki operatörün ölçüm sonuçları karşılaştırılarak tekrarlanabilirlik, yeniden üretilebilirlik ve kararlılık analizleri yapılmış, ölçüm sisteminin güvenilirliği ve değişkenliği incelenmiştir. Burada amaç, ölçümlerin farklı kişiler tarafından yapılması durumunda ölçüm sonuçlarının farklılık gösterip göstermediğini tespit etmektir. Tablo 20 yapılan incelemelerin sonucunu göstermektedir.

Tablo 20 incelendiğinde, operatörlerin yaptığı tüm kontrollerin, uzman tarafından belirlenen kriterle aynı olması durumunda, kontrol edilen kasnağın ölçüme uygun olduğu; operatörlerin yaptığı tüm kontrollerin, uzman tarafından belirlenen kriterle aynı olmaması durumunda ise, kontrol edilen kasnağın ölçüme uygun

olmadığı sonucunu vermektedir. Yapılan 30 incelemenin 23'ünün olumlu, 7'sinin ise olumsuz olduğu analizde, toplam skorun %76,6 ve &R&R değerinin de (1-0,766) 0,234 olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 20. Ölçüm Sistemi Analizi (Nitel Gage R&R)

SIRA NO	UZMAN	1.OPERATÖR		2.OPERATÖR		EVET/HAYIR
		1.GÖZLEM	2.GÖZLEM	1.GÖZLEM	2.GÖZLEM	
1	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
2	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
3	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
4	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
5	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
6	HATASIZ	HATALI	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	HAYIR
7	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	EVET
8	HATALI	HATASIZ	HATASIZ	HATALI	HATALI	HAYIR
9	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	EVET
10	HATALI	HATALI	HATALI	HATASIZ	HATALI	HAYIR
11	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
12	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
13	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
14	HATALI	HATALI	HATALI	HATASIZ	HATASIZ	HAYIR
15	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
16	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
17	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
18	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
19	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
20	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
21	HATALI	HATASIZ	HATASIZ	HATALI	HATALI	HAYIR
22	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
23	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
24	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
25	HATALI	HATALI	HATALI	HATASIZ	HATASIZ	HAYIR
26	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	HATASIZ	EVET
27	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
28	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
29	HATASIZ	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HAYIR
30	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	HATALI	EVET
		26/30	0.866	26/30	0.866	0.76666666

%R&R değeri için en iyi durum % 10'dan küçük olan durumdur. Ancak kabul edilebilirlik sınırı %30'dur. %R&R değerinin %30'dan büyük olması, gerçek süreç değişkenliğini görmek için yetersiz bir ölçüm sistemi kullanıldığını gösterir (Özveri, 2007:36). Aşağıda ölçüm sisteminin hangi şartlarda “Kabul”, “Şartlı Kabul” ve “Red” alacağı gösterilmektedir,

%R&R ≤ %10	Kabul
30 > %R&R > %10	Şartlı Kabul
%R&R ≥ %30	Red

Ölçüm sistemi analizi sonucunda elde edilen %R&R değerinin 0,234 olması dolayısıyla şartlı olarak kabul edildiğini söyleyebiliriz. Bu sonucu mümkün olabildiğince % 10'un altına düşürmek için, operatörlere ölçüm teknikleri konusunda eğitim verilmesi kararı alınmıştır.

Sigma Hesaplama

Sigma seviyesini hesaplamak için Nisan 2010'dan Aralık 2010'a kadar olan sürede üretim adedi ve hata sayıları tespit edilmiştir. Örnek olarak, Nisan ayının sigma hesaplaması verilecek olursa,

$$DPMO = \frac{\text{Hatalı Sayısı} \times 1\,000\,000}{\text{Üretim Toplamı}} = \frac{97 \times 1\,000\,000}{800} = 121250$$

Tablo 21. İyileştirme Öncesi Sigma Hesaplama Tablosu

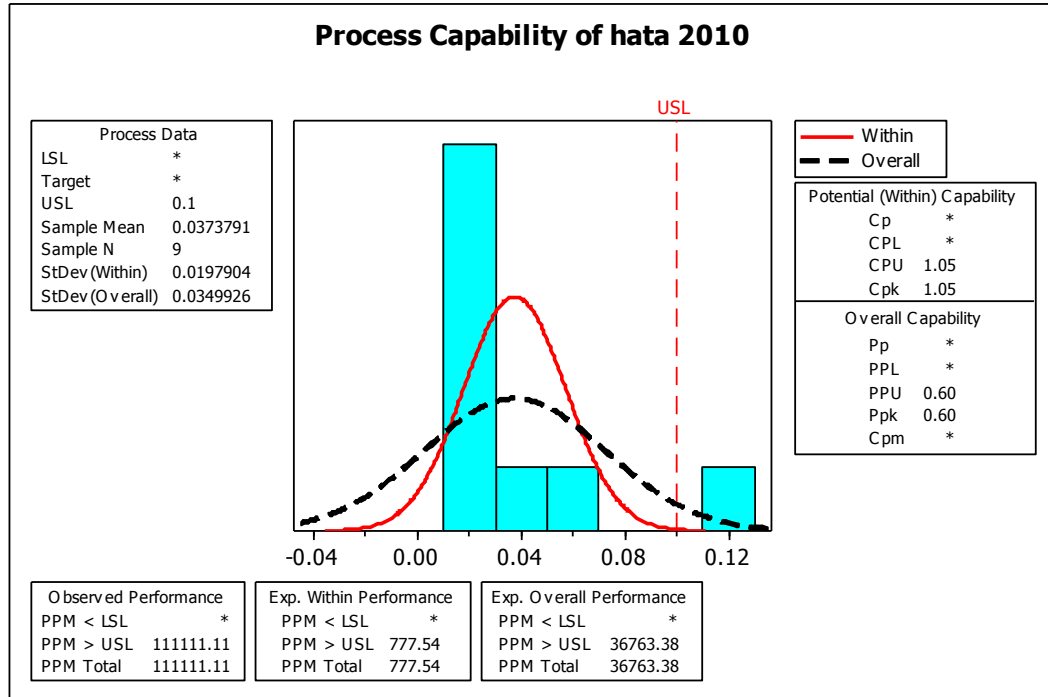
Nisan	HATALI SAYISI	97	DPMO	121250
	ÜRETİM TOPLAMI	800	Sigma Seviyesi	2.7
Mayıs	HATALI SAYISI	73	DPMO	48121.29
	ÜRETİM TOPLAMI	1517	Sigma Seviyesi	3.2
Haziran	HATALI SAYISI	89	DPMO	27200.49
	ÜRETİM TOPLAMI	3272	Sigma Seviyesi	3.4
Temmuz	HATALI SAYISI	98	DPMO	54779.21
	ÜRETİM TOPLAMI	1789	Sigma Seviyesi	3.1
Ağustos	HATALI SAYISI	46	DPMO	24210.53
	ÜRETİM TOPLAMI	1900	Sigma Seviyesi	3.5
Eylül	HATALI SAYISI	19	DPMO	11677.93
	ÜRETİM TOPLAMI	1627	Sigma Seviyesi	3.8
Ekim	HATALI SAYISI	36	DPMO	13067.15
	ÜRETİM TOPLAMI	2755	Sigma Seviyesi	3.7
Kasım	HATALI SAYISI	23	DPMO	12234.04
	ÜRETİM TOPLAMI	1880	Sigma Seviyesi	3.7
Aralık	HATALI SAYISI	74	DPMO	23870.97
	ÜRETİM TOPLAMI	3100	Sigma Seviyesi	3.5
TOPLAM	HATALI SAYISI	555	DPMO	29774.68
	ÜRETİM TOPLAMI	18640	Sigma Seviyesi	3.4

Ek 1 sigma hesaplama tablosunda DPMO değerine bakılarak, Nisan ayı sigma seviyesinin yaklaşık olarak 2.7 olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Aynı şekilde

diğer ayların hesaplaması yapıldığında, Tablo 21’de gösterilen sigma seviyeleri bulunmaktadır. Toplam bazda, üretilen 18640 kasnaktan 555’inin hatalı olduğu tabloda, 9 aylık DPMO (milyonda hata sayısı) 29774 ve Ek 1’e göre sigma seviyesi 3.4 olarak hesaplanmıştır. Yani hesaplamaya göre her yüz kasnaktan 2.9’u hurdaya ayrılmaktadır.

Ölçümü yapılan 2010 yılı üretim verileri için süreç yeterlilik analizlerinin yapılması gerekmektedir. Süreç yeterlilik indeksleri, sürecin dağılımı, yerleşimi, genişliği, ürettiği kusurlu ve kusursuz çıktı yüzdesi gibi sürece ait oldukça yararlı bilgileri bir özet istatistik olarak sunmaktadırlar. Minitab 16 yazılımı yardımıyla Şekil 69’da yer alan 2010 yılı süreç yeterlilik analizine ulaşılmıştır. S.P.A.C. (2003) 2.hafta eğitimlerinde yer alan uygulamada, P_{pk} değerine bakılarak, süreç yeterliliği hakkında yorumda bulunulmuştur. Buna göre Şekil 69’da P_{pk} değeri yani süreç yeterliliğimiz 0.60’dır. $0.60 < 1$ olması nedeniyle, proses ortalamasının hedef değerden uzakta olduğunu söylemek mümkündür. Değerin düşük çıkmasında en büyük etken, süreç dağılımının simetrik olmamasıdır.

Şekil 69. Hurda Oranı Süreç Yeterliliği Analizi



Değer Akış Haritalama

Tanımlama aşamasında değer akış haritalamasından bahsedilmiştir. Ölçme aşamasında ise mevcut değer akış haritasında bulunan tüm sayısal verilerin bulunması amaçlanmaktadır. Öncelikle, tablo 22’de kasnak bölümünde yer alan her bir operasyon için, Proses Çevrim Verimliliği, Katma Değer Zamanının Proses Tedarik Süresine bölünmesi ile bulunmuştur. Böylece değer akış haritasında yer alan Verim (Proses Çevrim Verimliliği) hesaplanmış ve değer akış haritasında ilgili yerlere kaydedilmiştir.

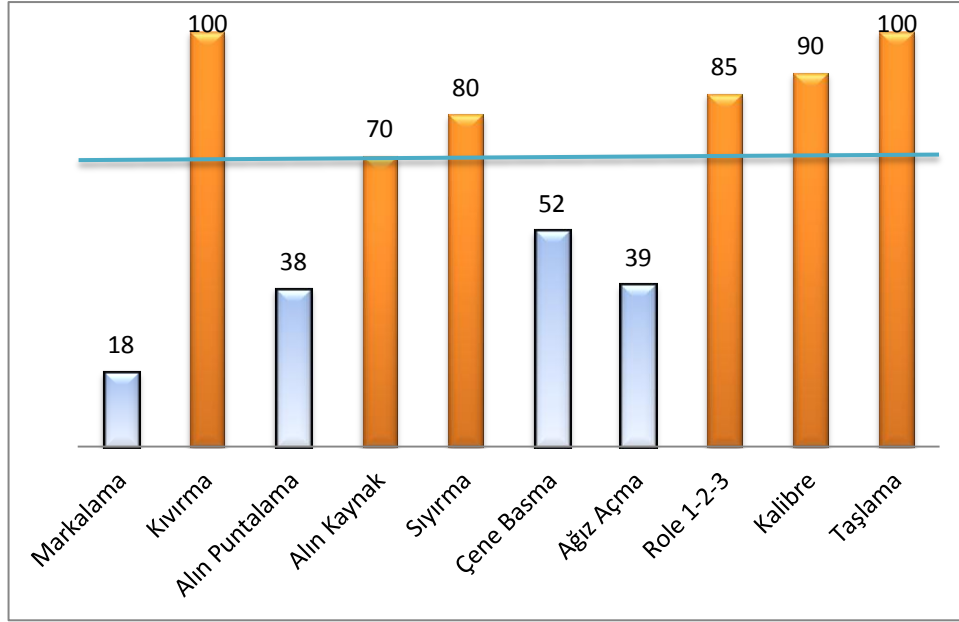
$$\text{Proses Çevrim Verimliliği} = \frac{\text{Katma Değer Zamanı}}{\text{Proses Tedarik Süresi}} \quad (4.1)$$

Tablo 22. Proses Çevrim Verimliliği

Operasyon Adımları	Katma Değer Zamanı	Proses Tedarik Süresi	Proses Çevrim Verimliliği (%)
Markalama	4 sn	21.40 sn	18
Kıvrırma	25.17 sn	25.17 sn	100
Alın Puntalama	9.69 sn	25.40 sn	38
Alın Kaynak	42.37 sn	59,27 sn	71
Sıyırma	30 sn	37 sn	80
Çene Basma	8.39 sn	16 sn	52
Ağız Açma	38.78 sn	100.35 sn	39
Role 1-2-3	145 sn	170 sn	85
Kalibre	92.31 sn	102 sn	90
Taşlama	65 sn	65 sn	100

Şekil 70’e bakıldığında “Markalama”, “Alın Puntalama”, “Çene Basma” ve “Ağız Açma” operasyonlarında verimin düşük seviyelerde olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır. Söz konusu operasyonlarda verim artışı için gerekli iyileştirmelerin yapılması kararı alınmıştır. Firma için % 70’lik verim seviyesi yeterli kabul edilmektedir.

Şekil 70. Operasyonlar Arası Verim Karşılaştırması



Ayrıca takt zamanı da hesaplanılarak, kasnak üretim sürecinde darboğazların olup olmadığının tespitinin yapılması gerekmektedir.

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{\text{Net İşletme Zamanı / Süre}}{\text{Talep / Süre}} \quad (4.2)$$

$$\text{Takt Oranı} = \frac{\text{Talep / Süre}}{\text{Net İşletme Zamanı / Süre}} \quad (4.3)$$

A firması için; Net İşletme Zamanı,

Vardiya = 8 saat	= 8 * 60 * 60	= 28800 sn
Yemek Molası	= 30 * 60	= -1800 sn
Net İşletme Zamanı		= 27000 sn

Montaj Bölümü Talebi

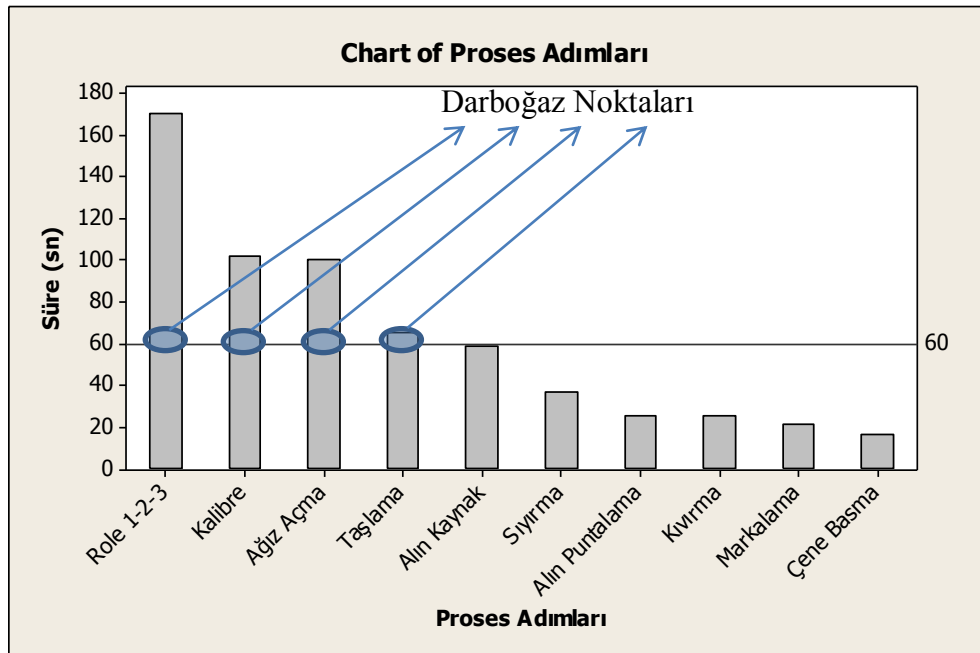
Haftalık Ortalama Talepler (adet)	= 270 adet
İş Günü	= 6
Montaj Bölümü Gereksinimleri	= 45 adet

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{\text{Net İşletme Zamanı / Süre}}{\text{Talep / Süre}} = \frac{27000 \text{ Sn / Gün}}{45 \text{ Adet / Gün}} = 600 \text{ Sn / Adet}$$

$$\text{Takt Oranı} = \frac{\text{Talep / Süre}}{\text{Net İşletme Zamanı / Süre}} = \frac{45 \text{ Adet / Gün}}{27000 \text{ Sn / Gün}} = 0.00166 \text{ Adet / Sn}$$

Yapılan hesaplamalar ile kasnak üretim sürecinin 600 sn olması gerektiği bilgisine ulaşılmıştır. Ek 10'daki değer akış haritasında kasnak, 10 operasyondan geçerek montaj bölümüne geldiğinden, takt zamanı da her bir operasyon için ortalama 60 saniye olmaktadır. Şekil 71'e bakıldığında "Role 1-2-3", "Kalibre", "Ağız Açma" ve "Taşlama" operasyonlarının, takt zamanının üzerinde süreye sahip olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır. Takt zamanının üzerinde gerçekleşen bu durum darboğaz olarak nitelendirilmektedir ve mümkün olduğunca bu sürelerin takt zamanının altına düşürülmesi için iyileştirme yapılması gerekmektedir.

Şekil 71. Takt Zamanı ile Çevrim Zamanı Kıyaslaması



4.3.3. Analiz Aşaması

Tanımlama ve ölçme aşamasında hurdaya en çok neden olan sürecin kasnak olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Daha sonra kasnak üretim süreci içinde en çok hatanın

meydana geldiği operasyon ile ilgili pareto analizi yapılmış, “Kalibre” operasyonunun yüzde bazında yüksek oranda hataya neden olduğu ve Altı Sigma çalışmasının bu operasyonda yapılması gerektiği fikri ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan süreç genelini ortaya koyan Değer Akış Haritası çizilmiş, kasnak üretiminde yer alan her bir operasyonun çevrim süreleri, proses çevrim verimliliği ve setup süreleri belirlenmiştir (Ek10). Takt zamanının hesaplanması ile iyileştirme yapılması gereken darboğazlar ortaya konulmuştur.

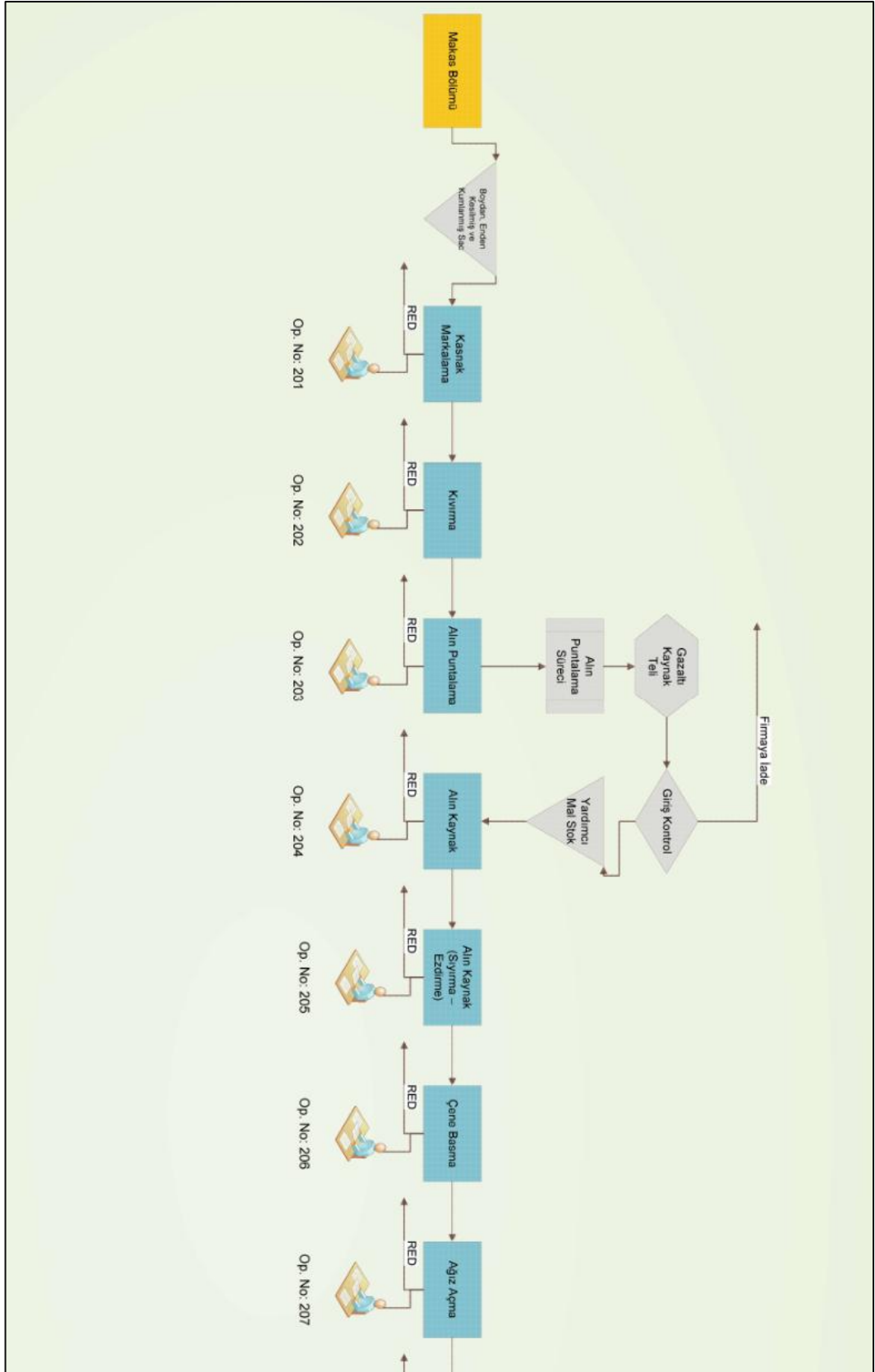
Analiz aşamasında ise öncelikle kasnak üretim sürecinin ayrıntılı iş akış şeması çizilmiştir. Böylece makas bölümünden, montaj bölümüne kadar olan tüm süreçler daha açık bir şekilde gösterilmiştir. Tanımlama aşamasında değer akış haritalama ile süreçlerin görsel olarak sunumu yapılmıştır. Ancak, ayrıntılı iş akış şemasında operasyonların kimler tarafından gerçekleştirildiği ve alt süreçlerin neler olduğu daha detaylı olarak verilmektedir.

Ayrıca, kalibre operasyonunda meydana gelen hata sebeplerinin neler olduğu üzerine beyin fırtınası yapılmış ve hata sebepleri balıkkılçığı diyagramında gösterilmiştir. 2010 yılı verilerinden yararlanarak, kalibre operasyonunda hurdaya neden olan hatalar ile ilgili olarak pareto analizi yapılmıştır. Sürecin yalınlaştırılması amacıyla da kasnak üretim sürecinde yer alan sürelerin analizleri yapılarak, iyileştirmeye ait alt yapı oluşturulmuştur.

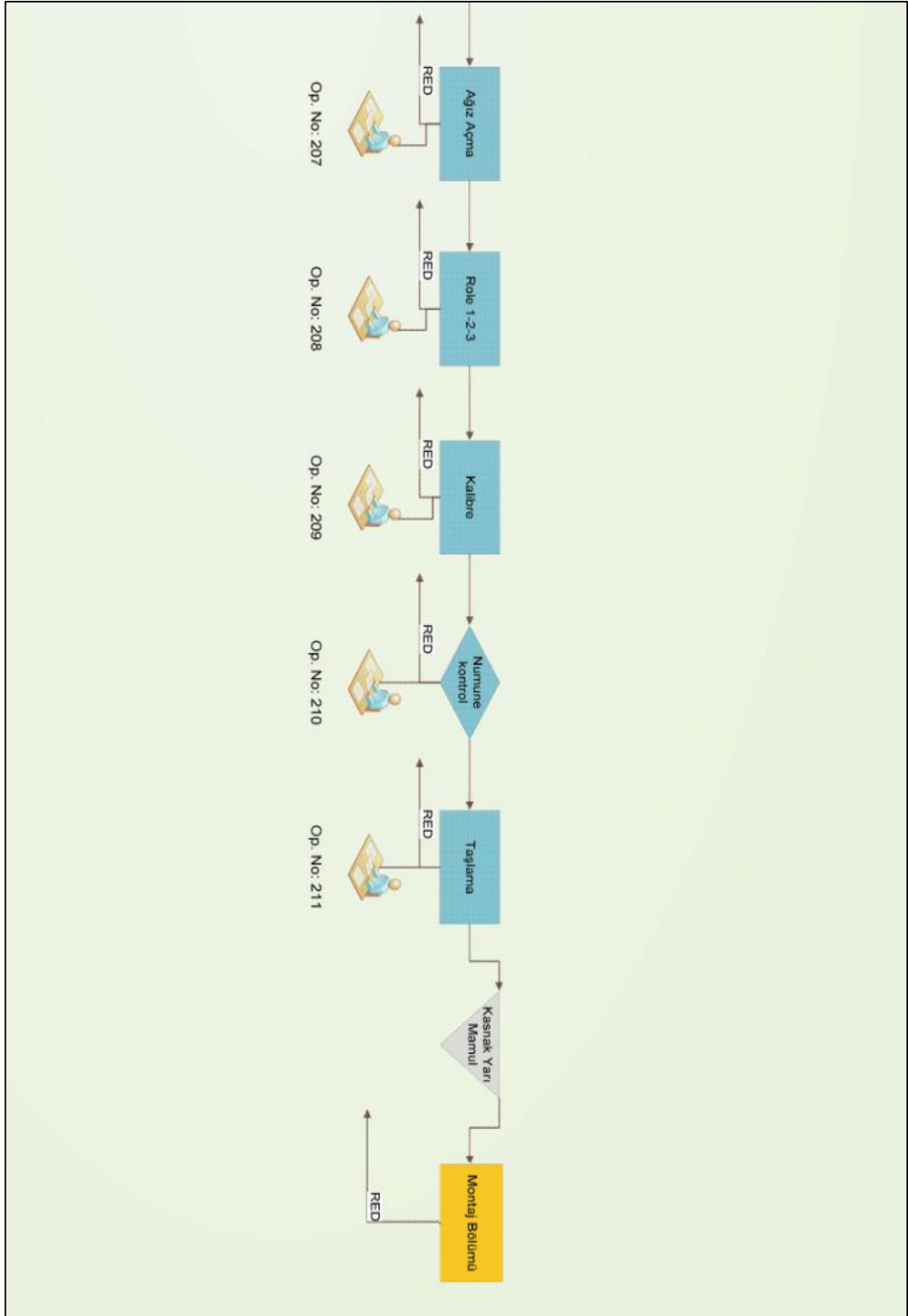
Detaylı Süreç Analizi

Kasnak üretim süreci ile ilgili olarak tanımlama aşamasında yapılan SIPOC analizinin devamı niteliğinde olan bu analiz şekli, operasyonları detaylandırarak daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Şekil 72’de Microsoft Visio 2010 ile çizimi yapılan detaylı süreç analizine yer verilmiştir. Her bir operasyon için bir operatör yer almaktadır. Operatörler bir önceki operasyondan gelen, hatalı olarak gördükleri ürünü geri göndermektedir. Makas bölüm tarafından siparişe uygun olarak boydan ve enden kesilen sac, daha sonra kumlama işleminden geçirilmekte ve forkliftler yardımıyla 7. Hatta gönderilmektedir.

Şekil 72. Detaylı Süreç Analizi



Şekil 72. Detaylı Süreç Analizi (Devam)



Kasnağın markalanması ile başlayan süreç, kıvrırma, alın puntalama, alın kaynak, sıyırma, çene basma, ağız açma, role 1-2-3, kalibre operasyonları ile devam etmekte, kasnağın taşlanması ile sona ermektedir. Üretilen kasnaklar forkliftler yardımıyla 3. Hatta üretimi yapılan disk ile montaj edilmek üzere Montaj Bölümüne sevkedilmektedir. Ayrıca “alın puntalama” operasyonunun alt süreçleri de detaylı olarak süreç analizinde gösterilmektedir.

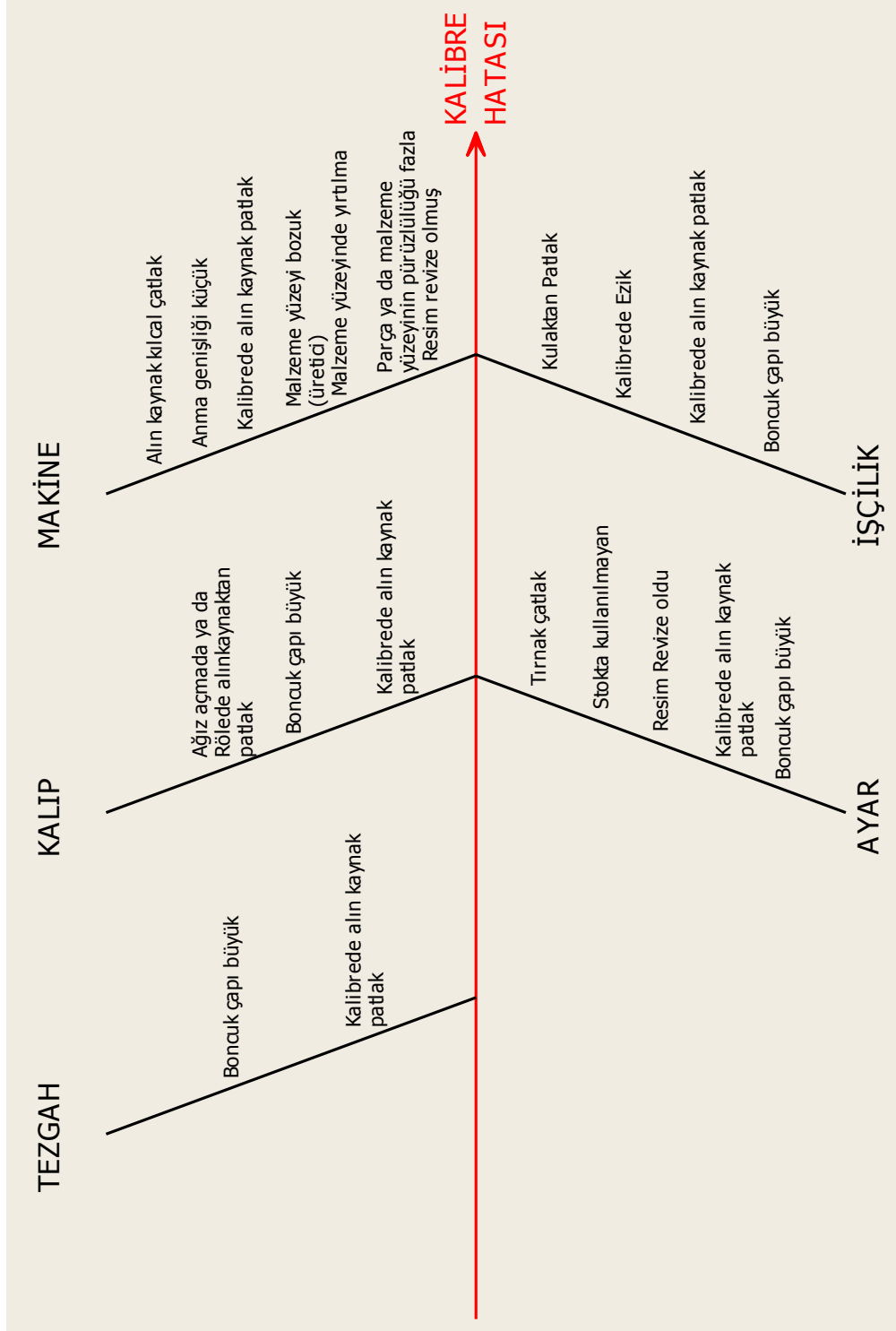
Sebepler – Sonuç Diyagramı (Balıkkıçığı Diyagramı)

Kalibre operasyonunda karşılaşılan problemin nedenlerini ve alt nedenlerini bulabilmek için, sebepler – sonuç diyagramından (balıkkıçığı) yararlanılmıştır. Veri toplama planında, hurdaya ayırma nedenleri arasında en büyük payın, “Kalibre” operasyonunda olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır. Bu sebeple, Altı Sigma ekibi tarafından beyin fırtınası yapılarak, “Kalibre” operasyonu için sebepler – sonuç diyagramı çizilmiş, hata sebepleri ortaya konulmuştur.

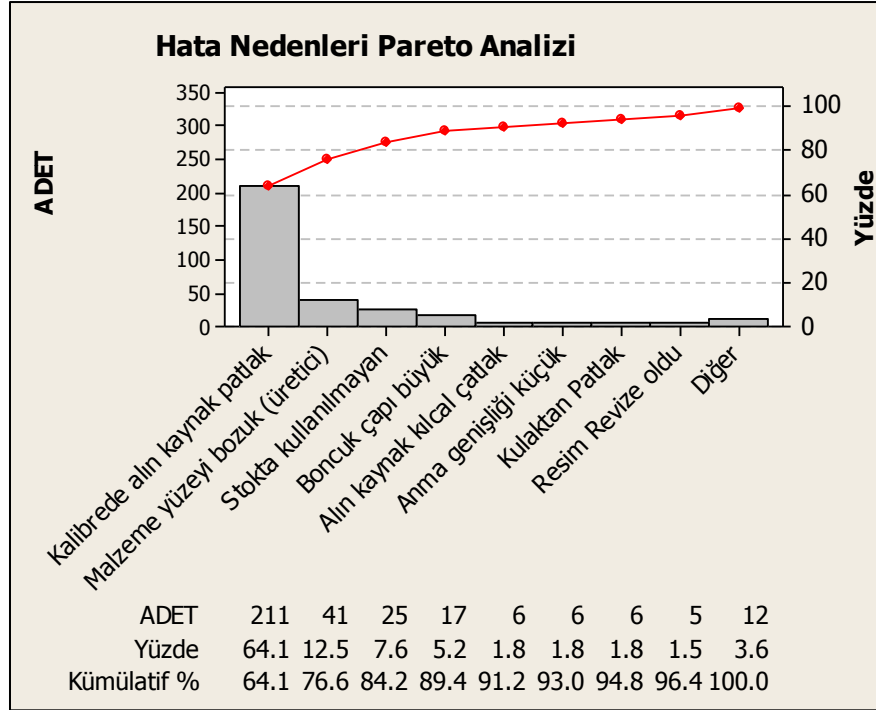
Şekil 73’teki balıkkıçığı diyagramında, Kalibre hatasına neden olan 5 temel faktör bulunmaktadır: Makine, Tezgâh, Ayar, Kalıp ve İşçilik. Şekilde her bir temel faktör için hata nedenlerinin neler olduğu gösterilmektedir. Bulunan her bir hata hurdaya neden olabilmektedir. Balıkkıçığı diyagramında belirtilen hatalar, Nisan 2010’dan Aralık 2010’a kadar olan sürede takip edilmiş ve kasnak üretim süreci içinde Kalibre hataları ile ilgili pareto analizi yapılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda kasnağın %64,1’lik pay ile hurdaya ayrılma nedeni olarak “Kalibrasyon esnasında alın kaynağın patlaması” hatası olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani, kasnakların Kalibre operasyonundan geçtikten sonra çatladığı ve bu nedenle hurdaya çıktığı görülmüştür. Şekil 74’te kalibre operasyonunda alın kaynağın patlamasına neden olan faktörlerin neler olduğu görülmektedir.

Şekil 73. Kalibre Hataları Balıkkılçığı Diyagramı



Şekil 74. Hata Nedenleri Pareto Analizi



Analiz aşamasının buraya kadar olan bölümünde, sigma seviyesini yükseltmek amacıyla hurda sayısını azaltacak incelemelerde bulunulmuştur. Ayrıca kasnak üretim sürecinde yalınlaştırma faaliyetlerine geçilebilmesi için ölçme aşamasında elde edilen verilerin analizinin de yapılması gerekmektedir. Özellikle ölçme aşamasında mevcut değer akış haritası için gerekli ölçümler yapılmış, analize hazır hale getirilmişti. Her bir operasyon için katma değer zamanları ile katma değeri olmayan zamanların tespiti yapılmış, Ek 10'daki mevcut değer akış haritasında gösterilmişti. Ek 10'da yer alan mevcut durum değer akış haritasında gösterildiği üzere, kasnak ortalama olarak 461 saniyede üretilmektedir. Bu süre, ürüne katma değer yaratan süredir. Ancak, taşıma ve bekleme gibi sürelerin ortalama olarak toplamda 850 saniye olduğu gözlenmiştir. Bu süre de ürüne katma değer yaratmayan ve azaltılması gereken bir süredir.

Ayrıca hat genelinde çok fazla küçük aletin kullanıldığı "Taşlama" operasyonunda, dağınıklığın olduğu gözlenmiş ve burada 5S uygulamasının yarar sağlayacağı fikri ortaya konulmuştur. Taşlama operasyonunda kasnağın, kaynak yerlerinin taşlanarak pürüzsüz olması sağlanmaktadır. Taşlama operasyonu, kasnağın

montaj öncesi son şeklini aldığı ve son kontrollerin yapıldığı bölüm olduğundan düzen ve temizlik önem arz etmektedir.

Bir diğer yalın uygulaması setup süreleri üzerine yapılmıştır. Ek 10'da yer alan mevcut değer akış haritasında her bir operasyon için gerekli setup sürelerine yer verilmiştir.

Tablo 23. Setup Süreleri

Operasyon Adımları	Setup Süreleri
Markalama	5 dk.
Kıvrırma	10 dk.
Alın Puntalama	5 dk.
Alın Kaynak	3 dk.
Sıyırma	12 dk.
Çene Basma	9 dk.
Ağız Açma	3 dk.
Role 1-2-3	11 dk.
Kalibre	10 dk.
Taşlama	1 dk.

4.3.4. İyileştirme Aşaması

Bu aşamada, Altı Sigma ekibi bir önceki aşama olan Analiz aşaması ile elde edilen bilgilerle gerekli iyileştirme faaliyetleri üzerine çalışma yapmıştır. Bunun için öncelikle kasnak üretimi sürecinde bulunan hataların azaltılmasına yönelik olarak Altı Sigma iyileştirmesi, israfın azaltılması için de yalın uygulamaları üzerinde durulmuştur.

Deney Tasarımı

Analiz aşamasında hurda oranı bazında en çok hatanın alın kaynak patlaması olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Altı Sigma ekibine göre alın kaynak patlamasına neden olan 2 faktör vardır: sacın kalitesi (farklı firmalar) ve kalıp bağlantısının hatalı yapılması. Bu nedenle bu iki faktörün alın kaynak patlamasına etkilerinin

incelenmesinde Deneş Tasarımı yöntemi kullanılmıştır. Bunun için kalibre operasyonunda 8 gün süre ile deneş yapılmasına karar verilmiştir. Böylece, iki farklı üreticiden gelen sac ile operasyonda çalışabilecek 2 operatörün alın kaynaktaki patlamaya etkilerinin ne derece olduğu konusunda bilgi sahibi olunmuştur.

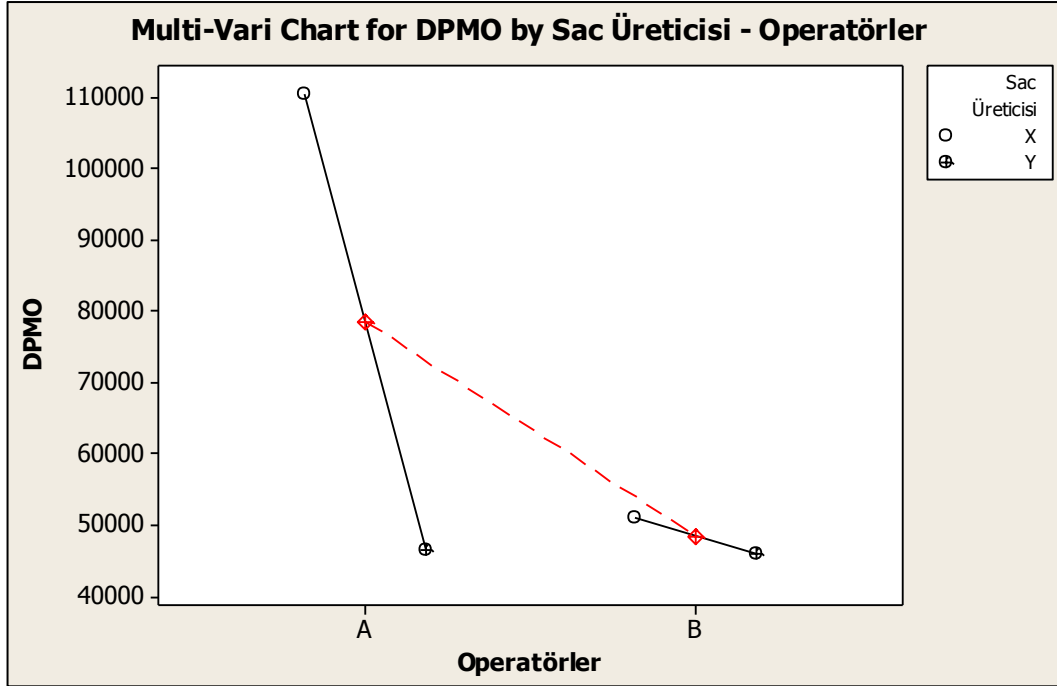
X Firmasından gelen sac, 1., 3., 5. ve 7. günün üretiminde, Y firmasından gelen sac ise 2., 4., 6. ve 8. günün üretiminde kullanılmıştır. Kalıp yerleştirme hatası genelde işçilikten kaynaklanmaktadır. Bu yüzden A operatörünü 1., 2., 3. ve 4. günler; B operatörünü 5., 6., 7. ve 8. günler Kalibre operasyonunda çalıştırılmasına karar verilmiştir. Üretim adedi, alın kaynak patlaması, üretilen kasnak adedi ve milyonda hata olasılık verileri Tablo 24'te gösterilmiştir.

Tablo 24. Deneş Tasarımı Veri Toplama

Gün	Sac Üreticisi	Operatör	Üretim Adedi	Alın Kaynak Patlaması	DPMO
1	X	A	52.00	5.00	96153.85
2	Y	A	53.00	3.00	56603.77
3	X	A	48.00	6.00	125000.00
4	Y	A	55.00	2.00	36363.64
5	X	B	43.00	2.00	46511.63
6	Y	B	60.00	3.00	50000.00
7	X	B	54.00	3.00	55555.56
8	Y	B	48.00	2.00	41666.67

Şekil 75'te Minitab 16 yazılımı ile elde edilen çok değişkenli analiz grafiğine yer verilmiştir. Şekle bakıldığında X firmasından gelen sacın Y firmasından gelen saca göre alın kaynak patlama hatasında daha fazla etkiye sahip olduğunu; diğer taraftan A operatörünün B operatörüne göre kalıp yerleştirme konusunda daha çok hata yaptığını söyleyebiliriz. Ancak, söz konusu bu iki faktörün alın kaynak patlamasında etkili olup olmadığını, bir kez de ANOVA ile analiz etmemiz daha uygun olacaktır.

Şekil 75. Çok Değişkenli Analiz



ANOVA

Bu iki faktörün (Sac Farklılığı – Operatör) milyonda hata sayıları ortalamaları (DPMO) arasında farklılık olup olmadığının belirlenmesinde iki yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Burada amaç, kullanılan sac ile operatörün hata üzerinde etkilerinin olup olmadığını görmektir. Tablo 25’te, faktörlere göre milyonda hata olasılıkları matrisi yer almaktadır. Bu tabloya göre 3 farklı hipotez geliştirilebilir.

Tablo 25. Faktörlere göre DPMO

OPERATÖR	SAC FİRMASI	
	X	Y
A	96153.85	56603.77
	125000	36363.64
B	46511.63	50000
	55555.56	41666.67

1. Hipotez: Sac Farklılığı Hipotezi

H_0 : Sac farklılığının alın kaynak patlamasında bir etkisi yoktur ($H_0: \mu_1 = \mu_2$).

H_1 : Sac farklılığının alın kaynak patlamasında etkisi vardır ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$).

2. Hipotez: Operatör Hipotezi

H_0 : Operatörlerin alın kaynak patlamasında bir etkisi yoktur. ($H_0: \mu_1 = \mu_2$)

H_1 : Operatörlerin alın kaynak patlamasında etkisi vardır ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$).

3. Hipotez: Sac Farklılığı x Operatör Hipotezi

H_0 : Sac farklılığı ile Operatörlerin alın kaynak patlamasında bir etkisi yoktur ($H_0: \mu_1 = \mu_2$).

H_1 : Sac farklılığı ile Operatörlerin alın kaynak patlamasında etkisi vardır ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$).

Tablo 26. İki Yönlü ANOVA Çıktıları

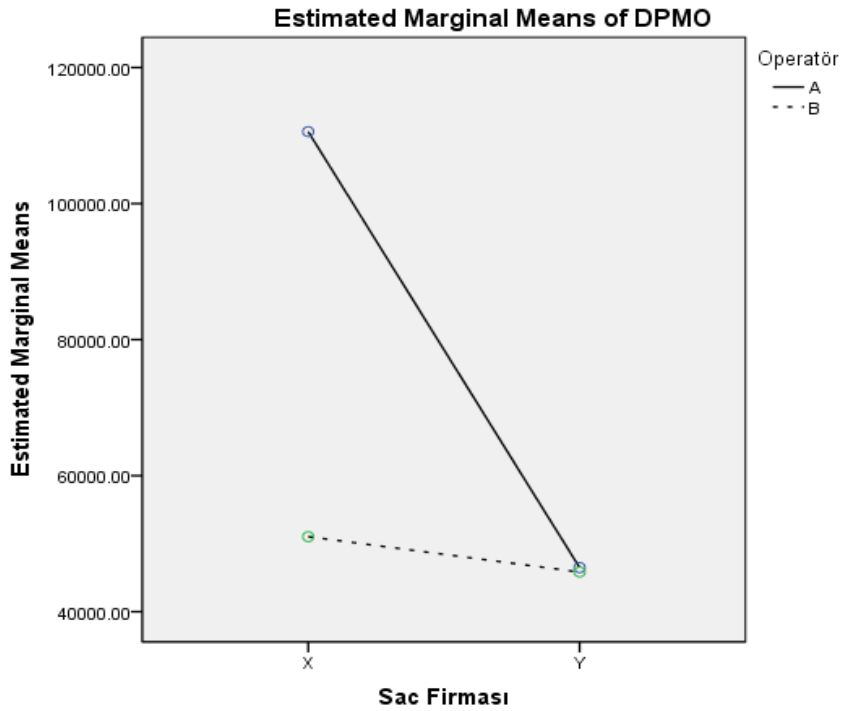
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.947E9	3	1.982E9	11.384	.020
Intercept	3.224E10	1	3.224E10	185.152	.000
Sac Firması	2.401E9	1	2.401E9	13.788	.021
Operatör	1.812E9	1	1.812E9	10.404	.032
Sac Firması * Operatör	1.734E9	1	1.734E9	9.959	.034
Error	6.965E8	4	1.741E8		
Total	3.888E10	8			
Corrected Total	6.643E9	7			

a. R Squared = .831 (Adjusted R Squared = .704)

Tablo 26’da IBM SPSS Statistics 19 yazılımı ile elde edilen ANOVA çıktıları yer almaktadır. Elde edilen bu çıktıya göre, sac farklılığı, operatör değişikliği ve sac farklılığı x operatör etkileşimi hipotezlerinin tamamında $p < \alpha$ olmasından ötürü tüm

H_1 hipotezleri kabul edilmektedir. Yani üreticilerden gelen sacın ve operatörlerin farklılaşması ve bu iki faktörün etkileşimi alın kaynak patlama hatasında etkin rol oynamaktadır. Tüm bu nedenlerden ötürü, kasnak üretimi için özellikle Y firmasından alınan sacın kullanımına öncelik verilmelidir. Yapılan anlaşmalardan ötürü satın alınmış olan X firma menşeli saclar farklı tür kasnak veya disk yapımı için ön planda tutulması gerektiği üst yönetime bildirilecektir.

Şekil 76. İki Yönlü ANOVA Grafiği



Ayrıca, operatörlerin operasyon öncesi kalıp yerleştirmede yaptıkları hatalar, alın kaynakta patlamaya neden olabilmektedir. Tablo 26'ya göre operatör değişikliğinin de alın kaynak patlamasında önemli bir etkiye sahip olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır. Şekil 76'da gösterildiği üzere kalibre operasyonunu yönetebilecek iki operatörden biri olan A, B'ye göre daha fazla hata yaptığından B'nin kalibre operasyonundan doğrudan sorumlu olmasına; A'nın ise farklı bir operasyonda değerlendirilmesinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Böylece "Alın Kaynak Patlaması" nedenlerinin baş aktörleri olarak X firmasından alınan sacın 7. Hat kasnak üretim sürecinde kullanılması ile operatör A'nın kalibre operasyonunda

yetersiz kalması olarak gösterilebilir. Böylece kalibrede alın kaynak patlamasına neden olan hata ile ilgili çözüme ulaşılmıştır.

Kasnak üretim sürecinde, en çok görülen hatanın kalibrede alın kaynak patlaması olduğu ile ilgili bilgiye analiz aşamasında ulaşılmış ve iyileştirme aşamasında bu hatanın giderilebilmesi için deney tasarımı yöntemine başvurulmuştur. Analiz aşamasında elde edilen bir diğer bilgi de kasnak üretim süreci ile ilgili katma değeri olmayan zamanların yok edilmesi ve setup sürelerinin azaltılması gerektiği idi. Bunun için mevcut değer akış haritasında yalınlığı engelleyen tüm faktörler için iyileştirme yapılmasında yarar vardır.

Altı Sigma ekibi tarafından, öncelikle kasnak üretimi için, operasyonların birleştirilmesi ve daha az operatörle yapılabilirliği üzerine tartışılmıştır. Mevcut durumda, tüm operasyonlar, birer operatör tarafından yapılmaktadır. Yapılan tartışma sonunda ilk altı operasyonun yani markalama, kıvrırma, alın puntalama, alın kaynak, sıyırma ve çene basma operasyonları üzerinde yalınlaştırma yapılabileceği düşüncesi ile, öncelikle ilk üç operasyonun tek bir operatör tarafından yapılabilirliği tartışılmış ve operatörlerin bu üç operasyondaki yeterliliği sınanmıştır. Aynı şekilde takip eden üç operasyon için de aynı uygulamaya gidilmiştir. Üç operasyonu aynı anda yönetebilecek olan operatörün seçilmesi hedeflenmiştir. Bunun için, daha önce söz konusu operasyonlarda görev almış operatörlerin ortalama katma değer zamanları ile setup süreleri tespit edilerek, Tablo 27'ye işlenmiştir. Her bir operatörün üç operasyon için olan toplam KDZ ile setup süreleri bulunmuş ve her biri için toplam içindeki payları hesaplanmıştır.

Örnek olarak, Operatör F için hesaplama yapmak gerekirse;

$$\begin{aligned} 4 \text{ operatör arasındaki KDZ payı} &= 34 \text{ sn} / 143.07 \text{ sn} &= 0.2376 \\ 4 \text{ operatör arasındaki setup süresi payı} &= 22 \text{ dk} / 80 \text{ dk} &= 0.275 \\ \text{Böylece, KDZ ve setup süreleri ortalaması} &= (0.2376+0.275)/2 &= 0.2532 \end{aligned}$$

olmaktadır. Her bir operatör için yapılan hesaplama sonuçları tabloda gösterilmektedir.

Tablodaki ortalama değerlere bakıldığında, markalama, kıvrırma ile alın puntalama operasyonlarını en az süreyle yönetebilecek (0.2110 ortalama değeri) “Operatör I” ve alın kaynak, sıyırma ile çene basma operasyonlarını en az süreyle yönetebilecek (0.1954 ortalama değeri) “Operatör K” olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır.

Tablo 27. Operatör Karşılaştırma Tablosu

	Markalama		Kıvrırma		Alın Puntalama		Üç Proses Toplamı		ORTALAMA
	KDZ	Setup	KDZ	Setup	KDZ	Setup	KDZ	Setup	
Operatör F	4 sn	4 dk	25 sn	15 dk	5 sn	3 dk	34 sn	22 dk	0.2563
Operatör G	3.9 sn	6 dk	25.2 sn	10 dk	6 sn	7 dk	35.1 sn	23 dk	0.2664
Operatör H	4.1 sn	5 dk	25.18 sn	8 dk	12 sn	6 dk	41.28 sn	19 dk	0.2630
Operatör I	4 sn	7 dk	25.69 sn	7 dk	3 sn	2 dk	32.69 sn	16 dk	0.2142
	Alın Kaynak		Sıyırma		Çene Basma		Üç Proses Toplamı		ORTALAMA
	KDZ	Setup	KDZ	Setup	KDZ	Setup	KDZ	Setup	
Operatör K	42.55 sn	3 dk	28.87 sn	8 dk	8.29 sn	8 dk	79.71 sn	19 dk	0.1954
Operatör L	41.24 sn	5 dk	32.65 sn	7 dk	8.69 sn	10 dk	82.58 sn	22 dk	0.2143
Operatör M	44.65 sn	4 dk	30.85 sn	15 dk	8.2 sn	15 dk	83.7 sn	34 dk	0.2769
Operatör N	40.88 sn	4 dk	29.67 sn	12 dk	8.01 sn	7 dk	78.56 sn	23 dk	0.2144
Operatör O	41.52 sn	4 dk	30.09 sn	11 dk	8.27 sn	7 dk	79.88 sn	22 dk	0.2110

Operatör I ve K’ya operasyonlarını daha iyi yönetebilmeleri için gerekli eğitimler verilerek, hem sürelerde iyileştirmelere gidilmiş hem de belirtilen süreçlerde hurdaya neden olabilecek hatalar en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Operasyonların birleştirilmesi yolu ile işçilik maliyetlerinde de azalma sağlanmıştır

Ayrıca ilk 6 operasyonda görevli operatörlere verilen eğitimler haricinde, sonraki 4 operasyonda çalışan operatörlere de kendi operasyonları hakkında detaylandırılmış eğitimler verilmiştir. Ayrıca doğru operatörün doğru işe verilmesi ile operasyonun katma değer yaratan sürelerinde de iyileştirmelere gidilmiştir. Böylece operatörlerin bekleme ve yer değiştirmelerin önüne geçilerek verim arttırılmaya çalışılmıştır. SMED yöntemi ile setup süreleri fazla olan operasyonlarda iyileştirmeler yapılarak, setup süreleri azaltılmıştır.

Diğer taraftan, makas bölümünden sacın tam zamanında ve istenen miktarda gelmesi için çekme sistemi uygulanarak, yarı mamul stoklarının da azalması sağlanmıştır. Operasyonlar arası yarı mamul bekleme süreleri azaltılarak, tedarik

süresinde azaltmalara gidilmiş, bir operasyondan diğerine geçen yarı mamulün hatasız olması için kontrol sistemi geliştirilmiş ve sistemin kararlı olması sağlanmıştır. Ayrıca katma değer yaratmayan bekleme ve taşımalar için, her bir operasyonun bir önceki operasyondan yarı mamule erişiminde çekme sistemi uygulamasına gidilmiştir. Böylelikle ürüne katma değeri olmayan 609 saniye yok edilmiştir. Tüm yapılan iyileştirmeler ile ilgili görsel sunum, Mayıs 2011’de revize edilen Ek 11’deki gelecek durum değer akış haritasında gösterilmektedir.

Taşıma tezgâhında temizlik ve düzen konusunda karşılaşılan sorunlar nedeniyle bu bölümde 5S uygulanarak, aletlerin daha düzenli olması sağlanmış, taşlamadan kaynaklı hataların önüne geçebilmek için bölgesel temizliğe daha fazla önem verilmiştir. Bundan başka TPM ile kullanılan ekipman ve malzemelerin periyodik olarak bakımı yapılarak, ekipman arızalarından kaynaklı hataların ve duruşların önüne geçilmiştir.

Yapılan iyileştirmelerin finansal getirilerinin olup olmadığına da bakmak gerekmektedir. Böylece proje beyanında hedef olarak gösterilen kârlılığa ne kadar yaklaşıldığını görebiliriz. Ham sacın ton maliyeti 1500 TL ve işçilik maliyeti aylık ortalama 1650 TL civarındadır. Uygulama yapılan firmadan endirekt maliyetler ile ilgili sağlıklı bilgi alınmadığından, sadece direkt maliyetler hesaba dâhil edilecektir. Gerekli hesaplamalar yapılırsa,

<i>Hammadde maliyeti,</i>		
1500 TL/ton / 1000 kg/ton	=	1,50 TL/Kg
1,50 TL/kg x 44,53 kg/kasnak	=	66,795 TL/kasnak
<i>İşçilik Maliyeti</i>		
[(1650 TL/işçi * 10 işçi) / 2100 kasnak]	=	7,85 TL/kasnak
<i>Toplam Direkt Maliyet,</i>		
66,795 TL/kasnak + 7,85 TL/kasnak	=	74,65214 TL/kasnak

Bir kasnağın üretilmesi için direkt maliyet 74,65 TL olarak hesaplanmaktadır. Nisan 2010’dan Aralık 2010 sonuna kadar olan hurda sayılarına bakılırsa (Tablo 21) toplamda 555 adet kasnağın hurdaya ayrıldığı, bunun da firmaya maliyetinin toplamda yaklaşık olarak 41431,93TL olduğu sonucuna ulaşabiliriz. Aylık ortalama maliyet ise 4603,54 TL’dir.

İyileştirme sonrası olan Ocak 2011'den Mayıs 2011'e kadar olan üretim verilerine bakıldığında (Ek 12) toplamda 76 kasnağın hurdaya ayrıldığı bilgisine ulaşılmaktadır. İyileştirme sonrası direkt maliyetler tekrardan hesaplanacak olursa,

Hammadde maliyeti,

$$\begin{aligned} 1500 \text{ TL/ton} / 1000 \text{ kg/ton} &= 1,50 \text{ TL/Kg} \\ 1,50 \text{ TL/kg} \times 44,53 \text{ kg/kasnak} &= 66,795 \text{ TL/kasnak} \end{aligned}$$

İşçilik Maliyeti

$$1,50 \text{ TL/kg} \times 44,53 \text{ kg/kasnak} = 5,5617 \text{ TL/kasnak}$$

Toplam Direkt Maliyet,

$$60,02733 \text{ TL/kasnak} + 5,5617 \text{ TL/kasnak} = 72,3568 \text{ TL/kasnak}$$

Hesaplamalardan görüleceği üzere operasyonlarda uygulanan yalın faaliyetlerin etkisi ile çalışan sayısının azaltılması, direkt maliyetlerde iyileştirme sağlamıştır. Siparişlerin 2010 yılına göre daha düşük olmasından ötürü ay bazında daha az kasnak üretildiği gözden kaçırılmamalıdır.

Hurda maliyetlerindeki iyileştirmeye bakılacak olursa; 76 adet hurda kasnağın firmaya maliyeti 5499,11 TL ve bunun da aylık ortalama maliyeti 1099,82 TL olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Böylece iyileştirme yapıldıktan sonra, aylık 3503,72 TL'lik tasarruf sağlandığı ve hedeflerin üstünde bir sonuca ulaşıldığı gözlenmiştir. Yapılan finansal iyileştirme çıktıların, üst yönetime sunulurken jant satış fiyatlarında azaltma yapılabilmesi için uygun görüş bildirilmiştir.

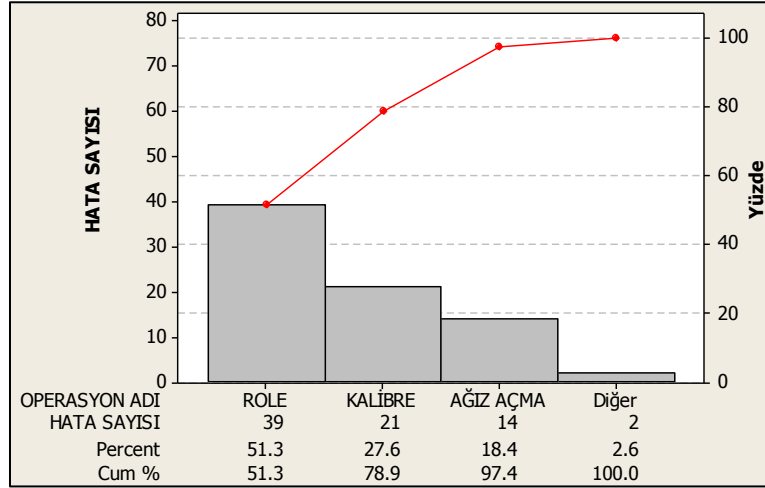
4.3.5. Kontrol Aşaması

Müşterinin sesi analizi sonucunda elde edilen jantın fiyatı ile ilgili müşterilerin olumlu yöndeki beklentilerinin karşılanabilmesi için hurda oranlarında azaltmaya ve israfı yok etmeye yönelik birçok analiz ve iyileştirme adımlarına daha önceki aşamalarda değinilmiştir. Bu aşamada ise, yapılan işlemlerin ve iyileştirmelerin sürekliliği sağlanmıştır. Bunun yanında gerçekleştirilen performansın yayınlanması, standartlaştırılan çalışmaların dokümantasyonu, öğrenilenlerin iletilmesi ve gelecek planlarının belirlenmesi de bu aşamada yapılmıştır.

Yapılan iyileştirmelerin görülebilmesi için ki-kare yöntemi kullanılarak 2011 Ocak ayından 2011 Mayıs ayına kadar olan üretim verileri derlenerek, 2010 verileri

ile anlamlı fark olup olmadığı test edilmiştir. Üretim bölümünden alınan bilgiler ışığında üretim ve hurda sayıları ile hurda nedenlerine bakılarak, yapılan iyileştirmelerin etkisi incelenmiştir. Ek 12, iyileştirme sonrası üretim bilgilerini içermektedir.

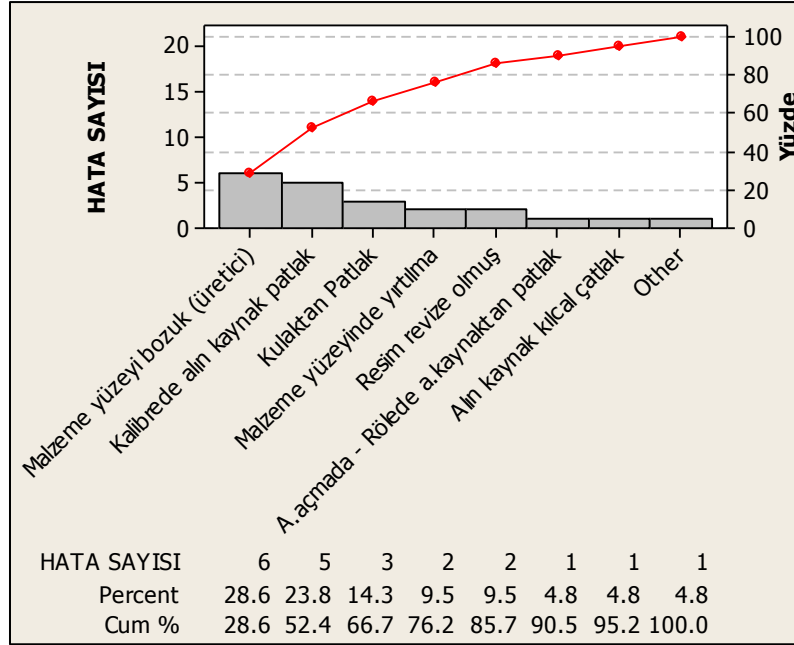
Şekil 77. Hata Kaynakları Pareto Analizi



Şekil 77'deki pareto analizinde görüldüğü üzere, daha önce en çok hatanın meydana geldiği kalibre operasyonunun yerini role operasyonu almıştır. Şekil 78'deki pareto analizinde ise, tüm operasyonlarda en çok meydana gelen hatalar gösterilmektedir. Buradan, kalibre operasyonda alın kaynak patlamasını önleyici yönde yapılan iyileştirmelerin etkili olduğu, ancak bazı operasyonlarda iyileştirme faaliyetlerine ağırlık verilmemesinden kaynaklanan hataların meydana geldiği gözlenmiştir.

Nisan 2010'dan Aralık 2010'a kadar toplamda 18640 adet kasnak üretilirken; Ocak 2011'den Mayıs 2011'e kadar 8907 adet kasnak üretilmiştir. Bu kasnaklardan kalibre operasyonunda meydana gelen tüm hatalar Tablo 28'de gösterilmiştir. Bu tablodan yararlanarak, yapılan iyileştirmelerin anlamlı olup olmadığı hususunda Minitab 16 yazılımı ile uygulaması yapılan Ki-kare testi Tablo 29'da verilmiştir.

Şekil 78. Hata Nedenleri Pareto Analizi



Tablo 28. Yıl Bazında Kalibre Hataları

KALİBRE HATA NEDENLERİ	2010 YILI*	2011 YILI**
Kalibrede alın kaynak patlak	211 adet	5 adet
Malzeme yüzeyi bozuk	41 adet	6 adet
Stokta kullanılmayan	25 adet	0 adet
Boncuk çapı büyük	17 adet	0 adet
Alın kaynak kılcak çatlak	6 adet	1 adet
Anma genişliği küçük	6 adet	0 adet
Kulaktan patlak	6 adet	3 adet
Resim revize oldu	6 adet	2 adet
Ağız açmada ya da rölede alın kaynaktan patlak	4 adet	1 adet
Tırnak çatlak	3 adet	0 adet
Malzeme yüzeyinde yırtılma	2 adet	2 adet
Parça - malzeme yüzeyinin pürüzlülüğü fazla	1 adet	1 adet
Kalibrede Ezik	1 adet	0 adet
TOPLAM	329 adet	21 adet

* Nisan-Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül-Ekim-Kasım-Aralık 2010

** Ocak-Şubat-Mart-Nisan-Mayıs 2011

Tablo 29'a göre 2010 yılında kalibrede alın kaynak patlaması nedeniyle oluşacak hurda beklentisi 146 iken, gerçekleşen değer 211 olmuştur. Aynı şekilde malzeme yüzeyinin bozuk olması nedeniyle hurdaya ayrılacak kasnak sayısı beklentisi 31 iken, gerçekleşen değer 41 olmuştur. 2011 değerleri incelenecek olursa, kalibrede alın kaynak patlaması nedeniyle oluşacak hurda beklentisi 70 iken,

gerçekleşen değer 5 olmuştur. Aynı şekilde malzeme yüzeyinin bozuk olması nedeniyle hurdaya ayrılacak kasnak sayısı beklentisi 15 iken, gerçekleşen değer 6 olmuştur. Böylece ki-kare testi yardımıyla, en büyük hata nedenleri arasında anlamlı farklılık olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 29. Ki-kare Testi

	Hatasız	Kalibrede alın kaynak patlak	Malzeme yüzeyi bozuk	Total
2010	18311.00	211	41	18563
	18385.21	146.02	31.77	
	0.300	28.921	2.680	
2011	8886	5	6	8897
	8811.79	69.98	15.23	
	0.625	60.341	5.592	
Total	27197	216	47	27460

Chi-Sq = 98.458; DF = 2; P-Value = 0.000

Tablo 30, Ek 12’de yer alan veriler yardımıyla hesaplanan sigma seviyelerini göstermektedir. İyileştirme öncesi 3.4 olan sigma seviyesinin, iyileştirme sonrası 3.9 seviyelerine çıktığı gözlenmiştir.

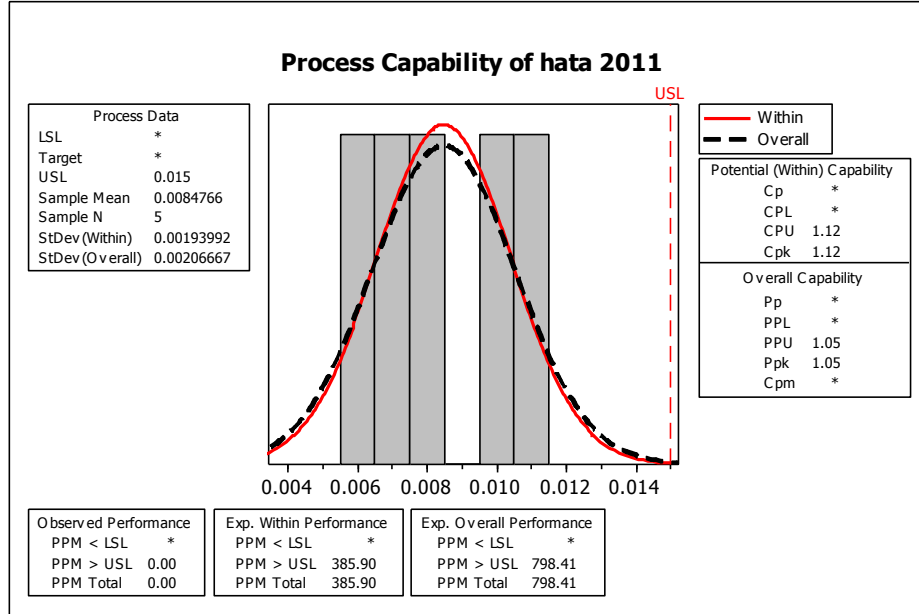
Tablo 30. İyileştirme Sonra Sigma Seviyeleri

Ocak	HATALI SAYISI	10	DPMO	6872.852
	ÜRETİM TOPLAMI	1455	Sigma Seviyesi	4.0
Şubat	HATALI SAYISI	18	DPMO	10285.71
	ÜRETİM TOPLAMI	1750	Sigma Seviyesi	3.8
Mart	HATALI SAYISI	21	DPMO	11052.63
	ÜRETİM TOPLAMI	1900	Sigma Seviyesi	3.8
Nisan	HATALI SAYISI	15	DPMO	7692.308
	ÜRETİM TOPLAMI	1950	Sigma Seviyesi	3.9
Mayıs	HATALI SAYISI	12	DPMO	6479.482
	ÜRETİM TOPLAMI	1852	Sigma Seviyesi	4.0
TOPLAM	HATALI SAYISI	76	DPMO	8532.615
	ÜRETİM TOPLAMI	8907	Sigma Seviyesi	3.9

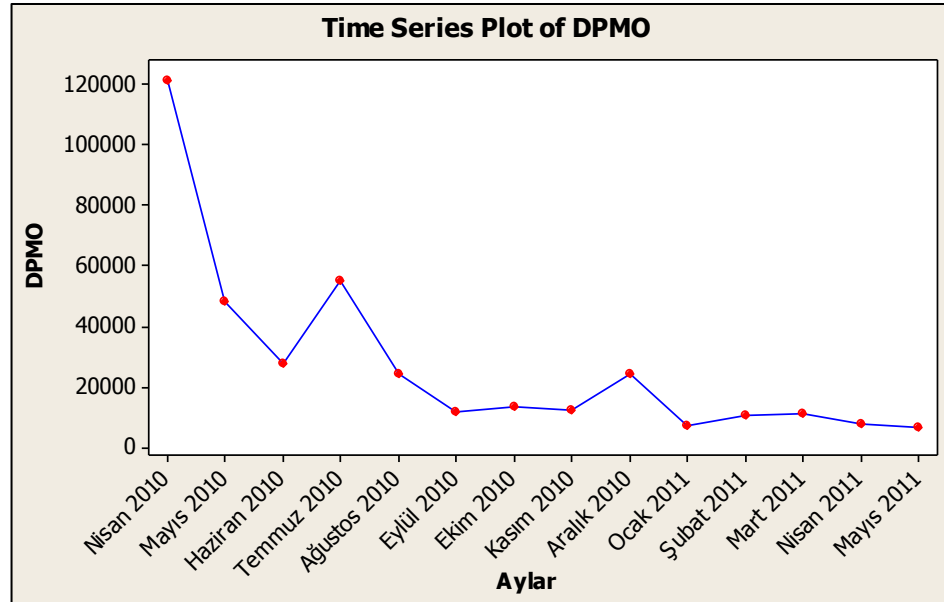
İyileştirme sonrası hurda oranlarının yeterlilik analizlerinin de yapılması gerekmektedir. İyileştirme öncesi P_{pk} değeri 0,60 olarak bulunmuş ve bu değer yüksek olması istenmişti. Yapılan analiz sonucu Şekil 79’da gösterilmektedir.

Burada P_{pk} değerinin 1.05 olduğu ve bu değer 1'den büyük olması nedeniyle operasyonun marjinal olarak şartname limitlerini karşıladığı söylenebilir.

Şekil 79. İyileştirme Sonrası Süreç Yeterlilik Analizi



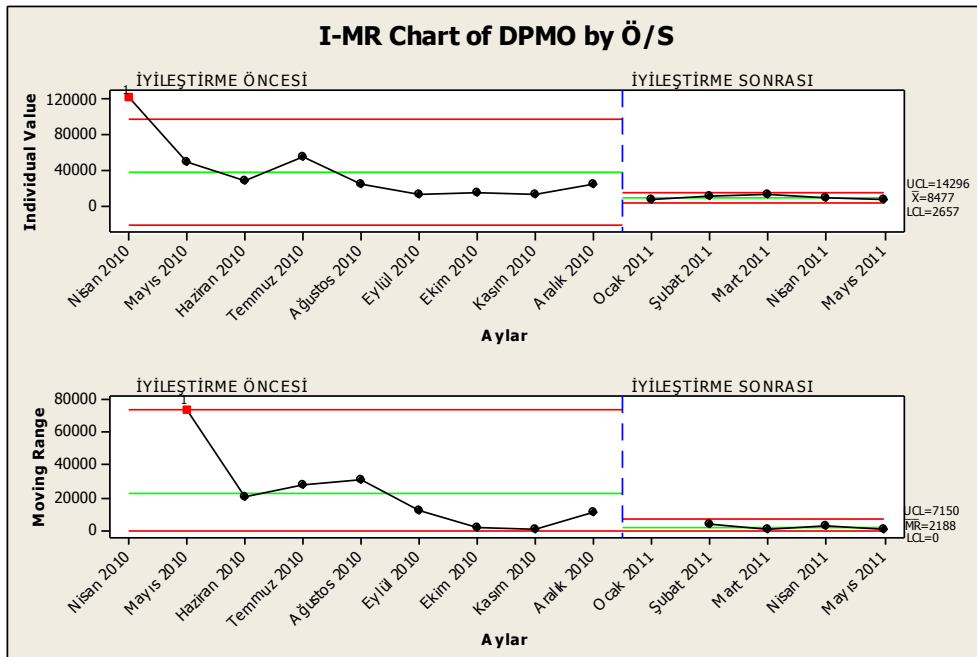
Şekil 80. Zaman Serisi Grafiği



Şekil 80'deki Nisan 2010'dan Mayıs 2011 tarihine kadar olan DPMO'ların zaman serisi grafiği incelendiğinde DPMO'ların azalan bir seyir izlediğini ve

iyileştirme faaliyetlerinin hurda sayısında önemli düşüşler sağladığını söyleyebiliriz. Şekil 81’de ise önce-sonra analizi verilmiştir. İyileştirme öncesi DPMO’ların yüksek değerler aldığı, aynı zamanda değişkenliğin fazla olduğu görülebilir. Diğer taraftan iyileştirme sonrası, değişkenliğin ve DPMO’ların azaldığını söyleyebiliriz. Ancak hurda oranlarında artışların olmaması için, standardizasyon sağlanması gerekecektir. Bunun için iş prosedürlerini gösteren yazılı metin hazırlanarak, tam olarak eğitim almamış çalışanlar tarafından bile kolaylıkla anlaşılabilir olması sağlanacaktır. İşin yapılış şekli, talimatlar, değişkenliğin nasıl azaltılması gerektiği ve öncelikler bu metin içinde yer alacaktır.

Şekil 81. Önce - Sonra Analizi



Buraya kadar yapılan tüm kontroller iyileştirmenin standart hale getirilerek, yüksek sigma seviyelerinde çalışılması amacı gütmektedir. Günlük yapılan ölçümler sonunda sigma seviyelerinin düşmesi durumunda hata yapılan operasyonlarda gerekli kontroller yapılarak, iyileştirme faaliyeti yapılması hususunda uyarı sistemi geliştirilmelidir.

Diğer bir önemli konu, süreçlerin daha hızlı olması ile ilgili yapılan yalın iyileştirme faaliyetleri idi. İyileştirme aşamasında kasnak üretim sürecinde kullanılan

yalın uygulamalarının sürekliliği sağlanacak ve iş yapılış şekli standart hale getirilecektir. Yapılan yalın iyileştirmelerin etkisine bakılacak olursa, Tablo 31’de mevcut durum ile gelecek durum akış haritası karşılaştırması verilmiştir. Tabloda tüm iyileştirme yüzdeleri en son sütunda yer almaktadır.

Tablo 31. Mevcut Durum ile Gelecek Durumun Karşılaştırılması

<i>Sıra No</i>	<i>Operasyon Adımları</i>		<i>Mevcut Durum</i>	<i>Gelecek Durum*</i>	<i>İyileştirme %</i>
1	Markalama & Kıvrırma & Puntalama	C/T	38,86 sn	33 sn	15
		Verim	54	80	48
		Setup	20 dk	7 dk	65
2	Alın Kaynak & Sıyırma & Çene Basma	C/T	80,79	75,50 sn	6
		Verim	71	78	10
		Setup	24 dk	8 dk	66
3	Ağız Açma	C/T	38,78 sn	37,50 sn	3
		Verim	39	62	58
		Setup	3	2,5 dk	16
4	Role 1-2-3	C/T	145 sn	145 sn	0
		Verim	85	87	2
		Setup	11 dk	5 dk	54
5	Kalibre	C/T	92,31 sn	85 sn	8
		Verim	90	94	4
		Setup	10 dk	5 dk	50
6	Taşlama	C/T	65 sn	60 sn	7
		Verim	100	100	0
		Setup	1 dk	1 dk	0
Toplam		C/T	461 sn	436 sn	5
		Verim	74	85	14
		Setup	69 dk	28,5 dk	58

* Ocak-Şubat-Mart-Nisan-Mayıs 2011 ortalama verileri

Tablo incelendiğinde ilk üç operasyonun eğitim almış tek bir operatör tarafından yürütülmesi sonucunda verim %80’e çıkmış ve setup süresi 7 dakikaya inmiştir. Aynı şekilde takip eden üç operasyonun da verimin %10’luk artış ile %78’lere ulaştığı ve setup süresinin de 24 dakikadan 8 dakikaya düşürüldüğü sonucuna ulaşılmıştır. Diğer operasyonlar için de verim ve setup sürelerinde iyileştirmeler sağlanarak, sürecin daha da hızlı olması sağlanmıştır. Yapılan iyileştirmelerin sürekliliğinin sağlanması yönünde çalışanlara sürekli olarak eğitimler verilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kalite hareketinin öncüsü Amerikalı fizikçi ve istatistikçi Dr. Deming'in 1970'li yılların başında Japonya'da, "İstatistiksel Kalite Kontrolün Temelleri" ve "İstatistiğin Kalite Kontrolde Kullanımı" konularında verdiği seminerler, Japonya'da kalite devrinin başlamasında etkin rol oynayarak, Japonya'yı tüm dünyaya ürün/hizmet pazarlamada büyük bir güç haline getirdi. Kalite kavramının böylesine etkin olduğu bir dönemde, Amerikalı şirketlerin köklü bir değişime cevapsız kalmaları, Japon şirketlerin pazarlarda elini daha da güçlendirdi.

Ancak, 1980 yılında Motorola'nın geliştirdiği sistem, hataları milyonda 3.4'e düşüren bir anlayışa sahipti. Bu anlayışı Altı Sigma adı ile duyuran Motorola, tarihindeki en büyük başarıyı yakalayarak, 1989 yılında Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülünü aldı. Motorola'nın bu başarısının ardından birçok büyük firma Altı Sigma felsefesini uygulamaya başladı. Kalite konusunda geliştirilen en iyi sistemin Altı Sigma olduğu düşünülürken, 2000'li yılların başında hem kalite iyileştirilmesine hem de süreçlerin yalınlaştırılmasına odaklanan Yalın Altı Sigma yöntemi ortaya çıktı. Böylece, 1950'li yıllardan bu yana, süreçlerin yalın hale getirilmesi amacıyla kullanılan Yalın Üretimin, Altı Sigma ile eş zamanlı olarak yürütülebileceği kanıtlandı.

Altı Sigma'nın değişkenlikleri azaltan felsefesi ile Yalın Üretimin israfın yok edilmesini isteyen anlayışı, bu çalışmanın esasını oluşturmuştur. Çalışmanın ilk bölümünde, Yalın Üretim kavramı, tarihi gelişimi, teknikleri ile değer kavramı anlatılmıştır. İkinci bölümde, Altı Sigma kavramı, tarihi gelişimi ve çalışanların rolleri ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise, Yalın Altı Sigma konusu ele alınmış, Yalın Üretim ile Altı Sigma'nın bir arada nasıl kullanılabileceği ve Yalın Altı Sigma araçları detaylı olarak anlatılmıştır.

Çalışmanın en son aşaması ise, Yalın Altı Sigma yöntemini firmanın tüm birimlerinde uygulamayı amaç edinmiş bir jant üretim işletmesi olan A firmasında yapılan uygulamayı içermektedir. Firma hakkında genel bilgiler ve firmada üretilen ürünlerin neler olduğu ile uygulama çalışmasına başlanmıştır. Altı Sigma iyileştirme

planı doğrultusunda, DMAIC adımları takip edilerek Yalın Üretim tekniklerinin, Altı Sigma teknikleri ile eş zamanlı olarak yapılmasını içeren uygulama aşamasına geçilmiştir. Uygulamada izlenen DMAIC adımları ve kullanılan teknikler sonucunda elde edilen bulgular özetle aşağıdaki gibidir,

Uygulama bölümünde, öncelikle Yalın Altı Sigma *tanımlama aşaması* ele alınarak, müşterinin sesi analizi sonucunda jantın fiyatı ile ilgili olumlu beklentileri karşılayabilecek CTQ'lara uygun iyileştirmeler yapılmasına karar verilmiştir. Müşteri beklentileri Kano Modeli ile tespit edilmiş, AHP yöntemi kullanılarak, proje belirlenmiştir. Ağaç diyagramı yardımıyla, "Jantın Fiyatı" için hataların azaltılması ve operatör sayısının azaltılarak sürecin hızlandırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Hurda sayısı bazında en çok hatanın meydana geldiği kasnak üretim süreci üzerine çalışma yapılması kararı alınmıştır. Proje beyanı ve SIPOC analizi ile yol haritası çizilmiş, Değer Akış Haritası ile sürecin görsel sunumu yapılmıştır. Veri toplama planı ile kasnak üretim süreci için gerekli veriler toplanarak, ölçmeye hazır hale getirilmiştir.

Ölçme aşamasında ise, ilk olarak ölçüm sistemi analizi ele alınmıştır. Ölçüm sistemi analizinde iki operatör tarafından kasnakların ikişer kez kontrolü sağlanarak, iki operatörün uzmanın aldığı kararlar kıyaslaması yapılmış ve ölçüm sisteminin güvenilirliği incelenmiştir. Veri toplama planı ile 555 kasnağın hatalı olduğu ve bunun 329'unun kalibre operasyonunda oluştuğu sonucuna ulaşılmıştır. Kalibre hatasının ölçüm sistemi analizi için rastgele 30 kasnak seçilerek, Nitel Gage&Gage Analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda %76,6'lık bir oranla karşılaşılmış ve operatörlerin ölçme teknikleri konusunda eğitim almaları hususunda karar alınmıştır. Ayrıca Nisan 2010'dan Aralık 2010'a kadar üretim bilgileri ışığında, sigma seviyeleri belirlenmiştir. Bu sürede üretilen 18640 adet kasnağın 555'i hurdaya ayrılmış, sigma seviyesi de 3.4 olarak hesaplanmıştır. Ölçümü yapılan diğer bir önemli konu, hurda oranı süreç yeterliliğidir. 0.60 olarak bulunan süreç yeterliliği, proses ortalamasının hedef değerden uzakta olduğunu göstermektedir. Eş zamanlı olarak yürütülen yalın ölçümler sonucunda kasnak üretim süreci için çevrim verimlilikleri hesaplanmıştır. Markalama, alın puntalama, çene basma ve ağız açma operasyonlarının % 70 verim

düzeyinin altında kalması nedeniyle, belirtilen operasyonlarda verim iyileştirmeleri yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca Takt Zamanı hesaplanılarak, kasnak üretim süreci için darboğazlar belirlenmiştir.

Analiz aşamasında kasnak üretim süreci ile ilgili olarak detaylı analizlere yer verilmiştir. Altı Sigma ve Yalın Üretim analiz yöntemlerinin kullanıldığı bu aşamada, kasnak üretim süreci akışını daha net görebilmemiz için ayrıntılı süreç analizine yer verilmiştir. Daha sonra hurda sebepleri balıklıçığı diyagramı yardımıyla irdelenerek, kalibre operasyonunda meydana gelen hataların pareto grafiği çizilmiştir. Buradan, en çok karşılaşılan hatanın kalibrede alın kaynak patlaması olduğu sonucu çıkmıştır. Analiz aşamasında ayrıca yalın analizlere yer verilmiştir. Tanımlama aşamasında çizilen değer akış haritasına, ölçme aşamasında elde edilen süreler işlenmiştir. Analiz aşamasında ise, katma değer yaratan süreler ile katma değer yaratmayan sürelerin analizleri yapılarak, çözüm önerileri getirilmiştir.

İyileştirme aşamasında, alın kaynak patlaması üzerine deney tasarımına yer verilmiştir. Altı Sigma ekibi, alın kaynak patlama nedeni olarak sac kalitesi ve operatör hatasına dikkat çekmişlerdir. İki farklı operatör ile iki farklı sac üreticisinden gelen sacın kasnağa dönüştürüldüğü 8 günlük süreç, deney tasarımı ilkeleri doğrultusunda takip edilmiştir. Deney tasarımından elde edilen sonuçların gösterildiği çok değişkenli grafik yardımıyla, Y firmasından gelen sacın X firmasından gelen saca göre kasnak üretimi için daha uygun olduğu ve B operatörünün A operatörüne göre kalıp değiştirmede daha az hata yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. ANOVA ile söz konusu değişkenlerin etkileri hipotez testleriyle de sınanmıştır. Yalın iyileştirmelere ise, ilk altı operasyonunda yalınlaştırma faaliyetleri ile başlanmıştır. Operatörlerin yeterlilikleri sınanarak, markalama, kıvrırma ve alın puntalama ile alın kaynak, sıyırma ve çene basma operasyonlarının birer operatör tarafından yapılmasının mümkün olabileceği görülmüştür. Böylelikle kasnak üretim süreci için 6 operatör yeterli görünmektedir. Setup sürelerinde, SMED yöntemi ile azalmaya gidilmiştir. Ayrıca katma değeri olmayan bekleme ve taşımalar için çekme sistemi uygulamasına geçilerek, 609 saniyelik bir iyileşme sağlanmıştır. Yalın iyileştirmelerin görsel sunumu tekrar revize edilen Gelecek Değer Akış Haritasında

detaylı olarak gösterilmiştir. Taşlama operasyonunda 5S faaliyetleri ile aletlerin daha düzenli olması sağlanmış ve taşlama biriminde temizliğe önem verilmiştir.

Uygulamanın son bölümünde yani *kontrol aşamasında* ise, yapılan iyileştirmelerde sürekliliğinin sağlanması için alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur. Ki-kare yöntemi kullanılarak, iyileştirme öncesi elde edilen sonuçlarla iyileştirme sonrası arasında anlamlı farklılık olup olmadığı test edilmiş ve anlamlı farklılık olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kalibre operasyonundaki hataların azaltıldığı, ancak yüzde bazında röle operasyonunda hataların arttığı gözlenmiştir. Sigma seviyelerine bakıldığında, iyileştirme öncesi 3.4 olan sigma seviyesinin iyileştirme sonrası 3.9'lara; süreç yeterliliğinin de 1.05'e yükseldiği tablo ve şekillerle gösterilmiştir. Önce-Sonra analizine yer verilerek, milyon fırsatta kusur sayısının (DPMO) iyileştirme öncesinin ve iyileştirme sonrasının görsel olarak sunumu yapılmış, iyileştirme sonrası DPMO değişkenliğinin azaldığı gözlenmiştir. Yalın iyileştirmelerin etkisi incelendiğinde, setup sürelerinde ve proses çevrim verimliliğindeki iyileştirmelerin olduğu ve bunun süreklilik sağlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Türkiye'de gerçekleştirilen çok sayıda Yalın Altı Sigma üzerine çalışma olmasına karşın, Yalın Üretim ve Altı Sigma'nın eş zamanlı olarak yürütüldüğü çalışma sayısı azdır. A firmasında yapılan Yalın Altı Sigma uygulamasında, bu iki yöntem eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Her bir DMAIC adımı, Altı Sigma ve Yalın Üretim, uygun teknikler ile ele alınmıştır. Proje seçiminin ardından, Altı Sigma ve Yalın Üretim teknikleri ilk aşamadan son aşamaya kadar bir arada yürütülmüştür.

Bu çalışma, Altı Sigma'nın proje odaklı yapısından ötürü en çok hatanın gözlemlendiği kasnak üretim sürecinde yapılmış ve uygulamanın tamamı bu bölümde ele alınmıştır. Ancak, iyileştirme sonrası kasnak üretim sürecinde hata yüzdeleri bazında farklı problemlerle karşı karşıya kalındığı gözlenmiştir. Yapılan ölçümlerde kalibreden kaynaklı hataların azaldığı, röleden kaynaklı hataların arttığı sonucundan hareketle, bir sonraki proje role operasyonunun iyileştirilmesi üzerine olmalıdır.

Tanımlama aşamasında ele alındığı üzere, müşterilerden, belirlenen istekler arasında ikili karşılaştırma yapmaları istenmiş ve AHP ile projenin seçilmesi kararı alınmıştır. Firmanın proje seçimi konusunda sadece müşterinin sesine değil, işin sesine de kulak vermesi gerekmektedir. İşin sesi ile seçilebilecek projelerin firmaya olan mali katkılarının neler olduğu, çalışanlara neler kazandıracacağı, rakiplere karşı ne gibi avantajlar sağlayacağı konularında bilgi sahibi olunabilecektir.

Yapılan uygulama sonunda, kasnak üretim sürecinin sigma seviyesini 3.4'ten 3.9'a yükseltmiştir. Yani iyileştirme öncesi üretilen her yüz kasnaktan yaklaşık 3'ünün hatalı (3.4 sigma seviyesi) olduğu bir ortamda, iyileştirme sonrası üretilen her yüz kasnaktan 0.8'i hatalı (3.9 sigma seviyesi) çıkmıştır. Temel olarak sigma seviyesinde meydana gelen bu artış kısa sürede gerçekleştiğinden, yapılan iyileştirmelerin uzun dönem etkilerinin de incelenmesi gerekmektedir.

Ayrıca, iyileştirme öncesi kasnak üretimi için 10 operatöre ihtiyaç duyulurken, iyileştirme sonrası bu sayı 6'ya düşürülmüştür. Bunun için, bazı operasyonlar birleştirilerek, bir operatör tarafından yapılması sağlanmıştır. İyileştirme sonrası katma değeri olmayan süreler ile setup sürelerinin azaldığı görülmüştür. Bu sürelerde daha fazla iyileştirme potansiyelinin olduğunu söylemek mümkündür. Çalışanların özellikle setup sürelerinde değişkenliğe neden olması nedeniyle, verilecek eğitimlerle bu sürelerde belirli bir standardizasyon getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca Yalın Üretim tekniklerinden 5S, seçilen bu projede sadece taşıma operasyonunda kullanılmıştır. 5S'in sürecin tamamına uygulanmasına çalışılmalıdır. Bu çalışmada amaca uygun olan Yalın Üretim teknikleri kullanılmıştır. Firmada yapılacak Yalın Altı Sigma projelerinde, diğer Yalın Üretim teknikleri de ele alınmalıdır.

Yapılan iyileştirmenin sonucu olarak aylık bazda ortalama 3503,72 TL'lik tasarruf elde edilmiştir. Bu tasarruf, satış fiyatlarının düşürülmesinde yeterlidir. Jant satış fiyatında düşüşün, satışları ve böylece karı arttıracığını söyleyebiliriz. Ayrıca, firmanın elde edilen kazançların kısa dönemli getirilerine bakarak karar vermemesi gerekmektedir. Yalın Altı Sigma yaklaşımının bir işletmeye yerleşmesi kısa vadeli bir faaliyet olmadığı ve değişimin öncelikle kültürel bir değişim olduğu gerçeği

işletme geneline yayılmadığı sürece Yalın Altı Sigma'ya dair yöntemler ve araçlar geçici olarak problem çözümünden öteye gidemeyeceği açıktır. Bu sebeple, üst yönetim Yalın Altı Sigma faaliyetlerini sonuna kadar desteklemelidir.

Uygulama yapılan firmada, Yalın Altı Sigma geçmişinin olmamasından ötürü bazı kısıtlardan söz etmek mümkündür. Firma Yalın Altı Sigma yönteminde yeni olduğundan, Altı Sigma'nın en temel öğeleri olan kuşak sahibi çalışanlara sahip değildir. Çalışanların bilgisi ve tecrübesi Yalın Altı Sigma'nın firmada uygulanabilmesine büyük katkı sağlamasına karşın, bu yaklaşımın firmada süreklilik kazanabilmesi için kuşak sahibi çalışanlara ihtiyaç olduğu açıktır. Üst düzey yöneticiler (müdürler) tarafından Yalın Altı Sigma yönteminin firmada uygulamaya geçirildiği söylene de, yöntemin firma ortakları tarafından da benimsenmiş olması gerekmektedir. Tüm bu kısıtları giderebilmek için firmanın işletme dışından sağlayacağı bir Uzman Kara Kuşak ile bu konuda ilerleme sağlanması mümkün görünmektedir. Uzman Kara Kuşak olarak seçilecek çalışanın liderlik ve öğreticilik vasfına sahip olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akçagün, E. (2006). *Hazır Giyim İşletmelerinde Yalın Üretim Tekniklerinin Araştırılması*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Akgeyik, T. (1998). *Stratejik Üretim Yönetimi*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.

Akın, B. (1996). *İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri*. İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.

Anthony, J. (2004). Six Sigma In The UK Service Organisations: Results From A Pilot Survey. *Managerial Auditing Journal*. 19(8):1006-1013.

Arnheiter, E.D. ve Maleyeff, J. (2005).The Integration of Lean Management and Six Sigma. *The TQM Magazine*. 17(1):5-18.

Arthur, J. (2007). *Lean Six Sigma Demystified*. ABD: McGraw-Hill.

Atakurt, Y. (1999). Lojistik Regresyon Analizi ve Tıp Alanında Kullanımına İlişkin Bir Uygulama. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*. 52(4):191-199.

Atan, M. ve Çatalbaş, E. (2004). *Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemleri ile Türk Bankacılık Sektöründe Çok Boyutlu Mali Başarısızlık Tahmin Modelleri Oluşturulması*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi 4. İstatistik Günleri Sempozyumu.

Baskan, Ş. (1993). *Uygulamalı İstatistik*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

Bass, I. (2007). *Six Sigma Statistics with Excel and Minitab*. ABD: The McGraw-Hill Companies.

Baş, T. (2003). *Altı Sigma*. E-Kitap. Kalite Ofisi Yayınları No:5. <http://www.frmtr.com/tip-biyoloji-farmakoloji/721690-6-sigma-dr-turker-bas.html> (28 Ocak 2011).

Baykasoğlu, A., Dereli, T., Yılankırkan, N. ve Yılankırkan, A. (2003). *Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ve Gaziantep'te Orta Ölçekli Bir Firmada Uygulanması*. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Konya Şubesi. II. Makina Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi. (26-27 Eylül 2003).

Behara, R.S., Fontenot, G.F. ve Gresham, A. (1995). Customer Satisfaction Measurement and Analysis Using Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 12(3):9-18.

Berger, C., Blauth, R., Boger, D., Bolster, C., Burchill, G., DuMouchel, W., Pouliot, F., Richter, R., Rubinoff, A. Shen, D., Timko, M. ve Waiden, D. (1993). A Special Issue on Kano's Methods for Understanding Customer-Defined Quality. *Center for Quality of Management Journal*. 2(4):3-35.

Bertels, T. (2006). *Integrating Lean and Six Sigma*. http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1386:integrating-lean-and-six-sigma&Itemid=156&tmpl=component&print=1 (01 Mart 2011).

Birgün, S., Gülen, K.G. ve Özkan, K. (2006). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 5(9):147-159

Black, J. ve Miller, D. (2008). *The Toyota Way to Healthcare Excellence: Increase Efficiency and Improve Quality with Lean*. ABD: Foundation of The American College of Healthcare Executives.

Borusan Lojistik. *VOC*. <http://www.borusanlojistik.com.tr/YonetimSistemleri.aspx> (01 Mart 2011).

Bosch Üretim Sistemi. <http://www.forum-manufacturep.org/documentos/eventos/workshop-beyond-lean-manufacturing/Bosch.pdf> (13 Ocak 2011).

Bozkurt, R. (2003). *Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri*. Ankara: Mert Matbaası.

Brassard, M., Finn, L., Ginn, D. ve Ritter, D. (2002). *The Six Sigma Memory Jogger II*. ABD: GOAL / QPC.

Breyfogle, F.W. (1999). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. ABD: John Wiley & Sons.

Brue, G. (2002). *Six Sigma for Managers*. ABD: McGraw-Hill Companies.

Burnak, N. (1997). *Toplam Kalite Yönetimi-İstatistiksel Süreç Kontrolü*. Eskişehir: TEKAM Yayın.

Can, N. (2006). *Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılarak Diferansiyel Kovan Üretimi Sürecinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Bursa: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Cardiff University. *The Five Principles of Lean Thinking*. <http://www.cardiff.ac.uk/lean/principles/index.html> (13 Ocak 2011).

Cause & Effect Matrix. http://www.processma.com/resource/cause_and_effect_matrix.htm (2 Mart 2011).

Cause & Effect Matrix. www.csun.edu/~jnh05640/CEmatrix_template.xls (02 Mart 2011).

Chen, C. ve Roth, H. (2005). *The Big Book of Six Sigma Training Games: Proven Ways to Teach Basic DMAIC Principles and Quality Improvement Tools*. ABD: McGraw-Hill Professional.

Coşkun, A. (2009). Mükemmellik Tutkusu: Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma. *Bilim Teknik Dergisi*. 42(502):70-75.

Cusumano, M.A. (1989). *The Japanese Automobile Industry: Technology and Management at Nissan and Toyota*. Cambridge: Harvard University Asia Center.

Çapan, S. (1993). Üretim Yönetiminde Yeni Bir Sistem: 5S. *Verimlilik Dergisi*. 22(1): 141-168.

Çetin, E. (2007). *Altı Sigma ve Yönetimde Bir Uygulama*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çetinkaya, K. (2000). *Toplam Tasarım*. Ankara: Gazi Büro Kitabevi.

Çevik, A.B. (2004). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Yalın Üretim Uygulanması*. Yayınlanmamış Tezsiz Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çil, B. (2008). *İstatistik*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Dağada, B. (2006). *Yalın Üretim*. http://www.vdm.com.tr/tr/admin/my_documents/my_files/968_YALIN_YONETIM-1.pdf (14 Ocak 2011).

Delice, E.K. ve Güngör, Z. (2008). Müşteri İsteklerinin Sınıflandırılmasında Kano Model Uygulaması. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Akademik Bilişim Konferansları*. 2008:193-198.

Demir, H. ve Gümüšoğlu Ş. (2003). *Üretim Yönetimi - İşlemler Yönetimi*. İstanbul: Beta Basım.

Dennis, P. (2002). *Lean Production Simplified: A Plain Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. New York: Productivity Press.

Dirgo, R.T. (2006). *Look Forward?: Beyond Lean and Six Sigma*. ABD: Aircraft Braking Systems Corporation.

Doğan, Ö.İ. (2000). Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2(1):25-50.

Donnet, P. (1992). *Japonya Dünyayı Satın Alıyor*. İstanbul: Varlık Yayınları.

Dumitrescu, C.D., Tent, I.D. ve Dumitrescu, E.C.I. (2010). Lean Six Sigma Principles. *DAAAM International*. 21(1):433-435.

Durmuşoğlu, T. (2010). *Borusan Grubu'nda Yalın 6 Sigma*. İzmir: Mükemmelliği Arayış Sempozyumu.

Eckes, G. (2001). *The Six Sigma Revolution: How General Electric and Others Turned Process Into Profits*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Eckes, G. (2005). *Herkes için Altı Sigma*. İstanbul: Kapital Medya Hizmetler A.Ş.

Ehrlich, B. H. (2002). *Transactional Six Sigma and Lean Servicing: Leveraging Concepts to Achieve World-Class Service*. ABD: CRC Press LLC.

Elhan, A.H. (1997). *Lojistik Regresyon Analizinin İncelenmesi ve Tıpta Bir Uygulaması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Eraslan, E. *Üretim Yönetimi Sistemleri*. <http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/PMS.doc> (18 Ocak 2011).

Erdoğan, Ö. (2006). *İplik Eğirmede Bilgisayar Destekli Proses Kontrol*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Eren İ. (2004). *Patateslerin Osmotik Dehidrasyonunun "Response Surface" Metodu Kullanılarak Optimizasyonu*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Evans, J.R. ve Lindsay, W.M. (2005). *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*. ABD: South-Western College Pub.

Evolution of the Lean Sigma Philosophy. <http://www.tbmcg.com/about-tbm/leansigma.html> (27 Şubat 2011).

Evren, E. (2006). *Altı Sigma Metodolojisi ve Bir İşletmede Örnek Uygulama*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Filiz, A. (2004). *Hata Önleme*. <http://www.atillafiliz.com/makale.php?id=74> (22 Ocak 2011).

FMEA. www.fmeainfocentre.com/tools/FMEA%20TOOLS2.xls (03 Mart 2011).

Freeman, C. ve Soete, L. (2003). *Yenilik İktisadı*. Ankara: Tübitak Yayınları.

George, M.L., Rowlands, D. ve Kastle, B. (2005). *Yalın Altı Sigma Nedir?*. Ankara: SPAC Yayınları.

George, M.L., Rowlands, D., Price, M. ve Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity*. ABD: McGRAW-HILL.

Gerger, A. ve Firuzan, A.R. (2010). Yalın Altı Sigma Projelerinin Başarısız Olma Nedenleri. *Journal of Yasar University*. 20(5):3383-3393.

Girenes, S.Ş. (2006). *Yalın Altı Sigma Metodolojisi ve Uygulaması*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Gitlow, H.S. ve Levine, D.M. (2005). *Six Sigma for Green Belts and Champions: Foundations, DMAIC, Tools, Cases and Certification*. ABD: Prentice Hall.

Gökçe, İ. (2006). *Mevcut Üretim Sürecinin Yalın Üretim Yaklaşımıyla Yeniden Yapılandırılması ve Bir Uygulama*. Yayınlanmış Tezsiz Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Göncü, Y. ve Ay, N. (2008). Yanıt Yüzey Metodu (RSM) ile Bor Nitürün Saflaştırılmasının Eniyilemesi. 2. *Bor Çalıştayı. Bildiriler Kitabı*. 161-167.

Görenes, A. ve Yenen, V.Z. (2007). İşletmelerde Toplam Verimli Bakım Çalışmaları Kapsamında Yapılan Faaliyetler ve Verimliliğe Katkıları. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 6(11):47-63.

Greg, B. (2006). *Six Sigma for Small Business*. ABD: Entrepreneur Media.

Guarraia, P., Carey, G., Corbett, A. ve Neuhaus, K. (2008). *Lean Six Sigma For Manufacturing*. ABD: Bain & Company.

Gupta, P. (2004). *Six Sigma Business Scorecard: Ensuring Performance for Profit*. ABD: McGraw-Hill.

Gültekin, F. (2008). *Regresyon Analizi*. <http://fikretgultekin.com/yukseklisans/Regresyon%20Analizi.pdf> (04 Mart 2011)

Gümüőöglu, Ő. (1996). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ő.

Gümüőöglu, Ő. ve Tütek, H.H. (2008). *Sayısal Yöntemler Yönetmel Yaklaşım*. İstanbul: Beta Basım-Yayım Dağıtım A.Ő.

Gürsakał, N. (2005). *Altı Sigma: Müőterli Odaklı Yönetim*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Gürsakał, N. ve Oğuzlar, A. (2003). *Altı Sigma*. Bursa: Vıpaő Yayınları.

Harmon, P. (2007). *Business Process Change: A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals, Second Edition*. ABD: Morgan Kaufmann Publishers.

Harry, M.J. ve Schroeder, R.R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. ABD: Doubleday Business.

Havuz, T. (2007). *Anod Çamurundaki Kurşunun Sodyum Karbonatlı Ortamda Giderilmesi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Henderson, K.M. ve Evans, J.R. (2000). Successful Implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*. 7(4): 260-281.

Ho, Y.C., Chang, O.C. ve Wang, W.B. (2008). An Empirical Study of Key Success Factors for Six Sigma Green Belt Projects at an Asian MRO Company. *Journal of Air Transport Management*. 14: 263–269.

Hoerl, R.W. (2001). Six Sigma Black Belts: What Do They Need to Know?. *Journal of Quality Technology*. 33(4):391-406.

Hong, G.Y. ve Goh, T.N. (2003). Six Sigma in Software Quality. *The TQM Magazine*. 15(6): 364-373.

Hostetler, D. (2010). Improve Your Accounting Firm Processes Using Lean Six Sigma. *Journal of Accountancy*. January 2010: 38-42.

Hutchins, D.C. (1999). *Just in Time*. ABD: Gower Publishing Company.

Ingle, S. ve Roe, W. (2001). Six Sigma Black Belt Implementation. *The TQM Magazine*. 13(4): 273-280.

Işığışok, E. (2004). *Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol*. Bursa: Ezgi Kitabevi.

Jiang, J.C., Chen, K.H ve Wu, M.C. (2004). Integration of Six Sigma and Lean Production. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Integration+of+six+sigma+and+lean+production#0> (01 Mart 2011).

Kanakana, M.G, Pretorius, I.H.C. ve Wyk, B.V. (2010). Lean Six Sigma Framework to Improve Throughput Rate. *IEEE Xplore*. 186-2120114:862-866.

Kano, N., Nobuhiku, S., Fumio, T. ve Shinichi, T. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*. 14(2):39-48.

Kansoy, O. ve Dirgar, E. (2008). Altı Sigma Nedir?. *e-Journal of New World Sciences Academy*. 4(1):14-23.

Karaca, M.E. *Tam Zamanında Üretim (JIT)*. http://www.sistemim.com.tr/article_tr_jit.htm (17 Ocak 2011).

Karadaş, A. (2010). *Sanayide Deney Tasarımı Uygulaması*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karlsson, C. ve Ahlström, P. (1996). *The Difficult Path to Lean Product Development*. ABD: Journal of Product Innovation Management.

Kasap, Ş. (2006). *F-4 Uçaklarında Yakıt Tüketimini Etkileyen Faktörlerin 2ⁿ Deneyleri ve Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kayacık, S. (2010). *Yalın Altı Sigma Metodolojisi ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Konya Abigem Yalın Üretim Programı. *Yalın Üretim*. <http://www.abigem.net/TR/Genel/KonyaBelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFAAF6AA849816B2EFB2647BE0DD925A83> (15 Aralık 2010).

Konya Abigem Yalın Üretim Programı. *Yalın Üretim*. http://www.abigem.org/appmanager/tr/portal?_nfpb=true&_pageLabel=pageKobiUretim&nodeName=KobiUretim_13 (27 Aralık 2010).

Köse, M.S. (2009). *Altı Sigma ve Firmaların Altı Sigma'ya Bakış Açısı: Sivas ve Kayseri İli Örneği*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kumar, D. (2006). *Six Sigma Best Practices: A Guide to Business Process Excellence for Diverse Industries*. ABD: J.Ross Publishing.

Lean Six Sigma For Dummies. <http://www.dummies.com/how-to/content/lean-six-sigma-for-dummies-cheat-sheet.html> (27 Şubat 2011).

Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S. ve Choo, A.S. (2003). Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective. *Journal of Operations Management*. 21:193-203.

Locher, D.A. (2008). *Value Stream Mapping The Development Process: A How-to Guide For Streamlining Time to Market*. ABD: Productivity Press.

Magnusson, K., Kroslid, D. ve Bergman, B. (2003). *Six Sigma: The Pragmatic Approach*. İsveç: Studentlitteratur AB.

Manufactus GmbH. *Examples for Kanban Cards*. <http://www.manufactus.com/products/examples-for-kanban-cards/en> (17 Ocak 2011).

McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L. ve Gupta, P. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*. ABD: McGraw-Hill.

Nedir Yalın Altı Sigma?. http://www.sasa.com.tr/tr/K_6Sigma.asp (27 Şubat 2011).

Ocak, G. *Anova Testi*. <http://www2.aku.edu.tr/~gocak/Arastirmayontem/Anova%20Testi.pdf> (05 Mart 2011).

Ohno, T. (1998). *Toyota Ruhu: Toyota Üretim Sisteminin Doğuşu ve Evrimi*. İstanbul: Scala Yayıncılık.

Okur, A.S. (1997). *Yalın Üretim: 2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayi İçin Yapılanma Modeli*. İstanbul: Söz Yayın.

Özçelikel, H. (1994). *Japon Yönetim Sistemleri*. İstanbul: MESS Eğitim Vakfı Yayınları.

Özdemir, Y. (2004). *Altı Sigma Metodolojisinin Toplam Çevrim Süresi Üzerine Uygulanması: "Yalın Altı Sigma"*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özgen, G. (2006). *Altı Sigma Metodolojisi ve Elektrik Sektöründe Bir Uygulama*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özmez, D. (2006). *Bir Üretim Organizasyonu Olarak Yalın Üretim Sistemi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özsoy, O. (2005). *İktisatçılar ve İşletmeciler için İstatistik*. Ankara: Siyasal Kitabevi.

Öztürk, A. (2009). *Kalite Yönetimi ve Planlaması*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.

Öztürkcan, M. (2006). *İstatistik*. İstanbul: Ege Basım.

Özveri, O. (2007). *Kalite Yolculuğu*. İzmir: Altın Nokta Basım Yayın Dağıtım.

Pande, P. ve Holpp, L. (2002). *What is Six Sigma?*. ABD: Mc.Graw-Hill.

Pande, P.S., Neuman, R.P. ve Cavanaugh, R.R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE Motorola and Other Top Companies are Honing Their Performance*. New York: McGraw-Hill.

Pande, P.S., Neuman, R.P. ve Cavanaugh, R.R. (2002). *The Six Sigma Way Team Fieldbook An Implementation Guide for Project Improvement Teams*. New York: McGraw-Hill.

Patır, S. (2008). Kalite Anlayışında Altı Sigma Yaklaşımı. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*. 7(24):63-83.

Polat, A., Cömert, B. ve Arıtürk, T. (2003). *Altı Sigma Nedir?*. Ankara: Pelin Ofset Matbaacılık.

Polat, A., Cömert, B. ve Arıtürk, T. (2005). *Altı Sigma Vizyonu*. Ankara: Pelin Ofset Matbaacılık.

Polk, J.D. (2011). Lean Six Sigma, Innovation, and The Change Acceleration Process Can Work Together. *American College of Physician Executives*. 37(1):38-42.

PQA's Products & Services. *Value Stream Mapping*. <http://www.pqa.net/ProdServices/leanmfg/ValueMapping.html> (13 Ocak 2011).

Pyzdek, T. (2000). *The Six Sigma Revolution*. <http://www.bxlnc.com/download/The-Six-Sigma-Revolution.pdf> (16 Ocak 2011).

Pyzdek, T. (2003a). *Six Sigma Handbook : A Complete Guide For Greenbelts, Blackbelts And Managers At All Levels*. New York: McGraw Hill.

Pyzdek, T. (2003b). *The Six Sigma Project Planner: A Step-by step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC*. ABD: McGraw-Hill Professional.

Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd. (2003). *Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance*. ABD: Environmental Protection Agency.

Rother, M. ve Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. ABD: Lean Enterprise Institute.

S.P.A.C. Altı Sigma Danışmanlık Yeşilkuşak Eğitim Notları. (2003).

S.P.A.C. Yalın Altı Sigma Danışmanlığı. http://www.spac.com.tr/tu/_danismanlik/_proses/deney_tasarimi.html (03 Mart 2011).

S.P.A.C. Yalın Altı Sigma Danışmanlığı. http://www.spac.com.tr/downloads/brosurler/yalin_danismanligi.pdf (01 Mart 2011).

Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. ABD: McGraw-Hill International Book Co.

Saaty, T.L. (1999). *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. ABD: RWS Publications.

Sandal, C. (2008). *ISO 9001: 2000 ile Altı Sigma'nın Bütünleştirilmesi ve Bir Otomotiv Şirketi Uygulaması*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Sayer, N.J. ve Williams, B. (2007). *Lean For Dummies*. ABD: Wiley Publishing.

Seath, I.J. (2008). *Defining a Process with SIPOC*. <http://ianjseath.files.wordpress.com/2009/04/sipoc.pdf> (01 Mart 2011).

Serper, Ö. (2000). *Uygulamalı İstatistik*. Bursa: Ezgi Kitabevi.

Sharma, U. (2003). Implementing Lean Principles With The Six Sigma Advantage: How A Battery Company Realized Significant Improvements. *Six Sigma Journal of Organizational Excellence*. Summer 2003:43-52.

Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing-the SMED System*. Cambridge: Productivity Press.

SIPOC Diyagramı. <http://www.modernanalyst.com/Careers/InterviewQuestions/tabid/128/articleType/ArticleView/articleId/599/What-is-a-SIPOC-Diagram.aspx> (01 Mart 2011).

Sivaslı, E. (2006). *İşletme Süreçlerinde Yalın Tekniklerin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Six Sigma Define Define - Measure - Analyze - Improve - Control. <http://www.6sigma.us/dmaic-step-one-define.php> (21 Ocak 2011).

Spiegel, M.R. ve Stephens, L.J. (2010). *Teori ve Problemlerle İstatistik*. ABD: McGraw-Hill. (Çeviri: Esin, A. ve Çelebioğlu, S. Nobel Yayın Dağıtım).

Stephen, F., Raisinghani, M.S., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G. ve Daripaly, P. (2005). Six Sigma: Concepts, Tools, And Applications. *Industrial Management & Data Systems*. 105(4):491-505.

Süt, N. ve Şenocak, M. (2007). Relatif Risk Ölçütünün Odds Oranı, Atfedilen Risk ve Tedaviye Gerekli Sayı Ölçütleriyle Karşılaştırılması. *Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 24(3):213-221.

Şanyılmaz, M. (2006). *Deney Tasarımı ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemi ile Bir Uygulama*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Taghizadegan, S. (2006). *Essentials of Lean Six Sigma*. ABD: Academic Press.

Tan, K.C. ve Shen, X.X. (2000). Integrating Kano's Model in The Planning Matrix of Quality Function Deployment. *Total Quality Management*. 11(8):1141-1151.

Tanrıverdi, H., Eleren, A., Turan, A.H., Kesim, E., Direzinci, A., Aliyazıcıoğlu, C. ve Mordoğan, M.A. (2011). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Lisans Yayıncılık.

Tapping, D. (2007). *The Lean Pocket Guide Tool for Elimination of Waste*. Chealse: MCS MEDIA.

Tapping, D. ve Kremer, R. (2005). *The Lean Manufacturing Training Set*. Chelsea: National Association of NAJS- MCS MEDIA.

The 5 'S' Process: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke <http://www.siliconfareast.com/5S.htm> (19 Ocak 2011).

Togay, M.A., Demir, C., Menteşe, E.B. ve Duman H.İ. (2007). *6-Sigma Tekniklerinin Kullanımı ile Yüksek Basınç Alüminyum Dökümde Porozite Sakatının Azaltılması*. <http://www.componenta.com/UserFiles/componenta/File/PDF/4%20D>

%C3%B6k%C3%BCm%20Kongresi_Tebliğ_6%20Sigma%20tekniklerinin%20kullanimi%20ile%20yüksek%20bas%C4%B1nc%20alüminyum%20dokumde%20porozite%20sakatinin%20azaltılması.pdf, 4. Döküm Kongresi. (16 Ocak 2011).

Ünnü, K. (2003). *Yalın Üretim Sistemi ve Yardımcı Teknikleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ünver, Ö. ve Galgam, H. (2008). *Uygulamalı Temel İstatistik Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Kitabevi.

Üreten, S. (1998). *Üretim/İşlemler Yönetimi, Planlama-Denetim Kararları, Karar Modelleri ve İyileştirme Yaklaşımları*. Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları.

Varyans Analizi. http://www.istatistikanaliz.com/varyans_analizi.asp (05 Mart 2011).

Voss, C.A. (1995). *Operations Management From Taylor To Toyota And Beyond?*. ABD: British Journal Of Management.

Wilson, M. P. (1999). *Six Sigma: Understanding the Concept, Implications and Challenges, Advanced System Consultants*. ABD: Advanced Systems Consultants.

Womack, J.P. ve Jones, D.T. (1996). *Yalın Düşünce*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.

Womack, J.P., Jones, D.T. ve Roos, D. (1990). *Dünyayı Değiştiren Makine*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.

Wyman, O. (2007). *Keystone of Lean Six Sigma: Strong Middle Management*. www.oliverwyman.com/ow/pdf_files/AAD-MiddleManagement.pdf (01 Mart 2011).

Wyper, B. ve Harison, A. (2000). *Deployment of Six Sigma Methodology in Human Resource Function: A Case Study*. *Total Quality Management*. 11(4-5-6):720-727.

Yağar, H. (2001). *Tam Zamanında Üretim (JIT)*. <http://enm.blogcu.com/tam-zamaninda-uretim-jit/9448633> (16 Ocak 2011).

Yağcızeybek, S. (30 Ağustos 2007). *Altı Sigma Nedir?*. <http://www.morfikirler.com/yazi/alti-sigma-nedir> (15 Aralık 2010).

Yalın Altı Sigma. http://www.results.com.tr/cozumler/yalin_alti_sigma (26 Şubat 2011).

Yalın Enstitü. *Yalın Düşünce'nin İlkeleri*. [http://www.yalinenstitu.org.tr/index.php?option=com_content &task= view&id= 60 &Itemid=13](http://www.yalinenstitu.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=13) (13 Ocak 2011).

Yamak, O. (2007). *Üretim Yönetimi: Sistemsel Bir Yaklaşım*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.

Yang, K. ve El-Haik B.S. (2009). *Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development*. ABD: McGraw-Hill Companies.

Yavuz, S. (2006). *Altı Sigma Yaklaşımı ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulama*. Yayınlanmış Doktora Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yeter, S. (2004). *Transfer Sistemli Son Montaj Üretim Bandı Tasarımı, Kurulumu ve İşletilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Edirne: Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yönel, A.R. (2000). *Yalın Üretim ve Altı Sigma Arasındaki İlişki*. http://www.lean.org.tr/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=170 (01 Mart 2011).

Yüksel, K.E. (2000). *Yalın Üretim ve Bazı Yalın Üretim Teknikleri (SMED, TVB, Tek-Parça Akışı, Kalite Çemberleri)* http://www.tpmdanismanlik.com/yal_n__retim_4.pdf (27 Aralık 2010).

Yüzer, A.F., Ağaoğlu, E., Tatlıdil, H., Özmen, A. ve Şıklar, E. (2007). *İstatistik*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Zidel, T.G. (2006). *A Lean Guide to Transforming Healthcare*. ABD: ASQ Quality Press.

EKLER

Ek 1. Ayrıntılı Süreç Sigma Değerleri

Sigma	DPMO	Yüzde	Sigma	DPMO	Yüzde
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Ek 2. Temel Akış Diyagramı Şekilleri



Ek 3. Hata Olasılığı Değerlendirilmesi (OCC)

Hata Olasılığı	Hata Oranları	C _{pk}	Derece
Hemen hemen kesin	$\geq 1/2$	$< 0,33$	10
Çok yüksek	1/3	$\geq 0,33$	9
Yüksek	1/8	$\geq 0,51$	8
	1/20	$\geq 0,67$	7
Orta	1/80	$\geq 0,83$	6
	1/400	$\geq 1,00$	5
	1/2000	$\geq 1,17$	4
Düşük	1/15000	$\geq 1,33$	3
Çok düşük	1/150000	$\geq 1,50$	2
Hemen hemen olanaksız	$\leq 1/1500000$	$\geq 1,67$	1

Ek 4. Etkinin Önem Derecesinin Değerlendirilmesi (SEV)

Etki	Etkinin önem derecesi	Derece
Tehlikeli - ikaz olmadan	Emniyetle ilgili bir arıza Hata bir ikaz olmadan meydana gelir	10
Tehlikeli - ikazla	Emniyetle ilgili bir arıza Hata bir ikazla meydana gelir	9
Çok yüksek	Ürün birincil fonksiyonlarını kaybederek kullanılamaz hale gelir.	8
Yüksek	Ürün performansı azalmış bir şekilde kullanılabilir. Müşteri memnuniyetsizliği ortaya çıkar.	7
Orta	Ürün kullanılabilir ama müşteri ürünü kullanırken bazı rahatsızlıklar duyar.	6
Düşük	Ürün kullanılabilir ama müşteri ürünü kullanırken biraz rahatsızlık duyar.	5
Çok düşük	Hata müşterilerin çoğu tarafından fark edilir.	4
Küçük	Hata ortalama müşteri tarafından fark edilir.	3
Çok küçük	Hata ancak dikkatli müşteriler tarafından fark edilir.	2
Etki yok	Hatanın hiç etkisi yok.	1

Ek 5. Hatanın Saptanabilirliğinin Değerlendirilmesi (DET)

	Hatanın Saptanabilirliği Kriterleri	Derece
Hemen hemen olanaksız	Kontrollerin hata türünü saptama olanağı yok	10
Çok uzak bir olasılık	Kontrollerin hata türünü saptaması çok zor	9
Uzak bir olasılık	Kontrollerin hata türünü saptaması zor	8
Çok düşük	Kontrollerin hata türünü saptama olanağı çok düşük	7
Düşük	Kontrollerin hata türünü saptama olanağı düşük	6
Orta	Kontrollerin hata türünü saptama olanağı orta derecede	5
Ortanın üstü	Kontrollerin hata türünü saptama olanağı ortanın üstünde	4
Yüksek	Kontrollerin hata türünü saptama olanağı yüksek	3
Çok yüksek	Kontrollerin hata türünü saptama olanağı çok yüksek	2
Hemen hemen kesin	Kontrollerin hata türünü saptaması hemen hemen kesin	1

Ek 6. Standart Normal Dağılım (1)

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	5.00E-01	4.96E-01	4.92E-01	4.88E-01	4.84E-01	4.80E-01	4.76E-01	4.72E-01	4.68E-01	4.64E-01
0.1	4.60E-01	4.56E-01	4.52E-01	4.48E-01	4.44E-01	4.40E-01	4.36E-01	4.33E-01	4.29E-01	4.25E-01
0.2	4.21E-01	4.17E-01	4.13E-01	4.09E-01	4.05E-01	4.01E-01	3.97E-01	3.94E-01	3.90E-01	3.86E-01
0.3	3.82E-01	3.78E-01	3.75E-01	3.71E-01	3.67E-01	3.63E-01	3.59E-01	3.56E-01	3.52E-01	3.48E-01
0.4	3.45E-01	3.41E-01	3.37E-01	3.34E-01	3.30E-01	3.26E-01	3.23E-01	3.19E-01	3.16E-01	3.12E-01
0.5	3.09E-01	3.05E-01	3.02E-01	2.98E-01	2.95E-01	2.91E-01	2.88E-01	2.84E-01	2.81E-01	2.78E-01
0.6	2.74E-01	2.71E-01	2.68E-01	2.64E-01	2.61E-01	2.58E-01	2.55E-01	2.51E-01	2.48E-01	2.45E-01
0.7	2.42E-01	2.39E-01	2.36E-01	2.33E-01	2.30E-01	2.27E-01	2.24E-01	2.21E-01	2.18E-01	2.15E-01
0.8	2.12E-01	2.09E-01	2.06E-01	2.03E-01	2.01E-01	1.98E-01	1.95E-01	1.92E-01	1.89E-01	1.87E-01
0.9	1.84E-01	1.81E-01	1.79E-01	1.76E-01	1.74E-01	1.71E-01	1.69E-01	1.66E-01	1.64E-01	1.61E-01
1.0	1.59E-01	1.56E-01	1.539E01	1.52E-01	1.49E-01	1.47E-01	1.45E-01	1.42E-01	1.40E-01	1.38E-01
1.1	1.36E-01	1.34E-01	1.31E-01	1.29E-01	1.27E-01	1.25E-01	1.23E-01	1.21E-01	1.19E-01	1.17E-01
1.2	1.15E-01	1.13E-01	1.11E-01	1.09E-01	1.08E-01	1.06E-01	1.04E-01	1.02E-01	1.00E-01	9.85E-02
1.3	9.68E-02	9.51E-02	9.34E-02	9.18E-02	9.01E-02	8.85E-02	8.69E-02	8.53E-02	8.38E-02	8.23E-02
1.4	8.08E-02	7.93E-02	7.78E-02	7.64E-02	7.49E-02	7.35E-02	7.21E-02	7.08E-02	6.94E-02	6.81E-02
1.5	6.68E-02	6.55E-02	6.43E-02	6.30E-02	6.18E-02	6.06E-02	5.94E-02	5.82E-02	5.71E-02	5.59E-02
1.6	5.48E-02	5.37E-02	5.26E-02	5.16E-02	5.05E-02	4.95E-02	4.85E-02	4.75E-02	4.65E-02	4.55E-02
1.7	4.46E-02	4.36E-02	4.27E-02	4.18E-02	4.09E-02	4.01E-02	3.92E-02	3.84E-02	3.75E-02	3.67E-02
1.8	3.59E-02	3.52E-02	3.44E-02	3.36E-02	3.29E-02	3.22E-02	3.14E-02	3.07E-02	3.01E-02	2.94E-02
1.9	2.87E-02	2.81E-02	2.74E-02	2.68E-02	2.62E-02	2.56E-02	2.50E-02	2.44E-02	2.39E-02	2.33E-02
2.0	2.28E-02	2.22E-02	2.17E-02	2.12E-02	2.07E-02	2.02E-02	1.97E-02	1.92E-02	1.88E-02	1.83E-02
2.1	1.79E-02	1.74E-02	1.70E-02	1.66E-02	1.62E-02	1.58E-02	1.54E-02	1.50E-02	1.46E-02	1.43E-02
2.2	1.39E-02	1.36E-02	1.32E-02	1.29E-02	1.26E-02	1.22E-02	1.19E-02	1.16E-02	1.13E-02	1.10E-02
2.3	1.07E-02	1.04E-02	1.02E-02	9.90E-03	9.64E-03	9.39E-03	9.14E-03	8.89E-03	8.66E-03	8.42E-03
2.4	8.20E-03	7.98E-03	7.76E-03	7.55E-03	7.34E-03	7.14E-03	6.95E-03	6.76E-03	6.57E-03	6.39E-03
2.5	6.21E-03	6.04E-03	5.87E-03	5.70E-03	5.54E-03	5.39E-03	5.23E-03	5.09E-03	4.94E-03	4.80E-03
2.6	4.66E-03	4.53E-03	4.40E-03	4.27E-03	4.15E-03	4.02E-03	3.91E-03	3.79E-03	3.68E-03	3.57E-03
2.7	3.47E-03	3.36E-03	3.26E-03	3.17E-03	3.07E-03	2.98E-03	2.89E-03	2.80E-03	2.72E-03	2.64E-03
2.8	2.56E-03	2.48E-03	2.40E-03	2.33E-03	2.26E-03	2.19E-03	2.12E-03	2.05E-03	1.99E-03	1.93E-03
2.9	1.87E-03	1.81E-03	1.75E-03	1.70E-03	1.64E-03	1.59E-03	1.54E-03	1.49E-03	1.44E-03	1.40E-03
3.0	1.35E-03	1.31E-03	1.26E-03	1.22E-03	1.18E-03	1.14E-03	1.11E-03	1.07E-03	1.04E-03	1.00E-03
3.1	9.68E-04	9.35E-04	9.04E-04	8.74E-04	8.45E-04	8.16E-04	7.89E-04	7.62E-04	7.36E-04	7.11E-04
3.2	6.87E-04	6.64E-04	6.41E-04	6.19E-04	5.98E-04	5.77E-04	5.57E-04	5.38E-04	5.19E-04	5.01E-04
3.3	4.84E-04	4.67E-04	4.50E-04	4.34E-04	4.19E-04	4.04E-04	3.90E-04	3.76E-04	3.63E-04	3.50E-04
3.4	3.37E-04	3.25E-04	3.13E-04	3.02E-04	2.91E-04	2.80E-04	2.70E-04	2.60E-04	2.51E-04	2.42E-04
3.5	2.33E-04	2.24E-04	2.16E-04	2.08E-04	2.00E-04	1.93E-04	1.86E-04	1.79E-04	1.72E-04	1.66E-04
3.6	1.59E-04	1.53E-04	1.47E-04	1.42E-04	1.36E-04	1.31E-04	1.26E-04	1.21E-04	1.17E-04	1.12E-04
3.7	1.08E-04	1.04E-04	9.97E-05	9.59E-05	9.21E-05	8.86E-05	8.51E-05	8.18E-05	7.85E-05	7.55E-05
3.8	7.25E-05	6.96E-05	6.69E-05	6.42E-05	6.17E-05	5.92E-05	5.68E-05	5.46E-05	5.24E-05	5.03E-05
3.9	4.82E-05	4.63E-05	4.44E-05	4.26E-05	4.09E-05	3.92E-05	3.76E-05	3.61E-05	3.46E-05	3.32E-05
4.0	3.18E-05	3.05E-05	2.92E-05	2.80E-05	2.68E-05	2.57E-05	2.47E-05	2.36E-05	2.26E-05	2.17E-05
4.1	2.08E-05	1.99E-05	1.91E-05	1.82E-05	1.75E-05	1.67E-05	1.60E-05	1.53E-05	1.47E-05	1.40E-05
4.2	1.34E-05	1.29E-05	1.23E-05	1.18E-05	1.13E-05	1.08E-05	1.03E-05	9.86E-06	9.43E-06	9.01E-06
4.3	8.62E-06	8.24E-06	7.88E-06	7.53E-06	7.20E-06	6.88E-06	6.57E-06	6.28E-06	6.00E-06	5.73E-06
4.4	5.48E-06	5.23E-06	5.00E-06	4.77E-06	4.56E-06	4.35E-06	4.16E-06	3.97E-06	3.79E-06	3.62E-06
4.5	3.45E-06	3.29E-06	3.14E-06	3.00E-06	2.86E-06	2.73E-06	2.60E-06	2.48E-06	2.37E-06	2.26E-06
4.6	2.15E-06	2.05E-06	1.96E-06	1.87E-06	1.78E-06	1.70E-06	1.62E-06	1.54E-06	1.47E-06	1.40E-06
4.7	1.33E-06	1.27E-06	1.21E-06	1.15E-06	1.10E-06	1.05E-06	9.96E-07	9.48E-07	9.03E-07	8.59E-07
4.8	8.18E-07	7.79E-07	7.41E-07	7.05E-07	6.71E-07	6.39E-07	6.08E-07	5.78E-07	5.50E-07	5.23E-07
4.9	4.98E-07	4.73E-07	4.50E-07	4.28E-07	4.07E-07	3.87E-07	3.68E-07	3.50E-07	3.32E-07	3.16E-07

Ek 7. Standart Normal Dağılım (2)






























Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
5.0	3.00E-07	2.85E-07	2.71E-07	2.58E-07	2.45E-07	2.32E-07	2.21E-07	2.10E-07	1.99E-07	1.89E-07
5.1	1.80E-07	1.71E-07	1.62E-07	1.54E-07	1.46E-07	1.39E-07	1.31E-07	1.25E-07	1.18E-07	1.12E-07
5.2	1.07E-07	1.01E-07	9.59E-08	9.10E-08	8.63E-08	8.18E-08	7.76E-08	7.36E-08	6.98E-08	6.62E-08
5.3	6.27E-08	5.95E-08	5.64E-08	5.34E-08	5.06E-08	4.80E-08	4.55E-08	4.31E-08	4.08E-08	3.87E-08
5.4	3.66E-08	3.47E-08	3.29E-08	3.11E-08	2.95E-08	2.79E-08	2.64E-08	2.50E-08	2.37E-08	2.24E-08
5.5	2.12E-08	2.01E-08	1.90E-08	1.80E-08	1.70E-08	1.61E-08	1.53E-08	1.44E-08	1.37E-08	1.29E-08
5.6	1.22E-08	1.16E-08	1.09E-08	1.03E-08	9.78E-09	9.24E-09	8.74E-09	8.26E-09	7.81E-09	7.39E-09
5.7	6.98E-09	6.60E-09	6.24E-09	5.89E-09	5.57E-09	5.26E-09	4.97E-09	4.70E-09	4.44E-09	4.19E-09
5.8	3.96E-09	3.74E-09	3.53E-09	3.34E-09	3.15E-09	2.97E-09	2.81E-09	2.65E-09	2.50E-09	2.36E-09
5.9	2.23E-09	2.11E-09	1.99E-09	1.88E-09	1.77E-09	1.67E-09	1.58E-09	1.49E-09	1.40E-09	1.32E-09
6.0	1.25E-09	1.18E-09	1.11E-09	1.05E-09	9.88E-10	9.31E-10	8.78E-10	8.28E-10	7.81E-10	7.36E-10
6.1	6.94E-10	6.54E-10	6.17E-10	5.81E-10	5.48E-10	5.16E-10	4.87E-10	4.59E-10	4.32E-10	4.07E-10
6.2	3.84E-10	3.61E-10	3.40E-10	3.21E-10	3.02E-10	2.84E-10	2.68E-10	2.52E-10	2.38E-10	2.24E-10
6.3	2.11E-10	1.98E-10	1.87E-10	1.76E-10	1.66E-10	1.56E-10	1.47E-10	1.38E-10	1.30E-10	1.22E-10
6.4	1.15E-10	1.08E-10	1.02E-10	9.59E-11	9.02E-11	8.49E-11	7.98E-11	7.51E-11	7.06E-11	6.65E-11
6.5	6.25E-11	5.88E-11	5.53E-11	5.20E-11	4.89E-11	4.60E-11	4.32E-11	4.07E-11	3.82E-11	3.59E-11
6.6	3.38E-11	3.18E-11	2.98E-11	2.81E-11	2.64E-11	2.48E-11	2.33E-11	2.19E-11	2.06E-11	1.93E-11
6.7	1.82E-11	1.71E-11	1.60E-11	1.51E-11	1.42E-11	1.33E-11	1.25E-11	1.17E-11	1.10E-11	1.04E-11
6.8	9.72E-12	9.13E-12	8.57E-12	8.05E-12	7.56E-12	7.10E-12	6.66E-12	6.26E-12	5.87E-12	5.52E-12
6.9	5.18E-12	4.86E-12	4.56E-12	4.28E-12	4.02E-12	3.77E-12	3.54E-12	3.32E-12	3.12E-12	2.93E-12
7.0	2.75E-12	2.58E-12	2.42E-12	2.27E-12	2.13E-12	2.00E-12	1.87E-12	1.76E-12	1.65E-12	1.55E-12
7.1	1.45E-12	1.36E-12	1.28E-12	1.20E-12	1.12E-12	1.05E-12	9.88E-13	9.26E-13	8.69E-13	8.15E-13
7.2	7.64E-13	7.16E-13	6.72E-13	6.30E-13	5.90E-13	5.54E-13	5.19E-13	4.86E-13	4.56E-13	4.28E-13
7.3	4.01E-13	3.76E-13	3.52E-13	3.30E-13	3.09E-13	2.90E-13	2.72E-13	2.55E-13	2.39E-13	2.24E-13
7.4	2.10E-13	1.96E-13	1.84E-13	1.72E-13	1.62E-13	1.51E-13	1.42E-13	1.33E-13	1.24E-13	1.17E-13
7.5	1.09E-13	1.02E-13	9.58E-14	8.98E-14	8.41E-14	7.87E-14	7.38E-14	6.91E-14	6.47E-14	6.06E-14
7.6	5.68E-14	5.32E-14	4.98E-14	4.66E-14	4.37E-14	4.09E-14	3.83E-14	3.58E-14	3.36E-14	3.14E-14
7.7	2.94E-14	2.76E-14	2.58E-14	2.42E-14	2.26E-14	2.12E-14	1.98E-14	1.86E-14	1.74E-14	1.63E-14
7.8	1.52E-14	1.42E-14	1.33E-14	1.25E-14	1.17E-14	1.09E-14	1.02E-14	9.58E-15	8.97E-15	8.39E-15
7.9	7.85E-15	7.35E-15	6.88E-15	6.44E-15	6.02E-15	5.64E-15	5.28E-15	4.94E-15	4.62E-15	4.32E-15
8.0	4.05E-15	3.79E-15	3.54E-15	3.31E-15	3.10E-15	2.90E-15	2.72E-15	2.54E-15	2.38E-15	2.22E-15
8.1	2.08E-15	1.95E-15	1.82E-15	1.70E-15	1.59E-15	1.49E-15	1.40E-15	1.31E-15	1.22E-15	1.14E-15
8.2	1.07E-15	9.99E-16	9.35E-16	8.74E-16	8.18E-16	7.65E-16	7.16E-16	6.69E-16	6.26E-16	5.86E-16
8.3	5.48E-16	5.12E-16	4.79E-16	4.48E-16	4.19E-16	3.92E-16	3.67E-16	3.43E-16	3.21E-16	3.00E-16
8.4	2.81E-16	2.62E-16	2.45E-16	2.30E-16	2.15E-16	2.01E-16	1.88E-16	1.76E-16	1.64E-16	1.54E-16
8.5	1.44E-16	1.34E-16	1.26E-16	1.17E-16	1.10E-16	1.03E-16	9.60E-17	8.98E-17	8.40E-17	7.85E-17
8.6	7.34E-17	6.87E-17	6.42E-17	6.00E-17	5.61E-17	5.25E-17	4.91E-17	4.59E-17	4.29E-17	4.01E-17
8.7	3.75E-17	3.51E-17	3.28E-17	3.07E-17	2.87E-17	2.68E-17	2.51E-17	2.35E-17	2.19E-17	2.05E-17
8.8	1.92E-17	1.79E-17	1.68E-17	1.57E-17	1.47E-17	1.37E-17	1.28E-17	1.20E-17	1.12E-17	1.05E-17
8.9	9.79E-18	9.16E-18	8.56E-18	8.00E-18	7.48E-18	7.00E-18	6.54E-18	6.12E-18	5.72E-18	5.35E-18
9.0	5.00E-18	4.68E-18	4.37E-18	4.09E-18	3.82E-18	3.57E-18	3.34E-18	3.13E-18	2.92E-18	2.73E-18
9.1	2.56E-18	2.39E-18	2.23E-18	2.09E-18	1.95E-18	1.83E-18	1.71E-18	1.60E-18	1.49E-18	1.40E-18
9.2	1.31E-18	1.22E-18	1.14E-18	1.07E-18	9.98E-19	9.33E-19	8.73E-19	8.16E-19	7.63E-19	7.14E-19
9.3	6.67E-19	6.24E-19	5.83E-19	5.46E-19	5.10E-19	4.77E-19	4.46E-19	4.17E-19	3.90E-19	3.65E-19
9.4	3.41E-19	3.19E-19	2.98E-19	2.79E-19	2.61E-19	2.44E-19	2.28E-19	2.14E-19	2.00E-19	1.87E-19
9.5	1.75E-19	1.63E-19	1.53E-19	1.43E-19	1.34E-19	1.25E-19	1.17E-19	1.09E-19	1.02E-19	9.56E-20
9.6	8.94E-20	8.37E-20	7.82E-20	7.32E-20	6.85E-20	6.40E-20	5.99E-20	5.60E-20	5.24E-20	4.90E-20
9.7	4.58E-20	4.29E-20	4.01E-20	3.75E-20	3.51E-20	3.28E-20	3.07E-20	2.87E-20	2.69E-20	2.52E-20
9.8	2.35E-20	2.20E-20	2.06E-20	1.93E-20	1.80E-20	1.69E-20	1.58E-20	1.48E-20	1.38E-20	1.29E-20
9.9	1.21E-20	1.13E-20	1.06E-20	9.90E-21	9.26E-21	8.67E-21	8.11E-21	7.59E-21	7.10E-21	6.64E-21
10.0	6.22E-21	5.82E-21	5.44E-21	5.09E-21	4.77E-21	4.46E-21	4.17E-21	3.91E-21	3.66E-21	3.42E-21

Ek 8. Müşteri İstek Kategorilerinin Belirlenmesi Anket Formu

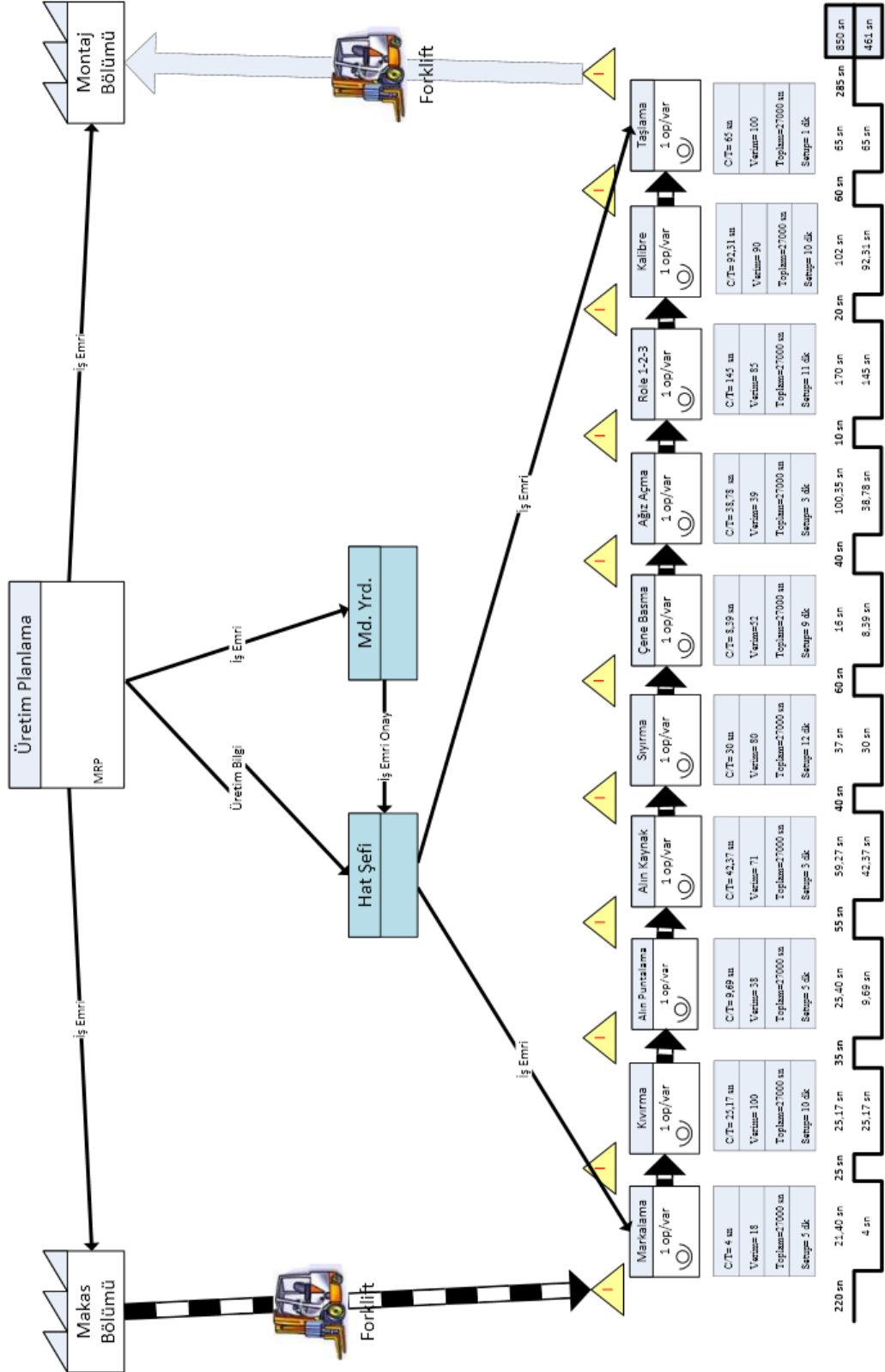
No	SORULAR	Hoşlanırım	Öyle olmalı	Fark etmez	Olmasa da Olur	Hoşlanmam
1	(P) Jantın taşıma kapasitesinin artması sizi nasıl etkiler?					
	(N) Jantın taşıma kapasitesinin azaltılması sizi nasıl etkiler?					
2	(P) Jantların uzun ömürlü olması sizi nasıl etkiler?					
	(N) Jantların ömrünün kısa olması sizi nasıl etkiler?					
3	(P) Jantların fiyatının düşmesi sizi nasıl etkiler?					
	(N) Jantların fiyatının artması sizi nasıl etkiler?					
4	(P) Jantların daha hafif olması sizi nasıl etkiler?					
	(N) Jantların mevcut halinden daha ağır olması sizi nasıl etkiler?					
5	(P) Jantların lastikleri yıpratmaması sizi nasıl etkiler?					
	(N) Jantların lastikleri yıpratması sizi nasıl etkiler?					
6	(P) Jantların frenlerin ömrünü ve performansını uzun tutması sizi nasıl etkiler?					
	(N) Jantların frenlerin ömrünü ve performansını kısaltması sizi nasıl etkiler?					
7	(P) Jantla ilgili sorun olduğunda çözümün hızlı sağlanması sizi nasıl etkiler?					
	(N) Jantla ilgili sorun olduğunda çözümün yavaş olması sizi nasıl etkiler?					

P= Olumlu Soru, N= Olumsuz Soru

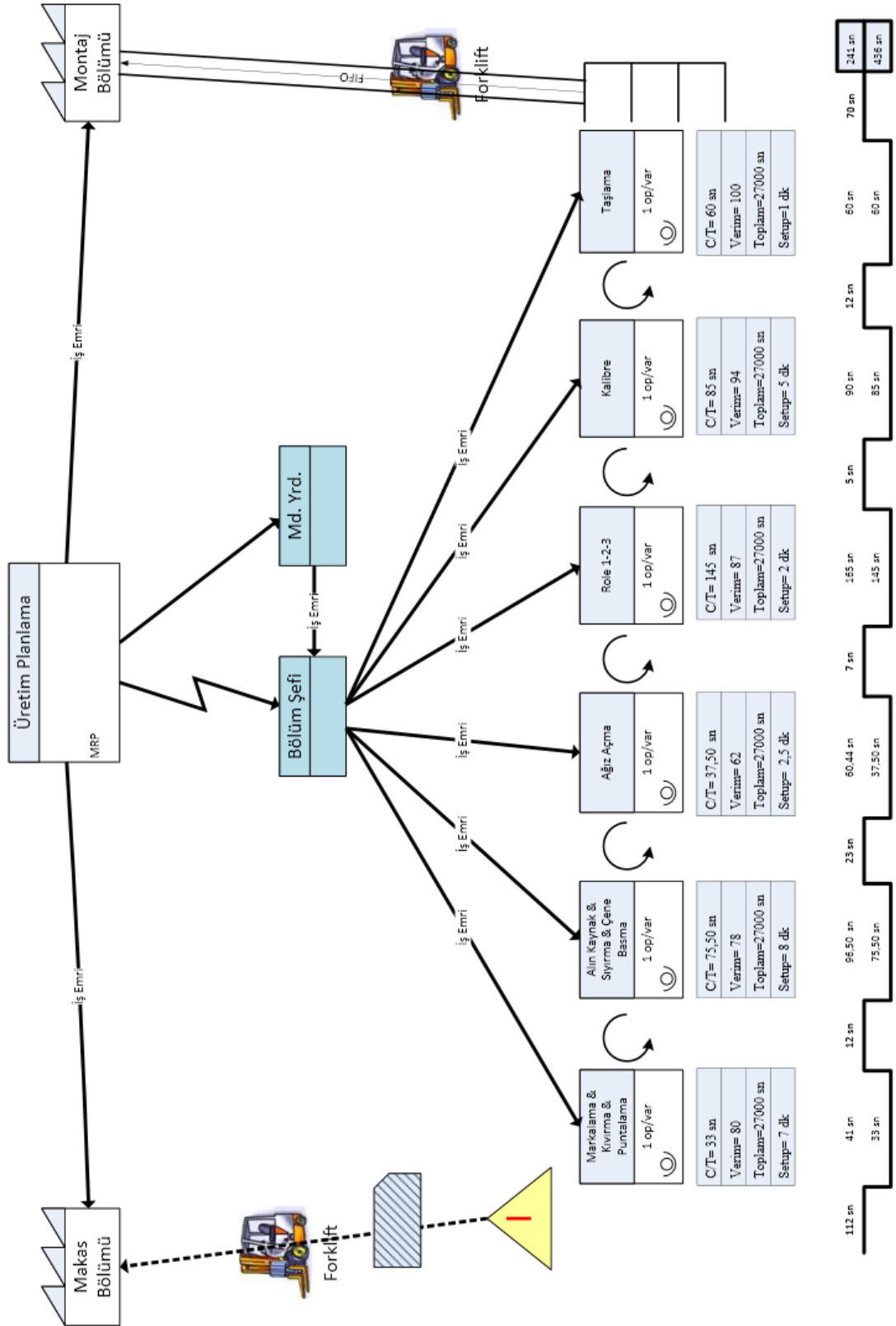
Ek 9. Değer Akış Haritalama Şekilleri

 İşlem	 Envanter	 İtme oku	 Müşteri/Te...
 Sevkiyat oku	 Sevkiyat kamyonu	 Üretim denetimi	 El ile bilgi
 Elektronik bilgi	 Veri tablosu	 Zaman çizelg...	 Zaman çizelg...
 Üretim kanbanı	 Çekme kanbanı	 Parti üretim kanbanı	 Parti çekme kanbanı
 Sinyal kanbanı	 Kanban postası	 Süpermarket	 Emniyet/İht... stoğu
 FIFO çıkışı	 Çekme oku 1	 Çekme oku 2	 Çekme oku 3
 Çekme oku 4	 Kaizen patlaması	 Fiziksel çekme	 Sıralı çekme noktası
 Yük dengeleme			

Ek 10. Mevcut Durum Değer Akış Haritası



Ek 11. Gelecek Durum Değer Akış Haritası



Ek 12. 2011 Yılı Üretim Bilgisi

OPERASYON ADI	HATA SAYISI	ÜRETİM	2011	HATA AÇIKLAMA	HATA TÜRLERİ		
AĞIZ AÇMA	1 adet	1455 adet	Ocak	Ağız açmada Kasnak ezilmiş	MAKİNE		
AĞIZ AÇMA	2 adet			Malzeme yüzeyi bozuk (üretici)	MAKİNE		
KALİBRE	1 adet			Alın kaynak kılcal çatlak	MAKİNE		
ROLE	3 adet			Boncuk çapı büyük	TEZGAH		
KALİBRE	2 adet			Malzeme yüzeyinde yırtılma	MAKİNE		
KALİBRE	1 adet			Resim revize olmuş	MAKİNE		
AĞIZ AÇMA	2 adet	1750 adet	Şubat	Malzeme yüzeyi bozuk (üretici)	MAKİNE		
KALİBRE	1 adet			Kalibrede alın kaynak patlak	MAKİNE		
ROLE	2 adet			Kasnak Çatlak	MAKİNE		
ROLE	3 adet			Kasnakta röle izi var	TEZGAH		
KALİBRE	1 adet			Resim revize olmuş	MAKİNE		
ROLE	2 adet			Kulak yüksekliği küçük	MAKİNE		
KALİBRE	3 adet			Kulaktan Patlak	İŞÇİLİK		
ROLE	4 adet			Malzeme yüzeyinde yırtılma	MAKİNE		
AĞIZ AÇMA	3 adet	1900 adet	Mart	Ağız açmada Kasnak ezilmiş	MAKİNE		
ROLE	2 adet			Kulak yüksekliği küçük	MAKİNE		
ALIN KAYNAK	2 adet			Alın kaynak kılcal çatlak	AYAR		
KALİBRE	2 adet			Kalibrede alın kaynak patlak	MAKİNE		
ROLE	4 adet			Kasnak Çatlak	MAKİNE		
ROLE	3 adet			Kulak Dik	MAKİNE		
ROLE	1 adet			Kulak genişliği küçük	İŞÇİLİK		
KALİBRE	3 adet			Malzeme yüzeyi bozuk (üretici)	MAKİNE		
ROLE	1 adet			Malzeme yüzeyi bozuk (üretici)	MAKİNE		
AĞIZ AÇMA	1 adet			1950 adet	Nisan	Ağız açmada ya da Rölede alın kaynaktan patlak	MAKİNE
KALİBRE	3 adet	Malzeme yüzeyi bozuk (üretici)	MAKİNE				
AĞIZ AÇMA	1 adet	Bijon delikleri çapları farklı	İŞÇİLİK				
KALİBRE	1 adet	Kalibrede alın kaynak patlak	MAKİNE				
ROLE	1 adet	Kasnak Çatlak	MAKİNE				
ROLE	4 adet	Kasnakta röle izi var	TEZGAH				
ROLE	1 adet	Kenar Kesmede set kalmış	TEZGAH				
ROLE	1 adet	Kulak genişliği küçük	TEZGAH				
KALİBRE	1 adet	Parça ya da malzeme yüzeyinin pürüzlülüğü fazla	MAKİNE				
AĞIZ AÇMA	1 adet	Porya çapı büyük	İŞÇİLİK				
AĞIZ AÇMA	3 adet	1852 adet	Mayıs			Malzeme yüzeyi bozuk (üretici)	MAKİNE
KALİBRE	1 adet					Ağız açmada ya da Rölede alın kaynaktan patlak	KALIP
KALİBRE	1 adet			Kalibrede alın kaynak patlak	KALIP		
ROLE	1 adet			Kulak genişliği küçük	TEZGAH		
ROLE	2 adet			Kulak yüksekliği küçük	AYAR		
ROLE	2 adet			Kulaklar Genişliği Eşit Değil	KALIP		
ROLE	2 adet			Rölede profil bozuk	TEZGAH		