



T. C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI

YALIN ALTI SİGMA

VE

BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA

DOKTORA TEZİ

YEŞİM KAYGUSUZ

BURSA 2017

T. C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI

**YALIN ALTI SİGMA
VE
BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

YEŞİM KAYGUSUZ

PROF. DR. FERAY ÇELİKÇAPA

BURSA 2017

T. C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

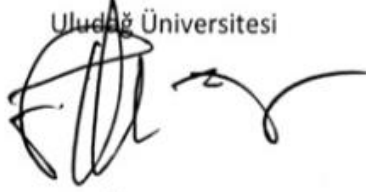
İŞLETME Anabilim/Ana sanat Dalı, ÜRETİM/PAZARLAMA . Bilim Dalı 'nda
7.10.91.4006 numaralı .YEŞİM KAYGUSUZ 'un hazırladığı "YALIN ALTI SİGMA VE BİR
ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA" konulu Doktora ile ilgili tez savunma sınavı, 02.02./
2017 günü 13.00 - 15.00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar
sonunda adayın tezinin/çalışmasının başarılı (başarılı/başarısız) olduğuna
..... oy birliği (oy birliği/oy çokluğu) ile karar verilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu

Başkanı)

Prof.Dr. Feray Çelikçapa

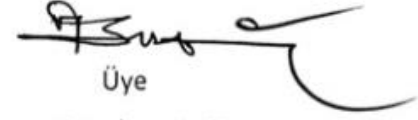
Uludağ Üniversitesi



Üye

Prof.Dr. Ayşe Oğuzlar

Uludağ Üniversitesi



Üye

Prof.Dr. İsmail Efil

Uludağ Üniversitesi



Üye

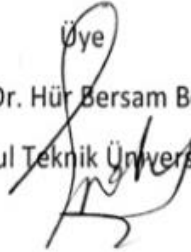
Prof.Dr. Alp Baray

İstanbul Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Hür Bersam Bolat

İstanbul Teknik Üniversitesi



Name Surname: YESİM KAYGUSUZ
Student No: 710914006
Department: İŞLETME
Program: _____
Status: Masters Ph.D.

Yemin Metni

Doktora tezi olarak sunduğum "YALIN ALTI SİGMA VE BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA" Başlıklı çalışmanın bilimsel araştırma, yazma ve etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığına ve tezde yapılan bütün alıntılarının kaynaklarının usulüne uygun olarak gösterildiğine, tezimde intihal ürünü cümle veya paragraflar bulunmadığına şerefim üzerine yemin ederim.



Tarih ve İmza

07.07.2017



ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 07.07.2017

Tez Başlığı / Konusu: YALIN ALTI SİGMA VE BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 350 sayfalık kısmına ilişkin, 07.07.2017 tarihinde şahsım tarafındanT.Ü.R.N.17.11..... adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'dür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dahil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

07.07.2017

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: YESİM KATGULUĞ

Öğrenci No: 710914006

Anabilim Dalı: İŞLETME

Programı:

Statüsü: Y.Lisans Doktora

ÖZET

Yazar Adı ve Soyadı : Yeşim Kaygusuz
Üniversite : Uludağ Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı : İşletme
Bilim Dalı : Üretim Yönetimi ve Pazarlama
Tezin Niteliği : Doktora Tezi
Sayfa Sayısı : XIX+ 327
Mezuniyet Tarihi : / / 20.....
Tez Danışman (lar)ı : Prof. Dr. Feray Çelikçapa

YALIN ALTI SİGMA VE BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Bu tezde Yalın ve Altı Sigma yöntemlerinin bir arada kullanılması ile geliştirilen Yalın Altı Sigma yöntemi, bu yöntemde kullanılan istatistiki ve istatistiki olmayan araçlar ve yöntemler açıklanmakta ve bu yöntemin bir üretim firmasında uygulanabilirliği üzerinde çalışılmaktadır. Tez, üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde süreç iyileştirmenin gelişimi başlığı altında süreç iyileştirmenin gelişimi, süreç iyileştirme seçim modeli, süreç iyileştirme projelerinin seçimini etkileyen hususlar, Altı Sigma ve Yalın Üretim alt başlıklarına yer verilmektedir. Birinci bölümde özellikle Yalın Altı Sigma'nın alt yapısı oluşturulmuştur. Altı Sigma başlığı altında ise, temel kavramlar, Altı Sigma'nın yönetsel boyutu ve teknik boyutu, varyasyon, müşterinin sesi, Altı Sigma projelerinin başarılı olma koşulları, Altı Sigma projelerinin seçimi ve yönetimi, Altı Sigma projelerinin ekibi ve yönetimi açıklanmaktadır. Yalın Üretim başlığı altında ise, değer tanımlanması, hedef maliyet, değer akışının belirlenmesi ve analizi, sürekli akış, çekme sistemi, sürekli iyileştirme ve Yalın uygulamalarında başarıyı etkileyen unsurlar açıklanmaktadır.

İkinci bölümde ise, Yalın Altı Sigma başlığı altında DMAIC döngüsü alt başlıklar halinde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Öncelikli olarak Yalın ve Altı Sigma'nın birlikte kullanılmasının sağlayacağı faydalar ve ilkeler, Yalın Altı Sigma (YAS) modelinin işleyişi, YAS projesinin nasıl oluşturulacağı, projede izlenmesi gereken süreç ve uygulanması üzerinde durulmaktadır.

Üçüncü ve son bölümde ise, bir üretim işletmesinde YAS projesinin uygulamasının üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde açıklanan DMAIC döngüsünün firmada uygulaması yapılmıştır.

Tezin istatistiki araçları ve yöntemlerinin çözümlerinde MS Office Excel ve Minitab kullanılmıştır. Ayrıca, çizimlerde MS Office Visio kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler:

Yalın, Altı Sigma, Süreç iyileştirme

ABSTRACT

Name and Surname : Yeşim Kaygusuz
University : Uludag University
Institution : Social Science Institution
Field : Business Administration
Branch : Production Management and Marketing
Degree Awarded : PhD.
Page Number : XIX+ 327
Degree Date : / / 20.....
Supervisor (s) : Prof. Dr. Feray Çelikçapa

LEAN SIX SIGMA AND A CASE IN A MANUFACTURING FIRM

In this thesis, Lean Six Sigma method which is developed by using Lean and Six Sigma methods together, tools and methods without statistic and statistic used in this method are explained and the feasibility of this method in a manufacturing firm is studied. The thesis consists of three parts.

In the first chapter, under the heading of development of process improvement, development of process improvement, process improvement selection model, issues affecting the selection of process improvement projects, Six Sigma and Lean Manufacturing subheads are included. In the first part, especially the substructure of Lean Six Sigma was established. Under Six Sigma, basic concepts, managerial dimension and technical dimension of Six Sigma, variation, voice of client, success conditions of Six Sigma projects, selection and management of Six Sigma projects, team and management of Six Sigma projects are explained. Under the heading of Lean Production, the definition of value, target cost, determination and analysis of value flow, continuous flow, traction system, continuous improvement and elements affecting success in lean applications are explained.

In the second part, the DMAIC cycle under the Lean Six Sigma title is explained in detail in subheadings. Lean Six Sigma (LSS) model, how to construct LSS project, the process that should be followed in the project and its implementation are emphasized in order to benefit from the combination of Lean and Six Sigma.

In the third and last chapter, the application of the YAS project in a production operation is emphasized. The DMAIC cycle described in the second part is implemented in the firm. MS Office Excel and Minitab are used in the solutions of the statistical tools and methods. Also, MS Office Visio is used in drawings

Keywords:

Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma Process Improvement

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar	xiii
ŞEKİLLER.....	xvii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM SÜREÇ İYİLEŞTİRMENİN GELİŞİMİ

1.1. SÜREÇ İYİLEŞTİRMENİN GELİŞİMİ	3
1.1.1. Kalitenin Göstergeleri	6
1.1.2. Süreç	9
1.1.2.1. İşletme Süreçlerinin Yönetimi	10
1.1.2.2. Süreçteki Akışı Daha Etkin Hale Getirmenin Prensipleri.....	13
1.2. SÜREÇ İYİLEŞTİRME SEÇİM MODELİ	14
1.2.1. Süreç Performansı.....	15
1.2.2. Geliştirme Oryantasyonu	16
1.2.3. Kaynak İhtiyacı	17
1.2.4. Kapsam.....	18
1.3. SÜREÇ İYİLEŞTİRME PROJELERİNİN BAŞARISINI ETKİLEYEN HUSUSLAR	19
1.3.1. Dikkat Edilmesi Gereken Temel Hususlar	19
1.3.2. İyileştirme Yapılacak Sürecin Belirlenmesi	21
1.3.3. Süreç İyileştirme Stratejilerinin Belirlenmesi	21
1.3.4. Değer Yaratma Akışlarının Tanımlanması	21
1.3.5. Mevcut Durumun Belirlenmesi	22
1.3.6. Süreç Performans Ölçümü Boyutu.....	22
1.4. ALTI SİGMA	24
1.4.1. Temel Kavramlar	25
1.4.2. Yönetimsel Boyut	28
1.4.3. Teknik Boyut	29
1.4.4. Varyasyon	30
1.4.5. Müşterinin Sesi	36
1.4.6. Altı Sigma Projelerinin Başarılı Olma Koşulları	38
1.4.7. Altı Sigma Projelerinin Seçimi ve Yönetimi	42
1.4.8. Yönetim.....	44

1.4.8.1.	Altı Sigma Şampiyonları / Proje Sponsorları	45
1.4.8.2.	Uzman Kara Kuşak	46
1.4.8.3.	Kara Kuşak	46
1.4.8.4.	Yeşil Kuşak	47
1.4.8.5.	Proje Ekip Üyeleri	48
1.5.	YALIN ÜRETİM	49
1.5.1.	Değerin Tanımlanması	56
1.5.2.	Hedef Maliyet	56
1.5.3.	Değer Akışının Belirlenmesi	61
1.5.3.1.	Katma Değer Yaratın Faaliyetler	63
1.5.3.2.	Katma Değer Yaratmayan Faaliyetler	63
1.5.3.3.	Zorunlu Olup Katma Değer Yaratmayan (İşletme Açısından Katma Değer Yaratın Faaliyetler	65
1.5.4.	Değer Akış Analizi	66
1.5.5.	Sürekli Akış	67
1.5.6.	Çekme Sistemi	68
1.5.7.	Sürekli İyileştirme	69
1.5.8.	Yalın Uygulamalarında Başarıyı Etkileyen Unsurlar	77

İKİNCİ BÖLÜM YALIN ALTI SİGMA

2.1.	YALIN VE ALTI SİGMANIN BÜTÜNLEŞİK YAPISI	78
2.1.1.	Altı Sigma ve Yalının Sinerjisi	79
2.1.1.1.	Yalın Organizasyonların Altı Sigmadan Öğrendikleri	86
2.1.2.	Yalın Altı Sigma İlkeleri	94
2.1.3.	Yalın Altı Sigma Modeli Ve İşleyişi	95
2.1.3.1.	Proje Yönetimi	95
2.1.4.	YAS Projesinin Oluşturulması	102
2.1.4.1.	Projenin Tanımı Ve Organize Edilmesi	102
2.1.4.2.	Projenin Planlanması	104
2.1.4.3.	Proje Sürecinin Yönetimi	104
2.1.4.4.	Projenin Sonuçlandırılması	105
2.1.5.	YAS Projesinin Süreçleri	106
2.1.6.	Yalın Altı Sigma Modelleri Ve Uygulanma Süreci	109
2.1.7.	DMAIC Süreci	111

2.2.	TANIMLAMA AŞAMASI.....	114
2.2.1.	Proje Duyurusunun Oluşturulması.....	116
2.2.2.	Başlangıç Toplantısı.....	119
2.2.3.	SIPOC Diyagramı.....	119
2.2.4.	Müşterinin Sesi.....	122
2.2.5.	KANO Modeli.....	124
2.2.6.	CTQ Ve CTB Matrisleri.....	129
2.2.7.	Sürecin Modellenmesi.....	131
2.2.8.	Paydaş Analizi.....	132
2.3.	ÖLÇÜM AŞAMASI.....	135
2.3.1.	Veri Toplamaya Hazırlık Çalışmaları.....	138
2.3.1.1.	Operasyonel Tanımlama.....	138
2.3.1.2.	Veri Toplama Planı.....	138
2.3.1.3.	Veri Toplama Formları.....	140
2.3.2.	Veri Toplama.....	140
2.3.2.1.	Veri Türleri ve Kaynakları.....	140
2.3.2.2.	Örnekleme Stratejisi ve Formülü.....	145
2.3.3.	Lokasyon ve Dağılım Parametreleri.....	149
2.3.3.1.	Betimsel İstatistik.....	149
2.3.3.2.	Merkezi Eğilim Ölçüleri.....	149
2.3.3.3.	Ortalamadan Sapma Ölçüleri.....	151
2.3.3.4.	Normallikten Sapma Ölçüleri.....	153
2.3.4.	Ölçüm Sistem Analizi.....	154
2.3.4.1.	Verilerin Bütünlüğü.....	155
2.3.4.2.	Verilerin Güvenilirliği.....	156
2.3.5.	R&R Ölçüm Çalışmaları.....	159
2.3.6.	Grafikler Ve Diyagramlar.....	173
2.3.6.1.	Pareto Diyagramı.....	173
2.3.6.2.	Histogram.....	175
2.3.6.3.	Nokta Grafiği.....	180
2.3.6.4.	Kutu Diyagramı.....	180
2.3.6.5.	Çalışma Grafikleri.....	183
2.3.6.6.	Normal Olasılık Diyagramı.....	186
2.3.7.	Süreç Yeterliliğinin Hesaplanması.....	186
2.3.7.1.	Milyon Fırsatta Hata Oranı.....	187
2.3.7.2.	Getiri Oranı.....	188

2.3.7.3.	Toplam Teçhizat Etkinliği.....	189
2.3.7.4.	Süreç Yeterlilik Endeksleri	192
2.3.7.5.	Sürecin Sigma Değeri.....	198
2.4.	ANALİZ AŞAMASI.....	200
2.4.1.	Süreç Analizi.....	201
2.4.2.	Süreç Haritaları	201
2.4.3.	FMEA Analizi	204
2.4.4.	Değer Akış Haritası.....	208
2.4.5.	Hipotez Testi	213
2.4.5.1.	Problemin Tespiti ve Hipotezlerin Belirlenmesi	213
2.4.5.2.	Uygun Bir Testin Seçimi.....	214
2.4.5.3.	Önem Derecesinin Seçimi	214
2.4.5.4.	Kritik Değerin Hesaplanması	215
2.4.5.5.	Sonuç.....	219
2.4.6.	Ortalamaların Karşılaştırılması.....	220
2.4.6.1.	Tek Örneklem için T Testi	220
2.4.6.2.	Bağımsız Örneklem için T Testi.....	222
2.4.6.3.	İlişkili Ölçümler için t Testi.....	224
2.4.7.	Varyans Analizi.....	225
2.4.7.1.	Tek Yönlü Varyans Analizi.....	226
2.4.7.2.	İki Yönlü Yinelemeli ve Yinelemesiz Varyans Analizleri	228
2.4.7.3.	Ki-kare Testi.....	229
2.4.8.	Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Analiz Araçları.....	230
2.4.8.1.	Korelasyon.....	230
2.4.8.2.	Regresyon Analizi	233
2.5.	İYİLEŞTİRME AŞAMASI.....	238
2.5.1.	İyileştirme Aşamasında Kullanılacak Araç Ve Yöntemler	239
2.5.1.1.	Süreç Tasarım İlkeleri	240
2.5.2.	DeneySEL Tasarım.....	241
2.5.2.1.	Tasarlanmış Deneyler	242
2.5.2.2.	İki aşamalı Faktöriyel Deneyler	243
2.5.2.3.	DeneySEL Tasarım Uygulama Adımları.....	244
2.5.3.	5 S.....	245
2.5.3.1.	Seiri_Sort (Ayıklama).....	246
2.5.3.2.	Seiton_Set in Order (Düzenleme).....	246

2.5.3.3.	Seiso_Shine (Temizlik)	246
2.5.3.4.	Seiketsu_Standardize (Standartlaşma).....	247
2.5.3.5.	Shitsuke_Sustain (Sürdürme ve geliştirme).....	247
2.5.4.	Bir Dakikada Kalıp Değişirme	247
2.5.5.	Toplam Verimli Bakım	248
2.6.	KONTROL AŞAMASI.....	250
2.6.1.	Kontrol Planının Oluşturulması	251
2.6.1.1.	Süreç Yönetim Özeti	252
2.6.1.2.	Süreç Kontrol Planı	253
2.6.2.	Kontrol Kartları.....	256
2.6.2.1.	I-MR Kartı	257
2.6.2.2.	Xbar-R Kartı	259
2.6.2.3.	Xbar-S Kartı.....	263
2.6.2.4.	p Kartı	264
2.6.2.5.	np Kartı	266
2.6.2.6.	c ve u Kartları.....	267
2.6.3.	Kontrol Kartlarının Analizi	270
2.6.4.	Hata Önleme	271
2.6.5.	Projenin Kapatılması	274
2.6.5.1.	Standartlaştırma ve Dokümantasyon.....	275

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA

3.1	FİRMANIN GEÇMİŞİ.....	276
3.2	PROJENİN UYGULANMA SÜRECİ	276
3.2.1	Tanımlama Aşaması	276
3.2.1.1	Proje Duyurusunun Oluşturulması	277
3.2.1.1.1	Projenin İşletmeye Sağlayacağı Olası Faydalar	277
3.2.1.1.2	Projenin Yapılmamasının Olası Sonuçları	278
3.2.1.1.3	Projenin Seçimi	279
3.2.1.1.4	Projenin Temel ve İkincil Amaçları	279
3.2.1.1.5	Projede Belirlenen Amaçların Karşılanması Halinde Sağlanacak Faydaların Parasal Değeri	280
3.2.1.1.6	Projede Ekibinde Yer Alacak Çalışanların Tespiti ve Projeye Ayıracakları Zaman..	284
3.2.1.1.7	Projenin Gantt Şeması	284
3.2.1.1.8	Onay ve Kabullerin Yapılma Şekli	284
3.2.1.1.9	SIPOC Diyagramının Oluşturulması	285

3.2.1.1.10	Müşterinin Sesi Analizi	286
3.2.1.1.11	Neden Sonuç Matrisinin Oluşturulması.....	287
3.2.2	Ölçüm Aşaması.....	290
3.2.2.1	Veri Toplama Planının Oluşturulması	291
3.2.2.2	Süreç Yeterliliğin Tespiti ve Ölçümü	291
3.2.2.2.1	Sürecin MFHO ve Sigma Değerinin Hesaplanması.....	291
3.2.2.2.2	Süreç Normallik Analizi	292
3.2.2.1	Ölçüm Sisteminin Analizi	293
3.2.2.1.1	Yanlış Lehimleme Yapılması İle İlgili Veri Toplama	297
3.2.2.2	Katma Değer Analizinin Yapılması	298
3.2.3	Analiz Aşaması	300
3.2.3.1.1	Malzemelerin Kaliteli Olması Kalite Kontrol Raporu	300
3.2.3.1.2	Malzemelerin Uygun Karışımda Olması Regresyon Analizi	301
3.2.3.1.3	Lehim Sıcaklığının Regresyon Analizi	302
3.2.3.1.1	Lehim Süresinin Regresyon Analizi	304
3.2.3.1.2	Lehim Zamanının Regresyon Analizi	306
3.2.3.1.3	Düzenli Bakım	308
3.2.4	İyileştirme Aşaması	308
3.2.4.1	İyileştirme ve Çözüm Yollarının Bulunması	309
3.2.4.2	Deneysel Tasarım	309
3.2.4.3	Fayda Maliyet Analizi Yapılması	313
3.2.4.4	Uygulama İçin Onay Alınması	316
3.2.5	Kontrol Aşaması	316
3.2.5.1	Sonuçların ve Değişimin Yönetilmesi	316
3.2.5.2	Gelecek Planlarının Oluşturulması	318
KAYNAKÇA	319
ÖZGEÇMİŞ	327

TABLULAR

Tablo 1 Toplam Kalite Yönetimi ve Süreç Mühendisliğinin Karşılaştırması	7
Tablo 2 Araçların ve Yöntemlerin Uygulanması	9
Tablo 3 Odaklanma Farklılıkları	23
Tablo 4 Varyasyonun Türleri	31
Tablo 5 Betimsel İstatistik Hesaplamaları	33
Tablo 6 Klasik ve Müşteri Odaklı Süreçlerin Karşılaştırılması.....	37
Tablo 7 Altı Sigma Projesinin Başarılı Olmasına Etkileyen Faktörler.....	39
Tablo 8 Sektör Bazında Kritik Başarı Faktörleri	42
Tablo 9 Altı Sigma Projesindeki Üyeler ve Görevleri.....	48
Tablo 10 Yalın Üretimin Geçirdiği Süreç	50
Tablo 11 Yalın Üretim Özelliklerinin Gruplandırılması.....	53
Tablo 12. Katma Değer Yaratma Esasına Göre Faaliyetler.....	67
Tablo 13. Yalın Üretim İle İlgili Özellikler	74
Tablo 14. Yöntemlerin Karşılaştırılması.....	76
Tablo 15 Yöntemlerin Karşılaştırılması Tablo 13'ün Devamı	77
Tablo 16 Süreç İyileştirmenin İnsan ve Süreç Yönleri	81
Tablo 17 Yalın Üretim ve Altı Sigma Stratejilerin Sinerjisi.....	82
Tablo 18 Altı Sigma ve Yalın Karşılaştırması.....	89
Tablo 19. İstatistiki ve İstatistiki Olmayan Yöntemler.....	112
Tablo 20 DMAIC Döngüsünün Temel Aşamaları	113
Tablo 21 Kano Modeli İçin Değerlendirme Tablosu.....	126
Tablo 22 Paydaş Analizi.....	134
Tablo 23 Veri Kaynaklarının Türleri ve Özellikleri	145
Tablo 24 Örneklem Seçim İlkeleri ve Türleri	147
Tablo 25. Aylar İtibari İle Toplam Satışlar	150
Tablo 26. Ortalama ve Ortalamadan Sapma.....	150
Tablo 27. Satışların Medyanı.....	151
Tablo 28 Varyans ve Standart Sapma Değerleri.....	153
Tablo 29 Kesikli ve Sürekli Veriler İçin R&R Ölçümlerinin Amaç ve Adımları.....	162

Tablo 30 Kappa Hesaplama Alternatifleri	163
Tablo 31 Sürekli Ölçüm Verileri.....	164
Tablo 32 Sürekli Veriler İçin Gage R&R	168
Tablo 33 Üretilen Ürünün Hatalı Olup Olmamasına İlişkin Değerlendirme.....	170
Tablo 34 Ameliyata Geç kalma Nedenleri.....	174
Tablo 35 Boyama Süreleri	177
Tablo 36 Histaogram İçin Aralıkların Belirlenmesi	177
Tablo 37 Saat Bazında Üretim Miktarları	181
Tablo 38 Kutu Diyagramı Oluşturma.....	182
Tablo 39 Çalışma Grafiklerinde Karşılaşılan Özel Durumlar.....	184
Tablo 40 Süreç Yeterlilik Göstergelerinin Yorumlanması.....	195
Tablo 41 Ölçüm Değerleri	197
Tablo 42 Altı Sigma Dönüşüm Tablosu.....	199
Tablo 43 FMEA Risk Değerlendirme Şablonu.....	205
Tablo 44 Risk Öncelik Numarasını Belirleme Kriterleri	207
Tablo 45 Z Tablosu	217
Tablo 46 t Tablosu	219
Tablo 47 Hipotez Testi Seçim Ağacı	220
Tablo 48 Pul Çapları.....	221
Tablo 49 Makinelerden Alınan Dolum Örnekleme	223
Tablo 50 Ortalama Çözülme Süreleri	227
Tablo 51 Tek Yönlü Varyans Analizi.....	227
Tablo 52 Üretim Süreleri	228
Tablo 53 İki Yönlü Yinelemeli Varyans Analizi Sonuçları	229
Tablo 54. Üretim Miktarı ve Makine Saatleri	231
Tablo 55 Korelasyon Katsayısının Hesaplanması	232
Tablo 56. Korelasyon Matrisi	233
Tablo 57. Basit Regresyon Yöntemine Göre Tahmin Modelinin Özet Sonuçları.....	235
Tablo 58 İyileştirme Aşamasında Kullanılabilecek Yalın Araçlar	240
Tablo 59 Kontrol Diyagramının Seçim Kriterleri.....	256

Tablo 60 Aylık Satışlar	258
Tablo 61 I MR Hesaplamaları	258
Tablo 62 Pirinç Metal Ağırlıkları	261
Tablo 63 Xbar- R Hesaplamaları	262
Tablo 64 S Kartı	264
Tablo 65 Hatalı Ürün Sayıları	265
Tablo 66 p Kartı	266
Tablo 67 np Kartı	267
Tablo 68 Kusur Sayıları	268
Tablo 69 c Kartı.....	269
Tablo 70 u Kartı	270
Tablo 71. İstasyon 5’de Bir Günlük Üretim ve Maliyetleri	278
Tablo 72 İstasyon 5’de Bir Yıllık Üretim ve Maliyetleri	278
Tablo 73 YAS Proje Seçim Matrisi	279
Tablo 74 Fire ve Rötüşlerin Maliyet Üzerindeki Etkisi.....	280
Tablo 75 Kapasite Kullanımı	282
Tablo 76 Rötüşün Parasal Değeri	283
Tablo 77 Proje Ekibi.....	284
Tablo 78 YAS Projesinin Gantt Şeması	284
Tablo 79 Kapasite Analizi	288
Tablo 80 Neden Sonuç Matrisi	289
Tablo 81 Sonuca Etki Eden Unsurlar ve Kullanılacak Yöntemler.....	290
Tablo 82 Veri Toplama Planı	291
Tablo 83 Sürecin Sigma Değerleri	291
Tablo 84 Geçmiş Dönemlere Ait Fire oranı	292
Tablo 85 Lehim Süreleri.....	294
Tablo 86 Gage R&R Anova Çözüm Raporu.....	296
Tablo 87 Fire Oranları.....	298
Tablo 88 Katma Değer Analizi	300
Tablo 89 Malzeme Karışımları ve Fire Oranları	301

Tablo 90 Regresyon Sonuçları	302
Tablo 91 lehim Sıcaklığı ve Fire Oranları	303
Tablo 92 Regresyon Sonuçları	304
Tablo 93 Üretim Süreleri Ve Rötüş oranları	305
Tablo 94 Birim Üretim Süresi ve Rötüş Oranı Regresyon Sonuç Raporu	306
Tablo 95 Saat Bazına Üretim ve Rötüş Verileri	307
Tablo 96 Regresyon Sonuçları	308
Tablo 97 İyileştirme Planı	309
Tablo 98 İki Faktörlü Deneysel Tasarım Verileri.....	310
Tablo 99 ANOVA Raporu	311
Tablo 100 Deneysel Tasarım Sonuçlarına Göre Yapılan Üretimin Sonuç Verileri	313
Tablo 101 İyileştirme Öncesi ve Sonrası Karşılaştırma.....	315
Tablo 102 İyileştirme Öncesi ve Sonrası Sürecin Ölçümü	315

ŞEKİLLER

Şekil 1 Süreç Önceliklerini Oluşturma Matrisi.....	12
Şekil 2 Süreç İyileştirme Modelinin Bileşenleri	15
Şekil 3 Kayıpların Firma Değerine Etkisi	28
Şekil 4 Kalite Kritikleri İçin Hedef	30
Şekil 5 Normal Olasılık Dağılımı.....	31
Şekil 6 Sorunun Çözümüne Dönüşüm Aşamaları	43
Şekil 7 Altı Sigma Projesinde Hiyerarşik Yapı	44
Şekil 8 Toyota Üretim Sistemi Modeli.....	52
Şekil 9 JIT Sistemini Oluşturmanın Adımları.....	54
Şekil 10 Kârlı Olmayan Bir İşletmenin Anatomisi	59
Şekil 11 Kârlı Bir İşletmenin Anatomisi	60
Şekil 12 Katma Değer Analizi.....	62
Şekil 13 Faaliyetlerin Kaizen Etkinliğine Göre Sınıflandırılması.....	70
Şekil 14. Değer Akış Haritasındaki Faaliyetlerin Analizi	72
Şekil 15 Yalın Üretim Uygulamaları İçin Bir Yapı	73
Şekil 16 Stratejiye Uygun Proje Seçimi.....	84
Şekil 17 Yalın ve Altı Sigmanın Rekabetçi Avantajı.....	87
Şekil 18 Proje Yönetiminin Temel Unsurları.....	98
Şekil 19 Projenin Seçim Kararını Etkileyen Unsurlar	102
Şekil 20 Değişimin Belirleyicileri ve Yönetimi.....	106
Şekil 21. YAS Projelerinin İki Temel Bileşeni	107
Şekil 22. Süreç Etkinliğini Artırarak Maliyetlerin Azaltılması	108
Şekil 23. Problemden Çözümüne Dönüşüm	110
Şekil 24 YAS Projesinin Adımları.....	111
Şekil 25 Proje Duyurusu Örneği	118
Şekil 26. SIPOC Diyagramı	121
Şekil 27 Müşteri İhtiyaçlarının Değerlendirilme Tablosu	128
Şekil 28. Müşterinin Sesi ve İşletmenin Sesi Göstergeleri	129
Şekil 29 Müşteri Ve Süreç İçin Kritik Göstergeler.....	130

Şekil 30. İşletme Süreçleri, Alt Süreçler, Büyük Y, Küçük Y'ler ve X'ler	131
Şekil 31 Paydaşların Etkisi	134
Şekil 32. Veri Toplama Planı Örneği	139
Şekil 33 Veri Türleri	143
Şekil 34 Süreçteki Olası Varyasyonlar	157
Şekil 35 Ölçüm Sistemlerinin Tam ve Doğruluğu	158
Şekil 36 Tekrarlanabilirlik Nedenli Değişkenlik	159
Şekil 37 Aynılık Nedenli Değişkenlik.....	159
Şekil 38 Ölçüm İçin Gage R&R	165
Şekil 39 Değerleme.....	171
Şekil 40 Ameliyatların Gecikme Nedenleri Pareto Diyagramı	175
Şekil 41 Histogram Grafikleri.....	178
Şekil 42 Üretim Sürelerinin Histogramı.....	178
Şekil 43 Histogramda Merkeze Odaklılık ve Yayılma	179
Şekil 44 Üretim Sürelerinin Nokta Diyagramı	180
Şekil 45 Lehim Makinelerindeki Üretimin Kutu Diyagramı	183
Şekil 46 Lehim Makinesi Çalışma Grafiği.....	185
Şekil 47 Normal Olasılık Diyagramı	186
Şekil 48 Toplam Teçhizat Etkinliğin Bileşenleri	190
Şekil 49 Toplam Teçhizat Etkinliğin Bileşenleri Örneği	192
Şekil 50 Normal Olasılık Dağılımında σ İle Belirlenen Sınırlar	193
Şekil 51 Merkezi ve Merkez Dışı Süreçler	196
Şekil 52 Üretim Sürecinin Yeterlilik Analizi	197
Şekil 53 Üretim Sürecinin Yeterlilik Analizi	198
Şekil 54 Süreç Akış Diyagramında Yer Alan Semboller.....	202
Şekil 55 Bir Siparişin Kabul ya da Reddedilmesi Kararı Süreç Haritası	203
Şekil 56 Süreç Yeterlilik Analizleri ve Süreç Haritası Arasındaki İlişki.....	203
Şekil 57 Değer Akış Haritası Hazırlık Süreci	209
Şekil 58 Değer Akış Haritası Sembolleri	212
Şekil 59 Süreç Değer Akış Haritası	213

Şekil 60 Tek Örneklem İçin t Testi Sonuçları	221
Şekil 61 Bağımsız Örneklem Test Sonuçları.....	224
Şekil 62 İlişkili Ölçümler için T Testi Sonuçları.....	225
Şekil 63 Veri Çözümleme Penceresi	232
Şekil 64 Basit Regresyon Doğrusu	236
Şekil 65 YAS Süreç Yönetim Özeti	253
Şekil 66 Süreç Kontrol Planı.....	254
Şekil 67 I MR Diyagramı.....	259
Şekil 68 X R Diyagramları	263
Şekil 69 Sürecin Kontrol Altında Buluma Kuralları	271
Şekil 70 Hatayı Kaynakta Belirlememenin Olası Etileri	273
Şekil 71 DMAIC Aşamasında Kullanılan Araç ve Yöntemler	276
Şekil 72 SIPOC Diyagramı	285
Şekil 73. Müşterinin Sesi ve İşletmenin Sesi Göstergeleri	286
Şekil 74 Mevcut ve İstenen Durum	287
Şekil 75 Neden Sonuç Matrisinin Pareto Diyagramı	290
Şekil 76 Üretim Sürecinin Yeterlilik Analizi	293
Şekil 77 İstasyon 5 Gage R&R Ölçümü	294
Şekil 78 İyi ve Kötü Lehim.....	297
Şekil 79 Hatalı Lehim Örnekleri.....	297
Şekil 80 Mevcut Durumun Değer Akışı.....	299
Şekil 81 Rötüş Oranı İçin Ana Etkiler Diyagramı.....	311
Şekil 82 Karşılıklı İlişki Diyagramı.....	312
Şekil 83 Deneysel Tasarım Öncesindeki Rötüşlerin p Diyagramı	317
Şekil 84 Deneysel Tasarım Öncesindeki Rötüşlerin p Diyagramı	317

GİRİŞ

Süreç iyileştirmenin temel nedenleri arasında kayıpları azaltmak ve hızı artırmak yer almaktadır. Bu amacı karşılamak için farklı araçlar ve yöntemler geliştirilmiş ve kullanılmıştır. 1920'li yıllardan itibaren kullanılan en önemli araç, istatistiksel proses kontrol olmuştur. Ayrıca bir yönetim felsefesi ve üretim kültürü olarak Yalın anlayışın 1940'lı yıllardan itibaren yaygın olarak kullanılmaya başladığı da görülmektedir. Kalitenin Japonya'da önemli bir yönetim felsefesi haline gelmesi ile Amerikan firmalarının da unuttuğu bu kavrama tekrar sahip çıktıklarını görmekteyiz. Altı Sigma, Amerikan firmaları tarafından maliyet azaltma yöntemi olarak kullanılmaya başlanmasıyla dünya çapında kabul görür hale gelmiştir.

Bu tezde Yalın ve Altı Sigma yöntemlerinin bir arada kullanılması ile geliştirilen Yalın Altı Sigma yöntemi, bu yöntemde kullanılan istatistik ve istatistik olmayan araçlar ve yöntemler açıklanmakta ve bu yöntemin bir üretim firmasında uygulanabilirliği üzerinde çalışılmaktadır. Tez, üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde süreç iyileştirmenin gelişimi başlığı altında süreç iyileştirmenin gelişimi, süreç iyileştirme seçim modeli, süreç iyileştirme projelerinin seçimini etkileyen hususlar, Altı Sigma ve Yalın Üretim alt başlıklarına yer verilmektedir. Birinci bölümde özellikle Yalın Altı Sigma'nın alt yapısı oluşturulmuştur. Altı Sigma başlığı altında ise, temel kavramlar, Altı Sigma'nın yönetsel boyutu ve teknik boyutu, varyasyon, müşterinin sesi, Altı Sigma projelerinin başarılı olma koşulları, Altı Sigma projelerinin seçimi ve yönetimi, Altı Sigma projelerinin ekibi ve yönetimi açıklanmaktadır. Yalın Üretim başlığı altında ise, değer tanımlanması, hedef maliyet, değer akışının belirlenmesi ve analizi, sürekli akış, çekme sistemi, sürekli iyileştirme ve Yalın uygulamalarında başarıyı etkileyen unsurlar açıklanmaktadır.

İkinci bölümde ise, Yalın Altı Sigma başlığı altında DMAIC döngüsü alt başlıklar halinde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Öncelikli olarak Yalın ve Altı Sigma'nın birlikte kullanılmasının sağlayacağı faydalar ve ilkeler, Yalın Altı Sigma (YAS) modelinin işleyişi, YAS projesinin nasıl oluşturulacağı, projede izlenmesi gereken süreç ve uygulanması üzerinde durulmaktadır.

Tanımlama aşaması başlığı altında ise, proje duyurusunun oluşturulması, başlangıç toplantısı, SIPOC diyagramı, müşterinin sesi, KANO modeli, Kritik kalite göstergeleri, sürecin modellenmesi ve paydaş analizi açıklanmaktadır. Ölçüm aşamasında, veri toplamaya hazırlık

çalışmaları ve verileri nasıl toplanacağı lokasyon ve dağılım parametrelerinin nasıl oluşturulacağı, ölçüm sistemi analizi, Gage R&R ölçüm çalışmaları, kullanılacak grafikler ve diyagramlar ile süreç yeterliliğinin nasıl hesaplanacağı üzerinde durulmaktadır.

Analiz aşamasında ise, süreç analizi, süreç haritaları, FMEA analizi, değer akış haritası, hipotez testi, varyans analizi, değişkenler arası ilişkilerin analiz araçları anlatılmaktadır. İyileştirme aşamasında, kullanılan araçlar ve yöntemler, deneysel tasarım, 5S, bir dakikada kalıp değiştirme ve toplam verimli bakım alt başlıklarında açıklamalar yer verilmektedir. Kontrol aşamasında ise, kontrol planının oluşturulması, Kontrol kartları ve bu kartların nasıl kullanılacağı, hata önleme faaliyetleri ile projenin kapatılması başlıkları altında açıklamalara yer verilmektedir.

Üçüncü ve son bölümde ise, bir üretim işletmesinde YAS projesinin uygulamasının üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde açıklanan DMAIC döngüsünün firmada uygulaması yapılmıştır.

Tezin istatistikî araçları ve yöntemlerinin çözümlerinde MS Office Excel ve Minitab kullanılmıştır. Ayrıca, çizimlerde MS Office Visio kullanılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

SÜREÇ İYİLEŞTİRMENİN GELİŞİMİ

1.1. SÜREÇ İYİLEŞTİRMENİN GELİŞİMİ

Kalite, maliyet ve hız günümüzde işletmelerin rakiplerine karşı kullandıkları en önemli rekabetçi güç unsurlarıdır. Rekabetçi olabilmek için bu güç unsurlarının işletmedeki yerini ve yeterliliklerini sorgulamak gerekir. Kalite, işletme ve müşterileri birbirine bağlayan ve uzun vadeli iş yapılmasını sağlayan önemli bir bağlantıdır. İşletmelerin amacı kaliteli ürünler üretmektir ki müşterinin gözünde kaliteye atfedilen değer, işletmenin değerini oluşturacaktır.

İşletmede kalite kavramı, müşterinin taleplerine optimal düzeyde cevap verebilmek için üretim süresince ortaya çıkacak hataları/kayıpları azaltarak tasarruf sağlamaya ve gelirlerde artış sağlamaya odaklanmaktadır¹.

Kalite, aslında bir kısaltma kavramdır. Küresel düzeyde kabul edilmiş bir tanımı da yoktur. Kalite ile ilgili ürün bazlı, kullanıcı bazlı, üretim bazlı ve değer bazlı tanımlar yapılmıştır. Kalite ile ilgili yapılan ve bilinen tanımlar aşağıdaki gibidir:

- Kalite ne yönetim ne de pazarlama değil müşteri tarafından tanımlanır. Kalite, müşterinin ürün ya da hizmetin beklentilerini karşılama derecesine göre belirlenir.
- Bir ürün ya da hizmetin karakteristik özelliklerinin tamamı belirlenen ihtiyaçları karşılayıp karşılayamadığına bağlıdır.
- Kullanıma uygunluk
- İhtiyaçlara uygunluk

Kalite, günümüzde sadece müşterinin istek ve beklentilerini karşılayacak ürün ve hizmetleri üretmekten daha da öte bir içeriğe sahiptir. Kalite, sadece çıktılar ile ilgili olmayıp bu çıktıları etkileyen süreçlere ve insanlar ile de ilgilidir. Kaliteye ulaşma, işletmenin iç süreçlerinin gerekli çıktıları üretmesine bağlıdır.

¹Philip A. Gilberto, "The Road To Business Process Improvement –Can You Get There From Here?", *Production And Inventory Management Journal*, Third Quarter, 1993, s. 80.

Kalitenin tanımlanması ile ilgili aşağıda açıklanan beş temel yaklaşım bulunmaktadır²:

- İlki, kalitenin tanımlanmayacağı, ancak hissedilebileceğini ifade etmektedir.
- İkinci yaklaşım ise, kalitenin ürüne dayanan tanımıdır. Bu açıdan kalite, kesin ve ölçülebilir değişken olarak ele alınmaktadır.
- Üçüncü yaklaşımda ise, kalitenin kullanıcı tarafından tanımlanması mümkündür. Kullanıma uygunluk olarak ifade edilen ve kalitenin ona sahip olan kişinin gözünde olan subjektif bir değerlendirmeye dayandığı yaklaşım esas alınmaktadır.
- Dördüncüsü ise, üretime bakış açısına dayanmaktadır. En yaygın kalite tanımlarından birisi olarak kullanılan ürün gereklerine uygunluk anlayışı bu tanımın özünü oluşturmaktadır.
- Beşinci ve son olarak değere dayanan kalite tanımı ise, sadece ürün ve hizmet özelliklerine değil, bunların yanı sıra istenen performans ve uygunluk derecesinin kabul edilebilir bir fiyat ile sunulmasını içermektedir.

Kalite, işletmenin tüm performansını etkileyen can alıcı bir faktördür. Yönetimin süreçlerde iç ve dış müşterilerin beklentilerini karşılayıp karşılayamadığını belirleyen önemli göstergedir.

Günümüz işletmelerinde en çok konuşulan kavramlar: maliyetlerin azaltılması, verimliliğin artırılması, kârın artırılması, hataların azaltılması, kalitenin geliştirilmesi/ iyileştirilmesi, stokların azaltılması ve her zaman daha iyinin yapılmasıdır. Uzun yıllardır süren rekabetçi yapının ve globalleşen dünyanın temel kavramları, yıllar öncesinde şekillenmeye başlamıştır.

1970'li yıllarda üretimde kalite, ağırlıklı olarak çıktı kontrolü ve incelemeler ile sağlanmaya çalışılıyor, inceleme sonrasında bulunan hatalar üzerinde düzeltme işlemleri yapılıyordu³. Üretim fonksiyonundan beklenen şey, mümkün olduğu kadar çok üretmek ve sevk etmektir. Sistem, denetimden geçen hatalı ürünler karşısında üretimi durdurmaya formleri ödüllendirmek üzerine kuruluydu. Ancak, kontrolörler ile formler devamlı

² İsmadil Efil, Toplam Kalite Yönetimi, 7. Baskı, Dora Yayınevi, Bursa, 2010, s. 9.

³ Larry R. Smith, "Back to the Future At Ford", *Quality Progress*, March 2005, s. 50.

karşı karşıya geliyorlardı. Bazı süreçler çok basit olmasına rağmen belirlenen özelliklere göre üretim yapacak yeterlilikte olmadıkları için kontrolörlerin iş yükü çok fazlaydı. Üretim kadar tasarım da 20-30 yıllık tecrübeye dayalı çalışanların ellerindeydi. Bu mühendisler ise, genelde, iş başında öğrenme ile kendilerini geliştirilmişlerdir⁴.

1980'li yıllarda Ortadoğu'da yaşanan kriz özellikler ABD'de otomotiv sektörünü olumsuz yönde etkilemiştir. Bu dönemde Ford, 3,3 milyar dolar zarar ederken değerinde de %43 oranında azalma görülmüştür. Bu dönemde ABD'de tüketiciler tarafından daha tasarruflu ve daha küçük olan Japon arabaları tercih edilmeye başlamıştır. Otomotiv piyasasında kalite odaklı bir rekabet yaşanmaya başlanılan bu dönemde Ford'un tepe yöneticisi, Ford olarak rekabet edemediklerini, müşterilerin satın almayı tercih edecek araçları olmadığını, kalite seviyesinin düşük olduğunu ve pahalı üretim yaptıklarını ifade etmiştir. Aynı yönetici, çalışanlar, müşteriler, tedarikçiler ve devlet ile ilişkilerinin hiç de iyi olmadığını da açıklamıştır⁵.

Ford, ekonomik baskı ve rekabet ortamında yeniden doğmuştur. Deming önderliğinde misyon, vizyon ve rehber ile yeni bir sürece başlamıştır. Kalite herkes için ve her süreç için odak noktası haline gelmişti. Toplantıların bir numaralı gündem maddesi kalite iken maliyet daha sonraki maddelerde gündemde yerini alıyordu. Bu dönemde, iç ve dış müşterilerin beklentilerini karşılamaya yönelik bir anlayış hâkim olmaya başlamıştı.

TKY, BPR, Altı Sigma ve benzeri süreç iyileştirme yöntemlerinin kullanılmasına rağmen birçok işletmede sonuç başarısız olurken bazı işletmelerde ise, uygulanması zor olur düşüncesi ile uygulamaya bile alınmamışlardır. Bu tür iyileştirme programları bazen başarısız olmakta ve çalışanların ve yönetimin moralini bozmaktadır⁶.

Deming ve Juran'ın Japon işletmelerinden öğrendiklerini TKY ile geliştirdiği görülmektedir. 1980'lerde Japon ekonomisinin gelişimi ve pazara hâkim olmasının temelinde TKY'ni çok iyi uygulamış olmaları yatmaktadır. Juran'ın TKY ile ilgili üç temel görüşü şöyledir:

- Üst yönetimin kalite konusunda liderliği

⁴ Larry R. Smith, agk, s. 52.

⁵ Larry R. Smith, agk, s. 53.

⁶ Ron Basu, *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide Tools and Techniques*, Elsevier, UK, 2009, s. 11.

- Kalite için sürekli eğitim
- Kalite iyileştirme ve maliyet azaltma için yıllık plan

Deming, İstatistiki Süreç Kontrol aracına ek olarak müşteri odağı anlayışını da geliştirmiştir. 1980’lerde TKY her yerde amaçlara uygunluk olarak kalite, müşterinin istediği şeyler ve ilkinde doğruyu yapmayı sağlamak olarak tanımlanmıştır⁷.

1.1.1. Kalitenin Göstergeleri

Kalitenin en önemli göstergelerinden biri olarak dünya çapında firma olmayı Hayes ve Wheelwright, uluslararası piyasada Alman ve Japon firmalar ile rekabet edebilmek olarak tanımlamışlardır. Schronberger ise, sürekli iyileştirmeyi hızlı ve en iyi şekilde yapan işletmeler için bu kavramı kullanmıştır. Fry ve diğerleri ise, kalite, zaman esneklik ve yenilik gibi rekabeti belirleyen unsurlarda rakiplere göre daha iyi performans gösteren işletmeler için bu kavramı kullanmıştır. Sınırların olmadığı bir ortamda müşteriler, tedarikçiler, rakipler, yöneticiler, çalışanlar ve kısaca işletme ile ilgili tüm menfaat gruplarının tek beklentisi, en iyi uygulamayı gerçekleştirmektir. En iyi uygulamalar, işletmeyi dünya çapında bir işletme konumuna getireceği bilinmektedir⁸.

Süreç iyileştirme kavramı, Hammer ve Champy tarafından 1993 yılında şu şekilde tanımlanmıştır: “Kritik performans göstergelerinde önemli iyileştirmeler sağlamak için işletme süreçlerinde önemli yapılandırmaların oluşturulmasıdır”. Hammer ve Champy’e göre BPR, TKY gibi, adım adım uygulanan bir şey değildir. Hammer ve Champy, BPR programının uygulanması için gerekli olan beş rolü tanımlamıştır⁹:

- Lider
- Sürecin sahibi
- Reengineering ekibi
- Reengineering komitesi
- Reengineering çarı

⁷ Ron Basu, a.g.e., s.14.

⁸ Ron Basu, a.g.e., s.14.

⁹ Ron Basu, a.g.e., s.23.

1990'lı yıllarda BPR çok popüler hale gelmiştir. Bazı BPR uygulamaları başarısızlık ile sonuçlanırken bir kısmı da marjinal gelişmeler göstermiştir. Dale'e göre, BPR'deki temel konular çok yeni olmamasına rağmen kullanılan dil çok modernidir.

Oakland, BPR'yi TKY'nin fikir ve kavramlarını süreç odaklı değişime uyarlayan olarak tanımlamıştı. TKY ve BPR arasındaki farklar tablo1 üzerinde gösterilmektedir:

Tablo 1 Toplam Kalite Yönetimi ve Süreç Mühendisliğinin Karşılaştırması¹⁰

	Toplam Kalite Yönetimi	Süreç Mühendisliği
Değişim seviyesi	Kademeli	Radikal
Başlangıç Noktası	Var olan süreç	Tahtayı silmek
Değişim Sıklığı	Sürekli	Bir kerelik
Katılım	Yukarıdan aşağıya	Aşağıdan yukarıya
Risk	Orta	Yüksek
Birincil	İstatistiki Süreç Kontrol	Bilgi Teknolojileri
Değişim Tipi	Kültürel	Yapısal

Japonlar arasında kalite ile ilgili en önemli yazarlar arasında Taguchi, Ishikawa, Shingo ve Imai gibi yazarlar yer almaktadır.

Taguchi yaklaşımı, Avrupa ve Amerika'da kabul görmüştür. Taguchi, tek bir çıktı üzerindeki birçok değişkenin etkisini değerlendirmek amacı ile deneysel teknikler kullanmıştır. Yöntem, 1970'li yıllarda Japon telefon sisteminin yapılandırılmasında kullanılmıştır. Taguchi'nin kayıp yaklaşımı olarak tanımlanan Taguchi yaklaşımı ile aşağıdakiler yapılabilmektedir¹¹:

- Duruş zamanına denk gelen mevcut kalite seviyesini ölçmek
- Kaliteyi parametre ve tasarım toleransı ile iyileştirmek
- SPC kullanarak kalite seviyesini incelemek

Taguchi, kalite tasarımında üç aşamayı önermektedir:

- Sistem tasarımı,
- Parametre tasarımı,
- Tolerans tasarımı

Taichi Ohno, 1960'lı yıllarda ABD'de otomobil üreticilerinin ziyareti sonrasında yeni bir üretim modeli geliştirdi ki bu model, yalın üretim olarak bilinmektedir. Yalın, bir

¹⁰ Ron Basu, a.g.e., s.24.

¹¹ Ron Basu, a.g.e., s.25.

sistemden öte bir felsefedir. 1960'larda Japon otomobil işletmesinde, Toyota'da başlamış ve Womack ve diğerleri ile popülerlik kazanmıştır.

Malzeme akışı, su gibidir. Tedarikçiden süreç üzerinden müşteriye gerekirse çok az düzeyde akar. Böylece üretimde yarı mamul stokları ve depoda mamul stokları yığılı oluşmaz. JIT yaklaşımına göre, malzemeler, üretimde ihtiyaç duyulduğunda tedarikçilerden satın alınacaklardır.

Faaliyet ve kaynakların planlanması tam ve tedarikçiler ile ilişkiler iyi olmalıdır. Tedarikçiler güvenilir olmalı, malzemeler belirlenen nitelikler ile uyumlu olup zamanında teslim edilmeli, makinelerin bakımı planlı yapılmalı, operatörler hata yapmamalı, kayıp ve fireye tolerans tanımamalıdır. Yalın üretimin Toyota modeli birleştirilmiş sekiz araç/yaklaşım kullanmaktadır¹²:

- TPM
- 5S
- JIT
- SMED
- Judaka-sıfır kalite kontrol
- Hücre tipi üretim
- Kanban
- Poka Yoke

Araçlar ve tekniklerin kapsamı. Araçlar ve teknikler bir sürecin temel bileşenleridir. Bunlar, bir kalite programının başarısı için gerekli enstrümanlardır. Birçok işletme, yeteri kadar bilgiye sahip olmaksızın bu araç ve teknikleri kullanmışlardır. Araçlar ve teknikler, iki taraflı bıçak gibidir. Her ikisi de bir taraftan doğru iken diğer taraftan da yanlış (hatalı) olabilir¹³. Sürekli iyileştirme programı (projesi) kullanan işletmenin her etkin problem çözme süreci için araç ve teknikleri seçmesi gerekmektedir ki bunun nedeni;

- Sürecin başlamasına yardım eder
- Problemi belirler
- Çözüme ulaşma konusunda sistematik analiz

¹² Ron Basu, a.g.e., s.26.

¹³ Ron Basu, a.g.e., s.384.

- Çalışanlar tarafından kullanılarak katılımı hissederler
- Problem çözücü özelliği ile takım çalışmasını güçlendirir.
- Her kademede gerekli etkin iletişimi kurarlar
- Kalite kültürünün bir düşünce yapısını oluştururlar

Tedarikçiler ve müşteriler ile ortaklaşa iş yapma ve satın almaların gelişimi ile birlikte özellikle tedarik aşamasında bazı ortak araçlar kullanılmaya başlandı. Örneğin, otomotiv parçası tedarikçileri, müşteri memnuniyetini sağlamak için FMEA geliştirdiler. Böylece hem tedarikçiler hem de müşteriler iyileştirme programını paylaştılar ve bütünlük rekabetçi avantaj elde ettiler.

Belirli uygulamalar için hangi araç ve yöntemlerin kullanılacağı, tablo 2 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 2 Araçların ve Yöntemlerin Uygulanması

Uygulama	Araç ve Yöntemler
Kontrol	Kontrol listeleri ve kontrol planları
Veri toplama/sunum	Kontrol tabloları, bar diyagramları, histogramlar ve grafikler
Önceliklerin oluşturulması/planlama	Pareto analizi, ok diyagramları, kalite maliyetleri
Düşüncelerin yapılandırılması	İlişki diyagramları, sistematik diyagramlar, beyin fırtınası
Performans/Yapılabilirlik/değerlendirme	İstatistikî Süreç Kontrol, Bölümsel amaç analizi
Problemlerin ve süreçlerin anlaşılması ve analizi	Akış diyagramı, Neden sonuç diyagramları, PDPC
İlişkilerin tanımlanması	Dağılım diyagramı, regresyon/korelasyon ve matris diyagramları
Kontrol parametrelerinin tanımlanması	Deneysel tasarım
Kontrolün izlenmesi de sürdürülmesi	Hata düzeltme, FMEA, matris veri analizi
Müşteri istekleri ve ürün özellikleri arasında arayüz	Kalite fonksiyon dağılımı

1.1.2. Süreç

Süreç, herhangi bir faaliyetin gerçekleştirilmesi ile ilgili belirli bileşenlerden oluşan bir bütündür. Her bir bileşen farklı amaçla kullanılır ve her birinin kullanılma amacı da sürecin sonucunda nihai çıktının istenen nitelik ve nicelikte olmasını sağlamaktır. Daha basit ve yalın bir ifade ile süreç, belirlenen amaçlara ulaşmak için birbirini izleyen ve tamamlayan faaliyetlerden oluşan bir yapıdır.

Süreç iyileştirmeye geçmeden önce süreç kavramının ne anlama geldiğini anlamak açısından süreç kavramı ile ilgili aşağıdaki açıklamalara bakmakta fayda vardır:

- İç ve dış müşteriler için değer yaratacak işletme faaliyetlerinin bütünüdür.
- Müşterinin isteklerini, ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılayarak müşteri memnuniyetini sağlayacak birbirini tamamlayan faaliyetler
- Süreç, girdileri faaliyet, yöntem ve işlemler ile müşterilerin istek ve beklentilerini karşılayacak çıktılara dönüştürmedir.

Süreçlerin amacı, müşteri istek ve beklentilerini karşılamaktır. Müşteri memnuniyetini sağlamak için çıktılar hakkında geri bildirim alınmalıdır. Sürecin bir başka amacı da rakiplere göre daha hızlı, daha düşük maliyetli ve daha iyi çıktıları müşterilere teslim etmektir.

Bir sistemde süreç ile ilgili olarak aşağıdaki tanımlamalar yapılmaktadır¹⁴:

Sistem. Bir sürece etkin ve etkili çalışması için uygulanan kontroller bütünüdür.

Süreç. Girdileri iç ve dış müşteriler tarafından kullanılan bir değere dönüştüren bir faaliyet ya da faaliyetlerden oluşan bir bütündür. Süreçler, işletmenin kaynaklarını tanımlanan çıktılara dönüştürmek için kullanılmaktadır.

Üretim Süreci. Fiziki girdiyi müşterinin tanımlı isteklerine uygun fiziki çıktıya çeviren faaliyetler bütünüdür. Yükleme ve dağıtım, bir üretim süreci içinde değildir.

İşletme Süreci. Tüm hizmet süreçleri ve üretim süreçlerine destek olan tüm süreçler işletme sürecidir.

Organizasyon. Şirket, işletme, kurum, birim fabrika vb.

Fonksiyon. Fonksiyonel bir organizasyondaki birimler.

Departman. Çalışanların bir amaç etrafında toplandığı ve yöneticisinin bulunduğu birimlerdir.

1.1.2.1. İşletme Süreçlerinin Yönetimi

İşletmelerde süreçlerin etkin bir şekilde yönetilmesi gerekir. Yönetmek için de ölçmek gerekmektedir. Süreçler, devamlı güncellenirken eski alışkanlıkların devam edip etmemesi düşünülmektedir. Süreçlerin güncellenmesi, bir taraftan endişeyi de beraberinde getirmektedir. Var olan ve kullanılagelen süreçler ile elde edilen başarıların, süreçlerin

¹⁴ H. James Harrington, *a.g.e.*, s.9.

değişmesi ile kaybedilecek endişesi, genelde süreçlerin değişmesinin önündeki en büyük engeldir. Süreçlerin güncellenmesi, yönetilmesi ve olan iyileştirilmesinin üç temel amacı vardır¹⁵:

- **Süreci etkin hale getirmek.** İstenen sonuçları elde etmek
- **Süreci etkili hale getirmek.** Kullanılan kaynakları minimize etmek
- **Süreçleri uygulanabilir hale getirmek.** Müşteri ve işletme ihtiyaçlarına uyumlu hale getirmek.

Çok iyi tanımlanmış ve çok iyi yönetilen süreçlerin temel özellikleri şunlardır¹⁶:

- Sürecin nasıl en iyi şekilde çalıştığını izleyen bir sorumlu var (sürecin sahibi).
- Sınırları çok iyi tanımlanmıştır (Sürecin kapsamı).
- İçsel ara yüzler ve sorumluluklar tanımlıdır.
- Yazılı süreçleri, görev tanımları ve eğitim ihtiyaçları tanımlanmıştır.
- Her bir faaliyetin gerçekleştiği nokta ile ilgili ölçüm ve geri besleme kontrolleri yapılmaktadır.
- Müşteriler ile ilgili ölçütler ve hedefleri vardır.
- Tanımlı döngü zamanlarını vardır.
- Prosedürleri değiştirmeye tam bir şekil verilmiştir.
- Yapacaklarının nasıl iyi olduğunu bilirler.

Her ne kadar değişime ve iyileştirmeye işletme içinde direnç olsa da bu direnişe karşı durmak gerekir. Özellikle üst yönetimin işletme süreçlerinin iyileştirilmesinin sonuçlarında aşağıda belirtilen elde edilecek faydaları çok iyi anlaması ve anlatması gerekir:

- İşletmeyi müşteri odaklı olmayı sağlar
- İşletmeye değişimi öngörme ve kontrol etmesine imkân sağlar
- İşletmeye elde edilebilir kaynakların kullanımını iyileştirme kabiliyeti sağlar
- İşletme faaliyetlerine etkin bir şekilde yönetme konusunda yardımcı olur
- İşletmeye girdi ve çıktıları tanıtmaya yardımcı olur
- İşletmeye kalitesizliğin maliyetini ölçmeye yardımcı olur

¹⁵ H. James Harrington, *a.g.e.*, s.15.

¹⁶ H. James Harrington, *a.g.e.*, ss.15-16.

- Hataların nasıl ortaya çıktığı ve onları hangi yöntemler ile düzeltereceği konusunda yardımcı olur.
- İşletmenin tüm alanlarında kapsamlı bir ölçüm sistemi geliştirir
- İşletmeyi geleceğe hazırlar

Süreçlerin iyileştirilmesi ve hızının artırılması ile aşağıdaki temel ve işletme açısından önemli olan amaçların karşılanması gerekmektedir:¹⁷:

- Hataların azaltılması
- Erteleme/gecikmelerin azaltılması
- Varlıkların etkin kullanımının artırılması
- Müşteri odaklı olmayı sağlamak
- Süreçlerin kolay kullanılmasını sağlamak
- İşletmeye rekabetçi avantaj sağlamak

Süreçlerin ölçümü, yönetimi ve iyileştirilmesinde önceliklerin belirlenmesi gereklidir. Sürecin iç ve dış müşteriler üzerindeki etkisi devamlı göz önünde tutulmalıdır. İyileştirme fırsatları ve müşteriye etkileri Şekil 1 üzerinde gösterilmektedir.

Müşteriye Etkisi	Yüksek	Orta Düzey	Üst Düzey	İleri Düzey
	Orta	Orta Düzey	Üst Düzey	Üst Düzey
	Düşük	Düşük Düzey	Orta Düzey	Orta Düzey
		Düşük	Orta	Yüksek
		İyileştirme Fırsatı		

Şekil 1 Süreç Önceliklerini Oluşturma Matrisi¹⁸

¹⁷ H. James Harrington, *a.g.e.*, s.21.

¹⁸ H. James Harrington, *a.g.e.*, s.41.

Şekil 1'e göre iyileştirme fırsatlarının ve müşteriye etkisinin de yüksek olduğu durum, ileri düzeyde önceliklendirilmesi gereken bir iyileştirmedir. Fırsatların ve müşteriye etkisinin azaldığı durumda iyileştirme önceliklerinin de azaldığını söylemek gerekir. Bu süreçlerin seçiminde aşağıda belirtilen 4R göz önünde tutulmalıdır¹⁹:

- **Kaynaklar (Resources)**. Sınırlı kaynaklar vardır ve süreç iyileştirmeye devam edilirken mevcut süreç kaynakları kullanılmalıdır. Yeni süreç yapılanması devam ederken buna paralel olarak eski süreçler kullanılmaya devam edilecektir.
- **Getiri (Returns)**. İyileştirmenin işletmeye geri dönüşleri yakından izlenmelidir. Süreç maliyetleri azalacak mı? İşletmeyi rekabetçi yapacak mı? Pazarda avantaj elde dilmesini sağlayacak mı?
- **Riskler (Risks)**. Büyük çaplı değişiklikler büyük başarısızlık risklerini de taşır ki bu normaldir. Orta çaplı değişikliklere genelde işletmede karşı direnç gösterilmektedir. Yeni düşünce ve devrim niteliğindeki faaliyetlerin getirisi yüksektir ancak başarısızlık olasılığı da yüksektir.
- **Ödüller (Rewards)**. Süreç iyileştirme ekibine ve çalışanlarının ödülü ne olacak? Yaşam kaliteleri nasıl iyileştirilecek?

1.1.2.2. Süreçteki Akışı Daha Etkin Hale Getirmenin Prensipleri

Süreçteki akışı daha etkin hale getirmenin on iki temel aracı bulunmaktadır ve bunlar birbirini sırası ile uygulanmalıdır. Bu temel takım dinamikleri ve sorun çözme eğitimlerine ek olarak ekip, kendisine verine görev ile ilgili özel eğitimler de almalıdır. Bu eğitim aşağıdaki başlıklarda olmalıdır²⁰:

1. *Bürokrasinin elenmesi*. Zorunlu olmayan yönetsel görevleri, onaylamaları ve kâğıt akışının kaldırılması
2. *Yinelenmelerin elenmesi*. Süreçte farklı parçalarda gerçekleştirilen benzer faaliyetlerin kaldırılması.
3. *Katma değer açısından değerlendirme*. İşletme sürecindeki tüm faaliyetler, müşterinin isteklerine cevap vermesini sağlayacak şekilde

¹⁹ H. James Harrington, *a.g.e.*, ss.41-42.

²⁰ H. James Harrington, *a.g.e.*, s.132.

değerlendirilmelidir. Gerçek katma değerli faaliyetler müşteri açısından kabul görmektedir.

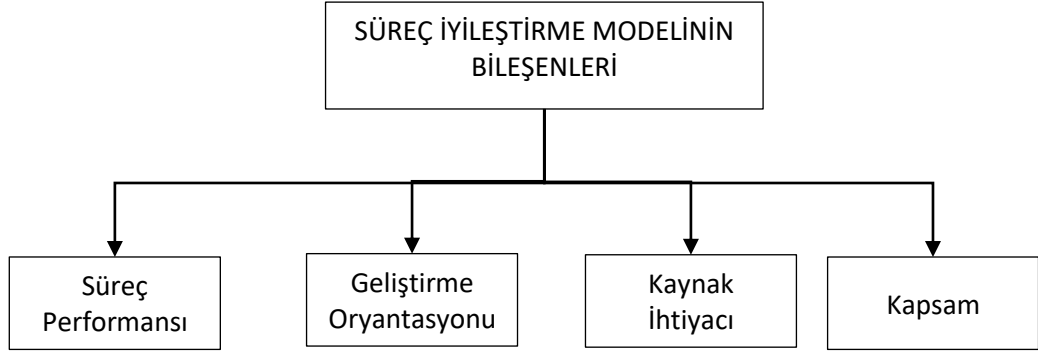
4. *Sadeleştirme*. Sürecin karmaşıklığını basitleştirme.
5. *Süreç döngü zamanının azaltılması*. Süreç döngü zamanının azaltılmasını sağlayıcı yöntemleri kullanarak stoklama maliyetlerinin azaltılması ve müşteri beklentilerinin karşılanması sağlar.
6. *Hata kanıtlama*.
7. *Seviyeyi yükseltmek*. Performansı iyileştirmek için duran varlıkların ve çalışma ortamının etkin kullanılmasını sağlamak
8. *Basit yazışma ve konuşma*. Yazma konuşmanın karmaşıklığını ortadan kaldırmak. Dokümanları herkesin daha basit bir şekilde kullanılabilir hale getirilmesi.
9. *Standartlaştırma*. Bir faaliyeti tek bir yol ile gerçekleştirme yolunun seçilmesi tüm çalışanların bu yolu kullanarak faaliyetleri gerçekleştirmesi
10. *Tedarikçi ile ilişkiler*. Süreç çıktısının kalitesi sürece alınan girdilerin kaliteli ile yakından ilişkilidir. Tedarikçinin girdileri iyileşirse, sürecin tüm performansı da iyileşir.
11. *Büyük resmin iyileştirilmesi*. Bu teknik, ilk 10 adımın istenen sonuçları vermemesi halinde kullanılır. Süreçte kökten değişiklik yapılması için yaratıcı yöntemlerin geliştirilmesi konusunda ekibe yardımcı olmak için geliştirilen bir yöntemdir.
12. *Otomasyon ve/veya mekanikleştirme*. Araçların ve teçhizatların kullanımı çok sıkıcı olur, rutin faaliyetler çalışanları yaratıcı faaliyetler gerçekleştirmek için aman bırakır.

1.2. SÜREÇ İYİLEŞTİRME SEÇİM MODELİ

Bir süreç iyileştirme modeli farklı özellikleri açısından tanımlanmalıdır. Bunlar, şekil 2 üzerinde de gösterildiği gibi dört boyutta toplanabilir²¹: (1) Süreç Performansı, (2)

²¹ M. Meadows ve Y. Merali, a.g.e., s. 192.

Geliştirme oryantasyonu, (3) Kaynak ihtiyacı ve (4) Kapsam. Bu bileşenler şekil 2 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 2 Süreç İyileştirme Modelinin Bileşenleri

1.2.1. Süreç Performansı

Süreç performansı, herhangi bir sürecin kendi fonksiyonlarını yerine getirip getirmediği ve kendisinden beklenen sonuçları elde edip etmediğinin ölçümü ile ilgilidir. Süreçler, ürettiği fiili sonuçların ses getiren ve ses getirmeyen olmalarına göre değerlendirilir. Süreçlerin ses getirmesi, niceliksel olarak tanımlanabilir olması demektir ki bu şekilde süreçlerin etkinliği ve etkililiği ölçülmektedir. Süreçler için kullanılan niceliksel göstergeler arasında bekleme zamanı, teslim zamanı, servisin doğruluğu, ulaşılabilirlik ve servisin eksiksizliği gibi göstergeler yer almaktadır.

- **Etkililik:** Bir sürecin istenen sonuçları elde edebilme yetisi, etkililik olarak ifade edilir. Eğer bir süreç, istenen sonuçları elde edebilecek durumda ve kullanıcılar da bundan memnun ise, bu süreç için, küçük düzeyde iyileştirmeler uygundur. Ters durumda, yani beklenen sonuçları veremiyor ise, bu süreçte önemli değişiklikler ve iyileştirmeler yapılmalıdır.
- **Etkinlik:** Sürecin planlanan sonuçları elde edip edemediği derecesini gösteren gösterge, etkinlik olarak ifade edilir. Etkin bir süreçte herhangi bir işlem önemli kayıpları olmaksızın ve durmaksızın tamamlanmaktadır. Bu tür süreçlerde zaman, stok, alan, emek ve enerji gibi konularda kayıplar görülmektedir.

1.2.2. Geliştirme Oryantasyonu

Süreç iyileştirmeyi en iyi şekilde anlatmanın yolu, süreç iyileştirme çalışmalarının neden yapıldığını ve amaçlarını basit ve anlaşılır bir şekilde açıklamaktır. Bu nedenle süreç iyileştirme çalışmalarının özellikleri aşağıdaki başlıklarda açıklanmalıdır:

- **Yaklaşım:** ilk özellik, sürece hangi iyileştirme yönteminin uygulanacağını anlatmaktır. Süreçte, sürecin belirli bölümlerinde küçük iyileştirmeler yapılması tercih edilebilir ki sonuçları kademeli bir şekilde elde edilir. Diğer taraftan süreçte önemli ve büyük adımla iyileştirme tercih edilebilir. Bu yaklaşım köklü bir iyileştirmedir ki süreç tepetaklak bir hale gelir. Böyle bir yaklaşımın gerekçesi, işletmenin stratejik amaçlarına ulaşmasındaki başarısızlıktır. Bu yaklaşıma sıklıkla başvurulamaz ve tekrarlanamaz.
- **Tarz:** Bir iyileştirme çalışmasının tarzı, süreçte kullanılacak iyileştirme fikrine dayalı olan yönteme dayalıdır. Planlanan sonuçlar ve gerçekleşen değerler arasındaki farkı analiz etmek için süreçlerde analitik yöntemler kullanılabilir.
- **Odak:** tüm iyileştirme çalışmalarının odak noktası, iyileştirme çalışmalarının sonucu yani getirisidir. Eğer, süreç iyileştirme hedefi dar kapsamlı ise, sınırlı ya da az sayıda iyileştirme özelliği çok iyi tanımlanmış ise, bu mikro odaklı bir iyileştirmedir. Diğer taraftan süreç iyileştirme çalışmaları kurumun her kesimine yaygınsa ve geni kapsamlı ise, böyle bir iyileştirme makro odaklıdır.
- **Amaç:** Diğer bir iyileştirme oryantasyon faktörü, iyileştirme çalışmasının amacıdır. İyileştirme çalışmasının amacı, var olan süreçlerin iyileştirilmesine yönelik ise, bu geliştirme çalışması olarak tanımlanır. Bazı durumlarda iyileştirme projesi süreçlerde önemli ve büyük ölçüde iyileştirmeler elde etmeyi amaçlar ki bu projeler değer odaklıdır ve müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılamayı amaçlar. Böyle bir projenin amacı, genişletme olarak tanımlanır.
- **Değişim:** Bir iyileştirme çalışması, işletmenin küçük bir biriminde yapılmak isteniyor ise, sonuçları sınırlı olacaktır, süreçte kademeli iyileştirmeler gerçekleşecektir. Bazen, daha kapsamlı iyileştirme projesi büyük çapta

farklılaştırmayı getirir ki var olan süreçlerde kalıcı şekilde daha iyi ve geliştirilmiş sonuçların elde edilmesini sağlar.

- **Alan:** Alan ile iyileştirme çalışmalarının temel ilgi alanları ve esas faaliyetlerini ifade etmek istenir. Bazı iyileştirme çalışmaları sürecin bir kısmına odaklanarak yapılması, sürecin geliştirilmesine ve daha etkin sonuçlar elde edileceğine inanılarak gerçekleştirilir. Ne var ki, sürecin bir kısmında her ne olursa olsun iyileştirme yapılır, iki farklı sonuç ile karşılaşılır süreçte basit iyileştirme elde etmek ya da başarısızlık. Böyle bir durumda alanı genişletmek ve sürecin bir kısmını değil tamamını çalışma kapsamına almak gerekir. Diğer bir ifade ile kalıcı ve önemli sonuçlara, sürecin tamamında yani tüm zincirde iyileştirme çalışmaları yapılması ile ulaşılır.
- **Esas:** Esas, çalışma sonuçlarının yapısını ifade etmektedir. Yapısı gereği bazı küçük ölçekli sonuçlar, çok iyi tanımlanmış ve odaklanılmış bir konuyu belirlemiş olabilir. Bu tür süreç sonuçları yapısı gereğince, problem çözücü olmaktadır. Diğer projeler büyük ölçekli ve geniş kapsamlı olur. Sonuçları işletmenin tüm süreçlerinde kendisini gösterir. Bu süreçlerin çıktıları, yapısı itibari ile icat niteliğindedir.

1.2.3. Kaynak İhtiyacı

Uygun bir süreç iyileştirme çalışmasında önemli bir bileşen, kaynak tahsisidir. Üç farklı kaynak unsuru dikkate alınmalıdır.

- **Zaman ve Bütçe:** Zaman ve bütçe, bir iyileştirme projesinin önemli bir bileşenidir ve ihmal edilmemelidir. Zaman ve bütçe, farklı projelerin seçiminde etkili ve belirleyici olur. Kısıtlı bütçe, projelerin dar kapsamlı ve sonuçlarının da kısa vadeli hedefleri karşılmasına yol açar. Ancak yeterli bütçe imkânları ve zaman, projenin nimetlerinden faydalanılmasını sağlar.
- **İnsan kaynakları:** Yeterli niteliklere ve vasıflara sahip bir insan kaynakları, projenin başarısı için önemlidir. Projenin kapsamına ve projeden beklenenlere bağlı olarak insan kaynaklarının yeterliliği de önem kazanmaktadır.

- **Bilgi Teknolojileri:** Diğer bir kaynak türü de bilgi teknolojileridir. Sürecin güvenilirliğini ve etkinliğini artırmak için sürecin aşamalarını otomasyona bağlamak amacı ile iyileştirme çalışmaları söz konusudur. Bu durumda, BT'nin kullanımı ikincil derecededir. Nedeni, BT'nin otomasyon ve işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan bir araç olmasıdır. Başarılı bir süreç, müşterilere değer sunmak için tasarlanır. Bunu başarabilmesi için sürecin tüm damarlarından bilginin akması ve işlenmesi gerekir. Süreçteki iyileştirme adımları iyi bir BT ile izlenebilir.

1.2.4. Kapsam

Bir süreç iyileştirme çalışmasının kapsamı, sahiplik, uygulamaya koyma ve etkisi ile ilişkilidir.

- **Sahiplik:** her işletmede her bir sürecin bir çalışan tarafından tanınması çok önemlidir. Bu kişi, genelde süreç iyileştirme çalışmalarını başlatan kişidir. Küçük ölçekli ve basit süreçler genelde kendi çalışanlarına ait iken, büyük ölçekli ve karışık süreçlerin sahibi, örgüt hiyerarşisinde üst kademelerdir. İyileştirme projelerinin başarısında, sürecin sahiplerinin çalışmayı sahiplenmesi ve her aşamada destek olması gerekir.
- **Uygulamaya Koyma:** Bir iyileştirme projesi, iki olası yöntem ile uygulamaya konulur. Aşağıdan yukarı yöntemi genelde küçük ölçekli ve dar kapsamlı projeler için uygundur. Bu tür projelerin etkileri ve sonuçları, küçük çaplıdır. Diğeri ise, yukarıdan aşağı yöntemidir. Büyük ölçekli ve geniş kapsamlı projeler için kullanılacak bir yöntemdir. Bu projelerin etkileri ve sonuçları geniş kapsamlıdır. Süreçlerde önemli değişikliklere yönelik bir proje için yukarıdan aşağı yaklaşımı geçerli olacaktır. Bu yaklaşımın uygulanacağı iyileştirme çalışmaları, zaman ve bütçe gibi kaynakların yeteri kadar tahsis edileceği projelerdir.
- **Etki:** Bir iyileştirme projesinin etkisi İşletmenin süreçlerinin bir kısmında kalabileceği gibi işletmenin tüm süreçlerinde de görülebilir. İyileştirme projesinin çıktısı, işletmeye açısından stratejik ve taktik bir değer olarak

kabul edilebilir. Etkinlik artırmaya odaklı bir iyileştirme projesinin işletmenin taktiksel değerine etkisi sınırlı olacaktır. Büyük kapsamlı bir projenin etkileri, işletme açısından önemli sayılabilecek derecede etkiye sahip olacak ve işletmeye stratejik anlamda faydalar sağlayabilecektir.

1.3.SÜREÇ İYİLEŞTİRME PROJELERİNİN BAŞARISINI ETKİLEYEN HUSUSLAR

Süreç iyileştirme projeleri çok büyük istek ve heyecanla başlamasına rağmen, çoğunlukla sonuçlar beklenenleri verememektedir. Bu başarısızlıkların nedeni, projenin uygulamacılarından ziyade, proje liderlerinin değer yargılarından kaynaklanmaktadır. Süreç iyileştirme projesinin başarısını birçok faktör etkilemektedir. Bu faktörlerin projenin liderleri tarafından bilinmesi gerekmektedir. Oldukça basit, anlaşılır ve başarılı bir proje yürütmek konusunda yardımcı olacaktır.

1.3.1. Dikkat Edilmesi Gereken Temel Hususlar

Aşağıda belirtilen on başlık, bir iyileştirme projesinin başarısı açısından proje liderlerine yardımcı olacaktır²²:

- Aklında bitirmediğin konuda başarılı olamazsın
 - *Süreçleri ve bileşenlerini ve değer yaratmadaki ilişkilerini gösteren bir süreç haritası geliştirilmelidir.*
 - *Planlamaya rehberlik etmek ve tüm akışı değerlendirmek için kurum düzeyinden performans göstergeleri geliştirilmeli.*
 - *Kurum düzeyinde performans ölçütlerini belirlenmeli ve sınıflandırılmalı*
 - *Programın gelişimi açısından liderin devamlı iletişim halinde olması sağlanmalıdır.*
- İyileştirme organik olarak gelişmelidir
 - *Çalışanların gerekli yetenek ve bilgiye sahip olduğundan emin olur ve kendilerine verilen sorunları çözme konusunda yardımcı olunmalı*

²² Robert A Gardner, "10 process Improvement Lessons For Leaders" *Quality Progress*, V.35, N.11, 2002, ss.57-58.

- *Var olan kapasite dikkate alınarak (insan, yer, makine vb.) gerçekçi amaçları ve zaman planını oluşturulmalı*
- *Daha önceki katılımcıları/uygulamaları sürekli desteklenerek, cesaretlendirilmeli ve takdir edilmeli*
- Sürekli iyileştirme, kendi kendine sürdürülmelidir
 - *Süreci değişim kaldırıcı olarak kullanılmalı*
 - *İyileştirme programını planlarken, çalışanları nasıl işin içine çekileceğini belirlemek gerekir.*
 - *Operasyonel kararlar verilirken çalışanların motivasyonu üzerinde nasıl bir etkisi olacağı düşünülmelidir*
 - *Yönetimin ve insan kaynakları sisteminin çalışanların motivasyon dinamiklerini desteklediğinden emin olunmalı.*
- Lokal bazlı iyileştirmeler, sistemin iyileştirmesi anlamına gelmez
 - *Süreç iyileştirme çalışmalarına başlamadan önce sistemin tamamının anlaşılması gerekir.*
 - *Toplam performans konularına dayalı olarak iyileştirme önceliklerinin belirlenmeli*
 - *Kurum düzeyindeki ölçümler ile iyileştirmelerin değerlendirmeli*
- Faaliyetler sonuçlara dönüştürülmemeli
- İyiden önce kötü ortaya çıkar.
 - *Projenin ilk evrelerinde önceden ve abartılı beklentilerden kaçınılmalı*
 - *Tüm sonuçların bütünleştirilmesi garanti altına alınmalı. Hatalı bildirimler, oluşturmak istenilen kültürü mahvedecektir.*
 - *İyileştirme önceliklerini şematize ederken iyileştirmenin türü ve büyüklüğü çok iyi belirlenmelidir. Örneğin, döngü zamanındaki azalmayı, verimlilikte iyileştirmeyi ya da hatalardaki azalmayı dikkatlice incelenmelidir.*
- Ne kadar uzun olması ne kadar çok olmasına bağlıdır.
- Şeffaflık olmadan hiçbir şey fark edilmez
- Amaca doğru iş yapmak, devamlı sonuç üretmez.

Rekabetçi ortamda, süreç iyileştirme, bir işletme stratejisidir. Rekabetçi olmak için, müşteriye değer sunmak; müşteriye değer sunmak için süreçlerde değer üretmek ve değer üretmek için de süreçlerin iyileştirilmesi gerekmektedir²³. İyi süreçler bizlere yöneticilerin ve ekibinin ne kadar iyi olacağını gösterir.

1.3.2. İyileştirme Yapılacak Sürecin Belirlenmesi

Tüm süreçler birbirine eşdeğer değildir ve aynı anda oluşturulmamıştır. Süreç iyileştirme çalışmalarında işe yarar sonuçlar elde etmek için doğru süreç belirlenmeli ve bu süreçte değer yaratmaya odaklanılmalıdır.

Süreci belirlemek için aşağıdaki üç soruya cevap aranmalıdır:

- İşletmenin süreçleri nelerdir?
- Hangi süreç ya da süreçler işletme için çok daha önemlidir?
- Bu süreçler daha iyi nasıl çalışır duruma getirilir?

1.3.3. Süreç İyileştirme Stratejilerinin Belirlenmesi

Bu strateji, işletmelerde süreç iyileştirme çalışmalarında ikilemlerden uzaklaşmak ve istenilen sonuçların elde edilmesini sağlamak için oluşturulmalı ve kullanılmalıdır. Bu strateji, aşağıda gösterildiği gibi dört aşamadan oluşmaktadır:

- **1.Aşama: Veri Toplama:** Hedeflere ulaşmak için gerekli verilerin toplanması gerekmektedir.
- **2.Aşama: Sürecin Belirlenmesi:** Birinci aşamadan elde edilen veri ve bilgileri kullanarak süreç ile ilgili öncelikler belirlenir ve sürecin sahipleri oluşturulur
- **3.ve 4. Aşama: Kontrol ve Değerleme:** İyileştirme çalışmalarında olması gereken ve gerçekleşen diğer bir ifade ile planlanan ve gerçekleşen karşılaştırması yapılır.

1.3.4. Değer Yaratma Akışlarının Tanımlanması

İlk aşama, işletmenin değer akışlarının tanımlanmasıdır. Değer akışı, ürün ve hizmet için tedarik aşamasından başlayıp, müşteriye teslim aşamasına kadar geçen süreci kapsamaktadır. Değer, son müşteri tarafından tanımlanmaktadır²⁴.

²³ Robert A. Gardner, "Resolving The Process Paradox", *Quality Progress*, V.34, N.3, 2001, s.13.

²⁴ Robert A. Gardner, "Resolving ...", *a.g.e.*, s.14.

1.3.5. Mevcut Durumun Belirlenmesi

Bir sonraki adım iyileştirme yapılacak işletmede mevcut durumun belirlenmesidir. Süreçlerdeki akışların tespiti, izlenmesi ve yazılı hale getirilmesi gerekmektedir. Süreç iyileştirmeden önceki durum ile iyileştirme sonrası durumun karşılaştırılması, yapılan çalışmaların amacına uygun olup olmadığının tespiti açısından önemli ve gereklidir. Mevcut durum çalışmalarının tamamlanmasına paralel olarak süreç iyileştirme çalışmalarına başlangıç için aşağıdaki unsurlar dâhil edilmesi gerekir²⁵:

- **İsim:** yapılan için adını koymak. Örneğin “ürün geliştirme” gibi.
- **Amaç:** işletmenin temel amacı, değer yaratan süreçlerde ürün ve hizmet üretmeyi içerek şekilde belirlenmelidir.
- **Sınırlar:** Tedarikçi ve müşterinin koşulları dikkate alınarak “çevre” ye göre ürün/hizmetlerde farklılaştırmaya gitmek.
- **Süreçler arası bağımlılık:** Farklı süreçler arasında birbirine bağlılığı tanımlamak.
- **Sahip:** Süreç tasarımında ve performansından sorumlu kişi ya da kişiler.
- **Performans hedefleri:** odak noktası değer yaratmak olmalı.
- **Operasyonel Göstergeler:** Süreç performansını yönetmek için gerekli göstergeler kullanılmalı.
- **Performans yönetimi:** Süreçleri yönetmek için kullanılması gereken yöntemler.
- **Geri besleme mekanizması:** Müşteri memnuniyeti ve şikâyetlerinin bildirim ve yönetimi yöntemleri.

1.3.6. Süreç Performans Ölçümü Boyutu

Süreç performansı, üç boyutta değerlendirilmelidir:

- **Etkililik:** çıktıların müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerini karşılaması ile ilgili bir göstergedir.
- **Etkinlik:** girdilerin azaltılması ve kayıpların önlenmesi, etkinliktir.

²⁵ Robert A. Gardner, “Resolving ...”, *a.g.e.*, ss.14-15.

- **Uyumluluk:** sürecin değişime uyum sağlayabilmesi şeklinde ifade edilebilir. Uyumluluk, değişimi kontrol etmek demek değildir. Sürecin değişime cevap vermek ve uyum sağlama esnekliğinde olup olmaması ile ilgili bir göstergedir.

Müşteri beklentilerini karşılayabilmek için klasik, organizasyonel düşünce tarzını bırakıp süreç odaklı düşünmek gerekmektedir. Organizasyonel odaklı ve süreç odaklı olma arasındaki farklar tablo 3 üzerinde gösterilmektedir²⁶.

Tablo 3 Odaklanma Farklılıkları

Organizasyonel Odaklı	Süreç Odaklı
Çalışanlar sorundur	Süreç sorundur
Çalışan	İnsan
İşler yapılır	İşlerin yapılmasına yardım edilir
İşler öğrenilir	İşlerin toplam sürece uyumunu öğrenirim
Çalışanı değiştir	Süreci değiştir
Daima en iyi çalışan aranır	Daima süreci iyileştirme aranır
Personel bazlı performans ölçümü	Süreç bazlı performans ölçümü
Çalışanı motive etme	Engellerin kaldırılması
Birbirine güvenmeme	Herkes bir bütündür
Çalışanları kontrol etme	İnsanları geliştirme
Kim hata yaptı?	Hata yapılmasına ne neden oldu?
Hataları düzeltme	Varyasyonu azaltma
Üretim hattına odaklı	Müşteriye odaklı

Organizasyon odaklı bir yapıdan süreç odaklı bir yapıya geçmek zor bir kültür değişimidir. Değişim kolay bir şey değildir ve basit bir süreç de değildir. Çok iyi bir bilgi ve düşünce birikimini, ayrıntılı bir planlamayı, ayrıntılı bir yaklaşımı ve liderliği gerektirmektedir.

Aşağıda belirtilen kurallar, değişim sürecine rehberlik sağlayacaktır²⁷:

1. İşletme değişimin önemli ve gelecek için değerli olduğuna inanmalıdır.
2. Herkesin göreceği ve anlayacağı bir geleceğin resmini ortaya koyacak vizyon olmalıdır.

²⁶ H. James Harrington, *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*, RR Donnelley and Sons, USA, 1991, s.5.

²⁷ H. James Harrington, *a.g.e.*, s.6.

3. Mevcut ve potansiyel engeller ortadan tanımlanmalı ve ortadan kaldırılmalıdır.
4. İşletme, vizyona ulaşacak şekilde stratejiyi desteklemelidir.
5. İşletmenin liderlerinin model sürece ihtiyaçları vardır ve bir örnek oluşturmalıdır
6. Yeni uzmanlıklar için eğitim imkânları sağlanmalı
7. Sonuçları rakama dökülecek performans ölçüm sistemleri oluşturulmalı
8. Herkes için geri sürekli bildirim imkânı sağlanmalı
9. İstenmeyen davranışları düzeltmeyi sağlayacak liderlik geliştirilmeli
10. İstenen davranışları sağlamlaştırmak için takdir etme ve ödüllendirme sistemleri oluşturulmalıdır.

1.4. ALTI SİGMA

Rekabetçi ortamda sürekli iyileştirme, işletmeler için çok önemli bir stratejik unsurdur. Kaliteli ve düşük maliyetli üretilen ürün/hizmetleri rakiplerine göre zamanında pazara süren işletmeler, rakiplerine göre daha avantajlı konuma geleceklerdir. Elbette bunların sonuçları da işletmelerin satış, kâr ve firma değeri gibi finansal gösterilerini olumlu şekilde etkileyecektir. Kalite ve kâr arasındaki ilişkiyi fark eden ve yöneten işletmeler rekabetçi güç olma konusunda önemli bir avantaj elde etmiş olacaklardır. Kaliteyi olumsuz yönde etkileyen unsurlar, kârı da olumsuz yönde etkileyecektir. İşletmelerin temel amacı kâr elde etmektir. Kârı olumsuz etkileyen unsurların tanımlanması, olumsuz etkilerinin azaltılması ve yönetilmesi gerekmektedir. Süreç iyileştirme, işletmenin kârının artmasını engelleyen sorunları/engelleri ortadan kaldırmaya yönelik kullanılan farklı yöntemlerin üst başlığıdır. Bu yöntemler arasında, süreçlerdeki varyasyonu azaltmaya yönelik olarak kullanılan altı Sigma; süreçte kayıpları azaltmaya yönelik kullanılan yalın düşünce ve süreçte kısıtları yönetmeye yönelik kısıtlar teorisi yer almaktadır. Bu yöntemlerin temel amacı, işletmenin faaliyetlerinde devamlılığı sağlamak ve kâr seviyesini daima korumak ve artırmak yer almaktadır.

Japon otomobil üreticileri özellikle Toyota ürün kalitesinin süreç kalitesine bağlı olduğu gerçeğini yıllar önce fark etmiş olmasına rağmen şaşkıncıdır ki birçok işletme bu gerçeği halan anlamış değillerdir. İşletmelerin kaliteli ürün üretebilmeleri aslında süreçlerin

kaliteli olmasına bağlıdır. Süreçlerin yönetilmesi için faaliyetlerin yönetilmesi ve istenen kalite seviyesine bu şekilde ulaşılmasının mümkündür. Faaliyetlerin ve buna bağlı olarak süreçlerin yönetilmesi ile maliyetler de yönetilecek ve maliyetlerde azalma sağlanacaktır ki böylece işletmeler, kâr hedefine ulaşmış olacaklardır. Maliyet azaltma, süreçlerdeki iyileştirme sayesinde mümkün olacaktır.

1.4.1. Temel Kavramlar

Altı Sigma yönetsel ve istatistiki olarak farklı şekillerde tanımlanabilir. Altı Sigma, işletmenin performansını artırmaya yönelik bir stratejidir. Müşteri beklentilerini ve isteklerini karşılamak ve hatta ötesine geçerek satışları artırmayı sağlamaya odaklanan ve diğer taraftan da kayıpları ve varyasyonu azaltarak / yöneterek maliyetleri de azaltan / yöneten ve buna bağlı olarak da kârı artırmayı hedefleyen bir stratejidir²⁸. Altı Sigma, istatistiki yöntemler kullanarak işletme süreçlerinde varyasyonların yönetilmesi ve kayıpların azaltılmasını sağlayan bir yönetsel araçtır.

Altı Sigma, teknik olarak milyonda 3,4 oranında hatayı ölçmekte kullanılan bir varyasyon göstergesidir. Ancak, istatistiki bir kavramdan ziyade daha çok anlam içermektedir. Altı Sigma, belirli bir düzen içinde veriye dayalı olarak süreçlerde iyileştirme yapılması ile verimlilik ve karda artışı sağlayan bir yaklaşım olarak tanımlanır. Bu tanımdaki kavramları aşağıdaki şekilde açıklanabilir²⁹:

- **Düzenli bir yaklaşımdır:** Altı Sigma standardize edilmiş ve birbirini izleyen adımlardan oluşan bir yapıya sahiptir. Bu yapı, DMAIC (**D**efine-**M**easure-**A**nalysis-**I**mprove-**C**ontrol) olarak ifade edilmektedir.
- **Veriye dayalı bir yaklaşımdır:** Mantıklı iyileştirmeler yapabilmek ve karar verebilmek için istatistiki ölçütler ile destekli veriler kullanılmaktadır.
- **Sistemik bir yaklaşımdır:** Altı Sigma mükemmel kaliteye ulaşmayı sağlamaya yönelik bir yaklaşımdır.

²⁸ J, Anthony ve R., Barnuelas, "A Strategy for Survival", *Manufacturing Engineering*, V.80; N.3; 2001, s.119.

²⁹ Betsi Harris Ehrlich, *Transactional Six Sigma And Lean Servicing, Leveraging Manufacturing Concepts to Achieve World-Class Service*, St Lucie Press, 2002, ss. 1-2.

- **Sürekli geliştirmeye odaklı bir yaklaşımdır:** İyileştirme devamlılık göstermeli, anlık ve bir kerelik yapılmamalıdır.
- **Kalite odaklı bir yaklaşımdır:** Sürecin beklentileri karşılması ve aşması beklenir.
- **Verimlilik odaklı bir yaklaşımdır:** Sürecin girdileri çıktılara etki ve etkili bir şekilde dönüştürmesi.
- **Kârlılıkta artışı sağlamaya odaklı bir yaklaşımdır:** Altı Sigma çalışmalarının işletmenin kârında artış yapması beklenir ve bu çalışmaların yapılmasının temel amacı da budur.

Altı Sigma aşağıdaki kavramlar ile de tanımlanabilir³⁰:

- **Altı Sigma bir problem çözme aracıdır:** Gerçekten işletmelerin ve organizasyonel performansın geliştirilmesinde çok etkili bir problem çözme aracıdır.
- **Altı Sigma performans ölçer.** İstatistiki bir araç olarak, milyonda 3,4 oranında hatanın ölçümünü tespit etmekte kullanılır.
- **Bir iyileştirme aracıdır.** Süreçlerde, %70 ve yukarısı düzeylerinde iyileştirme imkânı sağlar.
- **Altı Sigma yayılımı,** işletmenin tamamında belirlenmiş roller ve görevleri genel kabul örmüş standartlara ve kurallara göre faaliyetlerin yapılmasını sağlar.
- Bir işletme, maliyetleri azaltmak, satışları artırmak, müşteri memnuniyetini artırmak, kapasite ve yapabilirliğini etkinleştirmek, karmaşık yapısını azaltmak, üretim süresini azaltmak ve hataları/kayıplarını azaltmak için altı Sigma yöntem ve araçlarını kullanır.

Altı Sigma, hataları azaltan ve değeri artıran bir yöntemdir. Her hatanın bir maliyeti vardır. Bu bir müşteri kaybı, satış kaybı, zaman kaybı ve kar kaybı olarak tanımlanabilir. Hatalar ve kayıpların maliyeti, iş hayatında satışlarının %20-%30'u düzeyindedir³¹.

³⁰ Gygi, Craig vd. "Six Sigma for Dummies", Wiley Publishing, 2005, s.9.

³¹ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.9.

Herhangi bir unsurun rakamsal değerindeki değişmeler, varyasyon olarak tanımlanmaktadır. Ölçülen her şey, varyasyona konudur diğer bir ifade ile maruz kalmaktadır. Makine ve teçhizatlar, çalışanlar, süreçte ölçüm amaçlı kullanılan araçlar varyasyona maruz kalmaktadır. Varyasyon, süreçte belirli zamanda elde edilen çıktılardaki değişimlerin bir ölçüsüdür. Belirli zaman aralıklarında veri toplandığı zaman sürecin girdi değişkenleri, süreç yöntemleri ve sürecin çıktı değişkenleri ölçüldüğü zaman varyasyon olduğu görülecektir. Varyasyonun anlaşılması, kontrol edilmesi ve azaltılması, bir iyileştirme projesinin temel amacıdır³².

Varyasyon girdi, süreç ve çıktı diğer bir ifade ile değer zincirinin her aşamasında ortaya çıkabilir. Amaç, her aşamada varyasyonu azaltmaya yönelik çalışmalar yapmaktır.

Tüm işletmelerin, organizasyonların ve insanların iyileştirecekleri bir alanları vardır. İşler hatalı olarak gerçekleştirirse sonuçlar da hatalı olacaktır. Hatayı telafi etmek için yeniden işlemler yapılacak ve bu bir taraftan maliyelerin artmasına ve diğer taraftan da müşteri memnuniyetsizliğine neden olacaktır³³.

Altı Sigma'nın amaçları şu şekilde sınıflandırılabilir³⁴:

- Hataları azaltmak
- Getiriyi artırmak
- Müşteri memnuniyetini artırmak
- Firmanın değerini artırmak

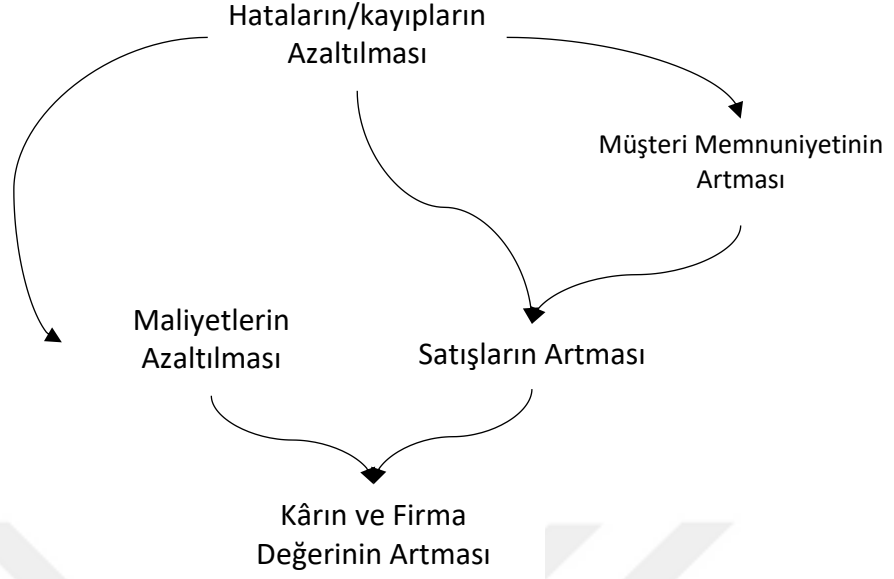
İyileştirme projelerinin temel amacı aslında, firmanın değerini artırmaktır. Alı Sigma, yalın düşünce ve diğer iyileştirme araçları, bu amaç doğrultusunda kullanılmaktadır.

Kayıplar ve firma değeri arasındaki ilişki şekil 3 üzerinde gösterilmektedir.

³² Frank Voehl vd. *The Six Sigma Black Belt Handbook, Tools and Methods For Process Acceleration*, CRC Press, USA, 2014, ss.60-61.

³³ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.10.

³⁴ D. H. Stamatis, *Six Sigma for Financial Professionals* Wiley, USA, 2003, s.42.



Şekil 3 Kayıpların Firma Değerine Etkisi

Altı Sigma'ya sadece kalite iyileştirme aracı olarak bakmamak gerekmektedir. Hataları önlemeye ve değeri artırmaya yönelik genel amaçlı bir yaklaşımdır. Altı Sigma iki farklı boyutta kullanılmaktadır:

- Yönetim Boyutu
- Teknik Boyut

1.4.2. Yönetimsel Boyut

Yönetimsel boyutta altı Sigma girişimi birçok birimi, çalışanı, teknolojileri, projeleri, programları, ayrıntıları ve bunların hepsinin yönetilmesini ve koordine edilmesini gerektirir. Yönetimsel boyu kendi içinde *kurumsal başarı, bilim ve liderlik arasındaki bağlantı* ve yönetim sistemlerinin kullanımı açısından değerlendirilebilir³⁵.

Kurumsal performans açısından bakıldığı zaman Altı Sigma sayesinde birçok firma önemli başarılar elde etmişlerdir. Sadece maliyet tasarrufu değil müşteri memnuniyeti ve Pazar payını artırma/koruma konularında da başarılar elde etmişlerdir. Altı Sigma kullanarak General Elektrik, ile 5 yılda 7- 10 milyar; Motorola 4 yılda 2,2 milyar; Bank of America yüzlerce milyon dolarlık tasarruf sağlamıştır³⁶.

³⁵ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.10.

³⁶ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.10.

Altı Sigmanın amacı, yönetsel açıdan bakıldığında kontrol, öngörü ve tutarlılık gibi kavramları kullanarak işletmelerde bir kültür oluşturmaktır. Sadece üretim işletmelerinde değil, hastane ve banka gibi farklı işletme türlerinde de kullanılmış ve başarılı sonuçların elde edilmesini sağlamıştır³⁷.

Yönetsel araçların kullanımı açısından bakıldığında yatırımın getirisine odaklanmak, üst yönetimin ilgisi ve bağlılığı, müşteri odaklı olma, birbiri ile bağlantılı ölçüler geliştirme ve kullanma, süreç odaklılık, araç ve yöntemler kullandırma, değişim için bir yapı oluşturma ve işletmede bir değişim kültürü oluşturma gibi fonksiyonları da üstlenmektedir³⁸.

1.4.3. Teknik Boyut

Altı Sigma, milyonda 3,4 ve daha altında hataya odaklı bir üretim performansını ifade eden istatistiksel bir terimdir. Bu istatistiğin arkasında çok sayıda veri, ölçüm, analiz ve kontrol araçları ve yöntemleri yer almaktadır. Ürün, servis ve işlem kalitesi; birden çok doğru bir yolculuk, oynaklık ve sallanmaktan kaçınmak ve bütün parçaların birleştirilmesi, kısaca neden altı ve neden Sigma gibi farklı açılardan altı Sigmanın teknik boyutu incelenir.

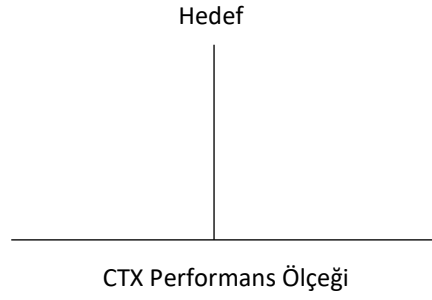
Ürün, servis ve işlemlerde güvenilirliği ve yüksek kalite seviyesini sağlamak, altı Sigmanın teknik boyuttaki amacıdır. Altı Sigma, ürün, servis ve işlemlerin kalitesini daima yüksek seviyede tutularak performansın etkin ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesini hedeflemektedir³⁹.

Altı Sigma'da önemli özellikler, CTXs (Critical to X) olarak kısaltılmaktadır. X ile kalite, maliyet, zaman, memnuniyet, müşteri gibi temel özellikler ifade edilmektedir. *Kalite için kritik, müşteri için kritik ve zaman için kritik* şeklinde hedef değerler belirlenir ve açıklanır. Şekil 4 üzerinde kritik göstergelerin hedef değeri gösterilmektedir.

³⁷ Gygi, Craig vd. "a.g.e. ss.12-13.

³⁸ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.16.

³⁹ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.17.



Şekil 4 Kalite Kritikleri İçin Hedef

Zaman, boyut, uzunluk, ağırlık ve benzerleri için performans ölçüsü, ilgili CTXs' in ölçülen değerini gösterir. Altı Sigmanın amacı, performansı, mümkün olduğunca hedefe yaklaştırmaktır⁴⁰.

Değer, hedefe yakın değilse ya da hedeften giderek sapıyor ise ne kadar iyi olunduğunun ve ne kadar çabaladığının önemi yoktur. Hedefe yaklaşılsa bile, bir önceki ve sonraki ölçütlerin değerleri arasında farkı çıkması olasıdır ki bu varyasyon olarak tanımlanır.

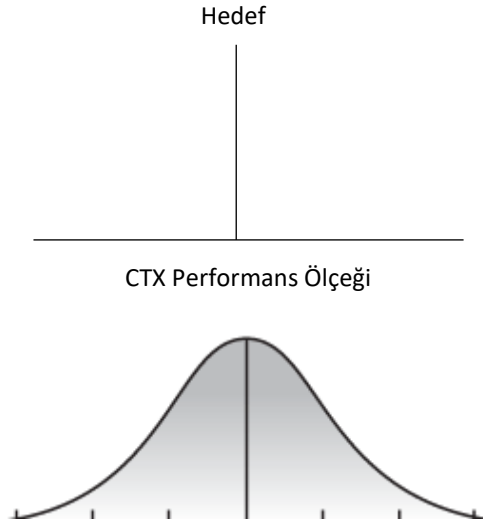
1.4.4. Varyasyon

Üretimden gelen örnekler, birbirlerinden farklı değerlere sahip olabilirler. Bir kısım örneklemin inceliği, diğerlerinden farklı olabilir. Gerçekleştirilen işlemlerde örneklemler arasındaki değerlerin değişikliği yönetmek uzun zaman alabilir.

Üretimin yapılması, teslimat edilmesi ve ilgili işlemlerin yapılması genelde belirlenen hedef değer civarında bir dağılım gösterebilir. Normal olarak bu dağılım, şekil 5'de gösterildiği gibi gerçekleşir ki *normal olasılık dağılımı* olarak tanımlanır⁴¹.

⁴⁰ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.18.

⁴¹ Gygi, Craig vd. "a.g.e. s.10.



Şekil 5 Normal Olasılık Dağılımı

Normal olasılık dağılımının şeklide simetri söz konusudur. Hedefin sağında ve solunda yer alan ve eğrinin altında kalan alan birbirine eşittir.

Varyasyon, insanlar, çıktılar, servisler, ürünler ve süreçler arasında ortaya çıkabilir. Bu doğal bir durumdur, gerçekleşmesi beklenir ancak mutlaka azaltılmalıdır⁴².

Tablo 4’de gösterildiği gibi varyasyonun iki temel nedeni ya da türü vardır⁴³.

Tablo 4 Varyasyonun Türleri

Türü	Tanımı	Özellikleri
Normal varyasyon	Ortadan kaldırma yolu yoktur Çalışan, makine, malzeme, yöntem, ölçüm ve çevre faktörlerinden etkilenir	Ortamda devamlı vardır Beklenir Normal Rassaldır
Özel varyasyon	Ortadan kaldırılabilir Çalışan, makine, malzeme, yöntem, ölçüm ve çevre faktörlerinden etkilenir	Ortamda devamlı yoktur Beklenmez Normal değildir Rassal değildir.

Özel varyasyon, süreç dışındaki nedenlerden dolayı ortaya çıkmaktadır. Normal varyasyon ise, sürecin yapısı nedeni ile oluşmaktadır. Diğer bir ifade ile özel varyasyon, süreç dışında; normal varyasyon ise süreç içindeki nedenlerden dolayı gerçekleşmektedir. Varyasyonun çalışan, makine, malzeme, yöntem, ölçüm ve çevre gibi faktörlerden dolayı

⁴² Howard S Gitlow, *A Guide to Lean Six Sigma Management Skills*, CRC press, USA, 2009, s.4.

⁴³ Ron Basu, a.g.e., s.322.

ortaya çıkmaktadır. Normal varyasyon doğaldır, beklenir ve çıkması şaşırtıcı olmaz. Tam tersine özel varyasyon, doğal değildir, beklenmez ve çıkması şaşırtıcıdır⁴⁴.

Bir süreçte genel olarak varyasyonların birçoğu normal nedenlerden dolayı ortaya çıkmaktadır. Süreçteki kararsız olan özel ve normal varyasyonun sonuçları gelecekte tahmin edilemez. Süreçteki kararlı olan özel ve normal varyasyonun sonuçları ise, gelecekte tahmin edilebilir⁴⁵.

Varyasyon, belirlenen bir veri setinde, yayılımın göstergesidir. Varyasyonun ölçülmesinde en çok kullanılan üç ölçüt, aralık, varyans ve standart sapmadır⁴⁶.

Aralık, bir örneklem veya ana kütlede en küçük ve en yüksek değer arasındaki farktır. Aralık, toplam yayılımın bir ölçüsü olmasına rağmen ortalama değerden nasıl saptığını ve bunların toplamını gösterememektedir. Bir diğer yayılma ölçüsü olan **varyans** ise, verilerin ortalamadan farklarının karelerinin ortalaması olarak tanımlanır. **Standart sapma** ise, varyansın kareköküdür. Daha matematiksel bir ifade ile standart sapma veri değerlerinin aritmetik ortalamadan farklarının karelerinin toplamının veri sayısı -1'e bölümünün kareköküdür, yani verilerin ortalamadan sapmalarının kareler ortalamasının karekökü olarak tanımlanır. Standart sapma kavramının yayılma ölçüsü olarak kullanılmasını anlamak için ölçüm birimine bakmak gerekir.

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

\bar{X}	=	Örneklemin ortalaması
n	=	Örneklem sayısı
X_i	=	X değişenin "i" inci değeri
$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$	=	X ve \bar{X} değerleri arasındaki farkın karelerinin toplamı

⁴⁴ John Morgan, "A Variation in Understanding", The TQM Magazine, V. 5 N.1, 1993, ss. 39-40.

⁴⁵ Gitlow, a.g.e., s.6.

⁴⁶ David M. Levine, *Statistics for Six Sigma Green Belts with Minitab and JMP*, PrenticeHall, USA, 2006, s. 46.

Varyans, her bir değer ile örneklemin ortalaması arasındaki farkın, örneklem sayısından 1 çıkartılmış tutarına bölümü ile hesaplanır. Bir üretim işletmesinde iki farklı lehim makinesinden alınan veriler ve bunlara ilişkin yapılan betimsel istatistik ile ilgili hesaplamalar⁴⁷ tablo 5 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 5 Betimsel İstatistik Hesaplamaları

A Lehim Makinesi		B Lehim Makinesi	
1	10,03		10,00
2	10,80		10,03
3	10,05		10,04
4	10,10		10,06
5	10,09		10,11
6	10,04		10,11
7	10,08		10,12
8	10,06		10,15
A Lehim Makinesi		B Lehim Makinesi	
Ortalama	10,156	Ortalama	10,078
Standart Hata	0,092	Standart Hata	0,018
Ortanca	10,070	Ortanca	10,085
Standart Sapma	0,261	Standart Sapma	0,052
Örnek Varyans	0,068	Örnek Varyans	0,003
Basıklık	7,791	Basıklık	-1,402
Çarpıklık	2,779	Çarpıklık	-0,139
Aralık	0,770	Aralık	0,150
En Büyük	10,800	En Büyük	10,150
En Küçük	10,030	En Küçük	10,000
Toplam	81,250	Toplam	80,620
Say	8,000	Say	8,000

Ölçülen verilerin önemli bir özelliği de şeklidir. Şekil, verilerin yayılımının önemli bir bileşenidir. Bir yayılım ya simetrik ya da çarpık olur. Ortalama değere göre verilerin simetrik olmaması, çarpık olduğu anlamına gelir. Eğer, ortalama değeri medyan ile eşit değerde ise, bu durum, sıfır çarpıklık olarak tanımlanır. Bu iki değeri birbirine eşit ise, dağılım simetrik olur. Medyan ve ortalama arasındaki ilişki şu şekilde özetlenebilir⁴⁸

⁴⁷ Hesaplama Excel-Veri-Veri Çözümleme-Tanımlayıcı İstatistik menüsü kullanılmıştır.

⁴⁸ David M. Levine, a.g.e., s. 50.

Ortalama> Medyan	=	Pozitif, sağa çarpık	<i>A lehim makinesi</i>
Ortalama<Medyan	=	Negatif, sola çarpık	<i>B lehim makinesi</i>
Ortalama> Medyan	=	Simetrik sıfır çarpıklık	

Varyasyonun üç farklı türü vardır⁴⁹:

- **Konum ile ilgili varyasyon**
 - *Bir ürün ya da ürün ailesi*
 - *Tek bir üründe varyasyon. Örneğin sağ tarafa karşı sol tarafı*
 - *Bir birimin içinde varyasyon. Örneğin, bir metal pulun inceliği/kalınlığı*
 - *Hücreden hücreye, makineden makineye, operatörden operatöre varyasyon*
- **Döngüsel varyasyon**
 - *Birim ile Birimin toplamı arasında*
 - *Partiden partiye (partiler arasında)*
 - *Lot 'tan lot'a (lotlar arasında)*
- **Geçici varyasyon**
 - *Zaman ile toplam zaman arasında*
 - *Aydan aya*
 - *Haftadan haftaya*
 - *Vardiyadan vardiyaya*
 - *Günden güne*
 - *Saatten saate*

Normal varyasyon ve özel varyasyon olmak üzere iki tip varyasyon vardır⁵⁰:

Normal varyasyon, 5M ve çevre koşulları nedeni ile oluşan ve ön görülen varyasyon tipidir. Normal nedenler, süreçteki her şeyi etkiler ve tümü müşteriye yansır. Bu tür varyasyonlar genel olarak varyasyonun nedeni kabul edilirler süreç iyileştirme açısından odaklanılacak alanı belirlerler.

⁴⁹ Salman Taghizadegan, *Essentials Of Lean Six Sigma*, UK, Elsevier, 2006, s. 146.

⁵⁰ Stamatis, a.g.e., s.42.

Özel varyasyon; olağandışı 5M ve çevre koşulları nedeni ile oluşan ve ön görülemeyen varyasyon tipidir. Özel varyasyonlar devamlı değildir ve süreçteki her şeyi etkilemeyecek ve sonuçları da müşterilerin tümüne yansımayacaktır.

Varyasyon bir kayıptır. İşletmedeki herkesin görevi ve önceliği kayıpları azaltmak olmalıdır. Normal varyasyon, öngörülebilir. Malzemelerde yaygın olarak görülür ve ortaya çıkar. Bu tip varyasyonlar ile ilgili iyileştirmelerde yönetimin müdahalesi gerekir. Malzemelerde basit varyasyon, makinelerde basit titreşimler, insan kaynaklarının yetersizliği, araç ve ekipmanlarda varyasyon normal varyasyona örnek olarak verilebilir. Özel varyasyonlara da makine ve süreçlerdeki farklılıklar, hatalı malzeme alımı, hatalı üretime hazırlık, kalibrasyonsuz test ve değişken işgücü örnek olarak verilebilir⁵¹.

Bu nedenle, tüm varyasyon, A faktörü nedeni ile B faktörü nedeni AB faktörlerinin keşimi nedeni ile ve hatalı örnekleme birleşiminden oluşmaktadır.

Altı Sigma'nın ele aldığı temel sorunlar Deming'in varyasyon ve sistem hakkındaki sezgisel düşüncesi ve bilgisi ile birlikte incelenebilir⁵²:

- Ürünün hatalı tasarımı
- Çalışanların bir işi düzgün yapması ve işi ile gurur duymasını engelleyen kısıtları kaldırmadaki başarısızlık
- Yetersiz yapılandırma ve inceleme
- Bilinen nedenlerin etkisini ölçme ve bunları azaltmadaki başarısızlık
- Satın alınan malzemelerin gerekleri karşılayamaması
- Süreçlerin gereklere uygun olmaması
- Kullanım dışı makineler
- Makinelerin ihtiyaçları karşılayamaması
- Makinelerin gereklere uygun monte edilmemesi
- Yetersiz aydınlatma
- Nemli ortam
- Uygun olmayan çalışma ortamı/koşulları
- Yönetimin odak konusunun kaliteden kantiteye dönüşmesi

⁵¹ Stamatis, a.g.e., ss.25-26.

⁵² Stamatis, a.g.e., ss.26-27.

1.4.5. Müşterinin Sesi⁵³

Müşteri, velinimetir ve işletmeler için hayati bir unsurdur. Gümümüzde işletmelerin faaliyetlerini sürdürebilmesi, müşteriye memnun etmelerine bağlıdır. Müşteri için kritik olan bir göstergenin, işletme için kritik olmaması söz konusu değildir.

İşletmenin eksikleri ve gereksinimleri konusunda müşteriden iyi bir katkı sağlamak belki de altı Sigma yaklaşımının en zorlu aşamalarından biridir. Müşterilerin ne istediği bilinmiyor ise, onlara bunu sunmak da imkânsızlaşmaktadır. Açık ve net gereksinimler belirlenmeden anlamlı ölçümler yapılmasına da imkân yoktur. İşletme yönetiminin “müşteri için en iyisinin ne olduğunu biliyoruz” zihniyeti çok önemli hataların ve kayıpların olmasına yol açar⁵⁴.

İşletmelerde taleplerin kapasite ile dengelenmesi gerekmektedir. Kapasitenin, talebin altında ya da üzerinde olması, genelde bir sorun olarak tanımlanır. Talebin, kapasitenin altında olması, işletmede âtil kapasite ile çalışıldığı anlamına gelir. Tersi durumda da kapasite, talepleri karşılayamadığı için müşteri beklentileri karşılanmayacak ve işletmeye farklı açılardan kayıpların ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Her işletmenin ve her sürecin müşterisi vardır. Maliyet azaltma projelerin için hangi müşterilere odaklanılacağına bileneceği faydalı olacaktır. Üç tür müşteri vardır (1) İç Müşterileri, (2) Dış müşteriler ve (3) Yasal kurumlar. Proje kapsamında müşteriler ile görüşüldüğü zaman, müşterilerin ne istediklerini ve ne tür beklenti içinde olduklarını öğrenme imkânı olacaktır⁵⁵.

Müşterinin sesi, müşterilerin ne istediklerini, pazardan, satışlardan ya da yöneticilerden değil müşterilerden öğrenmeyi sağlar. Müşterilerin istekleri, elbette müşteriler arasında farklılık gösterir. Müşterilerden ne tür bilgi toplanacağına karar verirken aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır⁵⁶:

- Bilgi nasıl toplanacak?

⁵³ Bu başlık Altı Sigma adımlarında kullanılan yöntemlerde daha kapsamlı ele alınacağı için burada çok ayrıntılı bir şekilde ele alınmamıştır.

⁵⁴ Peter S. Pande, Rober P. Neuman ve Roland R. Cavanagh, *Six Sigma Yolu, GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri*, (Çev., Nafiz Güder-Güneş Tokcan), İstanbul, Klan Yayınları, 2012, ss. 102-103.

⁵⁵ Mark George, *The Lean Six Sigma Guide to Doing More With Less*, U.S.A, John Wiley&Sons, 2010, ss. 52-53.

⁵⁶ Greg Brue, *Six Sigma for Small Business*, U.S.A., Entrepreneur Press, 2006, ss. 92-93.

- Ne tür verilere ihtiyaç olacak?
- Nihai ürünü kullanan müşteriler nerede?
- Veriler nasıl kullanılacak?
- Ne tür müşteri sorunlarını çözülmeye çalışılacak?
- Müşterilerin tamamına ulaşılmaz ise / ulaşma imkânı yoksa nereden örneklem alınacaktır?

Altı Sigma projelerinde müşterinin sesi, işletmenin sesi ile karşılaştırılarak aslında işletenin müşteri istek ve beklentilerini karşılayıp karşılayamayacağı belirlenmiş olur. Müşterinin düşük fiyat, kalite ve hız gibi beklentilerine işletme maliyet, kalite ve zamanında teslim ile cevap vermelidir.

Müşterinin sesine, altı Sigmanın yönetsel işlevi açısından bakıldığında şöyle bir anlayış geliştirilebilir: Müşteri odaklı süreçler/işletmeler oluşturmak. Klasik süreç anlayışı ile müşteri odaklı süreç anlayışı arasındaki farklılıklar tablo 6 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 6 Klasik ve Müşteri Odaklı Süreçlerin Karşılaştırılması

	Klasik Süreç Anlayışı	Müşteri Odaklı Süreç Anlayışı
Ürün ve hizmet planlaması	<ul style="list-style-type: none"> • Kısa vadeli odaklı • Muhafazakâr yönetim • Planlanan süreçlerde amaçlara göre yönetim 	<ul style="list-style-type: none"> • Uzun vadeli odaklı • Önleyici yönetim • Müşteri odaklı stratejik planlama süreci
Performans Ölçümü	<ul style="list-style-type: none"> • Finansal odaklı performans ölçüçü • Geçmiş ve gerçekleşen faaliyetleri kullanır • Müşteri odaklı değildir • Süreçler ve firma değeri arasında ilişki kurmayan bri anlayış 	<ul style="list-style-type: none"> • Finansal ve Operasyonel odaklı performans ölçüçü • Planlanan ve gerçekleşen karşılaştırması yapılır • Müşteri memnuniyetine odaklıdır • Süreçler ve firma değeri arasında nedensellik ilişkisi kuran bri anlayış

1.4.6. Altı Sigma Projelerinin Başarılı Olma Koşulları

Kritik başarı faktörleri (**KBF**), her işletmenin başarısı için önemli ve kritik olan faktörlerdir. Eğer bu faktörlerdeki hedeflere ulaşılamaz ise, proje başarısız oldu demektir. Altı Sigma, bir işletme stratejisidir. Amacı, kayıp ve varyasyonları azaltarak müşteri memnuniyetini ve işletmenin karını artırmaktır. Böyle bir stratejinin uygulanması için projelendirilmesi ve uygulanması gereklidir. Altı Sigma projelerinin başarılı olması için tablo 7 üzerinde gösterilen aşağıdaki faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir⁵⁷:

- Yönetimin katılımı ve desteği
- Kültürel değişim
- İletişim
- Organizasyon yapısı
- Eğitim
- Altı Sigma ve işletme stratejisi arasında bağ oluşturmak
- Altı Sigma ile müşteri arasında bağ oluşturmak
- Altı Sigma ile insan kaynakları arasında bağ oluşturmak
- Altı Sigma ile tedarikçiler arasında bağ oluşturmak
- Altı Sigma'da kullanılan araç ve yöntemleri anlamak
- Proje yönetim tecrübesi
- Proje seçimi ve önceliklendirilmesi

⁵⁷ R., Barnuelas ve J, Anthony, "Critical Success Factors for the Successful Implementation of Six Sigma Projects In Organisations", *The TQM Magazine*, V.140, N.2, 2002, ss.93-98.

Tablo 7 Altı Sigma Projesinin Başarılı Olmasına Etkileyen Faktörler

Yönetimin Katılımı ve Desteği
Altı Sigma projelerinin başarı olmasının en önemli nedenlerinden birisi, yönetimin her kademedeki projeyi sahiplenmesidir. Yönetim, gerekli kaynak ve alt yapıya ulaşma, eğitim, çalışma ortamının oluşturulması ve belirli aralıklar ile çalışmalarını izleme ve gerekirse yönlendirme konularında destekleyici ve katılımcı olmalıdır. Altı Sigma, bir işletme stratejisi olarak herkesin işi olmalıdır, birkaç kişinin değil.
Kültürel Değişim
Altı Sigma, firmaların kültür ve finansal değerine etki eden bir stratejidir. Organizasyonel yapıda değişimi ve beraberinde belirsizliği de getirir. Tepki olarak buna benzer daha önce yapılmış ve başarılı olunmamıştı şeklinde ifadeler kullanılır. Altı Sigma, teknik, bireysel, politik ve organizasyonel yönden engellenebilir. Motivasyon, eğitim, bilgilendirme ve yetkilendirme ile çalışanların direnci kırılabilir.
İletişim
Altı Sigma'nın çalışanların işi ile ne derece ilintili olduğunu ve bu sayede ne gibi faydalar sağlayacaklarının belirlenmesi açısından iletişim önemli bir rol oynar. Böylece değişim olan direnç kırılmış olur. Sony'de Altı Sigma projesinin sloganı " bana verini göster " şeklinde geliştirilmiştir. Altı Sigma çalışmalarının sonucu basılı olarak tüm çalışanlar ile paylaşılmalı ve onların sonraki projeler için istekli olması sağlanmalıdır.
Organizasyon Yapısı
Altı Sigma'yı uygulamak için organizasyon yapısında bazı şeylerin hazır olma gerekmektedir. Örneğin, iletişimin çok üst düzeyde olması ve uzun dönemli takım çalışmasına/ stratejiye odaklı olma gibi. Altı Sigma'yı uygulamak isteyen firmalar, faydasını görmek için uzun döneme odaklanmalıdırlar. Takım çalışması, Altı Sigma için çok önemli, bir özelliktir. Altı Sigma uygulamalarına farklı fonksiyonlardan çalışanların katılması, iletişimi ve işletmede ortak payda da iş yapma kültürünü güçlendirecektir.
Eğitim
Altı Sigma projelerinin başarılı olmasındaki kritik bir faktör, eğitimidir. Kuşak sistemi mutlaka uygulanmalıdır. Kuşak sistemi üst yönetimden başlayarak aşağıya doğru hiyerarşiye bağlı olarak sınıflandırılmalıdır. Kuşak sistemindeki çalışanların görev tanımları ve rolleri çok iyi yapılmalıdır. Şampiyon, usta Kara Kuşak, Kara Kuşak ve Yeşil Kuşak olarak sınıflandırılan bu hiyerarşide alınacak eğitimler, kuşakların rolleri ve sorumlulukları tanımlanmalıdır.
Altı Sigma ve işletme stratejisi arasında bağ oluşturmak
Altı Sigma, başlı başına bir faaliyet olarak değerlendirilemez. Kalite iyileştirme için kullanılan araç ve yöntemlerden ziyade bir felsefe olarak kabul görmesi ve uygulanması gerekir. Altı Sigma, işletmenin finansal ve operasyonel amaçlarına doğrudan etkisi olan süreçlere odaklanmalıdır. Basit bir proje olsa da kapsamlı bir proje olsa da Altı Sigma mutlaka işletmenin stratejisine bağlantılı olmalıdır.
Altı Sigma ile müşteri arasında bağ oluşturmak
Altı Sigma projeleri müşteri ile başlamalı ve müşteri ile sona ermelidir. Projeler, müşterilerin ihtiyaçlarının belirlenmesi ile başlamalıdır. İşletmenin beklenen ve mevcut durum arasında kalite, hız ve maliyet gibi unsurların açığını kapatarak müşteri memnuniyeti artırmaya odaklanmalıdır. Altı Sigma projeleri, müşteri için neyin önemli olduğuna ve onun nasıl gerçekleştirileceğine odaklı olmalı. Müşteri ile devamlı bağlantılı olmalıdır.

Altı Sigma ile insan kaynakları arasında bağ oluşturmak
Gerçekten davranışların uzun dönemde değişmesi, Altı Sigma amaçlarının bireysel olarak içselleştirilmesine bağlıdır. Altı Sigma, yönetim performansı ve ödüllendirme için anahtar bir gösterge ile sonuçlandırılmalıdır. Bu, Altı Sigma projelerinin seçimi ve başarılı olarak sonuçlandırılması için kullanılabilir bir yöntemdir.
Altı Sigma ile tedarikçiler arasında bağ oluşturmak
İşletmeler Altı Sigma'nın sınırlarını işletmenim dışına taşımalıdır. Altı Sigma, sadece işletme sınırları içinde kalmamalıdır. Tedarik zincirinde yer alan tüm halkaların katılması sağlanmalıdır.
Altı Sigma'da kullanılan araç ve yöntemleri anlamak
Kuşak eğitimleri süresince, eğitime katılanlar üç tür araç ve tekniği öğrenecektir. Bunlar; takım araçları, süreç araçları ve liderlik araçları olarak sınıflandırılmaktadır. Eğitimden sonra, eğitime katılanlar Altı Sigma yöntemi ve işleyiş ile yeterli bilgi ve donanımına sahip olacaklardır. Altı Sigma projelerinde istatistik yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak birçok durumda ileri düzey istatistik kullanılmamaktadır.
Proje yönetim tecrübesi
Altı Sigma projelerinin liderleri, proje yönetimi ile ilgili temel uzmanlık bilgisine sahip olmalıdır. Bazı Altı Sigma projeleri, proje yönetim uzmanlıkları, gündemi oluşturma, rol ve sorumlulukları belirleme gibi nedenlerin yetersizliğinden dolayı başarısız olmaktadır. Proje yönetiminde yer alan yöneticileri, Uzman Kara Kuşak, Kara Kuşaklar ve Yeşil Kuşaklar, zaman, hız ve kalite gibi proje yönetiminin üç temel unsurunu devamlı göz önünde bulundurmalarıdır.
Proje seçimi ve önceliklendirilmesi
Altı Sigma projelerinin önceliklendirilmesi, projeden elde edilecek finansal faydayı üst düzeye çıkarır. Projeler, işlemenin amaç ve hedefleri ile uyumlu olmalıdır. Projelerin temel amaçları arasında, işletmenin rekabetçi olması, karlılığını koruması/artırma ve çevirim zamanının kısaltılması yer almaktadır. Projenin seçiminden sonra kapsamını ve sınırlarını belirlemek gerekir. Seçilen projenin amacı ve hedefleri müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerini karşılar durumda olmalıdır.

Altı Sigma projelerinin başarılı olabilmesi için kritik başarı faktörleri aşağıda sıralanmaktadır⁵⁸:

- Doğru projenin seçimi
- Proje sponsorunun seçimi
- Yoğun eğitim
- İyi bir performans ölçüm sistemi
- Yaratıcı bir problem çözme yaklaşımı
- Doğru araçların kullanımı
- Çapraz fonksiyonlardan ekip oluşturulması

⁵⁸ Sharma, Sunil ve Chetiya, Anuradha R., "An Analysis of Critical Success Factors For Six Sigma Implementation", *Asian Journal on Quality*, N.13, V.3; 2012, ss.298-299.

- Altı Sigma'nın tedarikçiler ile bağlantısının iyi oluşturulması
- Tedarikçilerin yeteneklerini/ kapasitelerini değerlendirmek ve iyileştirmek
- Uygun CTQ göstergelerini tanımlamak ve kullanmak
- Yönetimin katılımı ve desteği
- Proje liderliğinin kalitesi
- Uygun çalışma ortamı ve kültürünün varlığı
- İş ve süreç akışlarının bütünleştirilmesi ve iletişimi
- Uygun ölçütler ve çıktılar tanımlanması ve geliştirilmesi
- Altı Sigma ve işletme stratejisi arasında bağ kurulması
- Firmanın yenilik ve tasarım kabiliyeti
- Süreç haritalama ve sürekli iyileştirme
- Alt yapı ve kaynaklara ulaşabilme
- İş gücünün motivasyonu
- Altı Sigma'nın müşteriler ile ilişkilendirilmesi
- Altı Sigma'nın çalışanlar ile ilişkilendirilmesi

Altı Sigma projesinin başarısını etkileyen faktörler, sektöre göre farklılık göstermektedir. Kritik başarı faktörlerinin üretim, hizmet, yazılım ve kamu sektörü bazında karşılaştırması tablo 10 üzerinde gösterilmektedir. Sektör bazında farklı KBF incelendiğinde ortak paydada aşağıdaki faktörlerin yer aldığı görülmektedir:

- Yönetimin destek ve katılımı
- Altı Sigma'nın işletme stratejisi ile bağlantısı
- Altı Sigma'nın müşteri ile bağlantısı
- Organizasyonel yapı

Yönetimin desteği ve katılımı olmaksızın hangi proje olursa olsun, başarılı olması imansızdır. Sadece destek de yeterli değildir. Bazı toplantılara ve eğitimlere katılımı gerekir. Projenin sahiplenilmesi açısından yönetimin duruşu ve davranışı çok önemlidir. İşletme stratejisinde Altı Sigma ve adı ne olursa olsun bir iyileştirme başlığı yok ise, böyle bir proje havada kalacaktır. Müşterinin sesini dikkate almayan bir Altı Sigma projesi, zaman kaybından başka bir şey olmayacaktır. Bir işletmede çalışma ortamının varlığını bu ortamdaki uyum, iletişim ve koordinasyon gibi unsurlar belirler. Altı Sigma projesinde

projenin seçim aşamasından sonlandırma aşamasına kadar amaç uyumu içinde çalışma, projenin başarısını olumlu yönde etkileyecektir. Tablo 8 üzerinde sektör bazında kritik başarı faktörleri gösterilmektedir.

Tablo 8 Sektör Bazında Kritik Başarı Faktörleri⁵⁹

Kritik Başarı Faktörleri	Üretim	Hizmet	Yazılım	Kamu
Yönetimin destek ve katılımı	√	√	√	√
Altı Sigma yönteminin anlaşılması	√	√	√	
Altı Sigma'nın işletme stratejisi ile bağlantısı	√	√	√	√
Altı Sigma'nın müşteri ile bağlantısı	√	√	√	√
Projenin önceliklerinin belirlenmesi ve seçimi	√	√	√	
Organizasyonel yapı	√	√	√	√
Kültürel değişim	√	√	√	
Proje yönetim uzmanlığı	√	√	√	
Altı Sigma'nın tedarikçiler ile bağlantısı	√			
Eğitim	√	√	√	
Altı Sigma'nın çalışanlar ile bağlantısı	√	√		√
Altı Sigma'nın muhasebe ile entegrasyonu		√	√	√
Projeyi izleme ve gözden geçirme		√		
Şirket çapında uyum		√	√	√

Altı Sigma projelerinin başarılı olmasında dikkate alınan faktörler, ters açıdan bakıldığında projenin başarısı için engel ve kısıtlayıcı da olabilir. Altı Sigma projesinin başarılı olmasında engel olacak unsurlar arasında akla ilk gelen ve en önemli olan unsur, yönetimin yetersiz destek vermesi ve verse bile isteksiz olmasıdır.

1.4.7. Altı Sigma Projelerinin Seçimi ve Yönetimi

Altı Sigma projesinin amacı, işletmenin kâr elde etmesini engelleyen ve sorun oluşturan sorunları çözmektir. Sorun veya sorunları çözmek için sorunu veya sorunları

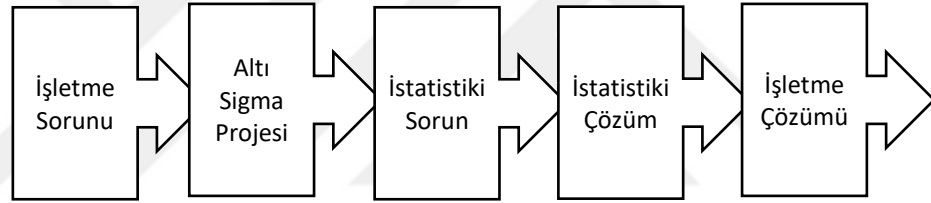
⁵⁹ Kumar, Maneesh vd., "Winning Customer Loyalty in an Automotive Company through Six Sigma : A Case Study", *Quality and Reliability Engineering International*, V. 23, 2007, s. 853.

tanımlamak gerekmektedir. Bir projenin tanımlanması, iyileştirme çalışmasının %50'sidir ve doğru sorunun teşhis edilmesi Altı Sigma projesinin başarısı için çok önemlidir⁶⁰.

Projenin tanımlanması, işletmenin sorunlu alanlarının belirlenmesi ve bu sorunlu alanlara ilişkin iyileştirilmesi ile ilgili yönetimin oluşturulmasıdır. İşletmenin performansını ters yönde engelleyen bir problemin teşhisi ile başlar ve performansını engelleyen bu sorunu ortadan kaldırmak/etkisini en aşağı seviyeye düşürerek sonlandırılır.

Bir işletme sorun, Altı Sigma projesi olarak seçildiği zaman kritik bir değişime uğrar. Bir işletme sorunundan önce istatistik soruna ve istatistiki çözüme oradan da işletmenin çözümüne dönüşür. Bir sorunu istatistik diline aktarıldığı zaman, çözümü bulmak için sadece ve sadece veriler kullanılmalıdır. Bu, proje ekibinin ön yargılı olmadan ve sezgilere kapılmadan çözüme yönlendirilmesini sağlar⁶¹.

Şekil 6 üzerinde Altı Sigma projesine konu olan bir sorunun çözüme dönüşüm aşamaları gösterilmektedir.



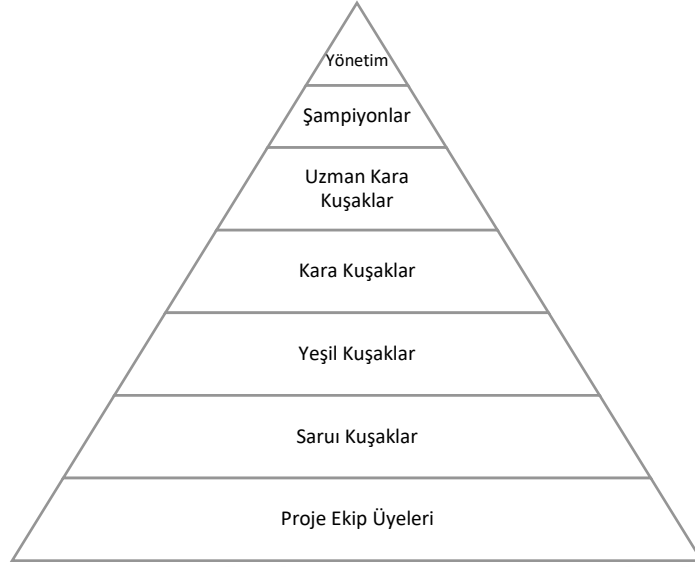
Şekil 6 Sorunun Çözüme Dönüşüm Aşamaları

Altı Sigma'da sorunun bulunması, projenin tanımlanması, çözümlerin belirlenmesi ve iyileştirmelerin uygulanması gibi işlemlerin yapılmasından sorumluların olduğu ve yönetim yapısının oluşturulması gerekir.

Altı Sigma projelerindeki hiyerarşik yapı şekil 7 üzerinde gösterilmektedir.

⁶⁰ Gygi, Craig vd. *Six Sigma for Dummies*, a.g.e., s.63.

⁶¹ Gygi, Craig vd. *Six Sigma for Dummies*, a.g.e., s., s.65



Şekil 7 Altı Sigma Projesinde Hiyerarşik Yapı

1.4.8. Yönetim

Yönetim ile üst düzey yöneticilerin Altı Sigma projesindeki konumu ifade edilmektedir. Ayrıca, projenin konuşlandırılmasından sorumludurlar ki bu nedenle projenin lideri olarak da tanımlanmaktadır. Üst düzey yönetici, Altı Sigma projesinin yapılmasını ve işletmeye yayılması konusunda karara verir. Lider olarak ana amacı ve alınacak eğitimleri belirler, proje ile elde edilecek tasarrufları ve göstergelerin kullanımını devamlı hale getirmesini sağlamalıdır.

Diğer taraftan, sürecin sahibi de dahil olmak üzere yöneticiler, önceliklerin ve odak noktasının belirlenmesinden sorumludurlar. Bir projenin hesap verme yükümlülüğü, sonuçları/çıktıları ve sorumlulukları yönetim ve sorun çözme faaliyetlerinde çalışan farklı kuşaklar arasında paylaşılmalıdır. Yönetici olmayan ekip çalışanları ise, çözüm için gerekli araçların kullanılmasından ve sonuçların uygulanmasından sorumludur. Altı Sigma proje liderlerinin sorumlulukları arasında aşağıdaki unsurlar da yer almaktadır⁶²:

- Altı Sigma sonuçlarından dolayı hesap verme sorumluluğunu elinde bulundurmak
- Altı Sigma misyon ve vizyonunu kuruma adapte etmek, yerleştirmek
- Başarılı uygulamalar için engelleri ortadan kaldırmak

⁶² Deepali Kishor Desai,, *Six Sigma*, Himalaya Publishing, 2010, s.33.

- Kurum içinde Altı Sigma amaçlarını, planlarını, işleyişini, sonuçlarını ve en iyi uygulamaları yayımlamak
- Altı Sigma amaçlarına bağlılığı ve merakı, isteği oluşturmak ve sürekli hale getirmek
- İşletme bazındaki uygulamalarda liderlik hakkında bilgi vermek

Altı Sigma proje liderlerine, sponsorlar, Kara Kuşaklardan ve Yeşil Kuşaklardan ve ayrıca özel konudaki uzmanlardan belirli aralıklar ile bilgi akışının sağlanması gerekir. Bilgilerin, içeriğine ve önemine göre günlük haftalık ve projenin önemli aşamalarından geçiş safhalarında gelmesi planlanır⁶³.

1.4.8.1. Altı Sigma Şampiyonları / Proje Sponsorları

Şampiyonlar, Altı Sigma teknik bilgisinin yayılmasından ve başarılı bir şekilde uygulanmasından sorumludurlar. Kara Kuşak ve Yeşil Kuşakların performansından da sorumludurlar. Kara Kuşak ve Yeşil Kuşaklara her gün danışmanlık ve koçluk yaparak, projenin akışındaki engelleri ortadan kaldırır ve kaynak tahsisi yapar.

Şampiyonların Altı Sigma projesindeki görev ve sorumlulukları aşağıda gösterilmektedir⁶⁴:

- Projenin işletme stratejisi ile bağlantısını oluşturarak, projenin tanımını yapar, seçimini, kapsamını ve önceliklerini belirler
- Kara Kuşak, Yeşil Kuşak ve sarı kuşakları belirler, seçer ve gerekli eğitimleri almalarını sağlar, görevlendirir.
- Kara Kuşak, Yeşil Kuşak ve sarı kuşakları projenin işleyişi engelleyen konular karşısında destekler, yönlendirir.
- Projelerin yeterli bir noktaya gelmesini sağlar ve usta Kara Kuşakları ve diğer tüm kuşakları Altı Sigma faaliyetlerinde görevlerine atar.
- İşletmede en iyi uygulamaların paylaşımı ve önemli çözümlerin yayılmasını sağlar.

⁶³ Stamatis, a.g.e., s. 78.

⁶⁴ Deepali Kishor Desai, a.g.e., s.34.

1.4.8.2. Uzman Kara Kuşak

Uzman Kara Kuşakların, Kara, Yeşil ve Sarı Kuşaklara danışmanlık yapmak ve eğitim vermek gibi görevleri vardır. İşletmelerinde eğitim programını düzenler ve Altı Sigma konusunda yeterli bilgiye sahiptir. Proje ile ilgili konularda, sorunlarda ve projenin akışımı engelleyici unsurlara karşı çözüm getirme konusunda danışmanlık yapar. Bu bakımdan Uzman Kara Kuşakların iki temel rol üstlendiği görülmektedir: (1) Ekibine eğitim vermek ve (2) Kara Kuşak ve diğer üyelere ihtiyaç duydukları konularda danışmanlık yapmak. Uzman Kara Kuşakların proje kapsamında üstlendiği görev ve sorumluluklar ise şunlardır⁶⁵:

- Altı Sigma eğitim programlarını yürütmek
- Kara ve Yeşil Kuşak seçimlerinde danışmanlık yapmak
- Projelerin seçimi ve izlenmesinde yardımcı olmak
- Projenin başarısı için gerekli araç ve yöntemleri/taktikleri bir uzman olarak vermek.

1.4.8.3. Kara Kuşak

Kara Kuşaklar, Altı Sigma projelerinin olmazsa olmazlarıdır ve onlar olmadan başarıya ulaşmak söz konusu bile değildir. Kara Kuşaklar tam zamanlı olarak Altı Sigma projesinde çalışırlar ve proje yöneticisi ve takım liderliği fonksiyonları vardır. Kara Kuşaklar, Altı Sigma projesinin fiili çalışanlarıdır, sorunu bulurlar, hataları azaltırlar ve paraya çevirirler⁶⁶. Rollerini Uzman Kara Kuşak'tan farklı değildir ancak, sadece bir takıma liderlik yaparlar. Kara Kuşaklar Altı Sigma tekniklerinin anlaşılması için şampiyonlara yardım eder. Genel olarak Kara Kuşakların görev ve sorumlulukları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır⁶⁷:

- Toplam tasarrufu 150.000 USD ve üzerinde olması açıklanan Altı Sigma projelerini uygular. Bir yılda en az dört projeyi uygular.
- Proje kapsamında diğer üyelere, Altı Sigma yöntem ve araçlarının uygulanması konusunda liderlik ve danışmanlık yapar.
- Eğitim, çalıştay, örnek olay ve benzeri uygulamalar ile yeni araç ve yöntemleri yaygınlaştırır

⁶⁵ Brue, a.g.e., s.54-55.

⁶⁶ Brue, Greg, a.g.e., s.53.

⁶⁷ Deepali Kishor Desai, a.g.e., s.36.

- Yeni Altı Sigma projeleri için iç ve dış (tedarikçi ve müşteriler) fırsatları araştırır

Kara Kuşakların Altı Sigma projelerinin başarılı olmasında önemli rolleri vardır. Teknik lider ve değişimde etkili olan bir konumu nedeni ile Kara Kuşakta olması gereken özellikler aşağıda belirtilmektedir⁶⁸:

- Liderlik
- Teknik yeterlilik
- İstatistik bilgisi
- İletişim yeteneği
- Yeni konuları öğrenme isteği
- Değişimi yönetme isteği
- Takım oyuncusu
- Kurumsa saygı görme
- Mevcut süreç ve sonuçlar ile ilgilenme

1.4.8.4. Yeşil Kuşak

Yeşil Kuşaklar, üretim ortamında süreçlerdeki temel sorunları çözme yeteneğine sahip ve bu konuda eğitim almış ekip çalışanıdır. Kara Kuşak, projede tam zamanlı çalışırken, Yeşil Kuşak diğer görevlerinin yanı sıra Altı Sigma projelerinde yarı zamanlı görev alırlar⁶⁹. Yeşil Kuşaklar, büyük şirketlerdeki Altı Sigma projelerinde “çalışan arılardır”; küçük şirketlerdeki projelerde ise, Yeşil Kuşaklar takım lideri olabilir. Eğitim ve tecrübeleri sınırlı olduğu için sadece kendi fonksiyonel alanlarındaki süreçlerinde çalışırlar. Altı Sigma araç ve yöntemlerini projedeki kendi alanları ile ilgili sorunları çözmekte kullanırlar. Altı Sigma projelerinde yer alan Yeşil Kuşakların görev ve sorumlulukları aşağıda belirtilmektedir⁷⁰:

- Projelerde yarı zamanlı çalışır (Küçük projelerde, lider yok ise, tam zamanlı çalışırlar)
- Verilerin toplanması ve analizine yardım ederler
- Yılda, getirisi 35.000 USD ve üzeri olan iki adet projede yer alırlar

⁶⁸ Deepali Kishor Desai, a.g.e., s.36.

⁶⁹ George Eckes, *Six Sigma Team Dynamics* John Wiley&Sons, U.S.A, 2002, 30.

⁷⁰ Greg Brue, a.g.e., s.55.

- Kendine bağılı çalışanlara, Altı Sigma stratejileri ve araçlarının nasıl kullanılacağı ile ilgili eğitimler verir ve ekibine liderlik yapar
- Altı Sigma projeleri için ç ve dış müşterileri araştırır

1.4.8.5. Proje Ekip Üyeleri

Proje ekip üyeleri Yeşil Kuşaklar gibi projelerde yarı zamanlı olarak çalışırlar. Süreçlerde günlük işlemlerini sürdüren her çalışan, ekip üyesidir. Proje ekip üyelerine Sarı Kuşak da denilmektedir⁷¹. Ekip üyeleri, Ekip üyeleri, yeşil Kuşak ve Kara Kuşaklara yardımcı olurlar. Yeşil Kuşak ve Kara Kuşaklara yardımcı olurlar. Altı Sigma araç ve yöntemleri ile ilgili basit düzeyde eğitim alırlar.

Altı Sigma projesinde yer alanların görevleri tablo 9 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 9 Altı Sigma Projesindeki Üyeler ve Görevleri⁷²

Yıllık Tasarruf	1-3 milyon USD	3-7 milyon USD	7-20 milyon USD	20 milyon USD üzeri
Çalışan Sayısı	10'dan az	10-50arası	51-100 arası	100'den fazla
Uzman Kara Kuşak	Dışarıdan bir danışman ya da Altı Sigma konusunda deneyimli bir çalışan	Dışarıdan bir danışman ya da Altı Sigma konusunda deneyimli bir çalışan	Kara Kuşak eğitimi almış, ilk projesini almış ve eğitime devam eden	Bir ya da birden fazla
Kara Kuşak Sayısı (%100 ya da en kötü olasılıkla %50 tam zamanlı)	1	2-3	5-7	10
Yeşil Kuşak	1 (zamanının %20'si)	1-5 (zamanının %20'si)	5-20 (zamanının %20'si)	Çalışan sayısının %25'inden fazlası (zamanının %20'si)
Proje Üyeleri	Mümkünde tedarikçiler ve çalışanların kullanılması	6 üyesi bulunan bir takım	6 üyesi bulunan bir Kara Kuşak proje takımı	

Kuşak isimleri, uzmanlık ve deneyimin derecesinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Altı Sigma projelerinde organizasyonel rolleri değiştirilmemeli ve birbirlerinin yerlerine konulmamalıdır⁷³. Kuşaklar, bir taraftan Altı Sigma projelerinde

⁷¹ Craig Gygi, vd. a.g.e., s.53.

⁷² Greg Brue, a.g.e., s.57.

⁷³ Micheal C. Thomsett, *Getting Started In Six Sigma*, U.S.A, John Wiley&Sons, 2005, s.26.

hiyerarşik yapıyı ve diğer taraftan da bilgi, tecrübe, başarı ve sorumluluğu temsil etmektedir. Yapılan projelerin büyüklüğüne veya beklenen tasarruf tutarındaki artışa göre, kuşak sayısında artış görülmektedir. Özellikle, projelerin büyük olduğu durumlarda, yukarıda sayılan faktörler dışında kuşakların çok önemli bir özelliği de ön plana çıkmaktadır ki bu, liderliktir. Projenin sponsorları/şampiyonları, projenin önündeki engelleri oradan kaldırma ve kaynak bulma konusunda önemli rollere sahiptirler. Kara kuşaklar, projenin yayılımı, uygulanması, eğitimi gibi konularda alt kuşaklara ve üyeleri yardımcı olur, liderlik yapar. Bu nedenler, Altı Sigma projesinin başarısı için hiyerarşik yapı bozulmamalı ve bu yapıda görev alçakların yetkin ve tecrübeli olması çok önemlidir.

1.5. YALIN ÜRETİM

Günümüzde üretimde yeni bir gözden geçirme ve değerlendirme var ve bu da iki faktör tarafından yönlendirilmektedir: (1) Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve (2) Eski yönetim tekniklerinin artık yetersiz kalması. Daha verimli olabilmek için birçok işletmenin aşağıdaki amaçları gerçekleştirebilmek amacı ile yalın üretim sistemini uygulamaya çalışmaktadırlar:

- Üretilen ürünlerin kaliteli olması
- Maliyet azaltma projeleri
- Çalışanların tam katılımı
- Kültürel yaklaşımlar

İşletmelerin yalın üretim sistemine geçmek istemelerindeki temel nedenler şu şekilde sıralanmaktadır⁷⁴:

- Kârı artırmak
- Maliyet azaltma projelerini geliştirmek/uygulamak
- Teslimat sürelerini kısaltmak
- Üretim kalitesi yüksek olan ürünler üretmek
- Çalışanların şirkette uzun süreli çalışmasını sağlamak

⁷⁴ Jesús Salinas-Coronado, Julián Israel Aguilar-Duque, Diego Alfredo Tlapa-Mendoza ve Guillermo Amaya-Parra, *Lean Manufacturing in Production Process in the Automotive Industry*, (Editörler: Jorge Luis García-Alcaraz Aidé Aracely Maldonado-Macías Guillermo Cortes-Robles, Lean Manufacturing in the Developing Worlds), Springer, 2014, s.5.

- Sürekli iyileştirmeyi desteklemek
- Değişimi devamlı istemek

Yalın üretimin geçirdiği süreç, tablo 10 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 10 Yalın Üretim Geçirdiği Süreç⁷⁵

Tarih	Adımlar
1908	Ford, T Modeli üretmeye başladı
1912	Ford üretim sistemini incelik, hassaslık ve doğruluk ilkelerine dayalı olarak montaja kaydırđı
1914	Ford, ilk hareketli montaj hattını geliştirdi. Bu sayede şase üretimi, 12 saatten 3 saate indirdi
1926	Henry Ford, " <i>Today and Tomorrow</i> " kitabını yayımladı
1929	Sakichi Toyoda, dokuma tezgâh haklarını yabancılara sattı ve Kiichiro Toyoda otomobil işletmeciliğini öğrenmek için Ford'u ve Avrupa'daki şirketleri ziyaret etti
1938	JIT kavramı Kiichiro Toyoda tarafından Koromo/Honsha fabrikasında geliştirildi. JIT, 2. Dünya Savaşından sonra hızlı bir şekilde yayıldı
1939	Water Shewart'ın, " <i>Statistical from the Wiewpoint of Quality Control</i> " isimli kitabını yayımlandı. Bu kitapta Shewart tarafından geliştirilen Plan-Uygula-Çalış-Kontrol et döngüsü kavramı geliştirilirdi. 1950'li yıllarda Deming bu kavramı Plan-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al şeklinde değiştirdi
1940	Deming, istatistiki örneklem çalışmalarını başlattı
1943	Taiichi Ohno, Toyota Otomatik Dokuma'dan Toyota Otomobil fabrikasına transfer oldu
1946	Ford, GM yönetim tarzını benimsedi ve yalın üretimi bıraktı
1951	Juran'ın <i>The Total Quality Handbook</i> kitabı yayımlandı
1961	Toyota, kurumsal bazda Topla Kalite Yönetimi programını başlattı
1965	Totoya, Deming Kalite Ödülünü kazandı
1988	Amerikan Kaizen Enstitüsü Toyota üretim Sistemini öğrenmek için seminerlere başladı
1990	Womack ve Jones tarafından yazılan " <i>The Machine that Changes the World</i> " kitabı yayımlandı
1996	Womack ve Jones tarafından Yalın Düşünce kavramı geliştirildi
2000 ve sonrası	Dünya'da farklı sektörlerde Yalın Üretim kavramlarının uygulanması

Toyota üretim sistemi veya Yalın üretim sistemi, tamamen müşterinin ihtiyaçlarını karşılamayı odaklı bir üretim sistemidir. Yalın üretim sistemi, işlemlerde sürekli iyileştirmeler yaparak kayıpları azaltmaya yönelik yöntem ve araçların kullanıldığı

⁷⁵ Jesús Salinas-Coronado, vd., ss.6-7.

devamlılık gösteren bir sistemdir. Yalın üretime sadece araç ve yöntemlerden oluşan bir sistem değildir. Bunların yanı sıra daha esnek olmayı ve kayıplara karşı daha etkin cevap vermeyi sağlamaktadır⁷⁶.

Yalın ile bir üretim ortamında daha doğrusu bir işletmede⁷⁷;

- Daha az malzeme kullanımı,
- Daha az yatırım yapılması
- Daha az stok kullanımı
- Daha az alan kullanımı
- Daha az çalışan istihdamı sağlanmaktadır.

Yalın üretim sisteminin iki temel dayanağı vardır. Bunlardan birisi tam zamanlı üretim ve ikincisi ise, Judika yani çalışan otomasyonudur.

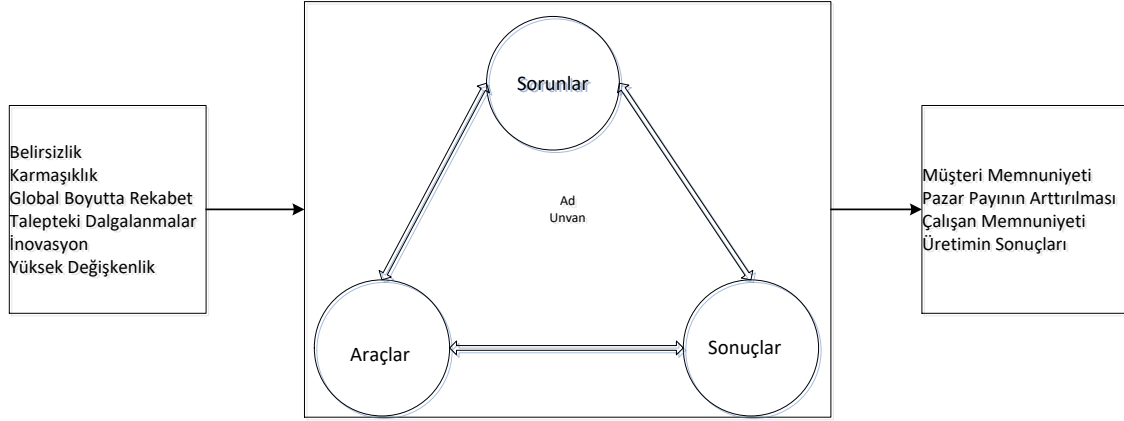
Yalın üretim sistemlerinin yapılandırılmasında beş aşamalı bir süreç izlenmektedir:

- Fabrikada iyileştirmeyi öncelikli hale getirmenin farkında olmak
- Fabrikada iyileştirme için 5S
- Akış tipi üretim
- Kademelendirme
- Standartlaştırılmış üretim

Toyota üretim sistemi için şekil 8 üzerinde gösterilen bir model kullanılabilir.

⁷⁶ Lonnie Wilson, *How to Implement Lean Manufacturing*, U.S.A., Mc GrawHill, 2010, s.9.

⁷⁷ Lonnie Wilson, a.g.e., ss.9-10



Sorunlar

1. Teslimat zamanının azaltılması
2. Stokların azaltılması
3. Çalışanların katılımı
4. Kalitede iyileştirme
5. Daha az üretimi durdurma
6. Müşteri tatmini
7. Tedarikçinin geliştirilmesi
8. Geliştirilmiş 5S
9. Yeni ürünlerin hızlı giriş yapması
10. Daha iyi teslimat

Araçlar

1. Değer akış haritası/ kayıp azaltma
2. 5S
3. Kaizen
4. Akış/ Çekme sistemi
5. Hücre tipi üretim
6. Stok yönetimi
7. Pokoyoke
8. SMED
9. Standartlaştırılmış iş
10. TPM
11. SQC/SPC

Sonuçlar

1. Hatalarda azalma
2. Teslimat sürelerinin azaltılması
3. Zamanında teslimin iyileştirilmesi
4. Verimliliğin iyileştirilmesi
5. Stokların azaltılması
6. Varlıkların devir hızının artması
7. Çalışan verimliliğinin artması
8. Tesislerden faydalanmanın iyileştirilmesi
9. Kalitenin iyileştirilmesi
10. Fabrika alanının etkin kullanımı
11. Makinelerin kullanımında iyileştirme
12. Çevrim zamanında iyileştirme
13. hazırlık zamanında iyileştirme
14. Çalışanların morallerinin iyileştirilmesi

Şekil 8 Toyota Üretim Sistemi Modeli⁷⁸

Yalın üretim sisteminde tablo 11 üzerinde gruplandırma yapılmaktadır. Bu gruplandırmada, yalın üretim sisteminin ortak ifadeleri ve bunlara ilişkin spesifik özellikler gösterilmektedir.

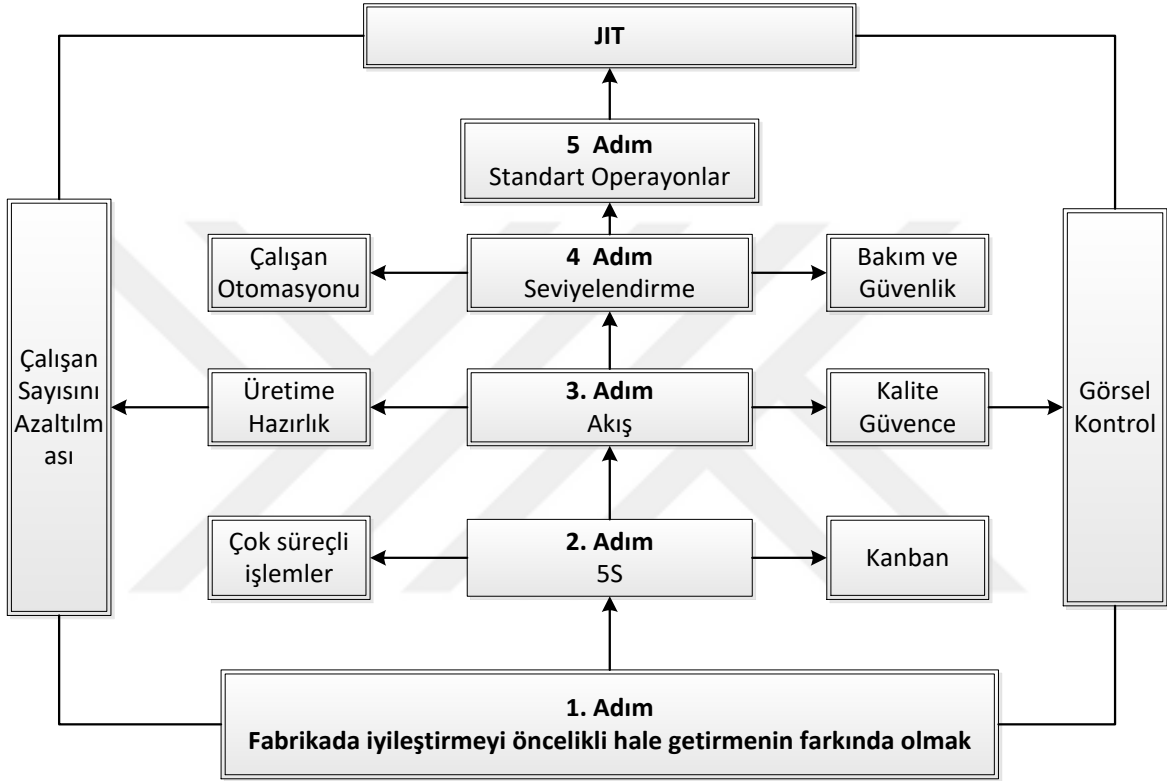
⁷⁸ Nitin Upadhye, S.G. Deshmukh ve Suresh Garg, "Lean Manufacturing for Sustainable Development", *Global Business and Management Research: An International Journal*, Vol: 20, No:2, 2010, s. 127.

Tablo 11 Yalın Üretim Özelliklerinin Gruplandırılması⁷⁹

Ortak İfadeler	Spesifik Özellikler
JIT uygulamaları	
	Ürün seviyelendirme
	Kanban/Çekme sistemi
	Zamanlı üretim
	Süreç uyumlaştırılması
Girdilerin Azaltılması	
	Küçük parti üretimi
	Kayıp azaltma
	Hazırlık zamanının azaltılması
	Teslim zamanının azaltılması
	Stok azaltma
İnsan İlişkileri Yönetimi	
	Takım çalışması
	Fonksiyonlar Arası Eğitim
	Çalışanların katılımı
İyileştirme Stratejileri	
	Kaizen/sürekli iyileştirme
	İyileştirme döngüleri
	Kök neden analizi (5W)
Hata Kontrolü	
	Otonamasyon
	Poka yoke
	%100 inceleme
Tedarik Zinciri Yönetimi	
	Değer akış haritası
	Tedarikçi katılımı
Standartlaştırma	
	5S
	Standartlaştırılmış İş
	Görsel kontrol ve yönetim
Bilimsel Yönetim	
	Hoshin Kanri
	Zaman/iş çalışmaları
	İş gücü azaltma
	Yerleşim düzeninin yapılandırılması
	Hücre tipi üretim
Bağlantılı Teknikler	
	İstatistiki kalite kontrol
	TPM/önleyici bakım

⁷⁹ Jostein Pettersen, "Defining Lean Production: Some Conceptual and Practical Issues", *The TQM Journal*, Vol:21, No:2, 2009, s.132.

Yalın üretim sisteminin başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlayan bu adımlar şekil 9 üzerinde gösterilmektedir. Uygun malzemenin, uygun kalitede ve uygun miktarda uygun zamanda ihtiyaç duymadan önce bulunmasının sağlanması temel amaçtır. Bu amaca ulaşmak için, işletmenin üretim sistemlerini güçlendirmek amacı ile farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler şekil 9 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 9 JIT Sistemini Oluşturmanın Adımları⁸⁰

Burada dikkat edilmesi gereken şudur ki JIT, tek başına bir kavram ve sistem değildir, bileşenleri vardır.

Aşağıda Toyota üretim sisteminin on dört temel ilkesi gösterilmektedir⁸¹:

Uzun Vadeli Felsefe

- **1. İlke** Yönetimin kararları kısa vadeli hedefleri yakalamamak pahasına olsa bile uzun vadeli olmalıdır.

Yalın Süreçler

⁸⁰ Hirano Hiroyuki, *JIT Implementation Manual Volume*, U.S.A, CRC Press, 2009, s114.

⁸¹ Jeffery K. Liker ve Micheasl Houses, *Toyota Kültürü- Toyota Tarzının Ruhunu*, (Çeviren: Kıvanç Tanrıya), İstanbul, Optimist, 2010, s.22.

- **2. İlke** Sorunlara odaklanmak için kesintisiz bir süreç akışı yaratın
- **3. İlke** Fazla üretimden kaçınmak için “çekme” sistemlerini kullanın
- **5. İlke** İş yükünü seviyelendirin
- **5. İlke** Sorunları bitirmeye ve yeniden üretime almayı azaltmaya odaklı bir kültür geliştirin.
- **6. İlke** Standartlaştırılmış görev ve süreçler sürekli iyileştirmenin ve çalışanların yetkilendirilmesinin temelidir
- **7. İlke** Sorunları görülebilir hale getirmek için görsel kontrolü kullanın
- **8. İlke** Çalışanlara ve sürece hizmet eden, özenle test edilmiş teknolojiyi kullanın

İnsanları ve Ortaklarınızı Uzun Vadeli İlişkiler Yoluyla Geliştirin ve Zorlayın

- **9. İlke** İşi iyi anlayan, felsefeyi yaşayan ve başkalarına öğreten liderler yetiştirin
- **10. İlke** İstisnai insanlar ve ekipler yetiştirin
- **11. İlke** Tedarikçilerinizi zorlayarak ve iyileşmelerine yardım ederek onlara saygı duyun

Problem Çözme ve Sürekli İyileştirme Örgütsel Öğrenmeyi Yönlendirir

- **12. İlke** Durumu iyice anlamak için gidip kendi gözünüzle görün
- **13. İlke** Kararlarınızı acele etmeden, bütün seçenekleri iyice değerlendirerek, mutabakatla alın ve aldığınız kararı hızla uygulayın
- **14. İlke** Gözden geçirme ve sürekli iyileştirme yoluyla öğrenen bir örgüt haline gelin

Bu ilkelerin verdiği temel mesajları şu şekilde özetlenebilir: Kısa vadeli değil, uzun vadeli düşünmeye odaklı bir yönetim anlayışı ile tedarikçilerden müşterilere kadar her süreçte işleri basitleştirmeyi hedefleyen öğrenen bir örgüt yapısı. Sadece üretimde değil, işletmenin diğer fonksiyonlarında benzer düşünce yapısının ve ilkelerin hâkim olduğu bir düşünce ve yaşam tarzı.

Toyota üretim sistemi ya da yalın üretim sistemin belirlenen amaçlara ulaşmak için dayandığı temel ilkeler şunlardır:

- Değeri tanımlayın

- Her bir ürün için değer akışını haritalandırın
- Süreç akışının kesintisiz bir şekilde değer oluşturulması
- Çekme sistemi
- Sürekli iyileştirme

Bu temel ilkeler, alt başlıklar halinde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

1.5.1. Değerin Tanımlanması

Müşterinin neyi, ne zaman ve nasıl istiyor sorularına cevap aranmalıdır. Rakiplerine göre müşterilerin işletmenin ürünleri seçmesini sağlama unsurları neler olabilir sorularına odaklanılır ve cevapları aranır. Teslim, kalite, fiyat ve ürünün fonksiyonelliği gibi özellikler dikkate alındığında, müşterilerin rakiplere göre tercih nedenleri neler olduğu belirlenmelidir.

Değeri tanımlamak çok kolay bir şey değildir. Değeri yanlış tanımlamak ya da tanımlayamamak kısmen üreticilerin yapmakta oldukları işleri sürdürmek istemelerinden ve kısmen de birçok müşterinin sunulan ürünlerden sadece biraz farklı olanları istemelerinde kaynaklanmaktadır. Basit bir şekilde ifade edilirse, değer tanımlamaya yanlış yerden başlanmakta ve yanlış yerde tamamlanmaktadır. Üretici ve müşteriler değeri yeniden düşünmeye karar verdiklerinde genelde genellikle basit formüller (düşük maliyet, kişiye özel arttırılmış ürün çeşitliliği ve hemen teslimat) yönelme hatasına düşerler. Oysa bunu yapmak yerine, gerçekten ne istediğini bilmek üzere birlikte değeri analiz etmek ve eski tanımları sorgulama gerekir⁸².

1.5.2. Hedef Maliyet

Hedef maliyet yöntemi, yeni bir ürün veya modelin geliştirilme ve tasarım aşamalarında maliyeti azaltma sürecini destekleyen bir yöntemdir. Hedef maliyet yöntemi, bir kâr yönetim modelidir. Amaç, işletmenin uzun dönemli kâr planlarına ulaşması amacıyla yeni ürünlerin üretimini sağlamaktır. Bu amaca, işletmenin müşteri taleplerini yerine getirecek şekilde ürünlerin düşük maliyetle üretilmesi ile ulaşılır. Hedef maliyet yöntemi sistemleri, kâr amacına ulaşmak için üretilecek ürünlerin maliyetlerini belirlemek ve

⁸² James P. Womack ve Daniel T. Jones, *Yalın Düşünce*, (Çeviren: Oygur Yamak), İstanbul, Optimist Yayınları, 2007, s.43-44.

hedeflenen maliyete ulaşmak için organize bir sistem oluşturmaktır⁸³. Hedef maliyet yöntemi, bir ürünün tasarım ve geliştirilmesi sürecini uzatmaksızın ve ürünlerin kalite ve fonksiyonelliğini azaltmaksızın ürün ömrü süresince üretim maliyetlerinin etkin olarak azaltılmasına yönelik bir sistemdir⁸⁴. Hedef maliyet yöntemi, belirlenen bir satış fiyatı üzerinden beklenen bir karlılığa ulaşmak amacı ile belirli özellikleri ve kalitesi olan yeni bir ürünün maliyetini hesaplamaya yönelik bir yöntemdir. Hedef maliyet yöntemi, sadece maliyet hesaplama ile sınırlı bir yöntem değildir. Maliyet hesaplama ve maliyetin azaltılması yanında yeni bir ürünün tasarım ve geliştirilme aşamalarında yer almakta ve işletmelerde kâr yönetiminin önemli bir bileşeni olmaktadır. Hedef maliyet yöntemi süreci, işletmenin kâr yönetim sürecinin bileşeni olup orta ve uzun vadeli genel planlama ile başlar. Bu genel planda yeni ürün geliştirme planı, satış planı, tesis – teçhizat yatırım planı ve personel planı gibi ana plan grupları yer almaktadır. Bu planlar, her bir ürünün hedef karını belirlemek için kullanılır. Yeni ürün pazarın kalite, teslim süresi ve fiyat gibi beklentilerini karşılar iken hedef maliyet yöntemi ile beklenen kâr düzeyine ulaşmak için maliyetlerin azaltılması sağlanır. Tüm çalışanlar, hedef maliyetleri belirler iken yeni ürün geliştirme süresince hedef kara ulaşmak için motive edilmelidir. Değişik kullanım amaçları olan hedef maliyet yönteminin belirli özellikleri vardır⁸⁵:

- Planlama ve tasarım aşamalarında kullanılır. Üretim aşamasında kullanılan standart maliyetlerden farklı olarak hedef maliyet yöntemi, planlama ve tasarım aşamalarında kullanılır.
- Hedef maliyet yöntemi bir maliyet kontrolü değil, maliyet planlama yöntemidir. Hedef maliyet yöntemi, maliyetlerin planlanması ve azaltılması amacı ile kullanılır.
- Hedef maliyet yöntemi genelde montaj endüstrilerinde kullanılır. Hedef maliyet yöntemi daha çok küçük ve çok sayıda ürünün üretildiği montaj endüstrilerinde uygulanır.

⁸³ Robin Cooper ve Regine Slagmulder, "Factors Influencing Target Costing Process : Lessons From Japanese Practice", Manchester Business School, 1997, s.1.

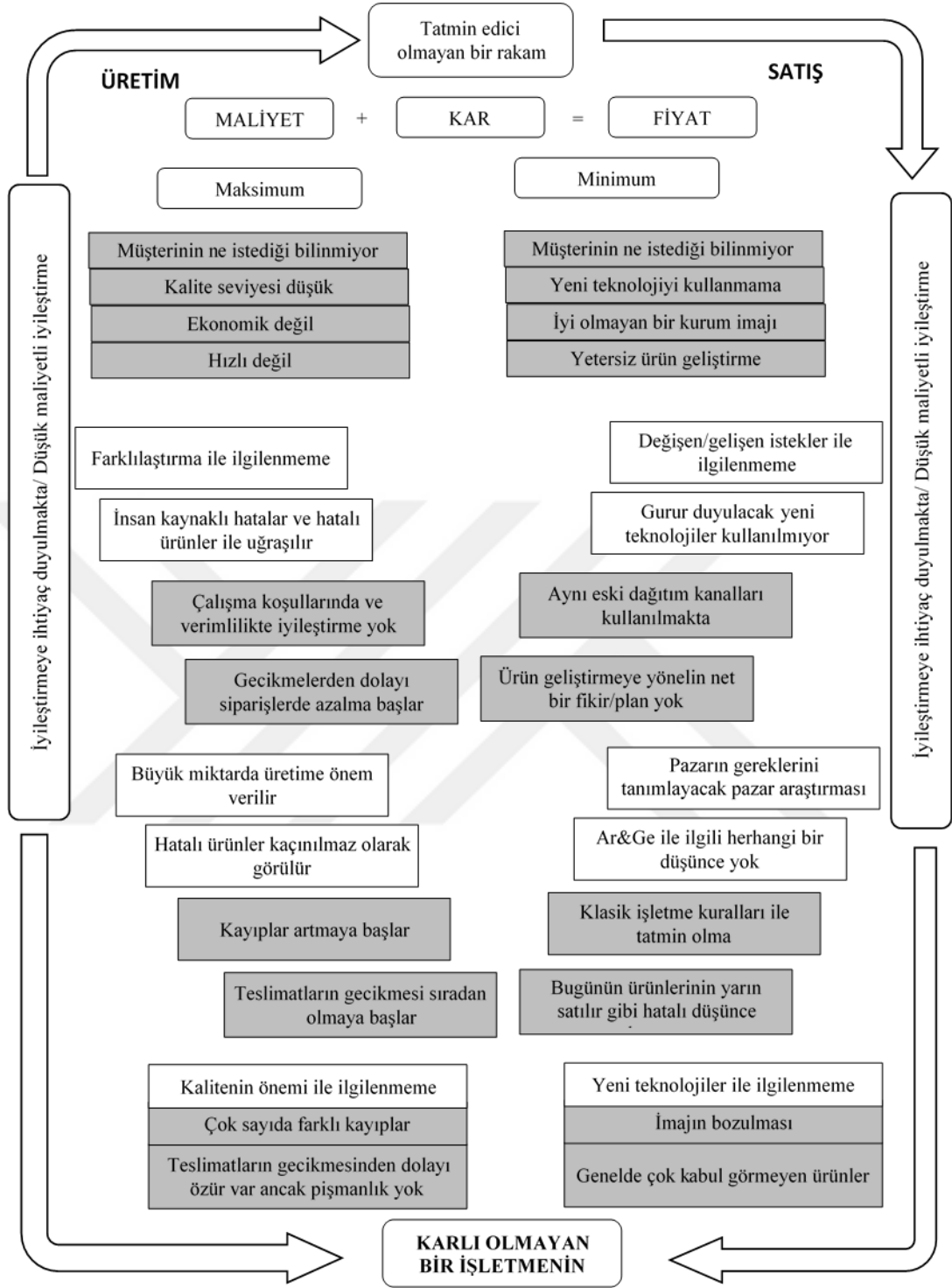
⁸⁴ George Schmelze, Rolf Geier ve T.E Buttross, "Target Costing at ITT Automotive", *Management Accounting*, December-1996, s.26.

⁸⁵ Michiharu Sakurai, "Target Costing and How to Use It" Emerging Practices in Cost Management, (Editor: Barry J. BRINKER, Warren, Gorham ve Lamont), US.A.,1990, s.251.

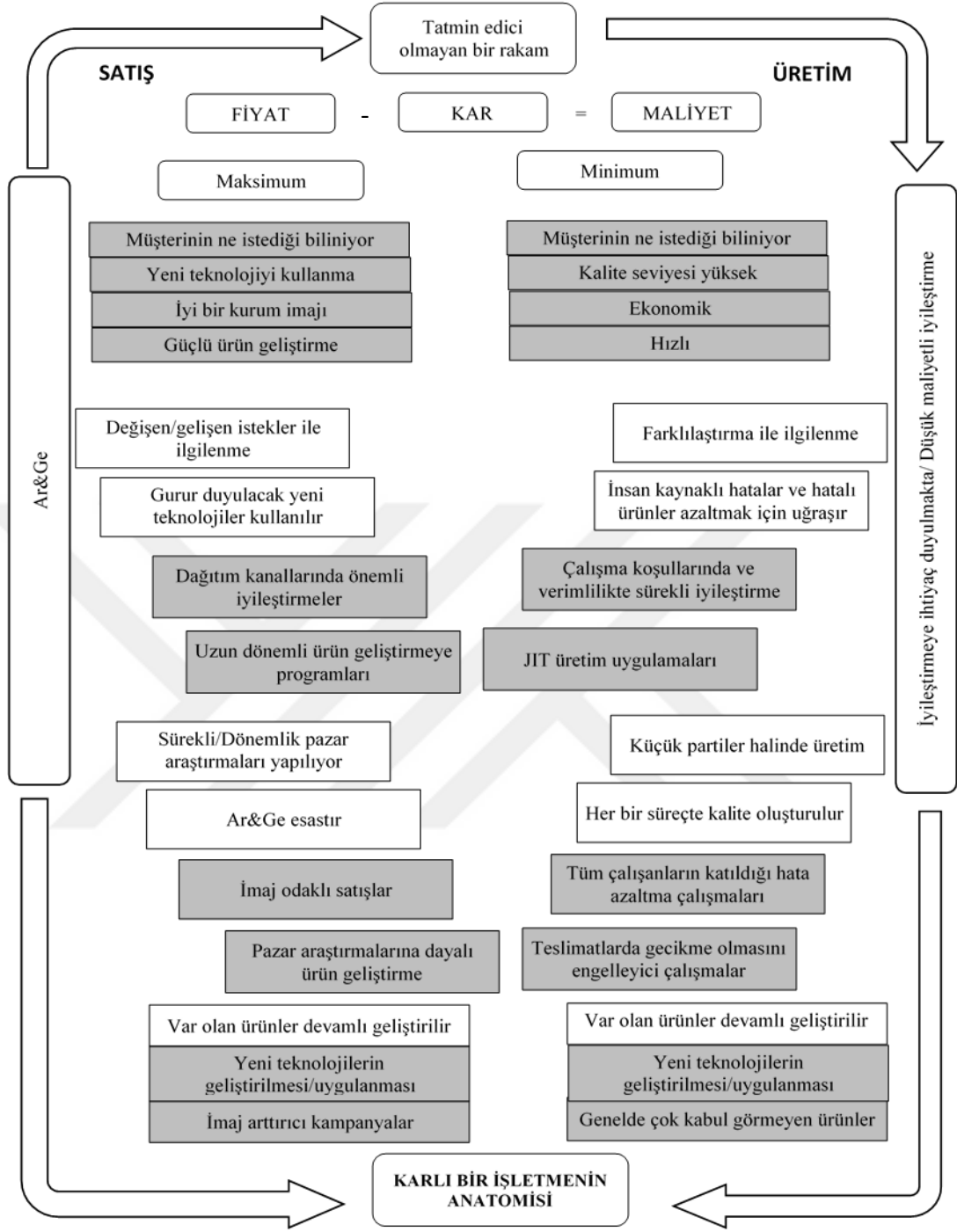
Hedef maliyet yönteminin işleyişi işletmeden işletmeye farklılık gösterse de endüstriye, işletmenin büyüklüğüne ve diğer faktörlere bağlı olarak aynı uygulamaların yapıldığı görülmektedir. Birçok işletme, ürün tasarım aşamasında hedef maliyeti belirlemek için gereken çabayı göstermektedir.

Hedef maliyet yönteminin bir işletmenin anatomisindeki yeri ve önemi şekil 10 ve 11 üzerinde gösterilmektedir.





Şekil 10 Kârlı Olmayan Bir İşletmenin Anatomisi



Şekil 11 Kârlı Bir İşletmenin Anatomisi

Kârlı olmayan bir işletmede maliyet, süreçlerdeki kayıp nedeni ile devamlı artış eğiliminde olacaktır. Maliyet artı kâr markı yaklaşımı ile pazardaki fiyatın işletme tarafından belirlendiği gibi yanlış bir anlayış nedeni ile işletmenin performansındaki başarısızlık pazardaki fiyat düşüşlerine veya satış artırmak için yapılan iskontolara bağlanmaktadır.

Ancak, ihmal edilen en önemli konu, fiyat pazarda belirlenir ve işletmenin kar elde etmesi, maliyetlere bağlıdır. Kâr için maliyetlerin azaltılması, maliyetlerin azaltılması için faaliyetlerin ve süreçlerin iyileştirilmesi gerekmektedir.

1.5.3. Değer Akışının Belirlenmesi

Müşteri tarafından kullanılan mamullerin üretiminde kullanılan ve süreçte yer alan faaliyetler, müşteri tatmininde bir artışa neden oluyorsa, katma değer yaratan; müşteri tatmininde azalmaya neden oluyor ise, katma değer yaratmayan faaliyetlerdir. Süreçte yer alan işlem, inceleme, taşıma, bekleme ve stoklama faaliyetleri, müşteriye tatmin sağlama bakımından incelendiğinde işlem dışındaki faaliyetlerin katma değer yaratmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Katma değer yaratan faaliyet, müşterinin istediği mamule değer eklemekte; katma değer yaratmayan faaliyetler ise, maliyet ve zaman artışına yol açmakta ancak, müşteri açısından mamule değer eklememektedir. Belirli faaliyetler, sürecin maliyet ve performansını etkilemektedir. Bu faaliyetlerin kontrol altına alınması ile maliyetler de kontrol altına alınır. Gereğinden fazla girdi kullanımı, katma değer yaratmayan faaliyetlerin maliyetlerinde ve dolaylı olarak mamul maliyetinde artışa neden olmaktadır. Bu faaliyetlerin ortadan kaldırılması, harcamalarda azalış sağlayacak ve işletmenin rekabetçi konumunu güçlendirecektir⁸⁶.

Ölçülmeyen şey yönetilmeyeceği gibi, doğru olarak tanımlanamayan, analiz edilemeyen ve ilişkilendirilemeyen belli bir ürünü yaratmak, sipariş etmek e üretmek için gerekli faaliyetler de sorgulanma, iyileştirilemez ve giderek daha iyi hala getirilemez. Somut bir ürünün tasarımını yapmak, siparişini vermek ve üretmek için gerekli bir eylemi tanımlayan bir değer akış haritası oluşturulmasındaki temel amaç, bu faaliyetleri üç sınıfa ayırmaktır⁸⁷:

- **1. Grup faaliyetler:** müşterinin algıladığı şekliyle gerçekten katma değer yaratan faaliyetlerdir.

⁸⁶ Forrest, , a.g.e., 1994 s. 313

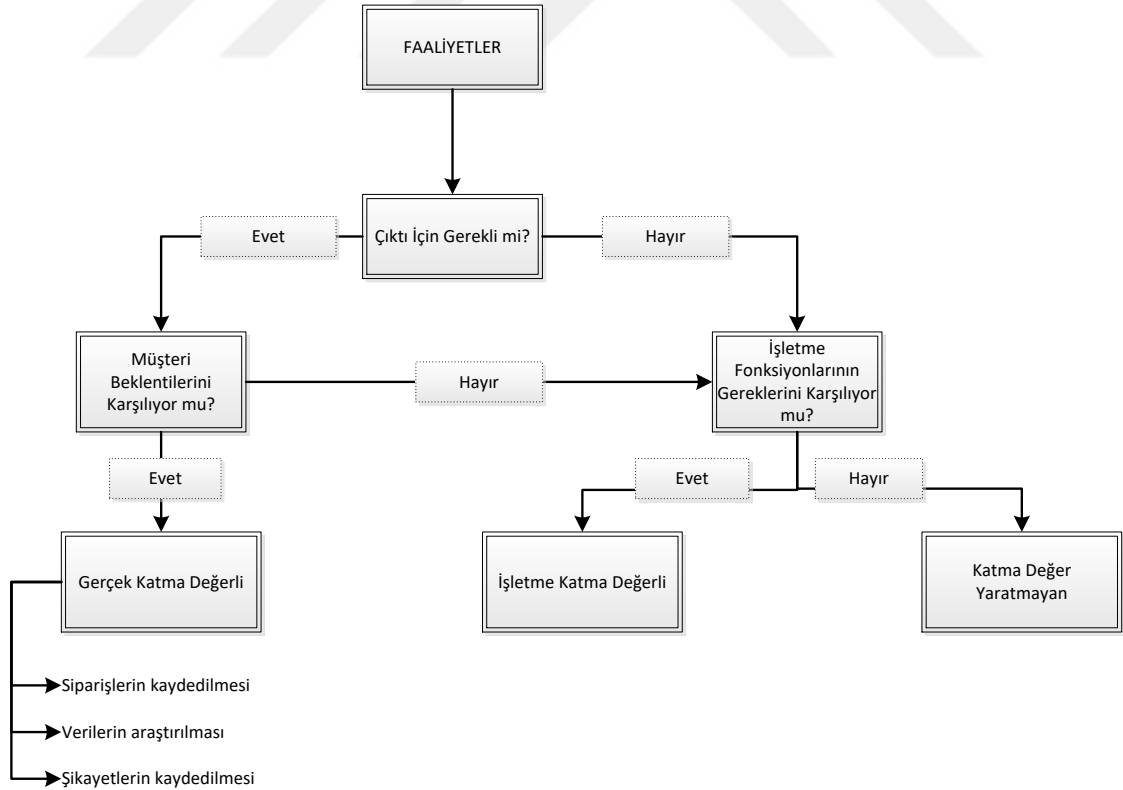
⁸⁷ Womack ve Jones, a.g.e., ss.51-52.

- **2. Grup faaliyetler:** Hiçbir şekilde değer katmayan, fakat mevcut ürün geliştirme, sipariş verme ve üretim sistemleri için geçerli olan (1. Tip Muda) ve henüz yok edilemeyecek olan faaliyetler
- **3. Grup faaliyetler:** Müşterinin algıladığı şekliyle katma değer yaratmayan (2. Tip Muda) ve hemen yok edilebilecek faaliyetler.

Değerin akışının tanımlandığı bu aşamada faaliyetler, katma değer yaratma açısından sınıflandırılmaktadır. Değer akış analizinde faaliyetler şu şekilde de sınıflandırılmaktadır,

- Katma değer yaratan faaliyetler
- Katma değer yaratmayan faaliyetler
- Zorunlu olup katma değer yaratmayan (işletme açısından katma değer yaratan) faaliyetleri

Katma değer analizi, şekil 12 üzerinde gösterilmektedir. Faaliyetler katma değer ve çıktı için zorunlu olup olmama kriterlerine göre sınıflandırılmaktadır.



Şekil 12 Katma Değer Analizi

1.5.3.1. Katma Değer Yaratan Faaliyetler

Bu tür faaliyetler, müşterinin ihtiyaçlarını karşılamak için gerçekleştirirler. Bu faaliyetler, ürünlere, yeni bir özellik, kullanım şekli ve fonksiyon eklerler. Bu sayede, ürünler bir taraftan müşteri ihtiyaçlarını karşılamının ötesine geçerler ve bir taraftan da eklenen yeni özellikleri sayesinde rekabetçi bir ürün olurlar. Ürüne farklılık katan bu tür faaliyetler için müşteri ödeme yapmaktadır⁸⁸.

İşletme için yönetsel bir açıdan bakıldığında bu tür faaliyetler, stratejik faaliyetler olarak sınıflandırılmaktadır. İşletme yönetiminin katma değer yaratıldığı bu faaliyet türüne diğer faaliyetlere göre daha çok önem vermesi gerekmektedir. Yönetim, bu faaliyetler olmaz ise, üretimin gerçekleşmeyeceğini ve bunun doğal uzantılarının da işletmeye olası etkilerinin farkında olmalıdır.

Bu tür faaliyetler, katma değer yaratır ve üretim için gereklidir. Bir üretim işletmesinde, üretilen ürünlere şekil veren ve değer ekleyen ve işlem faaliyeti olarak adlandırılan faaliyetler, bu grupta yer almaktadır. Bu alan, işletme için çok önemli bir alandır ve ne yazık ki az sayıda faaliyet bu alan içerisinde yer almaktadır⁸⁹. Bu tür faaliyetlerin işletme açısından önemli olması, sürekli gelişim sürecinde bu faaliyetlerin üzerinde durulmayacağı anlamına gelmemelidir.

1.5.3.2. Katma Değer Yaratmayan Faaliyetler

Katma değer yaratmayan faaliyetler, muda olarak ifade edilmektedir. Müşteri bu tür faaliyetler için ödeme yapmayı istememektedir. Diğer bir ifade ile müşteri bu faaliyetler için değer biçmemektedir.

Bu grupta, süreç ve müşteri açısından katma değer yaratmayan ve gerekli olmayan faaliyet türleri yer almaktadır. Bu tür faaliyetler sürece ve mamule artı bir değer ilave etmemektedir. Yeniden işleme alma, gecikme ve bekleme gibi faaliyetler ile standart zamanı aşan zaman dilimindeki tüm faaliyetler bu grupta yer almaktadır. Bu grupta yer alan faaliyetler, kaynakları karşılıksız kullanmakta ve değer yaratmadığı için maliyetlerde artışa neden olmaktadır.

⁸⁸ Tim Williams, Lisa Custer and Chris Kennedy, *Make Process Transparent to Expose Waste*, (The Lean Six Sigma Guide Doing More With Less, Mark O. George, John Wiley&Sons, 2010, s.73.

⁸⁹ Surendra P. Agrawal, Zabihollah Rezaee ve Hong S. Pak,, "Continuous Improvement: An Activity Based Model", *Management Accounting Quarterly*, Spring-2005, s. 15.

Bu tür faaliyetler, tamamen ortadan kaldırılması gereken faaliyetlerdir. Süreç için gerekli olmayan, sürece ve mamule katma değer eklemeyen, maliyetlerde artışa neden olan, üretim süresini ve teslimatı uzatan ve müşteri tatminini azaltan faaliyetlerdir. İşletme yönetimi, maliyetleri azaltmayı hedefliyorsa, süreçte D grubunda yer alan faaliyetlere prim vermemeli ve bu faaliyetleri önleyici adımlar (eğitim, uzmanlaşma, ekipman desteği vb. gibi) atmalıdır.

Yalın üretim açısından yedi tür kayıp, bu faaliyet grubunda yer almaktadır. Yalın üretim sisteminde yedi tür kayıp tanımlanmaktadır:

- 1. Fazla Üretim**, müşterinin ve bir sonraki üretim sürecinin istemlerinden daha fazla üretmek olarak ifade edilmektedir. Fazla üretmenin doğal sonuçları ve uzantılarını görmemek, işletme için sonun başlangıcı olabilmektedir. Şöyle ki, satılamayacak ürünlerin üretilmesi, gereğinden fazla hammadde alınmasına, gereğinden fazla iş gücü istihdam dilmesine, gereğinden fazla stok alanına ihtiyaç duyulmasına ve yatırım yapılmasına neden olacaktır. Bu bir taraftan maliyetleri artıracak ve diğer taraftan da nakite duyulan ihtiyacı artıracaktır. İşletmenin operasyonel ve finansal göstergeleri, gereğinden fazla üretim yapıldığı için olumsuz yönde etkilenecektir. Özellikle, üretimdeki artışa bağlı olarak maliyetleri azaltıldığının zannedilmesi
- 2. Taşıma**, bir başka kayıp veya israf türüdür. Ürünleri, hammaddenin satın alma, mamule dönüşüm ve teslimata kadar geçen değişim sürecinin dışında bir şekilde hareket ettirilmesi, taşıma kaybıdır. Fabrikanın yerleşim planının yanlış yapılması, ilave yapılan yatırımların üretim sürecine uygun olarak yerleştirilmemesi, alan yetersizliği nedeni ile farklı bir fiziki alanda tamamlayıcı işlemler yapılması gibi nedenler kayıplara neden olmaktadır. Bu tür işlemler, hızı azaltmakta ve üretim süresini uzatmaktadır.
- 3. Gereksiz Stok**, hammadde, yarı mamul ve mamul stoklarında planlanan dışında stok yapmak, bir diğer kayıp türüdür. Talep yapısına uymayan üretim sonucunda ortaya çıkan stoklar, üretimin bir gereği gibi algılanabilmektedir. Müşterilerin ihtiyaçlarını özellik ve miktar açısından karşılamayan ürünlerin üretimi, hammadde, yarı mamul ve mamul stoklarından yığınların

oluşmasına neden olacaktır. Stok yığınları, maliyetlerin de gereksiz yere artmasına neden olmaktadır.

4. **Kusurlu Üretim**, diğer bir kayıp türüdür. Üretim sürecinde, ürünün özelliklerini karşılamayan unsurlar ürünün özelliklerini ve fonksiyonel yapısını bozmaktadır. Üretimde, fire, artık, yeniden üretime alma gibi nedenlerden ötürü
5. **Gereksiz İşlem**, ürünlere katma değer eklemeyen, gereksiz olan işlemler ve bu işlemler için harcanan kaynakların karşılığı israftır. Gereksiz onay mekanizmaları, gereksiz evrakların doldurulması, gereğinden fazla dokümantasyon ve prosedürler, gereksiz işlem türünden israflardır.
6. **Gereksiz İnsan Hareketi** ise, çalışanların, üretilen ürünlere değer katmayan amaçlar için hareket etmesi ile oluşan bir israf türüdür. Malzeme ve ekipman aramak ve bunlara ulaşmak için yapılan ek hareketler, süreçler arasında bir şeyi aramak ve bulmak için gereksiz gezinmeler ve bu tür fazla harekete neden olan yerleşim ve süreç tasarımları, bu tür israfa neden olmaktadır.
7. **Bekleme** ise, katma değer yaratmayan faaliyetler dışındaki tüm faaliyetler beklemeye neden olmaktadır. Üretime hazırlık, inceleme, kontrol, taşıma beklemeye neden olan israf türlerine örnek olarak verilebilir. Makinelerde gereksiz ve plansız bakımlar, uzun bakım süreleri beklemeye neden olmaktadır.

İsraf ya da kayıp, bir faaliyetin ilkinde doğru yapılmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadırlar. Bunlardan bir kısmı görülebilir ve iyileştirilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Yalın üretim sisteminin amacı, bu tür israfları ortadan kaldırmak ve iyileştirme yapmaktır.

1.5.3.3. Zorunlu Olup Katma Değer Yaratmayan (İşletme Açısından Katma Değer Yaratan) Faaliyetler

Bu grupta, katma değer yaratmayan fakat üretim için gerekli olan faaliyet türleri yer almaktadır. Bu tür faaliyetler müşteri açısından katma değer yaratmayan ancak, işletme açısından katma değer yaratan faaliyet olarak tanımlanırlar. Süreçte yer alan birçok faaliyet türünün toplandığı gruptur. İşletme yönetiminin rekabetçi avantaj sağlayabilmesi için üzerinde durması gereken faaliyet grubudur. Süreç iyileştirme çalışmalarının en önemli

halkasıdır. Bu faaliyetler arasında, üretime hazırlık, taşıma, stoklama ve inceleme gibi faaliyetler yer almaktadır. Bu faaliyetlerin, yönetim tarafından azaltılması ve en uygun bir şekilde yerine getirilmesi gerekmektedir. Kapasitenin etkin bir şekilde yönetilmesi ve kapasitenin katma değer yaratan faaliyetler tarafından kullanılmasını sağlamak için süreç iyileştirme çalışmalarında diğer faaliyet türlerine göre bu faaliyetler üzerinde daha çok durulmalıdır⁹⁰.

Katma değer yaratmayan ancak üretimin tamamlanması için gerekli olan faaliyetler yönetsel faaliyetler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu faaliyetlerin tamamen ortadan kaldırılması, sürecin işlerliğine son verilmesine, diğer bir ifade ile üretimin yapılmamasına neden olacaktır. Bu tür faaliyetleri azaltmanın yolları aranmalıdır.

1.5.4. Değer Akış Analizi

Bu analizin gerçekleştirilmesinde yönetici şu soruyu sormalıdır: Bir aşama veya faaliyetin ortadan kaldırılması, nihai mamulü kullanan müşterilerimizin memnuniyet seviyesinde bir azalışa neden olur mu? Eğer cevap hayır ise, aşırı malzeme işlemenin azalması, ihtiyaç duyulmayan ayarlamalar ya da stoklar müşteri memnuniyetini azaltmayacak aksine, mamullerin daha hızlı teslim edilmesi nedeni ile artış sağlayacaktır. Süreçte gerçekleştirilen faaliyetlerin, süreç çıktısına değer ekleyip ekmediğinin de analiz edilmesi gerekir. Bu analizde en önemli gösterge, süreçteki aşama veya faaliyetlerin müşteri memnuniyet düzeyindeki olumlu veya olumsuz etkileridir. Müşteri, sadece nihai malın kullanıcısı değildir. Süreçte bir sonraki aşamanın da müşteri olduğu unutulmamalıdır. Süreçte üretilen mamullerin maliyetini kontrol etmek ve azaltmak için işletmeler sırası ile şu işlemleri yerine getirmelidir

- Mamullere değer ekleyen ve eklemeyen faaliyetlerin tanımlanması,
- Katma değer yaratmayan faaliyetleri azaltmak veya ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar başlatılması,
- Katma değer yaratan faaliyetlerin etkin bir şekilde kullanımının sağlanması.

Süreçte farklı faaliyetler gerçekleşmekte ve bu faaliyetler üretilen mamullere göre farklılık göstermekte ve bu farklılık faaliyetlerin girdi kullanımına da yansımaktadır. Bu tür

⁹⁰ Surendra vd, a.g.e., s. 15.

farklılıkların katma değer açısından incelenmesi ve mamul maliyetleri ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Faaliyetler, tablo 12 üzerinde katma değer yaratma esasına göre sınıflandırılmaktadır.

Tablo 12. Katma Değer Yaratma Esasına Göre Faaliyetler

Faaliyet Türleri	Katma Değer Yaratıcı	Katma Değer Yaratmayan
İşlem		
Taşıma		
Gecikme (Bekleme)		
İnceleme		
Stoklama		
Yeniden işleme alma		

Görüldüğü gibi, işlem faaliyeti dışındaki tüm faaliyetler, süreç ve mamule değer eklememekte, maliyette artışa neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar, süreçte yer alan faaliyetlerin %10'luk kısmının mamule katma değer eklediğini; %90'lık kısmının ise, katma değer ekmediğini göstermektedir⁹¹. Bu araştırmanın işletme yönetimince algılanması gereken en önemli yönü, maliyetleri yönetmek için makine başında gerçekleştirilen faaliyetlere odaklanmak yerine, makine öncesi ve sonrasında gerçekleştirilen faaliyetlere de odaklanılması gerekliliğidir.

1.5.5. Sürekli Akış

İşletmeler, süreçlerde değer akışına süreklilik kazandırmalıdır. Sürekli akış ile kesinti olmaksızın bir akış ifade edilmektedir. Malzemelerin geçtiği süreçte makineler arasında transferde bekleme olmaması sağlanmalıdır. Bir makineden diğer makineye geçiş, kesintisiz olmalıdır. Bunu sağlamak amacı ile bir ürünün nihai hale gelmesi için tüm makinaların, ürünü oluşturacak parçaların işlem akışına göre ve birbirini tamamlayan bir sıraya göre yerleştirilmeleri gerekmektedir.

Sürekli akışın sağlanması için aşağıdaki yedi unsurun karşılanması gerekmektedir⁹²:

- Sürekli üretim akış hattı
- Özel ve genel amaçlı teçhizatları bir arada bulundurmak

⁹¹ Jesse T. Barfield, Caroline M. Fisher ve Jerry R. Goolsby, "Improving Competitiveness Through Non-Value-Added Activity Analysis", *Cost Management*, July/August-2004, s.24.

⁹² Hiroyuki, a.g.e, s.19.

- Tek parça akışı
- Çevrim zamanı
- Çok süreçli işleme
- Çeşitli yeteneklere sahip çalışan
- Ayakta, hat bazında işçilik

Süreçli akış için çok önemli bir kriter, tek parça akışıdır. Makinaların süreç bazlı yerleşimi ile malzemelerin bu makinelerin birinden diğerine beklemeden geçmesi tek parça akışı olarak ifade edilmektedir⁹³. Tek parça akışının temel özellikleri ise şu şekilde belirlenmektedir⁹⁴:

- Azaltmış akış süresi
- FIFO
- Anlık hata bildirim
- Hemen düzeltici işlem
- Yarı mamul stoklarının azaltılması

Akışı engelleyen yavaşlatan her unsur aslında bir israftır. Makineler arasında taşıma ile geçen zaman, taşımanın zamanlamasındaki uyumsuzluklar, yanlış parçanın yanlış yerde bulunması ve bunun gibi sorunlar süreci ve akışı yavaşlatmaktadır.

1.5.6. Çekme Sistemi

Kanban üretim ve malzeme akışını kontrol etmek için kullanılan; üretim süreçlerine hangi üründen ne zaman ve ne kadar üretilen parçaları ve nereye gönderileceklerini ne zaman ne kadar üreteceklerini ve nereye göndereceklerini izlemekte kullanılan bir yalın üretim aracıdır. Klasik üretim sürecinde üretilen parçalar bir sonraki aşamaya itilirken kanban veya çekme sistemi ile müşteriden gelen talep ile malzeme hareketi diğer bir ifade ile akış başlamaktadır. Çekme sistemi, kanban kartları kullanılarak işlerlik kazanmaktadır ve yönetilmektedir.

Kanban sistemi sayesinde gerekli miktarda stok, gerekli zamanda ve gerekli yerde bulunmaktadır. Malzeme hareketleri ve üretim faaliyetlerindeki “süpermarket” yöntemiyle

⁹³ Javier Santos, Richard Wysk ve Jose Manuel Torres, *Improving Production with Lean Thinking*, U.S.A., John Wiley&Sons, 2006, s.21.

⁹⁴ Normand L. Frigon ve Harry K. Jackson, *Enterprise Excellence*, U.S.A., John Wiley&Sons, 2009, s.34.

tüm programlama ve hızlandırma işleri azalabilir. Malzeme akışı ve üretim, kartların idaresine katılan insanların her biri tarafından kontrol edilir. Dolayısıyla, programlama ve sevk elemanlarının rolü değişebilir ve basitçe izleme ya da güncelleştirme sistemi haline gelebilir. Bir süpermarkette çekiş sisteminin işleyişi adım adım şu şekilde gerçekleşmektedir⁹⁵:

- Bir müşteri, istediği malı raftan alır
- Kasada, çekme kartları mallardan çıkarılıp bir kutuya konur (kanban kutusu)
- Çekme kartları ambara gönderilir. Rafları tekrar dolduracak mallar alındığında, mallara iliştilmiş üretim kartları çekme kartları ile değiştirilir.
- Değişirme işlemi yapıldıkça üretim kartları bir kutuda toplanır (bir başka kanban kutusu)
- Alınan mallar, üstlerinde çekme kartları yerleştirilmiş olarak tekrar süpermarkete gönderilir.
- Üretim tamamlanınca, üretim kartları üretilen ürünlere iliştilir,
- Mallar ambara nakledilir, çevrim biter

Kanbanı etkili bir biçimde kullanabilmek için üretim kontrolü ve süreç iyileştirme gibi iki işlevin anlaşılması gerekmektedir. Üretim kontrolü işlevi, farklı süreçlerde birbirine bağlamak ve bir tam zamanında üretim sistemini geliştirmektir. Böylece bütün fabrikada hatta mümkünse tedarikçi fabrikaları da dahil her yerde gereken malzeme, gereken zamanda ve gereken miktarda gelecektir. Süreç iyileştirme işlevi ise, kanbanı kullanarak fabrika içinde iyileştirme faaliyetlerini kolaylaştırmaktır⁹⁶.

1.5.7. Sürekli İyileştirme

Kusursuzluğun sıkı takipçisi, Toyota'nın lüks otomobil sınıfı için kullandığı bir ticari slogandır. İyileştirme çalışmaları devamlılık göstermektedir. Sürekli iyileştirme (kaizen) bir kültür olarak yerleşmeli ve uygulanmaktadır. Kaizen ile aşağıdaki unsurlar ifade edilmektedir⁹⁷:

⁹⁵ Kiyoshi Suzaki, *İmalatta Mükemmellik Yolu*, (Çeviren, mSaadet Özkal), İstanbul, Optimist, 2013, ss.178-179.

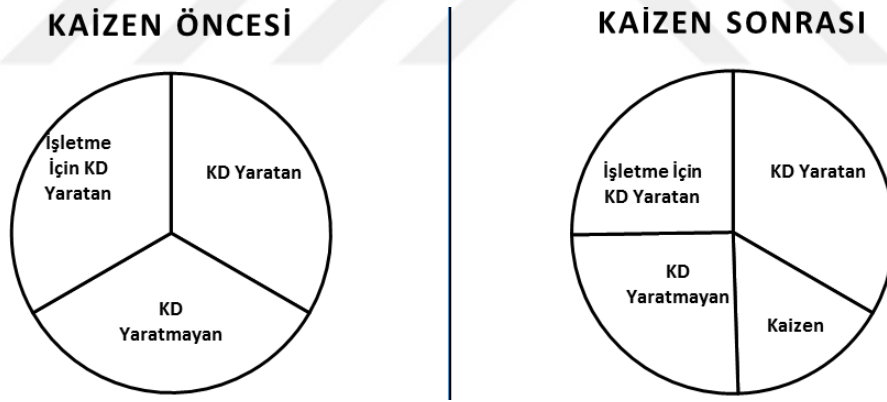
⁹⁶ Suzaki, a.g.e., s.181.

⁹⁷ Voehl vd., a.g.e., s. 150.

- Kaizen, **kai** (yenilik, değişim); **zen** ise, daha iyi anlamına gelmektedir
- Kaizen değişim ve geliştirmenin toplamından oluşur
- Küçük yeni değişiklikler yardım ile sürekli iyileştirme
- Uygulanılan ortamda, mavi yakalı, beyaz yakalı ve kısaca tüm çalışanların katılımını sağlar.

Yalın organizasyonlarda yönetimin iki rolü vardır. Bakım ve geliştirme. Bakım ile, sürecin standartlaştırılması ve sürecin devamlılığını sağlamak amaçlanmaktadır. Geliştirme ile de sürecin performansını devamlı üst seviyelere taşımak hedeflenmektedir. Genel olarak bütün süreç iyileştirme programları (SDCA) Standartlaştır-Uygula-kontrol Et-Önlem al ile başlar ve (PDCA-PUKÖ) Planla-Uygula-kontrol Et-Önlem al ile devam eder. Kaizen ile PDCA döngüsü oluşturulur ve uygulanır⁹⁸.

Kaizen ile mudaların azaltılması/ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Kaizen etkinliği öncesi ve sonrası faaliyetlerin sınırları ve olması gereken durum, Şekil 13 üzerinde gösterilmektedir. Muda'nın tanımlanmasından sonra muda'nın nasıl azaltılacağına ilişkin bir aşamaya geçilmektedir⁹⁹.



Şekil 13 Faaliyetlerin Kaizen Etkinliğine Göre Sınıflandırılması

Basit bir ifade ile Kaizen öncesi eşit paylarda olan faaliyetler, Kaizen sonrasında %25, işletme için katma değer yaratan; %25 katma değer yaratmayan ve %50 de katma değer yaratan faaliyet Şekline dönüşmektedir.

⁹⁸ Voehl vd., a.g.e., s. 152.

⁹⁹ Joseph C. Chen, Ye Li ve Brett D. Shady, "From Value Stream Mapping Toward A Lean/Sigma Continuous Improvement Process: An Industrial Case Study", *International Journal Of Production Research*, Vol.48, No,15, 2014, ss.1070-1071.

Kaizen, bütün çalışanların yapabileceği küçük çaplı iyileştirmelerdir. Kaizen ile bütün çalışanlar, bakış açılarını, iş yapma şekilleri ve düşünce yapılarını değiştirebilirler. Kaizen ile işletmede, gereksiz şeylerin yapılması sonlandırılır, eğer sonlandırılmaz ise azaltılması sağlanır ve azaltılması da sağlanamaz ise, yapılma şekli değiştirilir. İşletmede her çalışanın aşağıdaki beş adımı izleyerek Kaizen'i anlaması ve başarı ile uygulaması sağlanmalıdır¹⁰⁰:

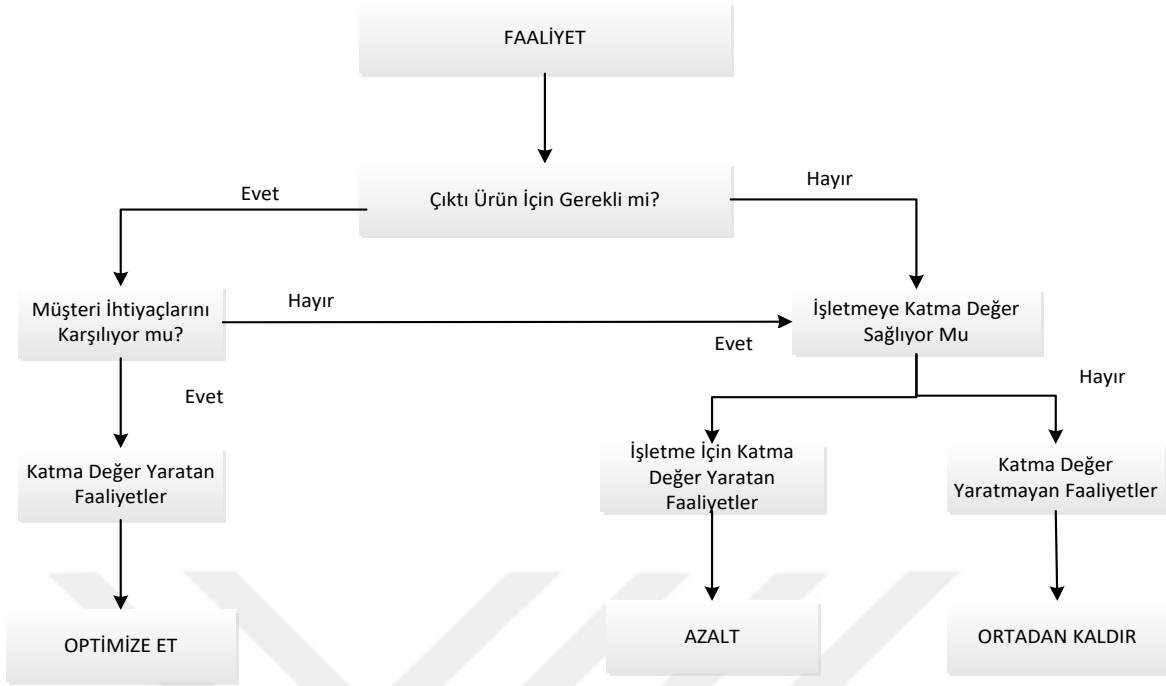
- **1. Adım:** Sorun ortaya çıktığı zaman ilk olarak sorunun çıktığı yerine (Gemba) gidin.
- **2. Adım:** Sorunun ortaya çıkmasına neden olan olayları kontrol edin.
- **3. Adım:** Geçici karşı önlemler alın.
- **4. Adım:** Kök neden (ler)i bulun.
- **5. Adım:** Yinelemeyi önlemek için standartlaştırın.

Kaizen'in on temel özelliği aşağıda gösterilmektedir¹⁰¹:

- Kaizen, işletmede herkesin işidir.
- Kaizen, süreç odaklı düşünmeyi desteklemektedir.
- Kaizen, çalışanları ne yapamayacağımız değil ne yapacağımıza yönelik olarak odaklandırır.
- Kaizen, yönetim için yeni bir rol tanımlar.
- Kaizen, sonuç odaklı olmaktan ziyade süreç odaklıdır.
- Kaizen süreçlerin devamlılığı için SDCA döngüsünü ve süreçleri iyileştirmek için de PDCA döngüsünü kullanır.
- Kaizen, kaliteyi daima ön planda tutar.
- Kaizen, müşteriyi önceliklidir.
- Kaizen, bir sonraki süreci işlemenin içinde de olsa dışında da olsa müşteri olarak tanımlar.

¹⁰⁰ Voehl vd., a.g.e., s. 152.

¹⁰¹ Voehl vd., a.g.e., s. 158.



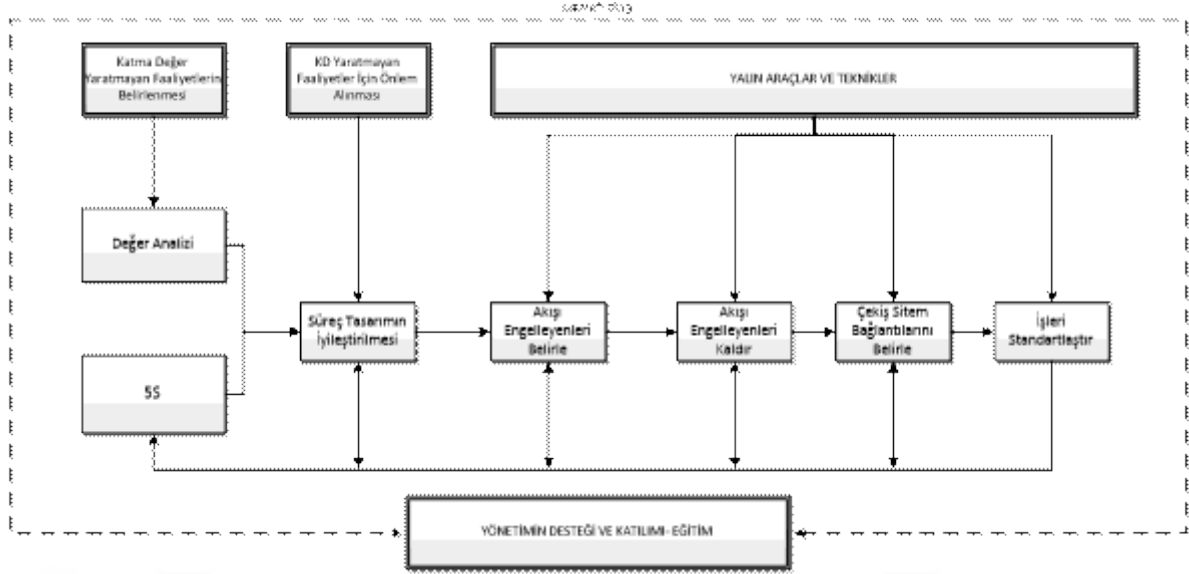
Şekil 14. Değer Akış Haritasındaki Faaliyetlerin Analizi¹⁰²

Şekil 14 üzerinde, bir faaliyetin katma değer analizi için izlenmesi gerekli süreç gösterilmektedir. Eğer bir faaliyet, ürün için gerekli ve müşteri ihtiyaçlarını karşılıyor ise, katma değer yaratan; tersi durumda ise, katma değer yaratmayan faaliyet olarak sınıflandırılmaktadır.

Süreç sonunda üç farklı karar ya da yapılması gereken işlem ortaya çıkmaktadır: (1) Katma değer yaratan faaliyetleri optimize et; işletme için katma değer yaratıp müşteri için katma değer yaratmayan faaliyetleri azalt ve işletme ve müşteri için katma değer yaratmayan faaliyetleri ortadan kaldır. Her üçü de aslında iyileştirme projesidir. Yönetimin karar vermesi gereken konu, iyileştirmenin radikal mi yoksa adım adım mı olacaktır. Aslında işletmelerin her iki yaklaşıma da ihtiyacı vardır. Değer akışındaki her adım, iyi bir etki yaratabilecek şekilde bağımsız olarak iyileştirilebilir. Diğer taraftan, bir süre sonra tamamen ortadan kaldırılacak bir faaliyet için iyileştirmek üzere yatırım yapmayı düşünmenin de nadiren bir nedeni olur¹⁰³.

¹⁰² Williams vd., a.g.e., s.77.

¹⁰³ Womack ve. Jones, a.g.e., s.123.



Şekil 15 Yalın Üretim Uygulamaları İçin Bir Yapı¹⁰⁴

Yalın üretim uygulamaları için bir yapı, şekil 15 üzerinde gösterilmektedir.

Kaizen (Adım adım iyileştirme), klasik süreç iyileştirme (süreç mühendisliği, süreç yenilme gibi) yaklaşımından farklıdır. Klasik süreç iyileştirmeye göre süreç mühendisliği daha çok mevcut koşullara dayalıdır. Bunun tam tersine Kaizen, ölçümlerin yerine fikir odaklıdır. Yalın üretim ile özellikler, tablo 13 üzerinde özet olarak aktarılmıştır. Yalın üretimin amaçları sütunlarda; bu amaçları gerçekleştirmeye yönelik kullanılacak araç ve yöntemler de satırlarda gösterilmektedir.

Farklı bir karşılaştırma da tablo 14 üzerinde özet olarak gösterilmektedir. Yalın üretimin amaçları sütunlarda; bu amaçları gerçekleştirmeye yönelik kullanılacak araçlar ve yöntemler de satırlarda gösterilmektedir. Japon Toplam Kalite Kontrolü (JTCK), Toplam Kalite Yönetimi (TKY), Deming, Yalın felsefe, İşletme süreç Mühendisliği ve Altı Sigma yöntemlerinin (1) Amaçlar ve faydalar, (2) Yönetim tarzı, (3) Sistemin Uygulanması, (4) Çalışanların yönetimi, geliştirilmesi ve katılımı, (5) Müşterinin sesi, (6) Araçlar ve teknikler, IT, (7) Sistemin optimizasyonu, (8) Günlük kontroller ve sonuçların kontrolü ve (9) Sistemin gözden geçirilmesi kriterlerine göre karşılaştırılması yapılmaktadır.

¹⁰⁴ Diego Fernando Manotas Duoqe ve Leonardo Rivera Cadavid, "Lean manufacturing Measurement: The Relationship Between Lean Activities and Lean Metrics", *Estudios Gerenciales*, Vol. 23, No.105, s.75.

Tablo 13. Yalın Üretim İle İlgili Özellikler¹⁰⁵

	AMAÇLAR								
	Müşteri isteklerinin az hata ile karşılanması	Akış	Kayıpların azaltılması ve değer artırılması	Müşteri Odaklı (Yüksek kalite Düşük Maliyet)	Düzenli Üretim Operasyonları	Maliyet Azaltma	Kayıpların azaltılması ve maliyetlerin azaltılması	Kalite ve verimliliğin iyileştirilmesi	Kayıpların azaltılması yolu ile maliyetlerin azaltılması
Kaizen/sürekli iyileştirme	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hazırlık zamanının azaltılması	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tam zamanında üretim	X	X		X	X	X	X	X	X
Kanban/Çekme sistemi	X	X	X	X	X	X	X	X	
Poka Yoke		X	X	X	X	X	X	X	X
Ürün seviyelendirme	X	X	X	X	X	X	X		X
Standartlaştırılmış İş		X	X	X	X	X	X	X	X
Görsel kontrol ve yönetim		X	X	X	X	X	X	X	X
5S	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Küçük parti üretimi		X	X		X	X	X	X	X
Zaman/iş çalışmaları	X	X	X	X	X	X	X		
Kayıp azaltma	X	X	X	X		X		X	X
Stok azaltma	X	X		X		X	X	X	X
Tedarikçi katılımı	X	X	X	X	X	X	X		
Zamanlı üretim		X	X	X	X		X		X
TPM/önleyici bakım		X	X	X	X	X		X	
Otonamasyon		X		X		X	X	X	X
İstatistiki kalite kontrol	X		X		X		X	X	
Takım çalışması	X	X		X	X	X			
İşgücü azaltma				X		X	X	X	X
%100 inceleme		X		X				X	X
Yerleşim düzeninin yapılandırılması				X			X	X	X
Hoshin Kanri	X	X	X	X					
İyileştirme döngüleri		X		X			X	X	
Kök neden analizi (5W)	X	X	X			X			

¹⁰⁵ Jostein Pettersen, "Defining Lean Production: Some Conceptual and Practical Issues", *The TQM Journal*, Vol:21, No:2, 2009, s.130-131.

Tablo 13 'ün Devamı

	Müşteri isteklerinin az hata ile karşılanması	Akış	Kayıpların azaltılması ve değer artırılması	Müşteri Odaklı (Yüksek kalite Düşük Maliyet	Düzenli Üretim Operasyonları	Maliyet Azaltma	Kayıpların azaltılması ve maliyetlerin azaltılması	Kalite ve verimliliğin iyileştirilmesi	Kayıpların azaltılması yolu ile maliyetlerin azaltılması
Değer akış haritası	X	X	X	X					
Fonksiyonlar Arası Eğitim		X			X			X	
Çalışanların katılımı	X	X		X			X		
Teslim zamanının azaltılması		X		X			X		
Süreç uyumlaştırılması		X						X	X
Hücre tipi üretim			X		X		X		

Tablo 14. Yöntemlerin Karşılaştırılması¹⁰⁶

	JTKK	TKY	DEMİNG	YALIN	BPR	ALTI SİGMA
1. Amaçlar ve faydaları	Müşteri memnuniyeti ve kalite güvencesi	Müşteri memnuniyeti ve	Müşteri, çalışan ve tüm paydaşların memnuniyeti	Kayıpların azaltılması, maliyet azaltma sistemi, katma değer yaratma	Maliyet azaltma sistemi, müşteri memnuniyeti, ölçek küçültmeye odaklılık	Müşteri memnuniyeti, maliyet azaltma sistemi
2. Yönetim tarzı	Gerçeklere dayalı uzun dönemli, insana saygı ve tüm çalışanların katılımını sağlamaya odaklı	Gerçeklere dayalı uzun dönemli, insana saygı ve tüm çalışanların katılımını sağlamaya odaklı	Uzun dönemli, kısmi olarak rakama odaklı değil, faaliyetlere odaklı rekabetçi ortamı desteklemeyen	Gerçeklere dayalı uzun dönemli, insana saygı ve tüm çalışanların katılımını sağlamaya odaklı	Saldırgan ve otokratik tepe yönetim. Uzun ve kısa dönem odaklı.	Gerçeklere dayalı uzun dönemli, insana saygı ve tüm çalışanların katılımını sağlamaya odaklı
3. Sistemin Uygulanması	Hoshin Kanri	Hoshin Kanri ve alternatif sistemler	Özel bir sistem kullanımı yok	Hoshin Kanri	Özel bir sistem kullanımı yok	DMAIC sistemi ve DFSS sistemi (tasarım için)
4. Çalışanların yönetimi, geliştirilmesi ve katılımı	Kalite kontrol çemberlerinin kullanımı, çalışanların üst düzeyde katılımı ve çalışanlara saygı, en iyi uygulamayı bulmak için devamlı eğitim, iç ve dış motivasyon	Kalite kontrol çemberlerinin ve diğer iyileştirme ekiplerinin kullanımı. Kalite araçları ve sorun çözme konularında sürekli eğitim.	Kalite kontrol çemberlerinin kullanımı, rekabetçi yapıdan ziyade çalışanların birlikte çalışması, varyasyonun azaltılmasına yönelik eğitimler	Kaizen uygulamalarının kullanımı, insana saygı ve tüm çalışanların katılımını sağlamaya odaklı, spesifik araçların kullanımına yönelik eğitimler	Değişim mühendisliği takımlarının kullanımı, hiyerarşiye odaklı, haritalama ve değişim mühendisliği gibi konularda eğitim	Çalışanları, sarı ve siyah kuşak olarak geliştirilmesi, hiyerarşik yapıda katılım, kalite ve istatistik araçlarına yönelik eğitimler
5. Müşterinin sesi	Rekabete ilişkin olarak müşterinin sesi tanımlanır	Rekabete ilişkin olarak müşterinin sesi tanımlanır	Müşterinin sesi, paydaşların ihtiyaçlarına ve gözlemler adayalı olarak tanımlanır	Müşterinin sesi, katma değere, talep odaklı süreçlere göre tanımlanır.	Rekabete ilişkin olarak müşterinin sesi tanımlanır	Rekabete ilişkin olarak müşterinin sesi tanımlanır

¹⁰⁶ Andrea Chiarini, "Japanese Total Quality Control, TQM, Deming's System Of Profound Knowledge, BPR, Lean and Six Sigma", *International Journal of Six Sigma*, vol:2, no:4, 2013, s. 3445-346.

Tablo 15 Yöntemlerin Karşılaştırılması Tablo 13'ün Devamı

	JTKK	TKY	DEMİNG	YALIN	BPR	ALTI SİGMA
6. Araçlar ve teknikler, IT	Klasik kalite araçları, problem çözme ve kalite denetimi	Klasik kalite, problem çözme araçları	Kalite araçları önemlidir.	Özel ve belli amaca yönelik araçların kullanımı	Haritalama ve analiz için araçların kullanımı, problem çözme araçları	Klasik kalite araçları, problem çözme ve kalite denetimi, istatistik veriyi yönetmek için yazılım kullanım
7. Sistemin optimizasyonu	Sistemin tümünün performansı için tamamının kullanımı	Sistemin tümünün performansı için tamamının kullanımı	Sistemin tümünün performansı için tamamının kullanımı	Sistemin tümünün performansı için tamamının kullanımı	Sistemin tümünün performansı için tamamının kullanımı	Sistemin tümünün performansı için tamamının kullanımı
8. Günlük kontroller ve sonuçların kontrolü	Uyumsuzluk göstergeleri, kalite denetimi	Performans göstergeleri	Performans göstergeleri. Hedefler kullanılmaz, süreçler hedeflerden daha önemlidir.	Görsel kontrol ve yönetim, yalın göstergeleri içeren performans göstergeleri	Performans göstergeleri	Performans göstergeleri, altı Sigma seviyelerindeki tasarruflar
9. Sistemin gözden geçirilmesi	Kalite göstergeleri, Hoshin Kanri	Performans göstergeleri, kıyaslama	Teorinin gözden geçirilmesi	Hoshin Kanri, yalın göstergeleri içeren performans göstergeleri	Performans göstergeleri	Performans göstergeleri

1.5.8. Yalın Uygulamalarında Başarıyı Etkileyen Unsurlar

Yalın, bir işletmenin yaşam tarzı olmalıdır. Bir anda ortaya çıkıp uygulandıktan sonra kenara bırakılan ve ihtiyaç duyulduğunda tekrar gündeme alınan bir yaklaşım olmamalıdır. Aksi halde işletmede devamlı bir iyileştirme kültürü oluşmaz. Her başvuruda ya da her bırakış ve başlangıçta daha pahalı bir proje olacaktır. Yalın uygulamalarının başarılı olmasında etkili olan unsurlar dört başlıkta toplanmaktadır:

Çalışanların hazırlanması ve motivasyonu¹⁰⁷:

- **Çalışanların hazırlanması ve motivasyonu:** çalışanların bilgilendirilmesi, değişme olan ihtiyacın önemli ve gerekliliği, değişimin neden ve nasıl yapılacağı bildirilmelidir. Çalışanlar ile devamlı iletişim için de bulunulmalıdır.
- **Roller:** çalışanların böyle bir projedeki rolleri çok iyi tanımlanmalıdır. Yönetim kademesinden başlayarak hiyerarşik süreçte proje kapsamındaki roller tanımlanmalı, kapsamı ve ne anlama geldiği çok iyi açıklanmalıdır. Projenin başarısı için liderlik, sorumluluklar ve fonksiyonel alandaki roller ve sınırları belirlenmelidir.
- **Yöntemler:** Kullanılacak yöntemler ve tekniklerin, araçların sınıf ortamında tanımlanması ve anlatılması ayrıca uygulama yerinde nasıl kullanılacağına da gösterilmesi gerekmektedir. Başarı için uygun araç ve uygun yöntemin belirlenmesi ve kullanılması sağlanmalıdır. Eğitim süreklilik göstermelidir.
- **Çevre:** Her değişim ve yenilenme çalışmasında üst yönetimin isteği, desteği ve katılımı çok önemlidir. Çalışmalara katılanların iş güvenliği sağlanmalıdır. Güven ortamı sağlanmalıdır.

Bu başarı faktörleri, kâğıt üzerinde kalmamalıdır. Projenin başlangıç aşamasından itibaren her adımda bu faktörler dikkate alınmalı ve uygulanmalıdır.

Tablo 14 üzerinde süreç iyileştirmede kullanılan yöntemler dokuz farklı başlıkta karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

¹⁰⁷ Duoqe ve Cadavid, a.g.e., ss.73-74.

İKİNCİ BÖLÜM

YALIN ALTI SİGMA

2.1. YALIN VE ALTI SİGMANIN BÜTÜNLEŞİK YAPISI

Yalın ve Altı Sigma yöntemleri bütünleşik olarak, 2000'li yılların başında kullanılmaya başlandı. İlk olarak Yalın Sigma olarak kullanılmıştır. Yalın ve Altı Sigma birleştirilerek özel bir yönetim aracı oluşturulmuştur. Daha sonra, Yalın Altı Sigma (YAS) kavramı kullanılmaya başlanmıştır. İlerleyen yıllarda, YAS, DMAIC sürecini izleyerek uygun Yalın ve Altı Sigma araçlarını kullanan bir yöntem olarak tanımlandı. Operasyonel etkinlik ve verimliliği artırmanın yolu olarak da tanımlanmıştır. Daha sonra, kalite ve müşteri tatmini gibi kavramlar da eklenerek tanımın kapsamı genişletilmeye başlanmıştır¹⁰⁸.

Altı Sigma, süreçlerde varyasyonu azaltmaya odaklı ve veri tabanlı bir süreç iyileştirme yaklaşımı iken; Yalın, daha düşük maliyetli ve daha kaliteli ürün ve hizmetleri daha hızlı bir şekilde müşterilere sunmayı hedefleyen bir süreç iyileştirme yaklaşımıdır. Yalın Altı Sigma (YAS), kalite, maliyet, hız ve müşteri memnuniyetinde iyileştirme sağlayarak işletmenin değerinde artış elde etmesini sağlayan bütünleşik bir süreç iyileştirme yaklaşımıdır¹⁰⁹.

YAS, Yalın ve Altı Sigma gibi iki farklı süreç iyileştirme yöntemlerini birleştiren bir taraftan işletmeler için çok önemli olan kayıpları ve diğer taraftan da ürün ve hizmetlerde değişkenliği azaltmayı sağlayan bir süreç iyileştirme yöntemidir.

Altı Sigma, DMAIC; Altı Sigma araçları, Altı Sigma organizasyon yapısı, varyasyonun azaltılması, müşteri odaklılık, kâr odaklılık ve gerçeklere dayalı karar verme gibi yedi bileşenden oluşmaktadır. Yalın ise, değer akış haritası başta olmak üzere yalın araç ve yöntemleri, sürekli akış, kayıpların azaltılması ve çalışanların katılımı gibi dört bileşenden oluşmaktadır¹¹⁰.

¹⁰⁸ Cecilia Mertienz Leon, Carmen Temblador ve Myrna Flores, "Integrating Lean and Six Sigma for a Holistic Process Performance Improvement", *Proceedings of the 2013 Industrial Systems Engineering Research Conference*, s.2013.

¹⁰⁹ Alessandro Laureani ve Jiju Anthony, "Lean Six Sigma in A Call Centre: A Case Study", *International Journal of Productivity of Performance Management*, Vol.59, No.8, 2010, s757-758.

¹¹⁰ Marcus Assarlind and Ida Gremyr, "Multi-Faceted Views on A Lean Six Sigma Application", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 30 No. 4, 2013, s.388.

Altı Sigma istatistik tabanlı sorun çözme yöntemi ile kâr elde etmeyi sağlayan sonuçlar gerçekleştirilmektedir. Yalın, süreçler arasındaki malzeme ve bilgi akışına odaklanır ki bu aşamada Altı Sigma, süreçlerdeki katma değerli dönüşümlerdeki zayıflıkları gösterme konusunda yardımcı olur. Birçok Yalın ilkesi yılların deneyimi ve birikime bağlı olarak geliştirilen nitel modellere dayalıdır. Diğer taraftan Altı Sigma, süreç adımlarında gerçekleşenle ne olduğunun anlaşılması için kritik bir rol oynamaktadır. Her iki yöntemin bütünleşik halde elde edeceği sonuca her iki yöntemi ayrı ayrı kullanılması ile ulaşılamaz¹¹¹.

Yalın ve Altı Sigma her ikisi de süreçteki alkışa vurgu yapmaktadır. Yalın, minimum düzeyde kayba odaklanmakta ve düşüncesi, hızı ve verimliliği artırmaktır. Altı Sigma, süreçlerde minimum varyasyon sağlamaya odaklanmaktadır. Yalın, katma değer yaratmayan faaliyetleri ve kayıpları azaltarak maliyetleri azaltmaya; Altı Sigma ise, değişik süreçlerdeki kalitesizliği ortadan kaldırarak maliyetleri azaltmaya odaklanmaktadır. Yalın değer akış haritası, JIT, görsel yönetim ve iş akış standardizasyonu gibi araçlar kullanmaktadır. Altı Sigma, ise, istatistik ve istatistik olmayan araçlar kullanmaktadır¹¹².

Yalın'ın, istatistik yönetimleri kullanmaması bir hatadır. İstatistik yöntemler, Yalın'ın daima bir parçası olmalıdır. Ancak, Yalın'ın 5S, standart iş, görsel fabrika vb. gibi araçları kullanan kişilerin istatistik kullanmalarına gerek yoktur. Bu araçlar, Altı Sigma yeşil ve Sarı Kuşakları tarafından kullanılabilir¹¹³.

2.1.1. Altı Sigma ve Yalının Sinerjisi

İki farklı süreç iyileştirme yaklaşımı aslında birbirleri ile çok ilişkili; ancak farklı bir açıdan bakınca da birbirinden çok ayrı özellikleri vardır. Altı Sigma, istatistik araçlar ve bununla ilgili yazılımlar kullanarak varyasyonu azaltmaya ve ortadan kaldırmaya odaklıdır. Yalın ise, süreç ve değer analizleri ile kayıpları azaltmaya ve ortadan kaldırmaya odaklıdır¹¹⁴.

Altı Sigma'nın birincil önceliği standardize çıktı iken; Yalın'ın birincil önceliği, akış zamanının azaltılmasıdır. Yalın'ın ikinci önceliği, Altı Sigma'nın birincil; Altı Sigma'nın birincil önceliği ise, Yalın'ın ikincil önceliğidir. Yalın, bir işletmenin iyileştirme programlarının

¹¹¹ Jiju Antony, "Six Sigma vs Lean", International Journal of Productivity and Performance Management Vol. 60 No. 2, 2011, s. 186.

¹¹² Antony, a.g.e., s. 186.

¹¹³ Antony, , a.g.e., s. 186.

¹¹⁴ Tony Bendell, "A Review and Comparison Of Six Sigma And The Lean Organisations", *The TQM Magazine*, Vol.18, No.3, 2006, s.255.

yürütücüsü olarak strateji ve mevcut yapıya katkıda bulunurken Altı Sigma, iyileştirme programını hızlandıracak ve güçlendirecek araçları barındırmaktadır. YAS, Yalın ve Altı Sigma'nın faydalarını birleştiren ve bir arada kullanan bir sinerji modelidir¹¹⁵. YAS, uzun dönemli ve kalıcı fayda sağlamaktadır. Yalın ve Altı Sigma arasındaki temel karşılaştırma aşağıda gösterilmektedir¹¹⁶:

- Her ikisi de süreç odaklı ya da süreç merkezlidir.
- Her ikisinin de başarısı için yönetim desteği gerekmektedir.
- Her ikisi de üretim dışındaki sektörler ve ortamlar için de kullanılabilir.
- Her ikisi de müşteriler tarafından belirlenen işletme ihtiyaçlarına odaklanırlar.
- Her iki yaklaşım da işletme sorunlarına belirlemek için çok disiplinli takımlar kullanmaktadır.
- Her ikisi de birbirini tamamlayıcı araçlar ve yöntemler kullanmaktadır.
- Altı Sigma'nın uygulanması Yalın'a kıyasla daha yoğun bir eğitim gerektirir.
- Altı Sigma uygulaması, Yalın'a kıyasla daha çok yatırım yapılmasını gerektirmektedir.
- Yalın, süreç verimsizliğini üstesinden gelmeye odaklanırken Altı Sigma, süreç etkinlik konularına odaklanmaktadır.
- Altı Sigma, süreçlerdeki hataları elimine etmekte ancak sürecin nasıl optimize edileceğine ilişkin soruları cevaplandırmamaktadır. Bunun tersine, Yalın ilkeler süreçlerde yüksek yeterlilik ve sürdürülebilirlik konularında çok yardımcı olmamaktadır.

YAS'nın neden ve niçin bir bütün oluşturduğunu strateji, liderlik, problem çözme, performans ve süreç iyileştirmenin insan ile süreç özelliklerini bütünleştirme gibi unsurlar açısından inceleyebilir¹¹⁷:

¹¹⁵ Assarlind ve Gremyr, "a.g.e., ss.398-399

¹¹⁶ Antony,a.g.e., s. 190.

¹¹⁷ Ronald D Snee, "Lean Six Sigma- Getting Better All The Time", *International Journal of Six Sigma*, Vol. 1, No.1, 2010, s.10-11.

- YAS, bir işletme stratejisidir. YAS, bir taraftan müşteri memnuniyetini ve diğer taraftan da işletmenin performansını iyileştirmeye odaklanan bir işletme stratejisidir.
- YAS, etkin bir liderlik geliştirme aracıdır. Liderlik, işletmeyi mevcut durumundan daha iyi duruma getirmek YAS, değişim için gerekli kavramları, araçları ve yöntemleri içinde barındırmaktadır. Liderler, değişim için bu araçları ve yöntemleri nasıl kullanılacağını bilirler ve süreci yönlendirirler.
- YAS, bir problem çözme aracıdır. Süreçler kendi kendilerine iyi olmazlar. Karşılaşılan sorunları en kısa zamanda ve işletme için en uygun sonuca götürecek şekilde çözümünde ne tür araçların ve yöntemlerin kullanılacağı YAS’da tanımlanmaktadır.
- YAS, performansı artırmaya yönelik sistematik bir yaklaşımdır. Kalite, maliyet, zaman ve müşteri tatmini gibi kritik göstergeler ile performans devamlı ölçülür. Nakit akışı, işletmeler için çok önemlidir. Süreçlerdeki iyileştirme, işletme için nakit akışını güçlendirmeyi sağlayacaktır.
- YAS, önceki süreç iyileştirme yöntemlerinden farklı olarak süreç iyileştirme çalışmalarında süreç iyileştirmenin süreç yönünü ve insan yönünü birleştirmektedir. Süreç iyileştirmenin süreç ve insan yönleri, tablo 16 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 16 Süreç İyileştirmenin İnsan ve Süreç Yönleri

İnsan Yönü	Süreç Yönü
Kâr odaklı	Süreç iyileştirme
Yönetim liderliği	Varyasyonun analizi
Aciliyet duygusu	Disipline edilmiş yaklaşım
Müşteri odaklı	Kantitatif göstergeler
Proje takımları	İstatistikî düşünce ve yöntemler
Kültürel değişim	Süreç yönetimi

Aslında Altı Sigma ve Yalın’ın birbiri ile karşılaştırılması çok da yaratıcı ve üretken bir bakış açısı değildir. İyileştirme hakkında konuşulunca problemler ve iyileştirme ihtiyaçları farklı şekilde işletmenin karşısına çıkmaktadır. İyileştirmede kullanmak için ortak bir yaklaşım geliştirildiğinde süreç “yukarıdan aşağı” ve “aşağıdan yukarı” yaklaşımları ile ele alınır. Yukarıdan aşağı bakış açısı ile şu soru sorulur ve cevabı aranır: İşletme amaçlarına ulaşmak için süreçleri nasıl iyileştirilebilir? Aşağıdan yukarı bakış açısı ile şu soru sorulur ve

cevabı aranır: Sürecin performansını iyileştirmek için sorunlar nasıl çözülmelidir? İyi bir süreç iyileştirme projesi geliştirilmek isteniyor ise, kullanılması gereken yöntemler ayrıştırılmamalı, tam tersine birleştirilmelidir¹¹⁸.

Altı Sigma, doğrudan üretimdeki hıza odaklanmamaktadır. Bu nedenle sadece Altı Sigma uygulayan işletmelerde teslim zamanının iyileştirmelerinde yetersizlik görülmektedir. Benzer durum, Yalın için de geçerlidir. Yalın, Altı Sigma'nın kültürel yapısının olmadığı durumda sınırlı bir iyileştirme aracı olacaktır. Yalın ve Altı Sigma'yı bütünleşik bir şekilde kullanmanın sağlayacağı dört temel fayda vardır¹¹⁹:

- Müşteri taleplerine karşı daha hızlı ve cevap verici olmak
- Altı Sigma yeterlilik düzeyi için çaba göstermek
- Kalitesizliğin en düşük maliyeti ile faaliyet gerçekleştirmek
- İşletmenin her yerinde esnekliği sağlamak

Yalın ve Altı Sigma işletmenin stratejilerine destek olmak amacı ile bütünleşik bir yapıya bürünmektedir. İşletmelerin rekabetçi olabilmesi için buna yönelik stratejiler geliştirmesi gerekmektedir. Hız, kalite, maliyet ve müşteri memnuniyeti gibi başlıkları stratejik hedefleri arasında olmayan bir işletmenin rekabetçi olma imkânı da yoktur. Yalın ve Altı Sigma, kalite ve müşteri memnuniyetini önemserken yalın değer ve hız; Altı Sigma ise, varyasyon ve maliyet unsurlarını öne çıkarmaktadır. Tablo 17 üzerinde Yalın'ın uygulama adımları ve bu adımlarda belirlenen amaçlara ulaşmak için Altı Sigma'nın yardım etmek amacı ile kullanacağı araçlar ve Altı Sigma stratejilerin birleştirilmesi ile oluşan sinerji gösterilmektedir¹²⁰.

Tablo 17 Yalın Üretim ve Altı Sigma Stratejilerin Sinerjisi

Yalın	Altı Sigma
İyileştirme için yöntem oluşturur	Politika yayma yöntemi
Müşteri değer akışına odaklanır	Müşteri ihtiyaçları analizi
Proje bazlı uygulamayı kullanır	Proje yönetim uzmanlığı
Mevcut koşulların anlaşılması	Bilgiyi bulma/keşfetme
Ürün ve üretim verilerinin toplanması	Veri araştırma/toplama
Mevcut yerlerim ve akışın belgelenmesi	Süreç haritası ve akış diyagramı

¹¹⁸ Ronald D Snee, a.g.e., s.12.

¹¹⁹ Jiju Anthony, Jorge L. Escamilla ve Peter Caine, "Lean Sigma", *Manufacturing Engineer*, April, 2003, s. 41.

¹²⁰ Thomas Pyzdek, *The Six Sigma Handbook*, U.S.A., McGraw-Hill, 2003, s. 721.

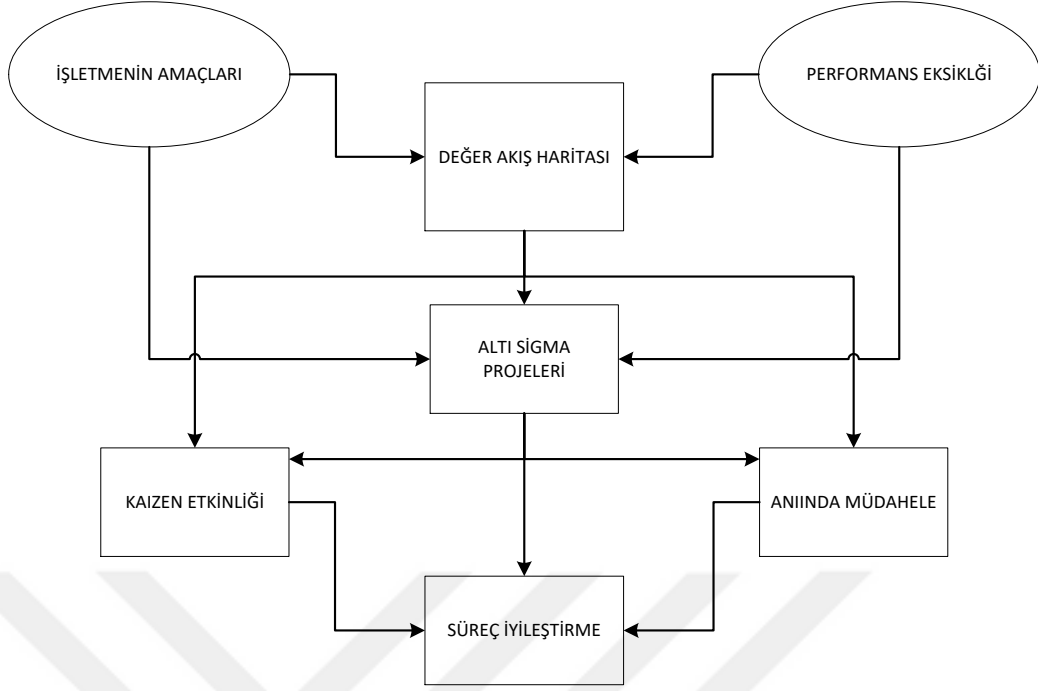
Süreç zamanı	Veri toplama araçları ve teknikleri (İstatistikî Süreç Kontrolü)
Sürecin yeterliliğini belirlemek ve Takt zamanını hesaplamak	Veri toplama araçları ve teknikleri (İstatistikî Süreç Kontrolü)
Standart iş kombinasyonu tablolarının oluşturulması	Süreç kontrol planlaması
Alternatiflerin elenmesi	Neden-sonuç diyagramı ve FMEA
Yeni yerleşim planının oluşturulması	Takım çalışması, proje yönetimi
İyileştirme çalışmalarının uygunluğunun test edilmesi	Geçerli kıyaslama için istatistikî araçlar (İstatistikî Süreç Kontrolü)
Çevrim zamanı, hazırlık zamanı, teçhizatın çalışmaz durumda olması, değişim zamanın kısaltılması	Yedi temel kalite aracı ¹²¹ , modern kalite araçlarının kullanımı

İşletmelerin temel amacı kâr elde etmektir. Yöneticiler, bu amaca ulaşmak için stratejiler geliştirir ve bu stratejileri uygulamak için de araç ve yöntemleri kullanırlar. Stratejiler, işletmenin amaçlarını karşılamak ve performanstaki yetersizliği kapatmak için geliştirilmekte ve bunlar bir proje ile uygulanmaktadır. Yukarıdan aşağıya planlama anlayışına göre işletme amaçlarına ulaşmak için ve aşağıdan yukarı planlama anlayışına göre de performans göstergelerindeki yetersizlikleri belirlemek için projeler geliştirilir¹²². Stratejilerde, işletmenin hedeflerine ulaşmak için YAS, işletmedeki tüm süreç iyileştirme fırsatlarını bulur ve kullanır. YAS'ı uygulamakla birçok fonksiyonel alan sinerjik olarak optimize olacak ve kurumsal misyonunu yerine getirilmesini sağlayacaktır olacaktır. Süreç iyileştirme çalışmalarında artık, Altı Sigma araçları kullanarak kaizen gerçekleştirmek, her birini ayrı ayrı kullanmaya göre problemlerin daha kısa zamanda çözülmesini sağlamaktadır¹²³.

¹²¹ Yedi temel kalite aracı: *Balık kılıcı diyagramı, Kontrol çizelgesi, Kontrol diyagramı, Histogram, Pareto diyagramı, Serpilme diyagramı, Akış diyagramı.*

¹²² Ronald D Snee, a.g.e., s.13.

¹²³ John Teresko, "How to Organize For Lean/Six Sigma", *Industryweek*, Nov. 2008, s.41.



Şekil 16 Stratejiye Uygun Proje Seçimi¹²⁴

İşletme amaçları ve performans eksikliği doğrudan Altı Sigma projelerinin oluşturulmasını sağlar. Kapsamlı açıdan bakıldığında şekil 16 üzerinde görüldüğü gibi amaçlar ve performans değer akış haritası için de girdi niteliğindedir, sadece Altı Sigma için değil. YAS, doğru araç ve yöntemler ile sorunların çözümü konusunda yardımcı olacaktır. Hangi soruna hangi araçlar ile çözüm bulunacağı konusunda Altı Sigma ve Yalın'ın kendilerine özel araçları bütünleştirmektedir. Altı Sigma ve Yalın paralel kullanılmamalı, bütünleşik olarak kullanılmalıdır. Her ikisini de paralel olarak yürüten işletmelerin projeleri daima başarılı olmamaktadır¹²⁵.

Yalın ve Altı Sigma'nın entegrasyonunda başarılı olmak için aşağıdaki öneriler göz önünde bulundurulmalıdır¹²⁶:

- Yapısı gereği bütünsel olunmalı ve stratejik bağlantıları olmalı
- DMAIC yapısı kullanılmalı
- Karşılaşılan sorunlar için en uygun çözüm aracı kullanılmalı
- Her iki yöntem paralel değil eş anlı kullanılmalı

¹²⁴ Ronald D Snee, a.g.e., s.13.

¹²⁵ Souraj Salah, Abdur Rahim ve Juan A. Carretero, "The Integration of Six Sigma and Lean Management", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol.3; No.20;2010, s.251.

¹²⁶ Salah, vd., a.g.e., s.254-255.

- Her ikisi de birbirine üstünlük kurarak değil, dengeli olarak kullanılmalı
- Değer Akış Haritası bir platform olarak kullanılmalı
- Her iki yöntem arasındaki farklılıklar dikkate alınmalı
- Ana iyileştirme konusunun dışındaki ikincil konular ile ilgilenilmemeli
- Tüm süreçler ile ilgilenilmeli
- İyi eğitim almış insan kaynakları kullanılmalı
- Proje seçim kriterleri çok sağlam olmalı
- Ödül, iletişim ve yönetim sistemi olmalı, şeffaf ve izlenebilir olmalı
- Tedarikçiler ve müşterileri de kapsamalı
- Etn değişim programının özelliklerine sahip olmalı

YAS bir projedir ve belirlenen plan doğrultusunda gerçekleştirilmesi gerekir. YAS, diğer süreç iyileştirme çalışmalarından daha farklı özelliklere sahiptir. Süreç iyileştirme çalışmaları yetersiz düzenleme nedeni başarısız olmaktadır. YAS, aşağıda gösterilen temel özellikleri kullanmaktadır¹²⁷:

- Finansal başarı sağlar
- Üst yönetim liderliğini aktifleştirir
- Disipline bir yaklaşım kullanır (DMAIC)
- Projeler kısa sürede tamamlanır
- Başarıyı net bir şekilde tanımlar
- Yapısal bir durum oluşturur (Kuşak sistemi)
- Müşteri ve süreçlere odaklanır
- Güçlü bir istatistik yaklaşımına sahiptir

YAS projelerinin yürütülüp yürütülmemesinin nedenleri iki farklı açıdan ele alınabilir. İlk olarak, yönetim sistemi açısından; ikinci olarak da projenin seçimi ve yönetimi YAS projelerinin yürütülüp yürütülmemesi ele alınmaktadır¹²⁸:

- YAS programının yönetimi ve izlenmesi için gerekli yönetim sistemi
 - Planların, stratejilerin ve hedeflerin uygulanmasını da içeren konularda üst yönetimden yeterli destek alınmaması

¹²⁷ Ronald D. Snee, a.g.e., s.19.

¹²⁸ Ronald D Snee, a.g.e., s.20.

- Yönetimin gözden geçirmelerinin yetersiz olması
- Yetenekler kullanılmamaktadır
- Finans, muhasebe, insan kaynakları, kalite birimi yeterli desteği vermemektedir
- İyileştirmeye değil eğitime odaklanılmakta
- İletişimin yetersizliği
- Görev tanımları ve ödüllendirmenin uygunsuzluğu
- Projelerin seçimi ve yönetimi:
 - Projelerin iletmenin amaçları ve finansal sonuçlarına uygun olmaması
 - Projeye hatalı çalışan eklenmesi
 - Proje liderleri ve üyelerinin proje ile ilgili çalışma konusunda yetersiz olmaları
 - Birçok projenin altı aydan daha uzun sürede sona ermesi
 - Uzaman kara kuşaklardan yetersiz teknik destek alınamaması
 - Kalabalık bir proje ekibi
 - Düzenli ve devamlı olmayan

2.1.1.1. Yalın Organizasyonların Altı Sigmadan Öğrendikleri

Yalın işletmeler veriyi daha çok karar vermek amaçlı ve kaliteye bilimsel yaklaşım için kullanmaktadırlar. Örneğin, kalite ile ilgili sorun ortaya çıktığında yalın yönetim sıfır kalite kontrol açısından tanımlama yapmaktadır. Kayıp, farklı nedenlerden ötürü ortaya çıkabilir. Üretim kontrollü aşamasında çekme sisteminden malzemenin eksik gelmesinden dolayı üretimin yapılamaması nedeni ile ortaya çıkabilir. Yeniden üretime alma ya da fire nedeni ile maliyette artış ortaya çıkabilir.

YAS, yalından aşağıdaki üç temeli alabilir¹²⁹:

- Tüm faaliyetlerde katma değeri en üst düzeye çıkarmayı sağlayan anlayış
- Yerel optimizasyon yerine global optimizasyonda kullanılacak teşvik sistemlerini değerlendiren anlayış

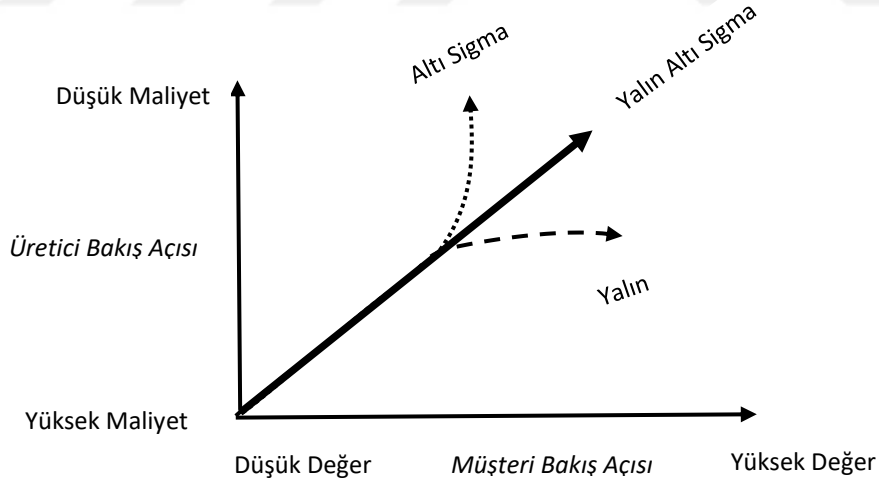
¹²⁹ Edward D. Arnheiter ve John Maleyeff, "The Integration of Management and Six Sigma", *The TQM Magazine*, 2005, Vol. 17, No.1, ss.16-17.

- Tüm kararların müşteriye göreceli etkisine dayalı olarak verildiği bir karar verme süreci

Atlı Sigma ise, Yalın üretimden aşağıdaki üç temeli alabilir:

- Karar verme sisteminde veri tabanlı yöntemleri kullanır ki bu nedenle geçici çalışmalardan ziyade bilimsel esaslara dayanmaktadır
- Kalite özelliklerinin minimum düzeyde varyasyon seviyesinde olmasını sağlar
- Şirket bazında eğitim anlayışı ve rejimi geliştirir

Yalın ve Altı Sigma'nın kendilerine özgü eksik yönleri ve sınırlarını ortadan kaldırmak için bütünleşik bir şekilde süreç iyileştirme çalışmalarında YAS haline dönüşmelidirler. İşletmelerde süreç iyileştirme için bir alan bulunduğu zaman ileri gidememektedirler. Belirli adımları aşmakta, ancak karşılaşılan zor durumlara ilişkin çözüm üretememektedirler. Bunun üstesinden gelmek için doğru kararı vermek için Yalın yaklaşımın gerekli olan verileri kullanması gerekmekte ve ayrıca daha bilimsel bir yaklaşım kullanması gerekir. Altı Sigma, diğer taraftan daha kapsamlı bir sistem yaklaşımı kullanmalıdır. Bu sistem yaklaşımında *muda*'nın tüm etkileri görülebilmelidir ki bu sayede kalite ve varyasyon da görülebilir¹³⁰.



Şekil 17 Yalın ve Altı Sigmanın Rekabetçi Avantajı¹³¹

Şekil 17 üzerinde de gösterildiği gibi Yalın bakış açısı ile işletmenin rekabetçi avantaj unsuru, değer; Altı Sigma'nın ise, düşük maliyettir. Sadece yalın odaklı bir iyileştirme

¹³⁰ M.P.J. Pepper and T.A. Spedding, "The Evolution of Lean Six Sigma", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 No. 2, 2010, s. 146.

¹³¹ Edward D. Arnheiter ve John Maleyeff, "The Integration of Management and Six Sigma", *The TQM Magazine*, 2005, Vol. 17, No.1, s.16.

gerçekleşir ise, odak noktası, müşteri olacaktır. Sadece varyasyonu azaltmaya odaklanıp müşteri beklentilerini ikinci plana atmak ya da müşteri beklentilerini önceliklendirip maliyeti ve varyasyonu ikinci plana atmak, süreç iyileştirme çalışmalarının tek taraflı olmasına neden olabilir. Aslında her ikisinin de amacı, işletmede kaliteyi sağlamak ve sürdürmektir. Güçlerini birleştirdikleri zaman, istenilen amaca daha etkin bir şekilde ulaşacaklardır.

Tablo 18 üzerinde Yalın ve Altı Sigma otuz bir farklı kriter kullanılarak karşılaştırılmaktadır.



Tablo 18 Altı Sigma ve Yalın Karşılaştırması¹³²

	Altı Sigma	Yalın	Notlar
1. Gelişim	1980'lerin ortalarında Motorola tarafından kullanılmaya başlandı, GE tarafından geliştirildi	1970'lerin Toyota'da Ohno tarafından geliştirildi	Her ikisinin kökeni de TKY'ne dayanır. YAS ile ilgili çalışmalar, 2000 yılında başlamıştır.
2. Liderlik	Yukarıdan aşağı yaklaşımı kullanılır	Çalışan uzmanlık ve yetkilendirmeye odaklı bir inanışla yukarıdan aşağı yaklaşımı kullanılır.	Üst yönetimin katılımı ve destek vermesi önemlidir.
3. İlkeler	Müşterinin sesi, Finansal etki ve hata azaltma, DMAIC, CTQ. Müşteri ihtiyaçlarının karşılanması için süreçlerin yenilenmesi	Müşteriye zamanında teslim ve kalite ile değer verme amaçtır. Değer, müşterinin bakış açısı ile, akış haritası ile tedarikçiden başlayarak tanımlanmaktadır.	Her ikisindeki ilkeler TKY'de yer almaktadır.
4. Özellikler	Plan aşamasında geliştirme aşamasına kadar bir proje yönetimi yaklaşımını kullanmaktadır.	Plan aşamasında gelecekteki değer haritasını oluşturana kadar bir proje yönetimi yaklaşımını kullanmaktadır.	Her ikisi de değişim liderlerinin oluşturduğu ekip kültürüne sahip bir proje yönetimini anlayışına sahiptir.
5. Ekibin rolleri	Kara kuşakla, usta kara kuşaklar ve süreç şampiyonları	Kaizen liderleri, değer akış sahipleri ve Ustalar	
6. Tanımlama	Süreçlerde varyasyonu azaltmak için süreç iyileştirme araçlarının düzenli olarak kullanılması	Siparişin alınmasından teslim edilmesine kadar geçen süreçte kayıpların azaltılmasını sağlamak	YAS, işletmeye ileri iyileştirme ile birlikte işletmeye kalite, maliyet, hız e müşteri memnuniyeti konusunda yardımcı olmaktadır.
7. Karmaşıklık	Süreç kontrolü, kalite geliştirme ve sorun çözmeye daha çok bilimsel ve veri tabanlı yaklaşım.	Anlaşılması ve uygulanması daha kolay yöntemler	Yalın bir sanat iken; Altı Sigma bir bilimdir.

¹³² Salah, vd., a.g.e., ss.257-264.

Tablo 18'in Devamı

8. Uygulama	Sınırlı sayıda çalışan katılımı, Kuşaklar tarafından yürütülmekte, Uygulamalar genel olarak makine ve başında	Tüm çalışanların yoğun katılımı, üretim ve montaj hatlarından uygulanmakta	Yalın daha çok mavi yakalı için uygun iken, Altı Sigma, beyaz yakalı için uygundur.
9. Takımlar	Özle ekipler kullanılmakta	Takımlardan oluşan gruplar. Farklı fonksiyonlardan çalışanların katılımı ile oluşturulan ekip çalışması	Değer akış sahipleri farklı birimlerde çalışır. Kuşaklar ise, daha dar kapsamlıdır.
10. Odak	Anahtar süreçleri müşterinin sesi ile yönlendirilir. Süreçler uyumlaştırılır İstatistik kontrol, güvenilirlik, doğruluk ve hatalar Devamlı Akış optimizasyonuna odaklanmaz Süreç etkinliği	Ürün ağacı matrisini kullanarak temel işletme süreçleri esastır Odak konusunda Altı Sigma'dan farklıdır. Ürün akışı ve optimizasyonu Görmeyi öğrenmek Sistem etkinliği	Yalın, müşteri değerine odaklanır Altı Sigma, CTQ'ye odaklanır Her ikisi müşteri memnuniyetine ve finansal performansa odaklanır Her ikisi de hız ve varyasyonu azaltma konusunda entegrasyona odaklanır Altı Sigma projelerin sonunda kontrole; Yalın ise, gelecekteki değer akışlarına odaklanır Yalın fabrika, Altı Sigma ortamına göre daha kolay tanımlanır
11. Düşünce-Bildirim Arasındaki Boşluk	Bazı işletmelerde anahtar performans göstergeleri kullanılarak performans ölçüm kartın üzerinde boşluğu göstermektedirler	Müşterinin sesini anlamak için Değer Akış Haritaları kullanılmaktadır.	

12. Stok	Odak konu değildir	Azaltılması gereken bir kayıp	Yalında stok bir kayıp türü olarak tanımlanmaktadır
Tablo 18'in Devamı			
13. Uygulama	DMAIC adımları izlenerek çok iyi yapılandırılmış süreç iyileştirme yaklaşımı Akış diyagramları sıkça kullanılır	Mevcut ve gelecek için değer akış haritaları kullanılmaktadır Kaizen	Her ikisi de üretim ve işletme süreçlerine uygulanabilir Her ikisi de başarısı kanatlanmış yöntemlerdir
14. Üretim	Varyasyonu azaltmaya odaklanır	Etkinliğe odaklanır	Aşırı üretim, stok gibi Yalın'da bir kayıp türüdür
15. Tasarım	Yeni ürünlerin veya süreçlerin tasarımında DMDAV ya da DFSS kullanılmaktadır	Yeni üründen çok üretim süreçlerine odaklanır Yeni bir sistem tasarımı için değer akış haritalarını kullanır	Altı Sigma, yeni ürünlerin tasarımında DMDAV ya da DFSS kullanılmaktadır
16. Teknikler	Analitik ve istatistik araçlar kullanır	Genelde analitik araçlar kullanır Teşhis koymak için kalite ve matematik ile bağlantı kurmaz Talep ve diğer parametreleri tanımlamak için basit formüller kullanır	Birçok yöntem ve araç her ikisi arasında karşılıklı olarak kullanılır
17. Harita Araçları	En üst düzey için SIPOC diyagramı ve süreç akış diyagramlarının simülasyonunu kullanır	En üst düzey için değer akış haritalar diyagramı ve düşük düzey için de süreç akış haritalarını kullanır	Yalın, statik bir araç olarak değer akış haritalarını kullanır
18. Analiz ve Harekete Geçme	Kapsamlı bir veri analizine odaklanır	Kaizen etkinliği ile sürekli iyileştirmelere odaklanır Daha çok yaratıcı düşünce	Altı Sigma yine de problem çözmeye yönelik hızlı çözümler geliştirmektedir Yalın benzer analiz araçları kullanmaktadır
19. Araç Örnekleri	DeneySEL Tasarım, Hipotez Testi ve Ölçüm Sistem Analizi	Kaizen Etkinliği, Görsel Çalışma, Kanban, 5S	Her ikisi de ortak araç olarak Hata Önleyici kullanır
20. Sertifika	Yeşil veya Siyah Kuşak olabilmek için Projenin	Yalın uygulamacıları, mevcut durumdan	Yalın Altı Sigma liderleri kendi uygulamalarını

	finansal hedeflerini yakalayarak sertifika alınır	gelecek duruma kadar değer akış haritaları kullanır	geliştirmek ve liderlik tecrübelerini geliştirmek için süreçlere daha çok insan katarlar
Tablo 18'in Devamı			
21. Eğitim	Kuşaklara odaklı ve yapısal Takıma yayıldıkça odak azalmakta Daha çok bireylerin tam zamanlı iyileştirme çalışmalarında eğitim	Yalın organizasyonel öğrenmeyi önemsiyor	Altı Sigma eğitimleri, projenin başlangıç aşamalarında pahalı olmaktadır Altı Sigma eğitimlerde nicel; Yalın ise daha çok davranışsal konular üzerinde durmaktadır
22. Ödüller	Kuşaklar projenin sonuçlarına göre primler ile ödüllendirilmektedir	Primler, proje sonuçlarına göre belirlenmeye çalışılsa dahi asıl mücadele konusu, proje sonuçlarını rakamlara dökmektir. Kaizen etkinliklerinin sonlarında grup olarak kutlamalar yapılmaktadır	Altı Sigma'da primler ve kariyer gelişimi yoğundur.
23. Değişime Engeller	Temel engel, anlayış eksikliği ve yetersizliğidir Başarı, kuşakların değer yaratma tecrübelerine ve proje süresince çok az görüşeceği takım üyelerine odaklanmadaki çalışma ev titizliklerine bağlıdır	Temel engel, kültürel Kaizen etkinlikleri kısa dönemli ve hızlı değişiklikleri sağlar Başarı, takımın düşünce yapısına ve değer yaratmasına bağlıdır Yetki ile donatma, iletişim, liderlik ve dinlemek çok önemlidir.	Her ikisinde de başarı, kültüre bağlıdır
24. Finansal Tasarruflar	Sonuçlar, rakam ile ifade edilir Tasarrufları finansal olarak ifade edilmek için çaba gösterilmez Tasarruflar, proje içinde, proje aşamalar düzeyinde izlenir	Sonuçlar, rakam ile ifade edilmez, maddi olmayan cinstendir Tasarruf elde etmek için in çok çaba sarf edilir	Her ikisi de hızlı ve çabuk içsel getirilere odaklanır

25. Tedarikçiler Bağlantı	ile Eğer, CTQ açısından önemli ile tedarikçiler de dikkate alınır	Tedarikçiler ile iç içe olunur, az sayıda tedarikçiler ile stratejik ortaklık yapılır	Tedarikçiler, Altı Sigma'da başarı konusu olunca dikkate alınır., Yalında ise, tedarikçiler genel olarak odak konusudurlar
----------------------------------	---	---	--

Tablo 18'in Devamı

26. Kültür	Daha az kayıp ve finansal olarak daha çok fayda sağlamaya yönelik bir kültür oluşturulmakta	Tüm çalışanların müşteri gözü ile bakarak değer artırmak için kayıpları azaltmaya odaklı bir kültür oluşturulmakta	Yalın, çalışanları süreç iyileştirme çalışmalarının içine dahil etmekte, Süreç iyileştirmeyi her çalışanın işi olarak görmekte Altı Sigma ise, sürekli iyileştirme kültürünü başka bir projenin sonrası için kullanır
27. Ölçüler (Göstergeler)	Ölçüler birincil olarak finansal ve maliyet odaklı, ancak diğer yönetim stratejileri de yönlendirmekte	Birincil olarak finansal değil, operasyonel Zaman tabanlı ölçüler ilk planda	Altı Sigma daha çok alt seviyelerde, üretim düzeyinde ölçülere odaklanır
28. Eleştiri	Çalışan ve kültüre odaklanmamakta Çok ayrıntılı, problemden çok araçlar ve yöntemlere odaklanılmakta	Çalışanlar üzerinde çok baskı kurmakta Araç ve yöntemlerden çok ilkeler kullanılmakta	Rekabetçi bir ortamda her iki yöntem de inovasyon ve esneklik konusunda yeterli değil Altı Sigma'nın DFSS ve Yalın'ın da çevik üretime ihtiyacı vardır
29. Kalitesizlik Maliyetleri ve Kayıp Kategorileri	Kalitesizlik maliyeti, değerlendirme, önleme, içsel ve dışsal başarısızlık maliyetleri olarak sınıflandırılmaktadır	Yedi kayıp türü kullanılmakta	Bazı danışmanlar, yeniden önceliklendirmenin neden olduğu kayıpları ve çalışanların tecrübelerini de Yalın'ın kayıplarına eklemektedir
30. Proje Seçimi	Yönetimin finansal ve stratejik beklentilerin karşılamak dikkatli incelenmektedir	Birçok ürün ağacının da içinde bulunduğu DAH seçilmekte, DAH sonuçları Kaizen etkinliği, Altı Sigma projesi ve benzerlerinde kullanılmaktadır	Yalın'da proje seçimi DAH ile başlar Burada kullanılan kaynakların en yüksek getiri ile dönmesi de beklenir

Tablo 18'in Devamı

31. Sonuçlar	Hataların azaltılması, yüksel etkinlik ve iyileşme Süreçlerin yapabilirliğini ölçmekte kullanan göstergeler Hataların ve kayıpların ve maliyetlerin azaltılmasına ve firma değerinin ve müşteri değerinin artmasını sağlamaktadır	Kalite iyileştirme, stokların azaltılması, çevrim zamanı, kayıplar ve çalışan moralinin artırılması	Her ikisinin de problem çözme, durumu iyileştirme, çevrim zamanını azaltma ve kayıpları azaltma amaçları vardır Yalın'a benzer şekilde, Altı Sigma projeleri çevrim zamanını iyileştirmektedir ancak, Yalın toplam zamanı iyileştirmektedir Üç önemli Yalın göstergesi: stok devir hızları, toplam (lead) zaman ve yazılı olan üretim süreçlerinin uygulanma yüzdesi Uygulamalar şunu göstermektedir: Yalın ve Altı Sigma'nın birleştirilmesi işletmelere lead zamanda %80; kalite maliyetlerinde ve indirekt giderlerde %20 oranında azalma ve zamanında teslimde %99 oranında iyileştirme yapılması konusunda yardımcı olmaktadır
---------------------	---	---	---

2.1.2. Yalın Altı Sigma İlkeleri

Yalın ve Altı Sigma birbirinin tamamlayıcı unsuru olarak aşağıda belirtilen dokuz temel ilkeyi kullanmaktadır:

- **1. İlke:** Hayat ve işletme süreçlerden oluşur
- **2. İlke:** Tüm süreçlerde varyasyon vardır

- **3. İlke:** Birçok süreçte iki tür varyasyon görülür
- **4. İlke:** Hayat ve işletme süreçlerinin bir kısmı düzenli bir kısmı ise düzensizdir
- **5. İlke:** Sürekli iyileştirme ekonomiktir ve yatırım gerektirmez
- **6. İlke:** Birçok süreçte kayıp vardır
- **7. İlke:** Etkin bir iletişim için operasyonel tanımların çok iyi yapılması gerekmektedir
- **8. İlke:** Bilgilerin gelişmesi, teoriye hâkim olmayı gerektirir
- **9. İlke:** Planlama sürekliliği gerekli görmektedir

2.1.3. Yalın Altı Sigma Modeli Ve İşleyişi

YAS projeleri çok farklı amaçları karşılamak için yapılmaktadır. Hangi sektöre olursa olsun bu tür projeler genel olarak aşağıdaki amaçları karşılamak için hayata geçirilmektedir:

- Müşteri memnuniyeti
- Sürekli iyileştirme sağlamak
- Çalışanların katılımını sağlamak
- Finansal iyileştirmeler sağlamak
- Sürekliliği sağlamak

Bu tür amaçlar aslında birbirine bağlı ve birbirini tetiklemektedir. Süreçteki iyileştirme, stok maliyetlerinin azalmasına ve üretim hızının artmasına neden olmaktadır. Her ikisi, maliyetlerin azalmasını sağlarken, üretim hızı kapasitenin etkin kullanımını sağlayarak taleplerin karşılanma oranını da artacaktır. Düşük maliyet, kaliteli ürünün zamanında teslimi ve taleplerin karşılanması müşteri memnuniyetini ve satışları artıracaktır. Elbette artan satışlar ve azalan maliyetler, işletmenin kârını ve değerini artıracaktır.

2.1.3.1. Proje Yönetimi

YAS, çok güçlü bir sorun çözme yöntemidir. Birtakım sorunlara, içerisinde var olan araç ve teknikler ile cevap verir. Hangi soruna hangi araç ve yöntemler ile ve hangi çalışan ile ne zaman, nasıl ve nerede cevap verileceği önceden belirlenmeli ve planlanmalıdır. YAS, bir süreç iyileştirme yöntemidir ve diğer süreç iyileştirme yöntemlerinde olduğu gibi bir proje dâhilinde yürütülmesi gerekir.

YAS projeleri uygulamaya başlatıldığında aşağıdaki olası unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır¹³³:

- Çözümü bekleyen sorunlar ve ulaşılması gereken zorlu ve fırsatlarla dolu bir süreç
- Amaç/sorunlar işletmeni stratejisi ve öncelikleri ile bağlantılı olmalı
- Sorunlar karmaşık ve çözümü de net olarak belli değildir.
- Sorunlar daha önceki çözüm girişimlerine karşı dirençli
- Sorunların nedenleri bilinmiyor ve net değil
- Sorunun çözümü çok açık değil
- İnsanları sorunu tanımlaması ve çözümü konusuna yönlendirme konusunda istekli olunmalı
- Daha önce klasik yöntemler ile gerçekleştirilen çözümlere göre daha kalıcı bir çözüm aranmaktadır
- Fikirlerin artmasını ve gelişmesini cesaretlendirilmeli ve takım çalışması oluşturulmalı
- Bir yol haritası, hareket tarzı oluşturulmalıdır

YAS projelerinin başarılı olmasında dikkat edilmesi gereken özellikler aşağıda belirtilmektedir¹³⁴:

- Projenin sponsoru ve takım arasında güçlü bir ilişki olmalıdır
- İşletmenin diğer fonksiyonları ile iletişim içinde olunmalıdır
- Projenin amaçlarının yazılı olarak yayımlanması gerekir
- Veri tabanlı çözüme bağlı kalınmalı
- Uzmanlar, eğitim rehberlik ve liderlik yapmalıdır
- Çok saygı duyulan ve güçlü bir proje kolaylaştırıcısı
- Kabul edilebilir kilometre taşları önceden tanımlanmalı
- Projede yeterli ve yetkin üyelerin olması

¹³³ Mark O. George, *The Lean Six Sigma Guide Doing More With Less*, U.S.A. ,John Wiley&Sons, 2010,s.45-46.

¹³⁴ Mark O. George, a.g.e., ss.48-49.

Proje yönetimi, bir projeden paydaşların ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılamak ve ötesine geçmek için bilgi, tecrübe, araçlar, yöntemler ve tekniklerin projede uygulanması sürecidir.

Bir projeden beklenti vardır ki bu projenin amacı ve yapılış nedenidir. Projenin amacı, işletme yönetiminin beklentilerini karşılamaktır. Bu beklenti, ulaşılabilir, belirli bir zamanda karşılanabilir olmalı ve bunlar için kaynak tahsisi yapılmalıdır. İnsan kaynakları, ortam ve finansal kaynaklar yeteri düzeyde tahsis edilmelidir. Bir projenin kapsamı, maliyeti, zamanı, kalitesi ve tarafları çok iyi tanımlanmalıdır¹³⁵.

Büyük projeler işletme dışından alınan destek ile profesyonel proje yöneticileri tarafından yönetilmektedir. Bazı projeler ise, işletme içinde yapılan görevlendirme ile seçilen proje yöneticileri tarafından yürütülmektedir. Proje yöneticileri ana başlıklar halinde aşağıdaki beklenenleri yerine getirmelidirler¹³⁶:

- Zamanında teslim/tamamlama
- Bütçeyi etkin kullanma
- Çıktılar memnun edici olmalı
- Müşteriler memnun olmalı
- Takım üyeleri, projenin sonuçlarından memnuniyet duymalıdır

Proje yönetimi de bir süreçtir. Projenin bir başlangıç noktası ve bir de bitiş noktası vardır. Projenin adımları aşağıda gösterilmektedir¹³⁷:

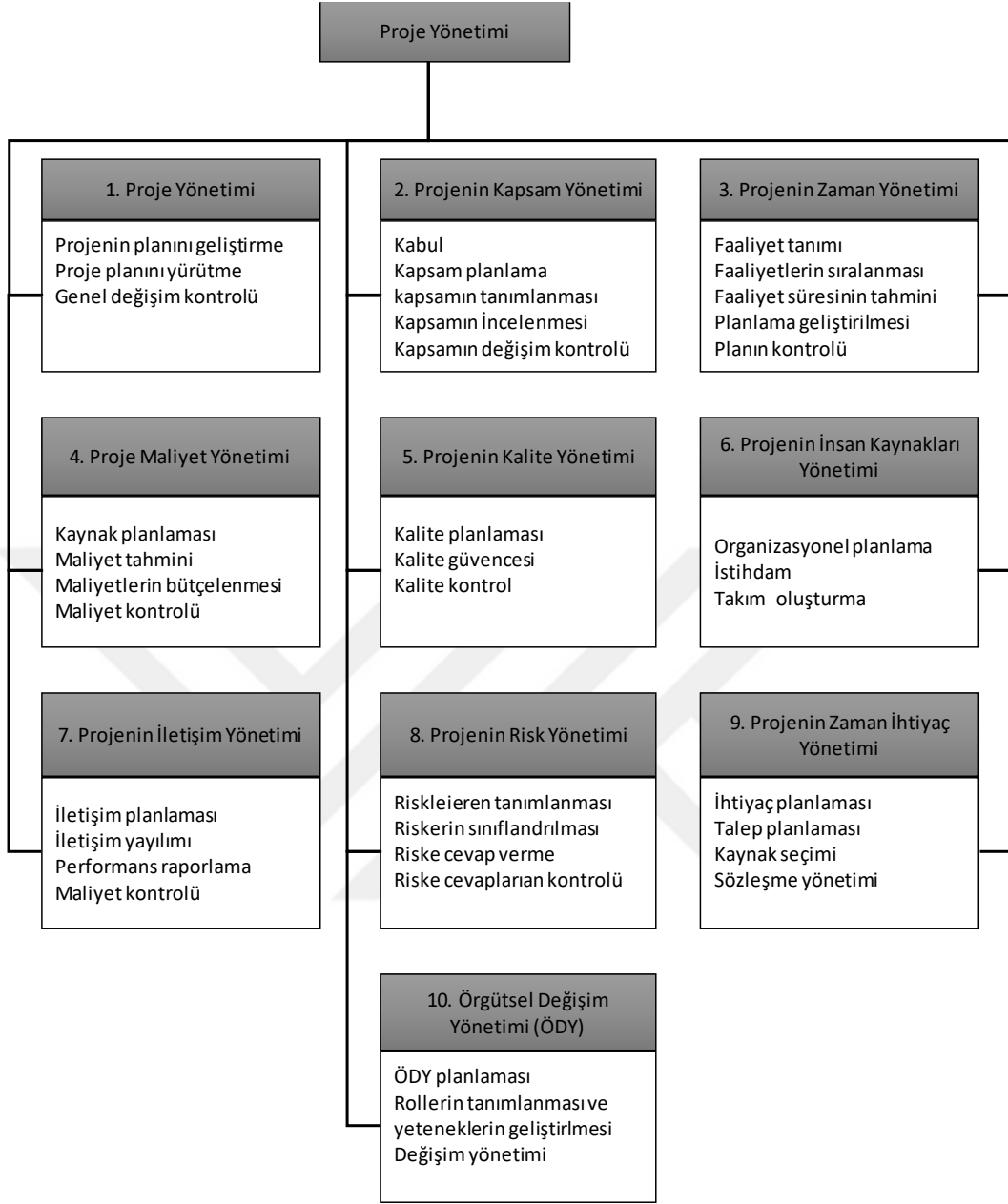
- **1. Aşama:** Tanıma ve seçme
- **2. Aşama:** Kabul etme, başlama
- **3. Aşama:** Planlama
- **4. Aşama:** Yürütme
- **5. Aşama:** Kontrol
- **6. Aşama:** Kapatma

Bir projenin çok etkin bir biçimde yönetilmesi için şekil 18 üzerinde gösterilen 10 temel unsura hâkim olmak ve projede kullanmak gerekmektedir.

¹³⁵ Frank Voehl, H. Hames Harrington, Chuck Mignosa ve Rich Charron, *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook*, U.S.A., CRC Press, 2014, s.287.

¹³⁶ Frank Voehl, vd., a.g.e., s.288.

¹³⁷ Frank Voehl, vd., a.g.e., s.290.



Şekil 18 Proje Yönetiminin Temel Unsurları¹³⁸

Etkin proje yönetimi, YAS projesinin başarısı için çok önemli ve gereklidir. Proje yönetimi planlama, yönetim ve hesap verilebilirliğini ve Şampiyonun projeyi seçme, önceliklendirme, kapsamını ve Kara Kuşakların önündeki engelleri ortadan kaldırmasını içermektedir. Bu kritik faktörler, projenin başarısı ile doğrudan ilişkilidir. Proje yönetimi,

¹³⁸ Frank Voehl, vd., a.g.e., s.292.

Şampiyonun kritik sorumlulukları arasındadır ve başarılı olmasındaki faktörler aşağıda gösterilen beş farklı alanda gösterilmektedir ¹³⁹:

- Proje duyurusu
- Proje planı
- Haftalık ana plan gözden geçirmeleri
- Biçimsel aşama geçişlerin incelenme süreci
- Şampiyon ve Kara Kuşakların hesap verebilmesi

Proje duyurusu, proje yönetiminin önemli ve değişmez bir parçasıdır ve genelde şampiyonun sorumluluğundadır. Kara Kuşaklara da bazen geliştirme konusunda yetki verilmektedir. Proje duyurusunda Şampiyon Kara Kuşak ve takım üyeleri arasında bir taahhüdü ve onayı göstermektedir. Proje duyurusu, YAS projelerinin kontrolü yönetimi ve değerlendirilmesi için bir araç niteliğindedir. Proje duyurusu, aşağıdaki konulardan kaçınma konusunda yardımcı olmaktadır¹⁴⁰:

- Önemli olmayan konular ile mücadele etmek
- Diğer proje amaçları ile ilişki kurmak, örtüştürmek
- Yakın zamanda eskimiş ürün ve süreçlerin hedef alınması
- Yetersiz tanımlanmış ve sıkıcı kapsam düzenleme
- Yetersiz çıktı tanımlamaları
- Yönetimsel boşluk ve otorite eksikliği

Bir projenin duyurusunda aşağıdaki başlıklar yer almalıdır¹⁴¹:

- Projenin kısa bir amacı
- Belirlenen sorunların ana başlıkları
- Ulaşılmak istenen hedefler
- Belirlenen sorunların kapsam ya da özellikleri
- Proje planındaki her adımın tanımlanması
- Projeden etkilenen tedarikçiler, müşteriler ve bölümler
- Proje sponsorunun ve projeyi destekleyen yöneticilerin adları

s.27.

¹³⁹ Donald P. Lynch ve Elanie T. Courtier, "5 Steps to Success", *Six Sigma Forum Magazine*, Feb.20003,

¹⁴⁰ Lynch ve Courtier, a.g.e., s.27.

¹⁴¹ Lynch ve Courtier, a.g.e.,ss.27-28.

- Takım üyelerinin adları
- Proje kapsamında ihtiyaç duyulan çalışan, teçhizat, yazılım desteği
- Proje için uygunluk incelemesi raporu. Özellikle, projedeki maliyet tasarruflarını gösteren finansal oranların bulunduğu bir rapor.
- Projenin çıktıları. Projenin uygulanmasının sayısal sonuçları

YAS'nın uygulamasını geliştirmenin en önemli yolu, YAS projesinin nasıl tanımlanacağı ve seçileceğine bağlıdır. YAS projesinin tanımlanması ve seçiminde aşağıda tanımlanan ve açıklanan dört önkoşulu vardır¹⁴²:

- **Birinci öncelik. Stratejik planın anlaşılması:** İşletmenin mevcut durumunun ve gelecekte ulaşılması hedeflenen durumun ve geleceğe nasıl hazırlanacağına ilişkin olarak oluşturulan stratejilerin bilinmesi gerekmektedir.
- **İkinci öncelik. İyileştirme çalışmalarının işletmenin stratejisi ile bağlantılı hale getirilmesi:** İyileştirme projesinin işletmenin stratejik amaçları ile paralellik göstermesi gerekmektedir. Bir YAS projesi, eğer işletmenin stratejik planı ve stratejinin uygulanması süreçlerinde yer almıyorsa, başarılı olma olasılığı yok denecek kadar azdır.
- **Üçüncü öncelik. Politikanın uygulanma sisteminin anlaşılması:** Stratejik planın uygulanması için birim düzeyinde ve fonksiyonel düzeyde işletmenin hedeflerine nasıl ulaşılacağı konusunda, özel hedefler oluşturulmalıdır.
- **Dördüncü öncelik. İşletmenin ana süreçlerinin anlaşılması:** İşletmeler, girdiyi çıktıya dönüştüren sistemlerdir. Girdileri çıktıya dönüştüren süreçlerin ana ve alt sınıflandırmasının çok iyi yapılması projenin başarısı için çok önemlidir.

Şampiyon, Uzman Kara Kuşak ve Kara Kuşakların YAS projelerinin belirlenmesi ve seçimi için yapısal bir yöntem izlemelidirler. Başlangıçta şampiyonun projenin belirlenmesi ve seçimin aşamasındaki sorumluluğu Uzman Kara Kuşağa aşağıdaki adımları uygulamasında yardımcı olmaktadır¹⁴³:

¹⁴² Douglas P, Mader, "How to Identify and Select Lean Six Sigma Projects", *Quality Progress*, July 2007, s.58.

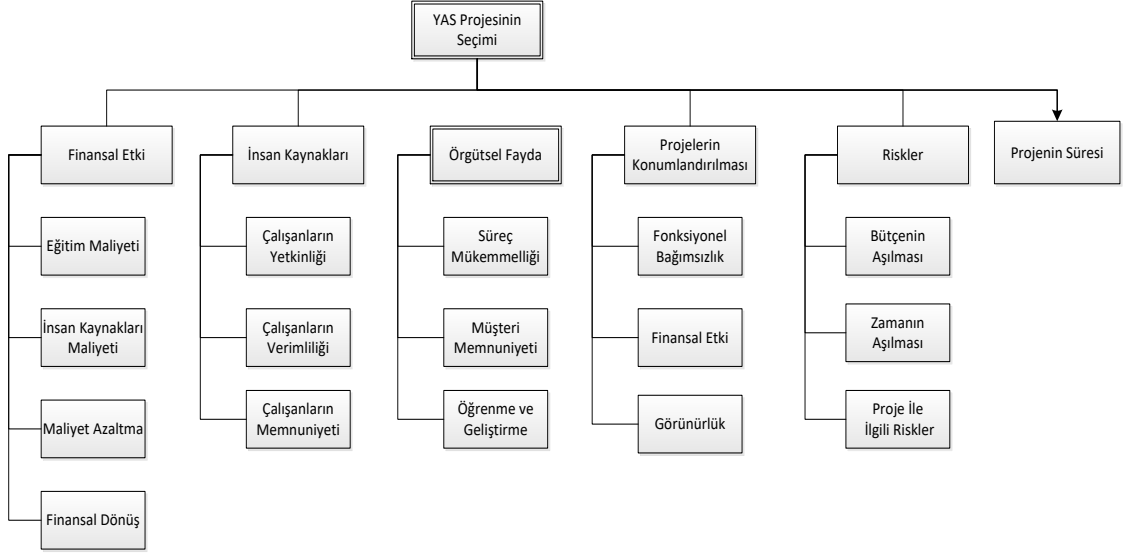
¹⁴³ Mader, a.g.e., s.58.

- Stratejik planı gözden geçirme
- Üst düzey amaçlar ve hedeflerin anlaşılması
- Hedeflenen performansın fiili performans ile kıyaslaması
- Tüm işletme birimlerinin ve fonksiyonlarının hedeflerinin anlaşılması
- Ana süreç ve alt süreçlerin anlaşılması
- Tüm olası iyileştirme fırsatları için beyin fırtınası etkinliklerinin yapılması
- Tüm iyileştirme fırsatlarını risk/getiri/amaç paydasında değerlendirilmesi ve buna göre önceliklendirilmesi
- YAS projesini, önceliklere göre uygulama başlaması

İşletme stratejisi ile YAS'nın bütünleşik bir yapıda olması YAS'nın stratejik plana göre hareket etmesi gerekmektedir. İşletme stratejilerinin değişkenleri arasında örgüt kültürü, örgütsel değerlendirme, stratejinin formülasyonu ve kalite yaklaşımları gibi unsurlar yer almaktadır. YAS'nın stratejiye katkısı anlamında ise, örgütün yönlendirilmesi, proje yönetimi, DMAIC entegrasyonu ve kalitenin ölçümü gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır. İşletme stratejilerinin amacı, işletmenin karını artırmak ya da azalmasını engelleyici eylem planları oluşturmaktır. YAS projesi tabanlı bir yöntem olarak, maliyeti azaltmak ve karşı artırmak gibi çok önemli bir stratejik amaca hizmet etmektedir¹⁴⁴.

Şekil 19 üzerinde proje seçimini etkileyen değişkenler gösterilmektedir. Finansal boyut, insan kaynakları boyutu, örgütsel fayda boyutu, risk boyutu ve projenin süresi gibi değişkenler, projenin seçimini etkilemektedir. Her bir boyutun altında, farklı ve detaylı değişkenler yer almaktadır. Örneğin, finansal boyutta, eğitim ve insan kaynakları gibi harcama gerektiren değişkenlerin yanı sıra, maliyet azaltımı ve getiri gibi kavramlar, seçim kararını belirleyici olmaktadır.

¹⁴⁴ Jung-Lnag Cheng, "DMAIC Integration Necessary for Success", *Six Sigma Forum Magazine*, Aug 2006, Vol.5, No.4, s.23-24.



Şekil 19 Projenin Seçim Kararını Etkileyen Unsurlar¹⁴⁵

2.1.4. YAS Projesinin Oluşturulması

Proje yönetim mantığına göre, işletmeye özel bir YAS projesini oluşturmak için şu adımlar esas alınabilir¹⁴⁶:

- Projenin tanımı ve organize edilmesi
- Projenin planlanması
- Proje sürecinin yönetimi
- Projenin sonuçlandırılması

2.1.4.1. Projenin Tanımı Ve Organize Edilmesi

YAS projesinin giriş kısmı olan bu aşamada, proje tanımlamakta ve proje ekibine kimlerin katılacağı belirlenmektedir. Bu aşamada iki önemli amaç karşılanmaktadır: (1) proje hedeflerinin tamamını olabildiğince açıklıkla tanımlamak ve (2) Bu hedefler çevresinde doğru kişileri ve gerekli kaynakları organize etmek. Kalite, maliyet ve zaman değişkenlerini bir taraftan YAS projesinin değişkenleri bir taraftan da kısıtlarıdır. Projenin tanımlanması aşamasında proje ile ilgili olarak aşağıdaki faaliyetler yapılmalıdır¹⁴⁷:

- Problemlerin açıklanması veya hedef tanımı
- Projenin kapsamı

¹⁴⁵ Behrooz Ahadian, Abolfazl Gholipour Mehdi Abadi, "Six Sigma Pilot Project Selection Using MCDM Approach", *Management Science and Engineering*, Vol.6, No.1, 2012, s.35.

¹⁴⁶ Richard Luecke, *.Proje Yönetimi*, (Çeviren: Ümit Şensoy), İstanbul, İş Bankası Yayınları, 2010, s.3.

¹⁴⁷ D.H. Stamatis, *Six Sigma For Financial Professionals*, U.S.A., John Wiley&Sons, 2003, s.72.

- Müşteri için kritik kalite değişkenleri (CTQs)
- Ayrıntılı süreç haritası
- Müşteri memnuniyeti (Kalite maliyetleri)
- Anahtar süreç çıktı göstergeleri
- Proje izleme sistemi
- Proje şampiyonun onayı
- Projenin amaçları
- Proje duyurusu
- Takım oluşturma

Proje konusunun seçiminde, işletmenin karşılaştığı temel sorunlar neler sorusuna cevap aranmalıdır. Bir YAS proje fikrinin oluşturulmasında ve aynı zamanda problemlerin açıklanmasında aşağıdaki faktörler dikkate alınabilir:

- Kalitesizlik maliyetleri
- Aşırı stok
- Yeniden işleme alma ve onarım
- Çift ve yinelenen fatura, fiş işlemleri
- İnceleme/kontrol
- Plansızlık ve yeniden planlama
- Katma değer yaratmayan faaliyetler
- Sevkiyatta gecikme
- Bekleme
- Gereğinden fazla üretim ve alan işgali
- Hızın yavaşlaması

Bu ve benzeri faktörler, bir YAS projesinin fikrini oluşturabilir. Bu fikirler aslında işletmelerde yaşanan sorunların genel bir ifadesidir. Bir projede problemlerin tespitinde ya da hedefin tanımlanmasında, işletmenin stratejisi ile uyum ve işletmeye faydalarını dikkate almak da gerekecektir. Hedeflenen konularda, projede ve işletme yönetiminde her kes hemfikir olmayabilir. Hedefler, çok net ve anlaşılır bir şekilde tanımlanmalıdır. Proje konusunda tarafların hem fikir olmasını sağlamak için (1) projeye temel oluşturan problem

ya da fırsat ve (2) proje ekibinin elde etmesi beklenen çıktılarının özellikleri konularında tarafların görüş birliğine varması sağlanmalıdır¹⁴⁸.

2.1.4.2. Projenin Planlanması

Proje yönetim sürecinin ikinci aşaması, planlamadır. Planlama, proje hedeflerinin nasıl, kiminle, hangi zaman diliminde gerçekleştirileceğinin önceden belirlenmesi ve hazırlıklı olunması işlemlerinden ibarettir. Proje planlaması, genel olarak hedefle ve geriye doğru giderek şu soruyu sorarak başlar: “Hedef şu olduğuna göre, yerine getirilmesi gereken görevler nelerdir?”. Planlamada, proje ekibinin belirlenen görevleri hangi sıra ile ve nasıl bir zaman diliminde yerine getirmeleri belirlenmelidir¹⁴⁹.

Planlamada, belirlenen hedef doğrultusunda yapılacaklar işler listesine göre iş yükleri, görev dağılımları, roller ve sorumluluklar da belirlenmelidir. Özellikle, iş yükü, zaman ve eğitim gibi konuların zaman planlaması yapılmalıdır.

Proje planlamasında, belirlenen hedefi yerine getirmek için gerçekleştirilecek ana ve alt faaliyetler, bunların yapılma sırası ve yapıma süreleri tahmin edilmeli ve projenin yürütülme aşamasında devralı kontrol edilmelidir.

2.1.4.3. Proje Sürecinin Yönetimi

YAS, bir amacı karşılamak için oluşturulmaktadır. Yönetimin, projeden beklentisi vardır ve bu beklentinin karşılanması için projenin çok iyi yönetilmesi gerekmektedir. Projenin yürütülmesi, bütün geleneksel sağlıklı yönetim becerilerini devreye sokulmasını gerektirir. Projenin yönetilmesinde aşağıdaki konulara dikkat edilmesi gerekmektedir¹⁵⁰:

- İnsanları motive etme ve amaca odaklanma
- Üst ve alt kademeler arasında bağlantı kurma
- Kıt kaynakları etkin kullanma
- Karar alma
- Ortaya çıkan sorunlar için yeni çözümler üretme
- Bütçeye uyma
- Zamana uyma

¹⁴⁸ Luecke, a.g.e., s.7.

¹⁴⁹ Luecke, a.g.e., s.10.

¹⁵⁰ Luecke, a.g.e., s.12.

- Kaliteden taviz vermeyen bir ekip anlayışı ile çalışma
- Kişisel çatışmaları yönetme, iş birliği ve iletişimi devamlı

Bu unsurlar aynı zamanda YAS projesinin başarılı olmasında etkili olan faktörler olarak da görülebilir.

2.1.4.4. Projenin Sonuçlandırılması

Proje yönetim sürecinin son aşaması, projenin sonlandırılmasıdır. Projenin belirlenen plan dâhilinde ve tanımlanan hedeflere ulaşım ulaşılmadığı bu aşamada hem kontrol edilir hem de raporlanır. Bu aşamada, proje üzerinde değerlemeler yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar, belirlenen anahtar ölçüler ile raporlanarak planlanan ve gerçekleşen değerler kıyaslanır. Özellikle bir YAS projesinde sorunlar ve fırsatlar tartışılmalı ve uzman Kara Kuşakla birlikte paylaşılır. Proje, projenin adımları, roller, sorumluluklar, hedefler, insan kaynakları, finansal boyut plan ve hedeflenen kıyaslamasına göre değerlemeye tabi tutulur ve raporlanır.

Şekil 20 üzerinde bir projeye konu olan değişimin başarılı olmasına etki eden bileşenler gösterilmektedir. Her bir bileşenin önemi ve eksik olması halinde elde edilecek sonuçlar gösterilmektedir. YAS projelerinin başarısı için tüm bileşenlerin zamanlı ve eksiksiz kullanılması gerekmektedir.



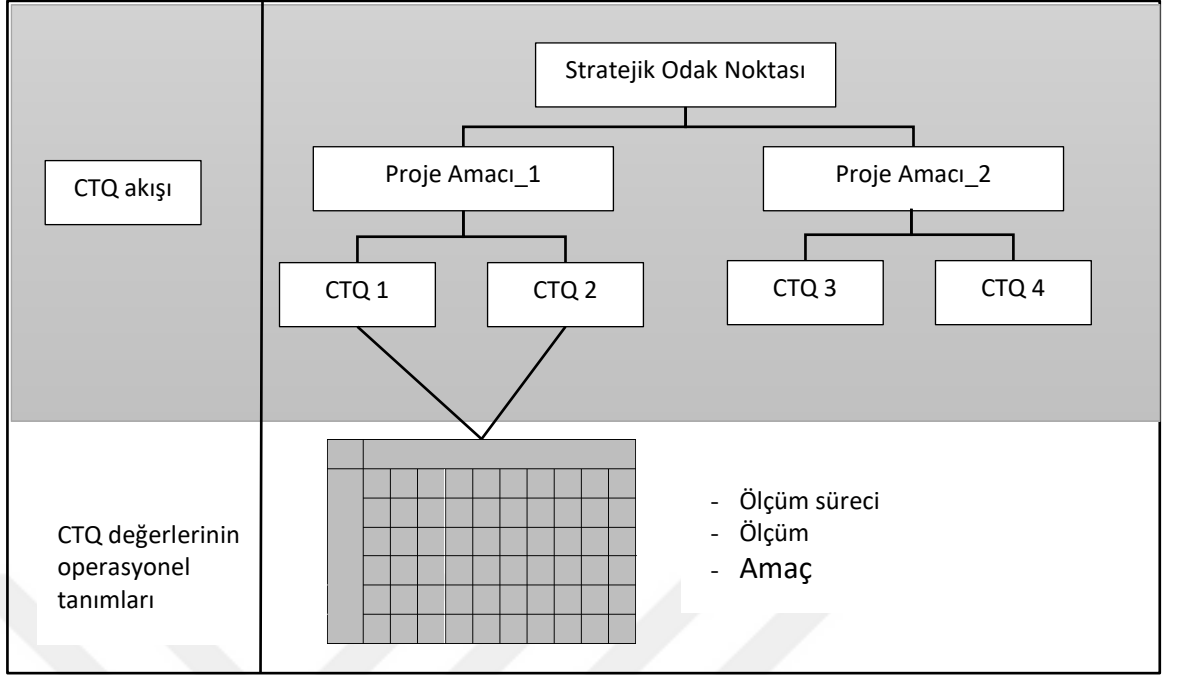
Şekil 20 Değişimin Belirleyicileri ve Yönetimi¹⁵¹

2.1.5. YAS Projesinin Süreçleri

Süreç mühendisliği, Yalın, Altı Sigma ve Yalın Altı Sigma gibi süreç iyileştirme yöntemlerinin ortak paydasında maliyetleri azaltmak, müşteri memnuniyetini sağlamak ve kârı artırmak yatmaktadır. Belirlenen bu amaçlara ulaşmak için farklı projeler üretilmekte ve uygulanmaktadır. İşlem sayısını azaltma, hızı artırma, katma değer yaratmayan faaliyetleri azaltma, varyasyonu azaltma ve benzeri iyileştirme projeleri, temel amaç olan kârı artırmak için birer araçtır. YAS projeleri, proje konusu ne olursa olsun temel olarak iki temel bileşenden oluşmaktadır: (1) CTQ akışı ve (2) Operasyonel tanımlamalar¹⁵². Her iki bileşen Şekil 21 üzerinde gösterilmektedir.

¹⁵¹ Alan Larson, "Demystifying Six Sigma A Company Wide Approach to Continuous Improvement", U.S.A., Amacom, 2003, s.29.

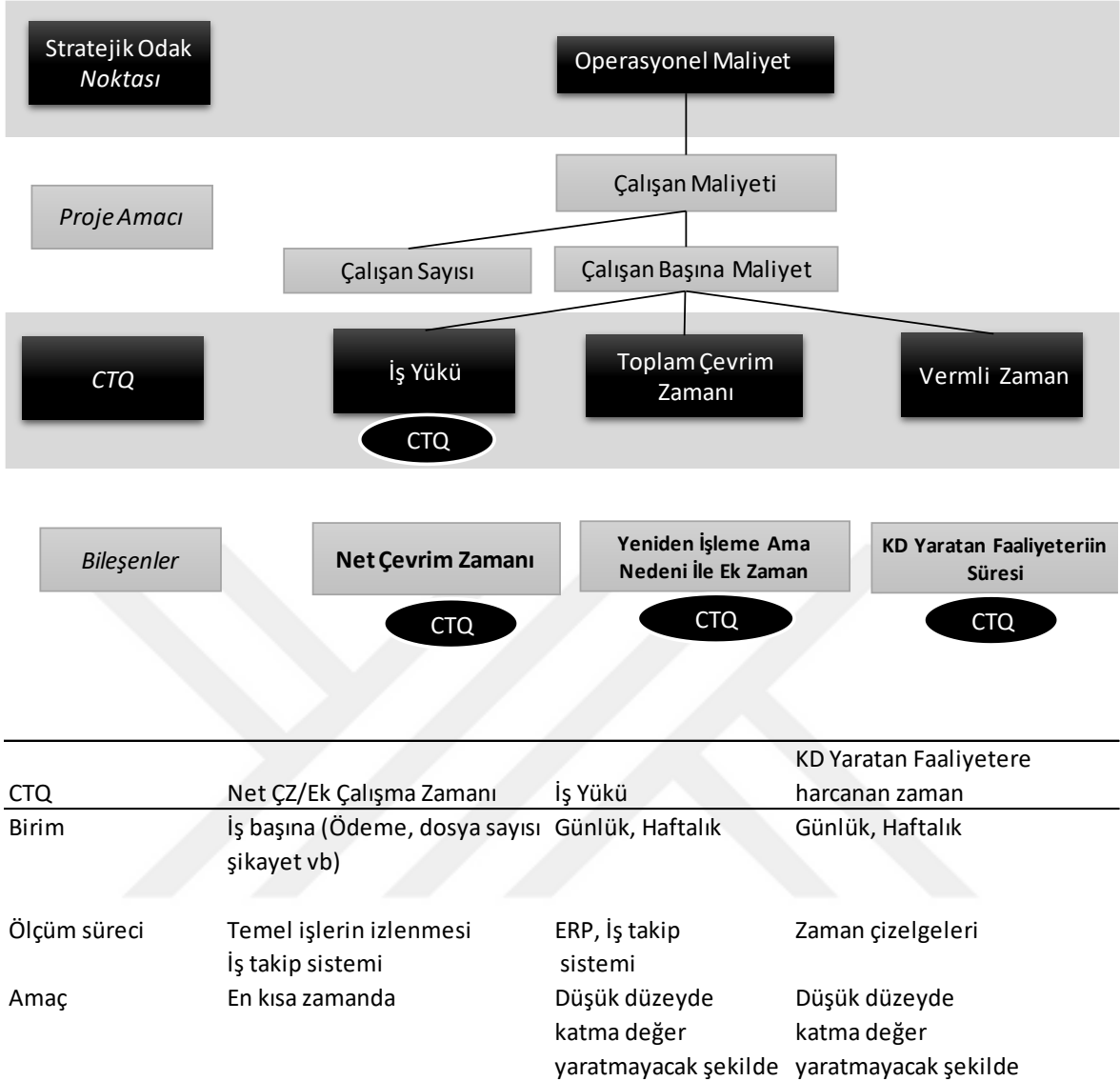
¹⁵² Henk de Koning, Ronald J.M.M. Does, Arjan Groen ve Benjamin P.H. Kemper, "Generic Lean Six Sigma Project Definitions in Publishing", *International Journal of Lean Six Sigma*, 2010, Vol.1, No.1, s.41



Şekil 21. YAS Projelerinin İki Temel Bileşeni

YAS projeleri aşağıda belirtilen başlıklar altında toplanabilir:

- Daha çok müşteriye servis yaparak satışların artırılması
- Süreç etkinliğini artırarak maliyetlerin azaltılması
- Süreç etkinliğini artırarak müşteri memnuniyetinin artırılması
- Satış maliyetlerini ve iskontoğu azaltarak faaliyet karını (EBIT) artırmak
- İç süreçlerin etkinliğini artırarak ve daha etkin tedarikçiler ile çalışarak maliyetlerin azaltılması
- Tahmini iyileştirerek maliyetleri azaltmak
- Zamanında teslim ve nakit yönetimini iyileştirerek işletme sermayesini likit hale getirmek
- Pazarlama etkinliğinin iyileştirmesi



Şekil 22. Süreç Etkinliğini Artırarak Maliyetlerin Azaltılması¹⁵³

Projenin amacı, süreç etkinliğini artırarak maliyetlerin azaltılmasıdır. Çalışan maliyetleri açısından ele alındığında (Şekil 22) çalışan başına maliyeti etkileyen unsurlar belirlenmektedir. Aslında aşağıda belirtilen üç CTQ, projenin amacına ulaşmasında izlenmeli ve ölçülmelidir¹⁵⁴:

- Toplam çevrim zamanı (ÇZ)
 - Net ÇZ
 - Yeniden işleme alma nedeni ile ek zaman
- İş yükü

¹⁵³ Koning vd., a.g.e., s.45.

¹⁵⁴ Koning vd., a.g.e., s.44.

- Verimli zaman

Belirlenen bu üç CTQ göstergelerinin operasyonel ölçümünün de nasıl yapılacağı, şekil 16 üzerinde gösterilmektedir.

2.1.6. Yalın Altı Sigma Modelleri Ve Uygulanma Süreci

YAS projelerinin belirli bir sistematik dâhilinde uygulanması gerekmektedir. YAS projelerinde genel olarak aşağıda belirtilen Altı Sigma'nın süreç iyileştirme döngüsü modeli (DMAIC) kullanılmaktadır:

- Tanımla (Define)
- Ölç (Measure)
- Analiz (Analysis)
- Geliştir (Improve)
- Kontrol et (Control)

Bu döngü, Altı Sigma projelerinde esas alınmaktadır. YAS projelerinde bu döngü kullanıldığı zaman her bir adıma Yalın sisteme ait araçlar ve yönetimler dâhil edilmektedir.

Bunun yanı sıra YAS projelerinde aşağıda açıklanan R-DMAIC-S gibi farklı bir model de kullanılmaktadır¹⁵⁵:

- Görmek (Recognize)
- Tanımla (Define)
- Ölç (Measure)
- Analiz (Analysis)
- Geliştir (Improve)
- Kontrol et (Control)
- Sürdürmek (Sustain)

Görmek ile değişimin gerekliliğinin farkında olmak ifade edilmektedir. İşletmenin mevcut durumundaki sorunlar ve önemli eksiklikler tanımlanmalıdır. Bu aşamada değişim çabaları yönetilmektedir¹⁵⁶. Bu aşamanın altında yatan mantık, müşteri ve pay sahiplerinin istediği iyileştirmeler için ihtiyaçları belirlemek ve bu ihtiyaçları işletmenin amaçları ile

¹⁵⁵ Alasatair Muir, *Lean Six Sigma Statistics*, U.S.A., McGraw Hill, 2006, s.13-14.

¹⁵⁶ Muir, a.g.e., ss.13-14.

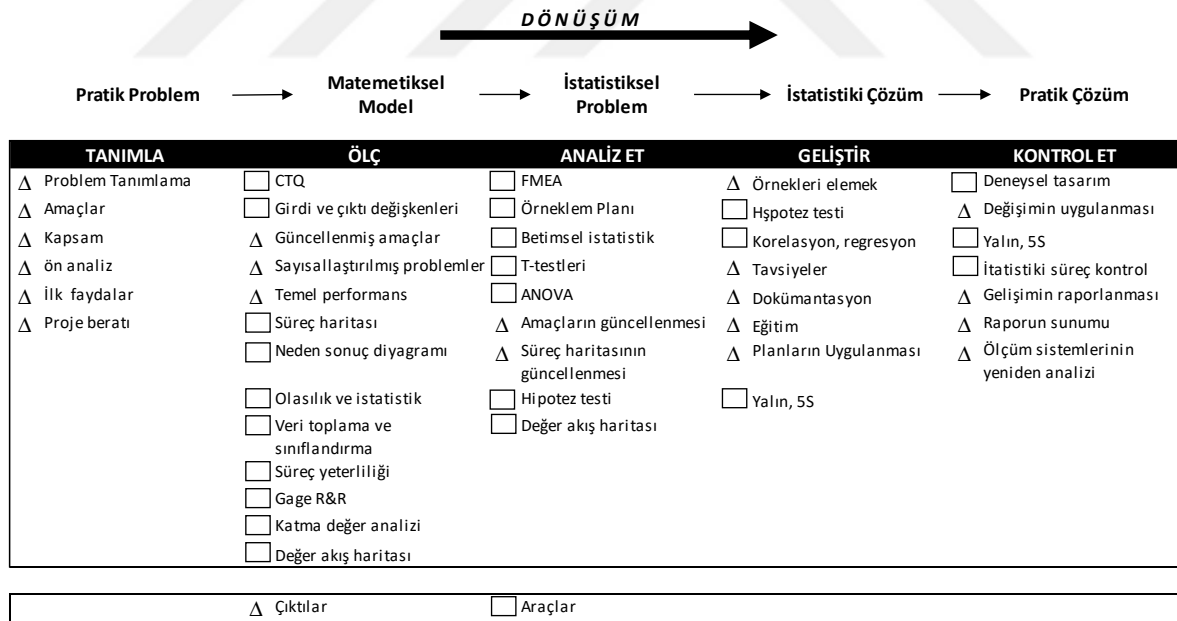
bağlantılı hale getirmektedir¹⁵⁷. Sürdürmek aşamasında ise, YAS projelerinin sonuçlarını raporlamak ve yeni Yas projeleri ve fırsatları oluşturulmaktadır.¹⁵⁸

Ayrıca Yalın'ın ayrı bir aşama olarak kullanıldığı farklı bir model (DMAILC) de kullanılmaktadır¹⁵⁹:

- Tanımla (Define)
- Ölç (Measure)
- Analiz (Analysis)
- Geliştir (Improve)
- Yalın (Lean)
- Kontrol et (Control)

Bu modeller arasında en çok kullanılan DMAIC modeli esas alınarak ve Yalın'ın araçları ve yöntemleri de DMAIC döngüsünde ilgili aşamalara entegre edilmektedir.

DMAIC döngüsü ile pratik problemler pratik çözümlere dönüştürülmektedir. Şekil 23 üzerinde bu dönüşümde, döngünün aşamaları, her bir aşamanın çıktıları ve kullanılan araçlar ve yöntemler gösterilmektedir.



Şekil 23. Problemden Çözüme Dönüşüm

¹⁵⁷ Leon vd., Carmen a.g.e., s. 2204.

¹⁵⁸ Muir, a.g.e., s.154.

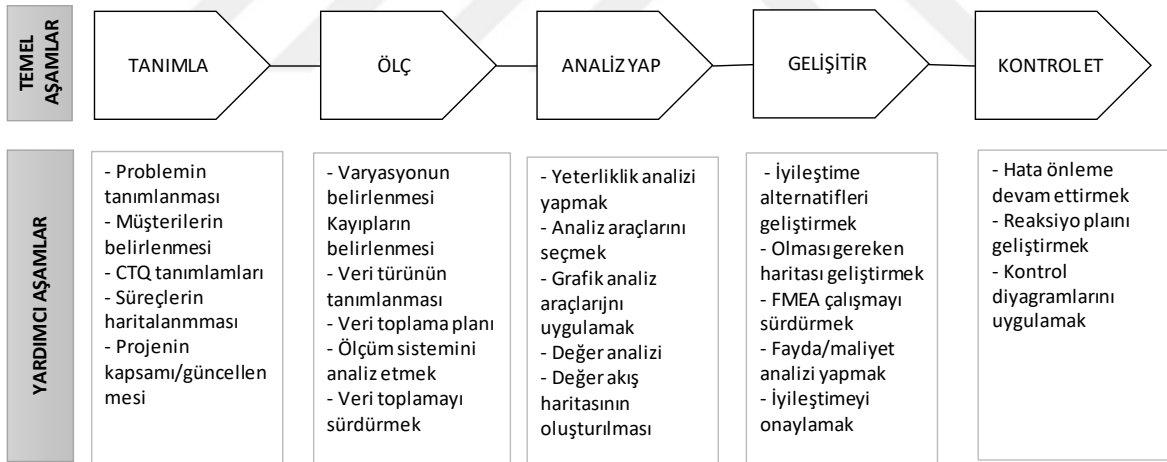
¹⁵⁹ Frigon ve Jackson, "a.g.e., s.153.

2.1.7. DMAIC Süreci

DMAIC, (Define_Tanımla, Measure_Ölç, Analysis_Analiz et, Improve_Geliştir ve Control_Kontrol et) birbirini izleyen aşamalarından oluşan bir süreçtir. YAS projelerinde temel aşamalar ve bu aşamaların altında ise alt basamaklar yer almaktadır. YAS bir zincire benzetilir ise, her bir aşamada zinciri oluşturan halkalardır. Zincirin direnci, zayıf halkaya bağlıdır. Halkalar, yanlış proje seçimin, yetersiz ekip oluşturulması, süt yönetimin yeterli desteği vermemesi, yanlış araç ve yöntemlerin kullanılması ve yetersiz eğitim verilmesi gibi nedenlerden dolayı zayıflayabilir. Projede bir aşamanın çıktısı diğer aşamanın girdisidir ve projenin başarısı, halkların başarısına bağlıdır.

DMAIC döngüsüne bağlı olarak yürütülen bir YAS projesinde kullanılan araçlar ve yöntemlerin ve kullanılma sıklığının çok iyi tanımlanması, projenin başarısı açısından oldukça önemlidir.

Bir YAS projesinin temel ve yardımcı aşamalar şekil 24 üzerinde gösterilmektedir. Yardımcı aşamalarda, ana başlıklar altında ne yapılması gerektiği ifade edilmektedir.



Şekil 24 YAS Projesinin Adımları

DMAIC, süreç iyileştirme ve müşteri memnuniyeti arasında kıyaslama yapma imkânını sağlamaktadır. Problemi tanımlama ile başlayan süreç, esas performansın ölçümü ile devam eder. Belirli hedefler oluşturulur ve sürecin yapabilecekleri ile bu hedeflere ulaşıp ulaşılamayacağı analitik araçlar ile analiz edilir. DMAIC sürecinde, sorunu teşhisi,

ölçümü, analizi, iyileştirilmesi ve kontrolü için istatistiki ve istatistiki olmayan yöntemler kullanılmaktadır¹⁶⁰.

YAS projesinde esas alınan DMAIC döngüsünde kullanılacak istatistiki ve istatistiki olmayan yöntemlerden bazıları örnek olarak tablo 19 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 19. İstatistiki ve İstatistiki Olmayan Yöntemler

İstatistiki Yöntemler	İstatistiki Olmayan Yöntemler
Tek taraflı ANOVA	5S
Çift taraflı ANOVA	Kıyaslama
DeneySEL tasarım	Bürokrasinin ortadan kaldırılması
Toplam Süreç Verimliliği	Kalite İçin Kritik unsurlar
Popülasyon ve örnekleme	Süreç akış diyagramı
İstatistiki Süreç Kontrolü	SIPOC diyagramı
Çok değişkenli diyagramlar	SWOT analizi
Regresyon	Kök neden analizi
Kontrol Kartları	Karar matrisleri
	Pareto diyagramları
	Proje yönetimi
	Yalın ilkeler
	Kısıtlar teorisi
	Ağaç diyagramı
	Değer akış haritası

DMAIC, birbirini izleyen ve birbirini tamamlayan adımlardan oluşan bir süreçtir. Bu adımların eksik ya da gereği gibi tamamlanmaması, bir sonraki adımın ve YAS projesinin başarısını engelleyecektir. DMAIC sürecinde temel adımlar tablo 20 üzerinde gösterilmektedir.

¹⁶⁰ E.V. Gijo Shreeranga ve Bhat N.A. Jnanesh, "Application of Six Sigma Methodology in a Small-Scale Foundry Industry", *International Journal of Lean Six Sigma*, 2014, Vol. 5 Iss 2, s.194.

Tablo 20 DMAIC Döngüsünün Temel Aşamaları¹⁶¹

Tanımlama:	Proje seçimi ve fayda analizi
D1	<i>İlgili süreçlerin tanımlanması ve haritasının oluşturulması</i>
D2	<i>İlgili grupların (paydaşların) tanımlanması</i>
D3	<i>Müşteri ihtiyaçlarının ve beklentilerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi</i>
D4	<i>Proje için bir şablon oluşturulması</i>
Ölç:	Sorunların ölçülebilir formlere çevrimi ve mevcut durumun ölçülmesi, amaçların yeniden tanımlanması
M1	<i>Bir veya birden çok birden çok CTQ seçilmesi</i>
M2	<i>CTQ değerleri ve ihtiyaçlar için operasyonel tanımların oluşturulması</i>
M3	<i>CTQ değerlerinin ölçüm sistemlerini kabul etmek</i>
M4	<i>Mevcut sürecin yeterliliğini değerlendirmek</i>
M5	<i>Amaçları oluşturmak</i>
Analiz:	Etki eden faktörlerin ve CTQ değerlerinin davranışlarını belirleyen etkenlerin tanımlanması
A1	<i>Etki eden potansiyel faktörlerin belirlenmesi</i>
A2	<i>Önemli derecede olan faktörleri seç</i>
Geliştir:	CTQ değerlerinin performansını iyileştirmek için süreçlerde tasarım ve düzenlemeler yapılması
G1	<i>X ve CTQ değerleri arasındaki ilişkinin sayısallaştırılması</i>
G2	<i>CTQ değerlerinin optimize edilmesi için etki eden faktörlerin ayarlanması ya da süreçte değişiklik yapılması</i>
G3	<i>İyileştirme faaliyetlerinin pilot uygulamasını gerçekleştirmek</i>
Kontrol:	Proje sonuçlarının, süreç yönetimindeki düzenlemelerin ve iyileştirmenin sürdürülebilir olması için kontrol sistemlerinin deneysel olarak incelenmesi
K1	<i>Yeni süreçlerinin yeterliliklerini belirlemek</i>
K2	<i>Kontrol planlarını uygulamak</i>

DMAIC, tanımlama aşamasından kontrol aşamasına kadar geçen ve projenin kapatılması ile sonlanan bir süreçtir. DMAIC, YAS projesinde girdileri sistematik bir şekilde çıktıya dönüştüren sistemdir. Girdileri, sorun, kaynak, araçlar, yöntemler, bilgi ve insan; çıktıları ise, sorunun çözümü, müşteri memnuniyeti, rekabetçi avantaj ve işletme değerinin artmasıdır. Bu nedenle DMAIC sürecine bir sistem yaklaşımı açısından bakıldığında dört temel bileşenin olduğu görülmektedir¹⁶²:

- Bir modelin fonksiyonu ve amacı, modelin uygulanmasıdır.
- Adım adım izlenen bir prosedürü olan aşamalı bir modeldir.
- Teknik ve yöntemlerin toplandığı bir yapıdır.

¹⁶¹ Jeroen de Mast ve Joran Lokkerbol, "An Analysis of the Six Sigma DMAIC Method From The Perspective Of Problem Solving", *International Journal of Production Economics*, 2012, Vol. 139, s.605.

¹⁶² Mast ve Lokkerbol, "a.g.e.", s.605.

- CTQ ve çok önemli şeyler arasındaki aralık gibi kavram ve sınıflandırmalar yapılmaktadır.

DMAIC döngüsü, araçlar, yöntemler, felsefe, ekip çalışması ve hedeflere ulaşma gibi amaçların belirli bir disiplinde bir araya getirildiği bir yapıdır. Bu yapının temel özellikleri nitelendiren dört temel özelliği şu şekilde sınıflandırılmıştır¹⁶³:

- Problemleri parametrik hale getiren ve sayısallaştıran bir yöntemi düzene sokmaktadır
- Farklı değişkenler arasında araştırılan ilişkilerden geliştirme ve iyileştirme yöntemleri türetmektedir
- Özellikle Altı Sigma yöntem ve teknikleri genel olarak nedensel modelleme yoluyla kullanılmaktadır. Kritik kalite göstergelerinin, nedensel etkileyen faktörler (X) den etkilenmesi gibi.
- Deneysel tasarım ve analiz, süreç yeterlilik çalışmaları ve Gage R&R gibi teknikler, Altı Sigma için simgeseldir.

Burada çok önemli ve dikkat edilmesi gereken husuz, YAS'da DMAIC ile birlikte nedensellik ile sorunu çözme yaklaşımıdır. YAS'da sürecin içinde olup sürece etki eden ve sürecin davranışına etki eden faktörlere dayalı iyileştirme modelleri kullanılmaktadır. Nedenselliği modellerken $Y = f(X_1, X_1, \dots, X_n)$ eşitliği kullanılmaktadır. Y, iyileştirme ihtiyacını yani sorunu X'ler ise, sürecin davranışına etki eden faktörleri temsil etmektedir., Operasyonel terimler ile ifade edilmesi durumunda problemin tanımı ve çözümü daha kolay olacaktır¹⁶⁴.

2.2. TANIMLAMA AŞAMASI

YAS projesinin ilk aşmasıdır. Tanımlama aşaması, DMAIC döngüsünün ilk ve en önemli adımıdır denebilir. Tanımlama aşaması, problemlerin tanımlanması ile başlamaktadır. Sorunun sürecin hangi aşamasında nasıl, ne zaman, neden ve hangi çalışma

¹⁶³ Jeroen de Mast, "Integrating the Many Facets of Six Sigma", *Quality Engineering*, 2007, Vol.19, No.4, s. 358.

¹⁶⁴ Jeroen de Mast, "Integrating the Many Facets of Six Sigma", *Quality Engineering*, 2007, Vol:19, No:4, s. 359.

ortamında ortaya çıktığı bu aşamada belirlenmelidir¹⁶⁵. Tanımlama aşaması, bir projenin sürecinin anlık fotoğrafını çeker, müşterileri tanımlar, sürecin zayıf ve kritik noktalarını belirler, reaktif yaklaşım yerine proaktif bir yaklaşım ile müşterinin gözü ile bakarak kritik kalite göstergeleri ile müşteri memnuniyetini analiz eder, YAS projesinin kapsamını ve proje beyanında YAS projesi ile elde edilecek ekonomik ve stratejik avantajları yazılı olarak ortaya koyar¹⁶⁶.

YAS projesinde tanımlama aşamada şu amaçların karşılanması beklenmektedir:

- Problemin tanımlanması / belirlemesi
- Projenin amacı ve kapsamının belirlenmesi
- Ana müşterilerin veya sürecin çıktılarını kullananların kalite beklentilerini tanımlamak
- Müşteri sesi ile operasyonun sesini karşılaştırmak
- YAS projesi çıktılarında kullanılacak göstergeler ile mevcut durumun fotoğrafını çekmek

Tanımlama aşamasında aşağıdaki temel adımlar izlenebilir¹⁶⁷:

- Proje beyanını gözden geçirmek ve onaylamak
- Projeye başlama toplantısı düzenlemek
- Süreci en üst düzey optimizasyon düzeyindeymiş gibi tasvir et ve belirlenen odak noktasına göre kapsamı belirlemek
- Sürecin önemli iç/dış müşterilerini tanımlamak
- Müşterinin sesini ölçülebilir CTQ değerlerine çevirmek
- Paydaşları ve görüş ve öneri bildiren tarafları tanımlamak ve onları da projenin başarısı için projeye dahil etmek

Tanımlama aşaması, sorunu teşhis ve tanı işlemi gibidir. Tedavinin kısa zamanda ve doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Tanı yanlış yapılırsa, izlenecek tedavi süreci ve kullanılacak yöntemler de yanlış olacak çabalar karşılıksız kalacaktır. Sonuç, hiç de istendiği

¹⁶⁵ Shankar Rama, *Process Improvement Using Six Sigma A DMAIC Guide*, U.S.A. ASQ Quality Press, 2009, s.3.

¹⁶⁶ Gabriele Arcidiacono, Claudio Calabrese ve Kai Yang, *Leading Processes To Lead Companies: Lean Six Sigma Kaizen Leader & Green Belt Handbook*, U.S.A., Springer, 2012, s.12.

¹⁶⁷ Alexander John, Renata Meran, Olin Roenpage ve Christian Staudter, (Editor: Stephan Lunau), *Six Sigma Lean Toolset*, U.S.A. Springer, 2008, s.28.

gibi olmayacaktır. Projenin başlangıç aşamasında sorunun tanımını yapmak için aşağıdaki araçlar kullanılabilir¹⁶⁸:

- Projenin Duyurusu/Beyanı
- Başlangıç toplantısı
- SIPOC Diyagramı
- Müşteri oryantasyonu
- Müşteri ihtiyaçlarını bulmak için kullanılan araştırma yöntemleri
- Müşterinin sesi tablosu
- CTQ ve CTB matrisleri
- Paydaş analizi

2.2.1. Proje Duyurusunun Oluşturulması

Proje duyurusunun oluşturulurken aşağıdaki bileşenler dikkate alınmaktadır¹⁶⁹:

- **İş planının oluşturulması.** İşletmede nasıl tasarruf yapılacağını ve proje ile işletmenin stratejisi arasında nasıl bağlantı oluşturulacağı tanımlanmaktadır.
- **Sorunun belirlenmesi.** Neyin çalıştığını ya da çalışmadığını ve nerede sorun olduğunu tanımlar. Bu kritik başlığın genelde üstü kapatılır.
- **Amaç.** Projenin amaçları ve hedefleri ve projenin başarısının nasıl ölçüleceği bu başlıkta tanımlanmakta ve belirlenmektedir. Birincil ölçüler kullanılmalıdır. Baz performans oluşturulmalıdır. Birincil ölçüler, ikincil ölçüler ile desteklenmelidir Amaçlar SMART (*Spesific-özel, measurable-ölçülebilir, achievable-ulaşılabilir, relevant-ilgili ve timely-zamanlı*) olmalıdır
- **Kapsam.** Projenin kapsamı ve sınırları bu başlıkla belirlenir. Proje ile ilgili aşağıda belirtilen belirli başlı sınırlar vardır:
 - *Süreçler.* Süreçler, girdiyi çıktılara dönüştürmektedir. Süreçler ve alt süreçlerin sınırları, projede çok iyi belirlenmelidir.
 - *Demografik yapı.* Çalışanların sınıflandırılması, yaş, cinsiyet, eğitim, iş deneyimi ve benzeri kriterlere göre sınıflandırılması yapılır.

¹⁶⁸ John vd., a.g.e., s.28.

¹⁶⁹ T.M Kubiak, *The Certified Six Sigma Master Black Belt Handbook*, U.S.A., ASQ Quality Press, 2012, ss.74-76.

- *İlişkiler.* İşletmenin tedarikçiler, müşteriler ve sözleşmeli personel ve diğerlerini belirler.
- *Organizasyonel.* İşletmenin fonksiyonları, bölümleri ve birimleri tanımlanmalıdır.
- *Sistemler.* Manuel ve yazılım ile kullanılan sistemler nelerdir, belirlenmelidir.
- *Coğrafik.* Hangi ülke, bölge ve şehirlerin kapsamda yer alacağı belirlenmelidir.
- *Müşteriler.* Hangi müşteri grupları ve pazarların dikkate alınacağı belirlenmelidir.
- *Karışım.* Yukarıda bahsedilen başlıklardan oluşan bir karışım

Proje kapsamını belirlerken genelde nelerin kapsam dışında olduğu da belirlenir. Proje kapsamı ve sınırlarının belirsiz olması, projelerin ölü doğmasına neden olur. Proje kapsamı çok geniş tutulursa, zamanında bitirmek için ek kaynaklara ihtiyaç duyulmasına neden olabilir. Kaynakların bulunmaması veya pahalı bulunması, projenin de pahalı olmasına ve belirlenen zamandan daha geç tamamlanmasına neden olur. Proje beyanı bir yaşam dokümanı olarak düşünülebilir.

- **Plan.** Çok ayrıntı, sonuçlarında iyi olmasını sağlar. Ne var ki tahmini bir tamamlama tarihi belirlenmelidir. Projenin süresi belirlenmelidir. Maliyet, zaman ve kalite göstergeleri açısından belirlenen zaman diliminde proje yönetilmelidir.
- **Ekip.** Proje ekibinin projeye katkı verecekleri zaman dilimine göre tanımlamaları yapılmalıdır. Proje üyeleri bilgili ve daha önceki projelerde yer almış ve bu konuda talep edilen üyeler olmalıdır.

YAS projelerinde kapsamın belirlenmesi, tanımlama ve uzun dönemde de Yas projesinin başarısında kritik bir rol oynamaktadır. YAS projelerinin tecrübe, kaynak ve zaman gibi önemli kısıtlayıcısı vardır ve bunlar da projenin kapsamını belirleyici olmaktadır. Zaman ve kaynak önemli ve görünür unsurlardır. Ancak deneyim çok can alıcıdır. Deneyim,

yüksek riskli, uzun dönemli ve çok kaynak ayrılan ve geri dönüşlerinin çok iyi olması beklenen YAS projelerinde çok önemlidir¹⁷⁰.

YAS projelerinde kullanılmak üzere düzenlenecek proje duyurusuna şekil 25 üzerinde gösterilen taslak örnek olarak kullanılabilir.

İşletme Örnek Olayı	Projenin Kapsamı ve Odak Noktası
Problemler ve Amaçlar Sorun (Mevcut durum) Amaç (Hedeflenen)	Roller ve Önemli Tarihler Sürecin Sahibi : Sürecin Sponsoru : Siyah Kuşak : Takım Zaman Çizelgesi Başlama Bitiş Tanımla : Ölç : Analiz : Control :

Şekil 25 Proje Duyurusu Örneği¹⁷¹

¹⁷⁰ Lynch, Donald P., Bertolino, Suzanne ve Cloutier, Elaine, "How to Sope DMAIC Projects", *Quality Progress*, Jan 2003, Vol. 36, No.1; ss. 39-40.

¹⁷¹ John vd., a.g.e., s.32.

2.2.2. Başlangıç Toplantısı

Projenin başladığının duyurulduğu bir toplantıdır ve çalıştay düzeninde yapılan bir toplantıdır. Bu toplantının amaçları ve adımları şu şekilde açıklanabilir:

Amaçları:

- Takım üyelerinin projeye katılımını ve entegrasyonunu sağlamak
- Projenin temelinde yatan unsurların etkilerini ve işletme açısından önem derecesini açıklamak
- Her takım üyesinin kendi rolünü bilmesi ve anlaması ve buna göre çalışmasının gerekliliği ve önemini anlatmak

Adımlar:

- Sponsor ile birlikte başlangıç toplantısı tarihi belirlenir.
- Sponsor ve Uzman Kara Kuşak birlikte toplantı gündemini oluşturur
- Takım üyeleri toplantıya çağırılır. Toplantı geniş katımlı olmalıdır.
- Toplantıda sponsor projeyi, problemi amacı ve takımı katılımcılara sunmalı
- Toplantının sonunda, toplantı tutanağı düzenlenir.

Başlangıç toplantısında ekip üyelerine şu mesajlar verilmektedir:

- Yönetimin YAS projesini desteklediği ve bu konuda istekli olduğu
- Katılımcı ve tüm çalışanları işin içine sokulduğu bir ortam olduğu
- İletişim kanallarının açık olduğu
- Projenin ekip tarafından anlaşılması ve sahiplenilmesi
- İşletmenin gelecek konumuna iş birliği ve ekip çalışması ile gerçekleştirileceği

2.2.3. SIPOC Diyagramı

İşletme bir sistemdir ve bu sistemin üç önemli bileşeni vardır. (1) Girdiler, (2) Süreç ve (3) Çıktılar. Bir süreç haritasına, tedarikçiler ve müşteriler de eklenince girdiler ve çıktılar daha ayrıntılı ve kapsamlı hale getirilmektedir. Tedarikçi, girdi, süreç, çıktı ve müşterilerin yer aldığı bir tedarik zinciri, süreç haritasının bir türü SIPOC diyagramıdır.

SIPOC, yukarıdan aşağı, yayılım matris diyagramı ve süreç haritası gibi bir süreç haritası türü olup, YAS projelerinde en çok kullanılan türdür.

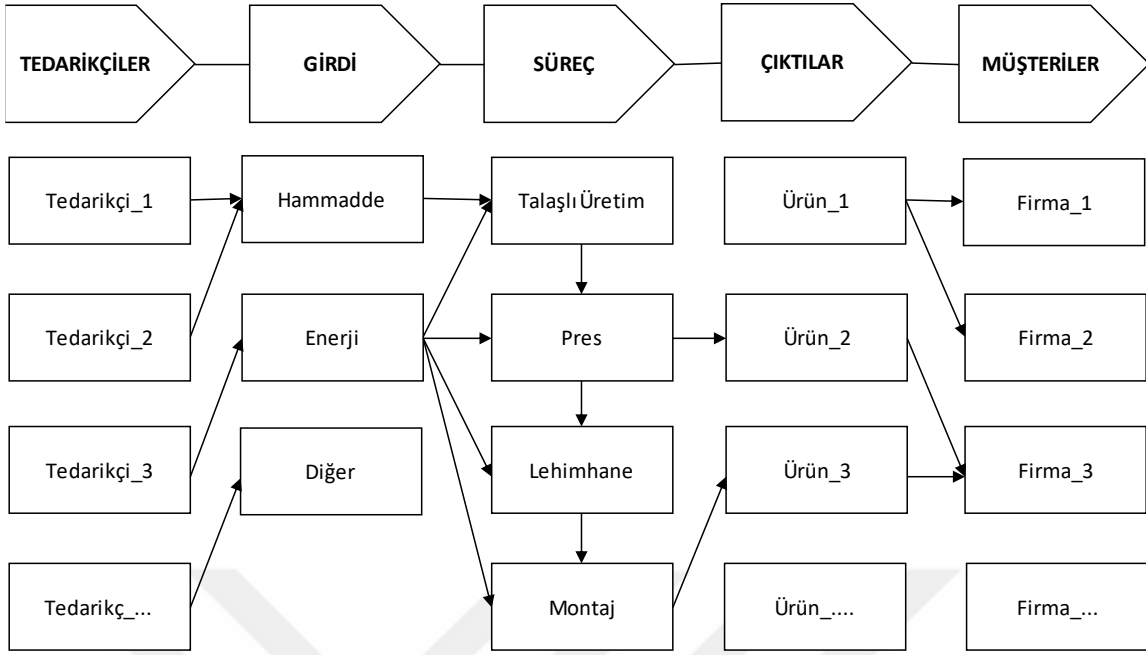
Tedarikçiler (*Suppliers*), hammadde, enerji, insan kaynağı, veri ve diğer girdilerin temin edildiği kişi ya da kurumlardır. İşletmenin, tedarikçilerden temin ettikleri ve süreçte değişim için kullanılan hammadde, enerji, insan kaynağı, veri ve diğer unsurlar ise, **girdiler** (*Inputs*) olarak tanımlanır. Süreçler, girdilerin çıkılara dönüştükleri yerlerdir. Ana süreçler ve bileşenleri **süreçleri** (*Process*) oluşturmaktadır. Hammaddenin yarı mamule ve mamullere dönüştüğü yerlerdir. **Çıktılar** (*Outputs*), yarı mamul, mamul, bilgi ve hurda şeklide tanımlanabilir. Çıktıları belirli bir bedel karşılığınan satın alan kişi veya kurumlar ise, **Müşteriler** (*Customers*) olarak tanımlanır.

SIPOC diyagramının kullanılması ile projede şu amaçların karşılanması sağlanmış olur¹⁷²:

- Proje başlamadan önce proje ile ilgili tedarikçi, girdi, süreç, çıktı ve müşteriler ve bunların beklentilerini tanımlamak
- Girdiler (X) ve çıktılar (Y) arasındaki sınırları belirlemek
- Veri toplama kaynaklarının haritasını oluşturmak. Akış diyagramının son şeklini vermek ve onaylamak
- İyileştirme için yeni fırsatları tanımlamak.

Bir üretim işletmesi için SIPOC diyagramı şekil 26 üzerinde gösterilmektedir.

¹⁷² Taghizadegan, a.g.e., ss.114-115.



Şekil 26. SIPOC Diyagramı

SIPOC diyagramı, YAS projesi için çok önemlidir. Süreçteki zayıf halka veya halkaların tanımlanması açısından çok dikkatli hazırlanması gerekmektedir. SIPOC diyagramı hazırlanırken aşağıdaki sorular sorulmalıdır¹⁷³:

- Süreçlerde neler yapılıyor?
- Süreçler kaç aşamalıdır?
- Süreçlerin başlangıç ve bitiş noktalar nerelerdir?
- Sürecin girdileri ve çıktıları nelerdir?
- Süreçlerim tedarikçileri ve müşterileri kimlerdir?
- Çıktıları kim kullanıyor ve kimler ödeme yapıyor?
- Süreçler ile görünüş bir sorun var mı?

SIPOC, tedarikçi, işletme ve müşteriler arasında yukarıdan aşağıya (tedarikçilerden müşterilere doğru) ve aşağıdan yukarıya (müşterilerden tedarikçilere) sürecin tüm bileşenlerinin farklı açılardan tanımlanmasını sağlayacaktır. Tedarik zincirinin ortasında işletme ve süreçleri vardır. SIPOC diyagramı, talep ve kapasite, talep ve yapabilirlik konularında işletmenin süreçlerinin net fotoğrafını ortaya koymaktadır.

¹⁷³ Voehl vd. a.g.e., s.364.

2.2.4. Müşterinin Sesi

SIPOC diyagramında sürecin iç ve dış müşterileri vardır. YAS projesinde, müşteri memnuniyeti çok önemli ve karşılanması gereken bir hedeftir. Bu nedenle müşteriler ve müşterilerin istek ve beklentileri çok iyi tanımlanmalı ve karşılanmalıdır. Müşterinin ihtiyaç ve beklentileri, kritik ihtiyaçlar olarak tanımlanır.

Kritik ihtiyaçlar (CTQ: Critical to Quality), YAS projesi için esas alınmalıdır. Kritik ihtiyaçların yanlış belirlenmesi durumunda diğerlerini doğru yapmanın bir karşılığı olmayacaktır. Müşteri ihtiyaçlarının anlaşılması ve kritik ihtiyaçlara dönüştürülmesi, tanımlama aşamasını, her iyileştirme projesinde odak konusu yapmaktadır. Müşteriler tanımlandığı zaman Müşterinin Sesi (MS) ile uygun yöntemlerin kullanılması, bizlere müşterinin değerinin ne olduğunu gösterecektir¹⁷⁴.

MS, müşterinin işletmede nelere dikkat edilmesi gerektiği ile ilgili olarak söylediklerinin dinlenmesidir. Müşteri ihtiyaçları, müşteriler tarafından tanımlanır, üretim, pazarlama ya da satış yöneticileri tarafından değil.

Ürünler ve hizmetler, günümüzde fonksiyonel özellikleri ile tanımlanmakta ve karşılaştırılmaktadır. Müşteriler, ürün ve hizmetleri kullandıkları zaman beklentilerini karşılama derecesine göre tepki vermektedirler. Müşterinin ürünü kullanırken satış öncesi, satış, teslimat ve satış sonrası hizmetler gibi konularda elde ettiği deneyim, bir ürün ya da hizmet ile değerlendirme yaparken dikkate alınmalıdır. Müşteri ve pazardan ürün ve hizmetler ile ilgili olarak toplanan verilere, MS denir. MS, işletmenin ayakta kalmasını ve faaliyetlerini sürdürmesini sağlayan oksijen gibidir. MS'ne cevap vermek, müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin neler olduğu konularında işlete yönetiminin haberdar olması ile mümkündür. MS neden önemlidir sorusuna verilecek en iyi cevap: "Sürdürülebilir büyüme MS'ni dinlemek ile başlar" olur¹⁷⁵. MS'ni bilmeyen, duymayan, önemsemeyen ve araştırmayan bir işletmenin sadece YAS projesinde değil, faaliyetlerinin de başarılı olma imkânı yoktur.

¹⁷⁴ Brue, a.g.e., s.92.

¹⁷⁵ Frigon ve Jackson, a.g.e., s.177.

İşletme stratejisi, müşteriden gelen taleplere ve bu taleplerin sesine dayandırılmalıdır. YAS projesinin başarılı olabilmesi için hem işletme stratejisi hem de müşteriler ile bağlantılı kurulmalıdır¹⁷⁶.

Belirlenmeyen müşteri ihtiyaçlarının karşılanmaması yeni rakiplerin ortaya çıkmasına ve işletmenin yerini tedarikçi olarak değiştirilmesine neden olabilir. MS dinlenmeli ve kalite için kritik (CTQ_Critical to quality) ve süreç için kritik (CTP_ Critical to process) göstergelerine dönüştürülmelidir. YAS projesinde, bu kriterlerden en önemli olanı belirlemeli ve fırsat olarak değerlendirilmelidir¹⁷⁷. Olaya sadece dış müşteri açısından da bakmamak gerekir. Süreç içinde yer alan iç müşterilerin de sesleri ve beklentileri dinlemelidir.

MS'nin anlaşılması, işletmenin stratejini belirleme konusunda yardımcı olacaktır. Kritik başarı faktörleri ve ölçütlerinin belirlenmesi ile işletme müşteri isteklerine cevap verme konusunda daha esnek ve hızlı olacaktır ki bu işletmeye rekabetçi avantaj elde etme imkânı verecektir. Değer konusunda müşterinin görüşlerinin alınması, tedarik zincirinin etkinliğini artıracaktır¹⁷⁸. İşletme, tedarik zincirinde bir taraftan müşteri ve diğer taraftan da tedarikçi konumundadır. Kendisini, mal ve hizmetlerini sattığı müşterilerinin yerine koyduğu zaman, mal ve hizmet aldığı tedarikçilerinden beklentilerinin karşılanma isteklerini, kendi müşterilerinin de isteyecekleri unutulmamalıdır. İşletmenin zamanında teslim almadığı ve mal ve hizmet için koyduğu tepki ve memnuniyetsizlik, aynı davranışı kendisi yaptığı zaman müşterilerinden de gelecektir.

Müşterinin istediklerinden sapma, YAS projesinin de sapma anlamına gelecektir. YAS projesinin başarısı, MS'nin dinlenmesine ve süreçlere aktarılmasına bağlıdır. YAS projesinin tanımlanması ve başarılı bir şekilde yürütülmesi için çok önemli olan MS verileri, müşterilerin ağızından gelen verilerdir ve genelde bu veriler iki farklı şekilde toplanır¹⁷⁹:

- Mevcut ve var olan verilerin kullanılması

¹⁷⁶ Ying-Chin Co ve Ou-Chuan Chang Wen Bo Wang, "An Emprical Study of Key Success Factors for Six Sigma Green Belt Projects at an Asian MRO Company", *Journal of Transport Management*, 2008, Vol. 14, s.264.

¹⁷⁷ Micheal Bremeri, Brian McKibben ve Thomas McCarty, "Six Sigma Financial Tracking And Reporting", U.S.A., McGraw-Hill, 2006, s.67.

¹⁷⁸ Pauline Found and Richard Harrison, "Understanding the Lean Voice of The Customer", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 3 No. 3, 2012, s.252.

¹⁷⁹ Brue, a.g.e., s.93.

- Yeni verilerin toplanması

İşletmenin elinde müşteriler ile geçmiş verilerin olması yeterli değildir. Bunlara bakarak MS de dinlemek, sürecin eksik kalmasına neden olabilir. Telefon görüşmeleri, anketler, mail yolu ile bilgi alma, bire bir görüşme ve müşterilerin ürün ve hizmetleri kullanımları ile ilgili şikâyetleri ile yeni veriler elde edilebilir. MS ile ilgili ne tür veri toplanacağını belirlerken aşağıdaki sorulara cevap aranabilir¹⁸⁰:

- Veriler nasıl toplanacak?
- Ne tür verilere ihtiyaç duyulmaktadır?
- Ürün ve hizmetleri kullanan son müşteriler kimlerdir?
- Ürün ve hizmetleri müşteriler en son ne zaman kullanmışlardır?
- Bu veriler nasıl kullanılacaktır?
- Hangi müşteri problemi önceliklendirilecek ve çözülecek?

Bu tür sorulara cevap bulmak ne kadar önemli ise, işletmenin sesi de (İS) bir o kadar önemlidir. MS ile İS'nin uyumlaştırılması gerekir. MS ile müşterilerin işletmeden ne bekledikleri belirlenirken İS işe işletmen bun beklentilere ne derece cevap verecekleri ve cevap vermek için ne yapmak gerektiği de belirlenir. MS, belirlenen kriterler ile İşlemenin sesi ile eşleştirilmelidir.

2.2.5. KANO Modeli

Kano modeli müşteri memnuniyeti ile ürün veya hizmetin performans düzeyi arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu ilişki heyecan verici ihtiyaçlardan temel ihtiyaçlara doğru farklılık göstermektedir. Kano modeli müşteri ihtiyaçlarının farklı kategoriler içinde sınıflandırılmasını sağlayan etkin bir yaklaşımdır¹⁸¹. Kano modeli; 1984 yılında Noritaki Kano ve arkadaşları tarafından geliştirilen müşteri ihtiyaçlarını kategorize etmek için kullanılan bir modeldir. Kano modeli işletmelerin müşteri beklentilerini karşılayabilme derecesi ile tüketici tatmini arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarır. Bu model 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

¹⁸⁰ Brue a.g.e., s.94.

¹⁸¹ Çiğdem Sofyaloğlu ve İlker Tunail, "Kano Modelinin Kalite Fonksiyon Göçerimi Planlama Matrisinde Kullanımı" *Ege Akademik Bakış*, C.12. S.1., 2012, s.5.

niçin sıradan bir artış gösterdiğini açıklayan bir modeldir. Bu modele göre temelde müşterinin üründen beklediği özellikler üç şekilde tanımlanır¹⁸²:

- Temel özellikler (M): Bu özellikler, ürün üzerinde bulunması gereken ve müşteriler tarafından zaten ürünün üzerinde bulunacağı varsayılan ihtiyaçlardır. Bu özelliklerin olması memnuniyeti artırmamakla birlikte, bu özelliklerin eksikliği memnuniyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin, bir arabada fren sisteminin zayıf olması müşteride tatminsizliğe yol açar. Bununla birlikte iyi bir fren sistemi müşteri memnuniyetini artırmaz.
- Beklenen özellikler (O): Bir müşteriye o üründen ne beklediği sorulduğunda alınan cevaptır. Müşterinin üründen beklediği temel performanstır. Bu gerekler yerine getirildiğinde müşteri memnuniyetine, yerine getirilmediklerinde ise müşteride tatminsizlik yol açar. Müşteri memnuniyeti başarı derecesi ile birlikte doğru orantılı artmaktadır. Yani müşteri isteklerinin yerine getirilme derecesi arttıkça memnuniyet düzeyi artmaktadır. Örneğin, bir arabadaki gaz göstergesinin iyi çalışması müşteri tarafından beklenen bir özelliktir.
- Heyecan verici özellikler (A): Bu tür gerekler müşteriye son derece memnun eden ürün özellikleridir. Müşteri bu özelliklere karşı bir beklenti içinde değildir ancak bu gereklerin yerine getirilmesi müşteriye memnun etmektedir. Buna karşın bu özellikleri taşımayan ürün müşteride bir tatminsizliğe neden olmaz. Müşteri memnuniyeti ile ürünün başarı durumu arasındaki ilişki artan parabolik bir davranış gösterir. Ürünün başarısı belli bir değere kadar artarken müşteri memnuniyeti daha dik bir ivmeyle artmaktadır. Bunun anlamı, ürün müşteri memnuniyetini beklenilenin ötesinde sağlamıştır. Sonuç olarak, bu özellikler rakip ürünlerden farklı olmayı sağlayan özelliklerdir.

¹⁸² Elif Kılıç Delice ve Zülal Güngör, "Müşteri İsteklerinin Sınıflandırılmasında Kano Model Uygulaması", *Akademik Bilişim 2008 Konferansı*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2008, ss.194-195.

Kano Modeli gereksinimleri yukarıda gösterildiği gibi üç grupta sınıflandırmıştır. Fakat bu sınıflandırmaya ilaveten aşağıda gösterildiği gibi üç önemli sınıflandırma daha bulunmaktadır¹⁸³:

- Fark yaratmayan gereksinimler (I): Fark yaratmayan gereksinimler grubunda, sunulan ürün veya hizmetin gereksinimi karşılması veya karşılamaması müşteri için fark yaratmamaktadır
- Zıt gereksinimler (R): Zıt gereksinimler ise gereksinimin karşılanmasının müşteri memnuniyetsizliğini arttırdığı durumlarda ortaya çıkmaktadır ve
- Soru işareti yaratan gereksinimler (Q): soru işareti yaratan gereksinimler, sorunun yanlış kurgulandığını veya müşteri tarafından doğru bir şekilde anlaşılmadığını göstermektedir.

Özellikler ve gereksinimlerin tanımlanması aşaması sonrasında her bir özellik için kano kategorilerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu aşamada oluşturulan sorular olumlu ve olumsuz şekilde müşteriye yöneltilir ve yapılan değerlendirme sonucunda kano kategorisi oluşturulur. Her bir soru için 5 cevap seçeneği Tablo 21’de gösterilen şekilde sınıflandırılarak verilen hizmetin hangi kategoride olduğu bulunur¹⁸⁴.

Tablo 21 Kano Modeli İçin Değerlendirme Tablosu

OLUMLU SORUYA VERİLEN CEVAPLAR	Gereksinimler	OLUMSUZ SORUYA VERİLEN CEVAPLAR				
		Hoşlanırım	Öyle olmalı	Fark etmez	Katlanabilirim	Hoşlanmam
Hoşlanırım	Q	A	A	A	A	O
Öyle olmalı	R	I	I	I	I	M
Fark etmez	R	I	I	I	I	M
Katlanabilirim	R	I	I	I	I	M
Hoşlanmam	R	R	R	R	R	Q

Temel özellikler (M)	Heyecan verici özellikler (A)	Zıt özellikler (R)
Beklenen özellikler (O)	Sıradan özellikler (I)	Şüpheli özellikler (Q)

Buna göre; ihtiyaçların tekrarlanma sıklığı birinci, ikinci ve üçüncü en çok tekrarlanan şekilde sınıflandırılacaktır. Anket çalışması yapılarak Temel ve alt müşteri gereksinimleri için Kano kategorileri belirlenmelidir. Bunun için anket soruları daha önce bahsedildiği gibi

¹⁸³ Kadri Cemil Akyüz, Yasin Balaban ve İbrahim Yıldırım, “Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinin Gereksinimlerinin Kano Modeli Yardımıyla Sınıflandırılması”, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, C. 13,S.2, s.261.

¹⁸⁴ Kadri Cemil Akyüz, vd., a.g.e., ss.261-262

olumlu ve olumsuz olmak üzere sorular oluşturulur ve Tablo 6 kullanılarak değerlendirme yapılır.

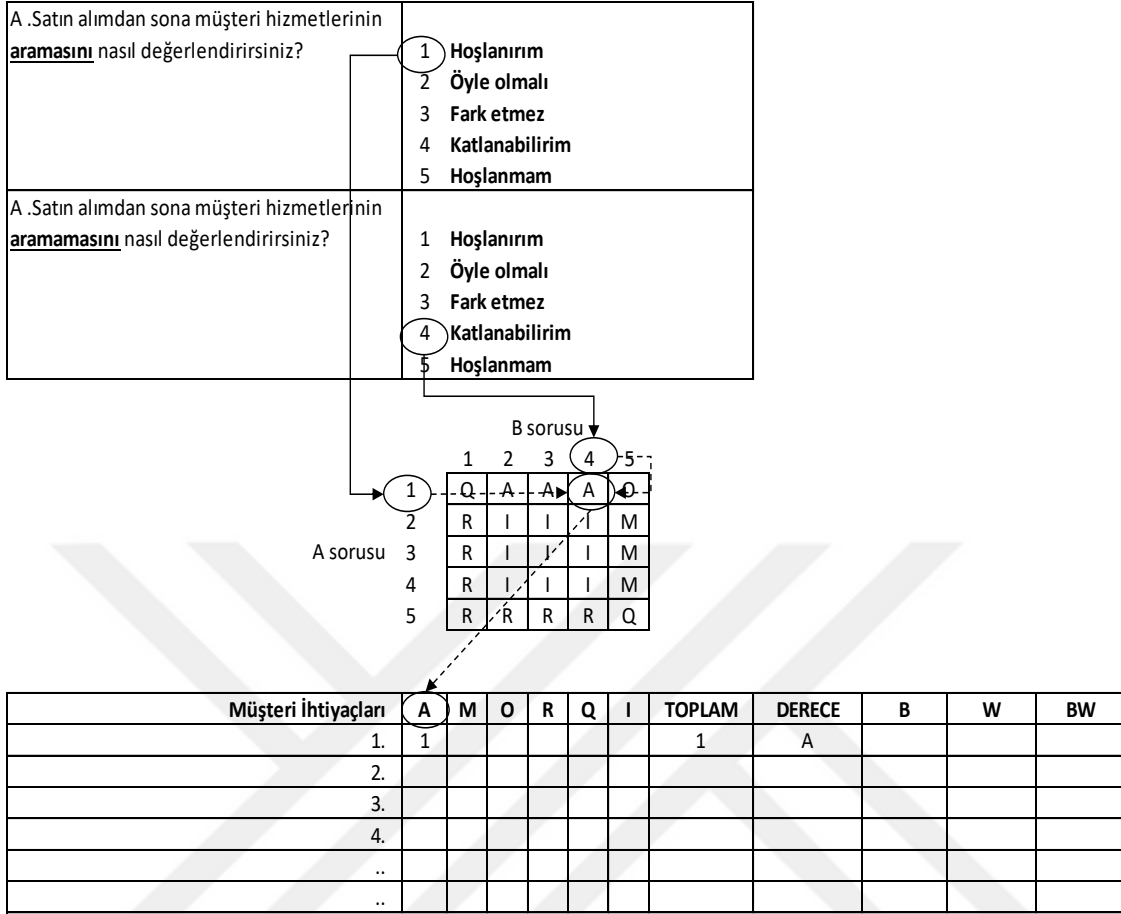
Örneğin bir müşteri grubuna “*Satın alımdan sonra müşteri hizmetlerinin sizi aramasını nasıl değerlendirirsiniz?*” ve “*Satın alımdan sonra müşteri hizmetlerinin sizi aramamasını nasıl değerlendirirsiniz?*” şeklinde iki soru sorulduğu durumda, müşteri ihtiyaçlarının önceliklendirilmesinde Şekil 27 üzerindeki süreç kullanılmaktadır.

Satın alımdan sonra müşteri hizmetlerinin sizi aramasını nasıl değerlendirirsiniz? Olumlu sorusuna alınan cevap 1. Hoşlanırım ve “*Satın alımdan sonra müşteri hizmetlerinin sizi aramamasını nasıl değerlendirirsiniz?* Olumsuz sorusuna alınan cevap 4. Katlanabilirim şeklinde olduğu durumda Tablo 6 kullanılarak değerlendirme yapılır ve bu ihtiyacın derecesi A olarak belirlenir. Bu soruya müşteri tarafından *hoşlanırım* olumsuz cevabı verilseydi bu özellik, Q yani şüpheli; hoşlanmam cevabı verilseydi bu özellik O yani beklenen özellik olarak tanımlanacaktır.

Yapılan çalışmanın sonucunda önceliklendirme yapılmalıdır. Bir YAS projesinde müşterinin sesi, işletmede olası sorunların tespitinde ve önceliklendirilmesinde oldukça önemlidir. Kano modeline göre yapılan çalışmalar sonucunda analiz aşamasında derecelendirme için $M > O > A > I$ kuralı esas alınmalıdır¹⁸⁵.

Memnuniyet ve memnuniyetsizlik katsayılarının hesaplanması ile müşterinin sesi önceliklendirir.

¹⁸⁵ Martin Löfgren ve Lars Wttell, “Kano’s Theory of Attractive Quality and Packaging”, *The Quality Management Journal*, Vol.12, No.3, 2005, s.13.



$$\text{Memnuniyet Katsayısı} = \frac{A+O}{A+O+M+I}$$

$$\text{Memnuniyetsizlik Katsayısı} = \frac{O+M}{A+O+M+I}$$

B: Memnuniyet Katsayısı

W: Memnuniyetsizlik Katsayısı

BW: Katsayılar Toplamı

Şekil 27 Müşteri İhtiyaçlarının Değerlendirilme Tablosu¹⁸⁶

Memnuniyet ve memnuniyetsizlik katsayıları aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanmaktadır¹⁸⁷:

$$\text{Memnuniyet Katsayısı} = \frac{A+O}{A+O+M+I}$$

$$\text{Memnuniyetsizlik Katsayısı} = \frac{O+M}{A+O+M+I}$$

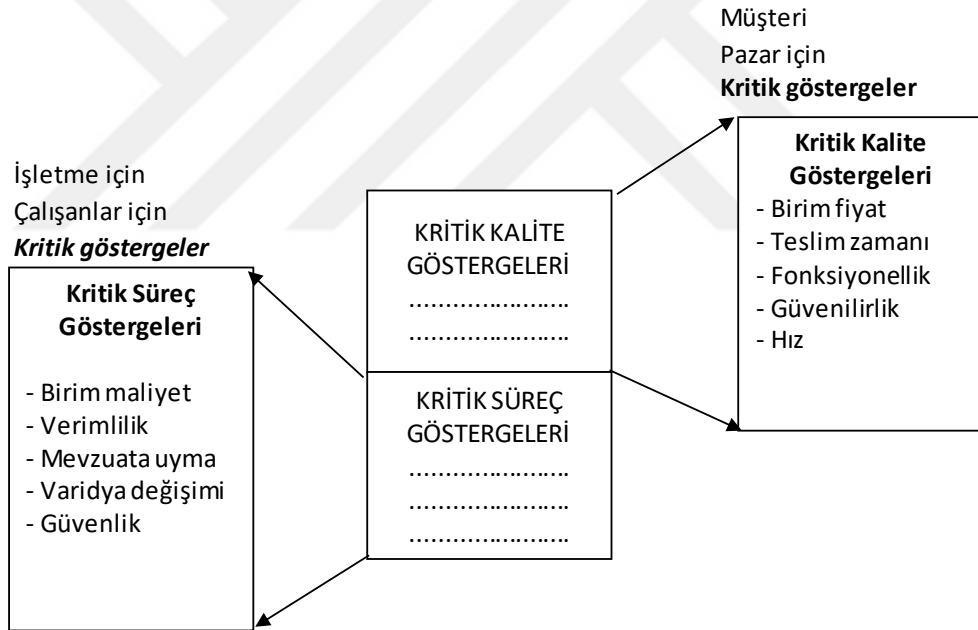
¹⁸⁶ Martin Löfgren ve Lars Wttell, "Two Decades of Using Kano's Theory of Attractive Quality: A Literature Review", *The Quality Management Journal*, Vol.15, No.1, 2008, s.61. Eava Maattanen, Tuuli Jhyla ve Seppo Junnila, "Applying KANO Model to Analyse the Valu of Green FM", *Property Management*, Vol, 12, No.4, 2014, s.315.

¹⁸⁷ Löfgren ve Wttell, "Kano's Theory...", a.g.e., s. 14

Kritik kalite göstergeleri, işletmenin sesine karşılık gelen kritik süreç göstergelerine dönüştürülürsek, müşterilerin istekleri ve sürecin yeterliliği arasında karşılaştırma yapılmaktadır. Müşterilerin beklentileri ve işletmenin bu beklentilerine cevap verebilme yeterliliğinde olup olmadığı, tanımlama aşamasında belirlenir. Müşterinin sesi, operasyonun sesinden büyük ise, diğer bir ifade ile işletmenin müşteri istek ve beklentilerini karşılayamaması halinde şu sonuçlar ile karşılaşılabilir:

- Müşteri memnuniyetsizliği ve müşteri kaybı
- Satışlarda azalma ve pazar kaybı
- Rekabetçi avantajı kaybetme
- Pazara yeni girişleri engelleyememe

Kritik kalite ve kritik süreç göstergeleri arasındaki ilişki, şekil 29 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 29 Müşteri Ve Süreç İçin Kritik Göstergeler

Müşterinin kalite, zamanında teslim ve fiyat gibi beklentilerine işletme, katma değerli üretim, hız ve maliyet unsurları ile cevap verecektir. İşletmede yönetim için, çalışanlar için ve müşteriler için kritik göstergelere, birim maliyet, verimlilik, yasalara uyma, kârlılık ve sürdürülebilir büyüme gibi kritik süreç göstergeleri kullanılabilir. Diğer taraftan da müşteri ve pazar için ise, fiyat, teslim zamanı, fonksiyonellik, güvenilirlik ve hız gibi göstergeler kullanılabilir. Müşterinin isteklerine cevap verebilme, aslında süreçteki girdi ve

çıktı ilişkisine ve sürecin yeterliliğine bağlıdır. Bu aşamada süreçlerin çok iyi tanımlanması ve modellenmesi gerekmektedir.

2.2.7. Sürecin Modellenmesi

Süreçlerin modellenmesi YAS projeleri için çok önemlidir. Modelleme ile süreçteki girdi çıktı ilişkileri ve projenin kapsamı oluşturulmaktadır. Matematiksel olarak, girdi ve çıktı arasındaki ilişki şu şekilde formüle edilmektedir:

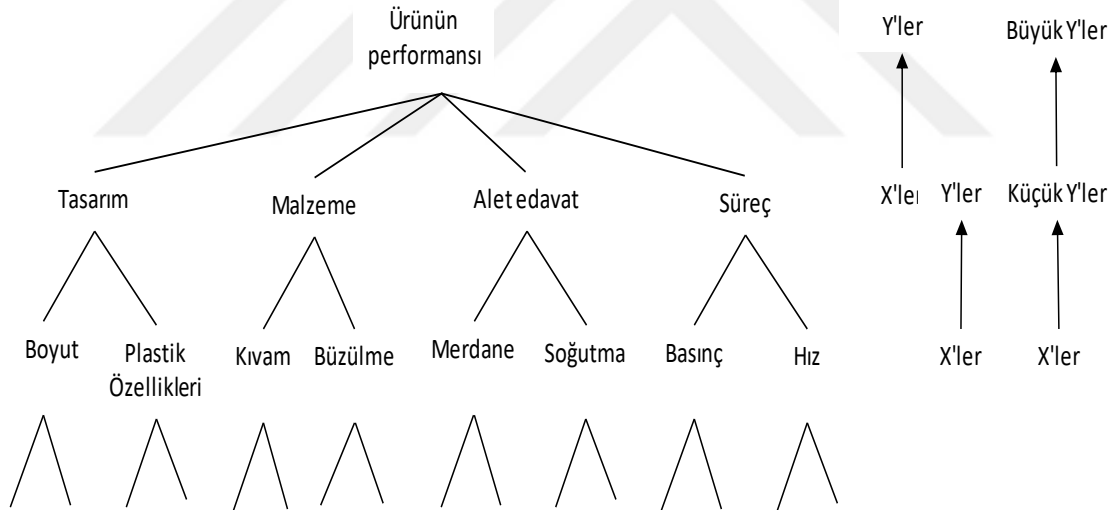
$$\text{Çıktı} = f(\text{girdi})$$

Ya da

$$Y = f(X) = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n-2}, X_{n-1}, X_n)$$

Y, bağımlı ve X ise, bağımsız değişkendir. Üretim faaliyeti açısından Y, ürünün performansı, X'ler ise, tasarım, malzeme, işçilik ve süreç ortamını ifade etmektedir.

Şekil 30'da ürünün performansını etkileyen ana unsurlar (küçük Y'ler) ve alt unsurlar (X'ler) gösterilmektedir.



Şekil 30. İşletme Süreçleri, Alt Süreçler, Büyük Y, Küçük Y'ler ve X'ler

Ürünün performansı için şu fonksiyon oluşturulur¹⁹¹:

$$Y = f(y_1, y_2, y_3, y_4)$$

$$\text{Ürünün performansı} = f(\text{Tasarım, Malzeme, Alet-edevat, Süreç})$$

Tasarım için;

$$y_1 = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$$

¹⁹¹ Taghizadegan, a.g.e., ss.21-22.

Tasarım = f (Boyut, plastik özellikleri vb.)

Malzeme için;

$$y_2 = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$$

Malzeme = f (Kıvrım, Büzülme, Yoğunluk vb.,)

Alet -edevat için;

$$y_3 = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$$

Alet-edevat = f (Merdane, Soğutma, Kasnak vb.,)

Süreç için;

$$y_4 = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$$

Süreç = f (Basınç, Hız, Zaman vb.,)

YAS projelerinde sorunun tanını yapılıırken benzer bir yapı kullanılabilir.

2.2.8. Paydaş Analizi

YAS projesinin tanımlama aşamasında projede yer alan ve projede yer almamasına rağmen projeden etkilenen kişiler ya da kurumlar ile ilgili değerlendirmelerin yapılması, projenin tanımlanması açısından önemlidir.

Paydaş, bir projede yer alan ve projeyi etkileyen ya da projeden etkilenen kişi veya kurumlardır. Tedarikçiler, bölümler, iç ve dış müşteriler, yöneticiler paydaş olarak tanımlanabilir. Neden paydaş analizi yapılmalıdır sorusuna aşağıda paydaş analizi ile yapılması gerekenleri belirterek cevap verilebilir¹⁹²:

- YAS projesini etkileyecek kişi ya da kurumları tanımlamak ve sınıflandırmak
- Tanımlanan paydaşların projedeki konumlarını ve projeye etkilerini değerlendirmek
- Karşı düşünceleri yumuşatmak ve destek almak için stratejiler geliştirmek ve MS bilgilerini toplamaya başlamak
- Paydaşların ilgilerini tanımlamak
- Paydaşlar arasındaki görüş ayrılıklarını belirlemek
- Paydaşlar arasındaki ilişkileri belirlemek
- Uygun paydaş katılımını sağlamak

¹⁹² Frigon ve Jackson, a.g.e., s.131.

Paydaşların YAS projesi ile ilgisini belirlemek için aşağıdaki sorular sorulabilir¹⁹³:

- Kimler fayda sağlayabilir?
- Kimler düşünce ve davranışlarını değiştirebilir?
- Kimlerin amaçları YAS projesinin amaçları ile bağlantılıdır?
- Kimlerin amaçları YAS projesinin amaçları ile ters düşmektedir?
- Karar ve eylemlerden kimler sorumludur?
- Kimlerin uzmanlık ve kaynakları vardır?

Paydaş, genel bir ifade ve tanımlamadır. Ayrıntıya inildiği zaman iki tip paydaş tanımı yapılmaktadır. Birincil paydaşlar, projeden doğrudan etkilenenlerin yer aldığı grup iken ikincil paydaşlar ise, projede yer alan, kaynak sağlayan, projeyi yöneten ve uygulamayı yapan kişilerdir.

Paydaş analizinde, paydaşların projedeki etkisi, ilgi düzeyi, önem derecesi, mevcut durumu ve eylem planı gibi değişkenler ile paydaşlar analize tabi tutulur. Analizde, projeden beklentiler ve paydaşların projeye etkileri birlikte ele alınmaktadır.

Paydaşlara olarak ortaklar ele alındığında projeden beklentileri tasarruf ve kârın artması gibi finansal odaklıdır ve bu grubun proje etkisi yüksek düzeyde olacaktır. Dış müşteri açısından bakıldığında, projeden beklentileri memnuniyeti artırıcı işlemler olacaktır ve bu grubun da proje etkisi yüksek düzeyde olacaktır. İç müşteriler, yöneticiler, tedarikçiler, işletme dışındaki kurumlar (yasal/idari) ve çalışanlar da birer paydaştır ve her birinin projedeki yeri, önemi ve projeye olası etkileri ölçülebilir hale getirilmelidir.

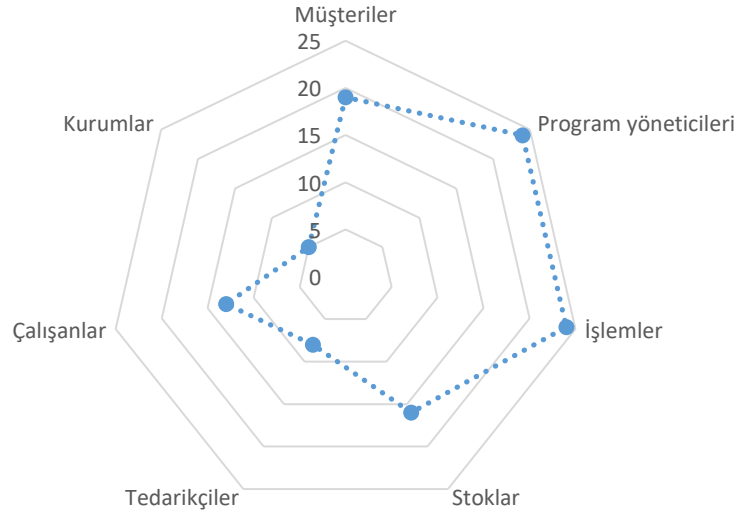
Tablo 22 üzerinde matris şeklinde bir paydaş analizi formu gösterilmektedir. Paydaşlar ilk sütunda yer alırken, paydaşların proje ile ilgileri ve proje üzerindeki etkilerine göre bir matris oluşturulabilir.

¹⁹³ Kubiak, a.g.e., s.78.

Tablo 22 Paydaş Analizi¹⁹⁴

Paydaşlar	Proje ile ilişkileri Hangi Düzeyde?	Projeden ne düzeyde etkilenirler?	Projeyi ne düzeyde etkilerler?	Paydaşlar Üzerindeki etkisin üst düzeye çıkarılabilir mi?	Paydaşlar Üzerindeki etkisin alt düzeye indirilebilir mi?	Toplam
Müşteriler	5	5	2	2	5	19
Program yöneticileri	4	5	5	5	5	24
İşlemler	4	5	5	5	5	24
Stoklar	3	2	3	4	4	16
Tedarikçiler	1	1	2	2	2	8
Çalışanlar	3	2	2	3	3	13
Kurumlar	1	1	1	0	2	5

Paydaş analizinde paydaşların proje üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkisini değerlendirmek amacı ile her bir değerlendirme kistasına 1 ile 5 arasında puan verilir. Verilen puanlara göre hangi paydaşın projedeki etkisi daha fazla olduğu tespit edilir. Tablo 21 üzerindeki veriler kullanılarak, paydaşların etkisi şekil 31 üzerinde radar grafiğinde gösterilmektedir.



Şekil 31 Paydaşların Etkisi

¹⁹⁴ Issa Bass ve Barbara Lawton, "Lean Six Sigma: Using Six SigmaXL and Minitab", U.S.A., McGraw-Hill, 2009, s.39.

Paydaş analizinin en önemli çıktıları, YAS projesinde yer alan ve sonradan projenin uygulanmaya konulması aşamalarında sorun çıkartabilecek görüşleri, kişileri, kurumları başlangıç aşamasında yönetmek ve elimine etmektir.

2.3. ÖLÇÜM AŞAMASI

DMAIC döngüsünün ikinci aşaması, ölçüm aşamasıdır. Aynı zamanda YAS projesinin de ikinci aşamasıdır. Basit bir şekilde amacı, süreç için çok önemli olarak tanımlanan faktörlerin sürece etkisini ölçmektir. Süreçlerin performans ölçülerini belirlemek ve hedefleri oluşturmaktır. Sürecin girdilerinin tanımlanması ve çıktıları nasıl etkiyeceği bu aşamada gösterilmektedir¹⁹⁵.

Bu aşamada projede fırsatları ön plana çıkarmak amacı ile mevcut performans ile ilgili veri toplamak için teknikler kullanılmakta ve bunları izleyen iyileştirmeleri takip etmek için kullanacak bir yapı oluşturulmaktadır. Proje ekibi, bu aşamada veri tipini ve veri toplama tekniklerini belirleyecek bir plana sahip olacaktır. Bu teknikler ile kabul edilmiş bir ölçüm sistemi doğruluğu ve tutarlılığı sağlanacak, analiz için yeterli örneklem sağlanacak, projeyi yönlendirecek analiz sonuçlarının taslağı hazırlanacak ve mevcut performans için referans ölçüm oluşturulacaktır. Bu aşamanın odaklandığı konular aşağıda gösterilmektedir¹⁹⁶:

- Doğru bir veri toplama planı geliştirmek
- Anahtar girdi değişkenlerini tanımlamak
- Pareto, histogram ve run diyagramları kullanarak varyasyonu göstermek
- Süreç yeterliliği ve sürecin Sigma düzeyini göstererek referans alınacak ölçütler geliştirmek

Bu aşamada yedi adım izlenmelidir¹⁹⁷:

- Ölçümü ve varyasyonu tanımlamak
- Veri tipini belirlemek
- Veri toplama planı geliştirmek
- Veri toplamaya yürütmek

¹⁹⁵ Ehrlich, a.g.e., s. 75.

¹⁹⁶ Stamatis, a.g.e., s.41.

¹⁹⁷ Stamatis a.g.e., s.41.

- Grafik analizleri gerçekleştirmek
- Temel analizleri yürütmek

Ölçüm aşaması, projede mevcut durum hakkında ölçülebilir verilerin toplanma noktasıdır. Genel olarak kabul edilen ölçüm formları finansaldır. Ölçüm aşaması, DMAIC döngüsünde kritik bir yere sahiptir. Bu aşamada, pratik problemler, matematiksel modele dönüştürülmektedir. Ölçüm aşamasında, ölçüm için gerekli olan unsurlar tanımlanmakta ve ölçüm için bir yapı oluşturulmaktadır. Bu yapıda varyasyonun türleri ve nedenleri ile birlikte ölçülmekte, iyi bir ölçüm için kriterler oluşturulmakta ve toplanan farklı verilerin farklı ve önemli özellikleri belirlenmektedir¹⁹⁸. Ölçüm aşamasında öncelikli olarak veri toplanmakta ve problemler sayısal ifadelerle dönüştürülmektedir. Kalite için kritik faktörlerin müşteri beklentilerini kaç kez karşılayamadığı ve bu konuda başarılı olup olmadığı ölçülmektedir¹⁹⁹.

Ölçüm genel yapı itibari ile zor ve zaman alıcı bir aşamadır. Ancak, sürece etki eden unsurların ilkinde doğru ve gerektiği gibi ölçümünü yapılması, YAS projesinin ilerleyen adımlarında başarısız olma olasılığını azaltacak ve iyileştirme olasılığını artıracaktır²⁰⁰.

Bu aşama, işletmenin kârını etkileyen süreç göstergelerini karmaşıklık, nedensellik ve iletişim gibi üç farklı boyutta konumlandırmaktadır²⁰¹:

- **Karmaşıklık:** Ölçüm nasıl basit ve pratik bir şekilde yapılacağı araştırılmalıdır. Sürecin bir kısmı, tamamı ya da işletmenin tümünü kapsayan göstergelerin geliştirilmesi ve ölçümünü basitleştirecek bir yapı oluşturulmalıdır.
- **Nedensellik:** Etkin işletme performansı geliştirmenin önündeki temel sorunlar, yukarı akışların tanımlanması ve doğrulanması ve hedeflenen aşağıya doğru akışların göstergeleri ile güçlü ilişki içinde olan nedensel göstergeler geliştirmektir. Bazı neden-sonuç ilişkileri çok belirgin, bazıları ise, belirgin değildir.
- **İletişim:** Ölçüm aşamasında mevcut durumu yansıtan verilerin zamanlı olarak elde edilmesi için iletişimin güçlü ve karşılıklı olması gereklidir. Verileri

¹⁹⁸ Stamatis, a.g.e., s.41.

¹⁹⁹ Shankar, Rama. "Process Improvement Using Six Sigma : A DMAIC Guide", Milwaukee, WI, USA: ASQ Quality Press, 2009, s.11.

²⁰⁰ Gygi vd., a.g.e., s.85.

²⁰¹ Bremer vd., a.g.e., s.98.

toplayan ve verileri oluşturan taraflar arasındaki iletişim sayesinde doğru verinin doğru yerden ve zamanlı olarak alınmasını sağlanacaktır.

Ölçüm aşamasında, işletmenin nerede olduğu diğer bir ifade ile mevcut durumu belirlenir. YAS projesinde, proje beyanında yer alan düşünceler ve amaçlar ölçüm aşamasında yapılandırılmış bir değerlendirme sürecine dönüştürülmektedir. Bu aşamada, proje kapsamında kalite iyileştirmelerinin temel opsiyonları geliştirilmektedir²⁰². Bu aşamada, karar vermekte ve analizlerde kullanılacak doğru bir veri ölçüm sistemi oluşturulmaktadır. İşletmelerin YAS projesinde kararlarını doğru vermek ve sonraki aşamalarda kullanılabilir bilgi üretmek için iyi bir ölçüm sistemlerine ihtiyaçları olacaktır ki ölçüm aşamasında bu sistem oluşturulmaktadır. Ölçüm aşamasında proje kapsamında yapılması gerekenler iki ana başlık altında toplanabilir²⁰³:

- Ölçüm sisteminin doğruluğunu incelemek (rakamların gerçeği yansıtıp yansıtmadığını belirlemek)
- Yeni veri toplamak

Ölçüm aşamasının amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Müşteri ihtiyaçları ve beklentilerini karşılamak için gerek duyulan özelliklere ilişkin veri toplamak
- Ölçümlerin doğruluğunu sağlamak ve bundan emin olmak
- Tanımlama aşamasında tanımlanan problemleri sayısal olarak ifade etmek
- Temel çıktı ölçümlerini betimsel istatistik ile analiz etme ve belirli özelliklerini tanımlamak.

Bu aşamada aşağıdaki araçlar ve yöntemler kullanılabilir²⁰⁴:

- Operasyonel tanımlama
- Veri toplama planı
- Veri kaynağı ve türleri
- Örneklem stratejisi ve formülü
- Veri toplama formları

²⁰² Basu, a.g.e., s. 64.

²⁰³ Brue, a.g.e., s.107.

²⁰⁴ Lunau vd., a.g.e., s.

- Ölçüm sistem analizi
- Gage R&R verileri
- Varyasyon
- Grafikler ve diyagramlar
- Lokasyon ve yayılma parametreleri
- Süreç yeterliliğinin hesaplanması

2.3.1. Veri Toplamaya Hazırlık Çalışmaları

2.3.1.1. Operasyonel Tanımlama

Ölçülecek Y değerinin tanımlanması gerekmektedir. Aksi halde veri toplama ve ölçümün ne amaçlı yapılacağı belirlenemeyecektir. Yanlış, hatalı ve yetersiz yapılan tanımlamalar sonucunda veriler de yanlış, hatalı ve yetersiz toplanacak belki de sorunun türü ile toplanan veri eşleşmeyecektir. Bu tür hatalar, YAS projesinin tamamlanma sürecini uzatacak ve belki de başarısız olmasına neden olacaktır.

Operasyonel tanımlama, basit ve projedeki her kes tarafından anlaşılabilir bir diller yazılmalıdır. Tanımlamanın kapsamında kullanılacak ifadeler, ölçümün de kapsamını belirleyecektir. Nedeni, ölçümün, tanımı yapılan Y ile ilgili gerçekleştirilecek olmasıdır.

2.3.1.2. Veri Toplama Planı

Verilerin nasıl, ne zaman ve kimler için toplanacağı bir plana bağlanmalıdır. Doğru ve yeterli verilerin doğru zamanda nereden, nasıl, kimler tarafından ve kimler için toplanacağı belirlenmelidir. Planın amacı, verilerin toplandığından emin olmak ve verilerin geçerli ve yeterli olarak toplanmasını sağlamaktır. Veri toplama planı oluşturmak için aşağıdaki adımlar izlenmelidir²⁰⁵:

- Çıktı verileri (büyük Y) listelenir ve ayrıntılandırılır (küçük Y'ler)
- Her bir Y için operasyonel tanımlamalar yapılır
- İhtiyaç duyulan verilerin elde edileceği kaynaklar belirlenir
- Örneklem büyüklüğünün belirlenmelidir. Örneklemin pratikliği ve maliyeti, ana kütleyi temsili ve ana kütlenin değişkenliği dikkate alınır

²⁰⁵ Bremer vd., a.g.e., s.118.

- Destek unsurları belirlenmelidir. Verileri kimin, ne zaman ve nasıl toplayacağı belirlenmelidir
- Aynı zamanda X'ler ile ilgili veri toplanmalıdır. Bu konuda neden-sonuç ve matrisleri ve diyagramları kullanılabilir.
- Veriler ile neler yapılacağı belirlenmelidir. Grafik ve diyagramlar kullanılarak verilere ilişkin analiz yapılmalıdır.

Şekil 32 üzerinde bir veri toplama planı örnek olarak verilmektedir.

Y Ölçüsü	Operasyonel Tanım	Veri Kaynağı ve Yeri	Örnekleme Büyüklüğü	Veriyi Kim Toplayacak	Veri Toplama Zamanı ve Sıklığı	Veri Nasıl Toplanacak	Aynı Zamanda Toplanacak X Verileri
Çevrim Zamanı	Siparişin üretime alınması ve üretimin tamamlanarak mamul ambarına alınması arasındaki zaman	IT sistemi	300	Süreç sorumlusu	Her ayın ilk üç haftası	IT raporlarına göre toplanacak	Müşteri türü, veri toplanan günler, bekleme zamanları, yediden işleme alma, hazırlık, taşıma süreleri
Veriler nasıl kullanılacak?				Veriler nasıl gösterilecek?			
<i>Büyük X'ler veya küçük Y'lerin tanımlanması</i>				<i>Histogram</i>			
<i>Eğer veri normal olarak dağılım gösteriyorsa tanımlanması</i>				<i>Kontrol diyagramları</i>			
<i>Varyasyonun tanımlanması</i>				<i>Serpilme diyagramları</i>			

Şekil 32. Veri Toplama Planı Örneği²⁰⁶

Şekil 17 üzerinde gösterildiği gibi, çevrim zamanı Y ölçüsü olarak ele alındığında, sırası ile şu işlemler yapılmalıdır: (1) Operasyonel tanım, (2) Veri elde edilecek kaynak ve yerinin (3) Örnekleme büyüklüğünün (4) Veriyi kimin toplayacağını (5) Verilerin toplanma sıklığı ve zamanının (6) Verilerin nasıl toplanacağını ve (7) Aynı anda ne tür X verilerinin toplanacağı belirlenmelidir.

Veri toplama planına sadece içinde içerik yazan bir tablo gözü ile bakılmamalıdır. Sadece kapsam değil aynı zamanda verilerin güvenilirliği, erişilebilirliği ve sunumu da içermektedir. Veri toplama planının sadece bu başlık altında yani ölçümün gereklerini karşılamak için düzenlenemez. Aynı zamanda, sonraki adımlarda bu verilerin kullanıldığı yerleri ve aşamaları da etkileyeceği düşünüldüğünde ne kadar gerekli ve önemli olduğu görülmektedir.

²⁰⁶ McCarty vd., a.g.e., s.380.

Veriler, işletmenin var olan yazılım veri bankasından elde edilebilir. Verileri farklı kişilerin toplaması söz konusu olduğu durumlarda, toplanan verilerde farklılık olmaması ev standart tip veriler elde edilebilmesi için veri toplama formları kullanılmalıdır.

2.3.1.3. Veri Toplama Formları

Manuel veri toplamak için, YAS proje takımı, veri toplama ihtiyaçlarını karşılamak için bu formu kullanır. Bu tablonun formatı basit, anlaşılabilir ve veri toplamadaki hataları azaltmaya yönelik olmalıdır. Proje takımı zaman hakkında veri toplarken süreçteki insanlar verilerin nasıl toplanacağı hakkında bilgi sahibi olmalıdırlar. Proje takımı, veri toplamaya ne kadar yakınsa çözüme de o kadar yakın olmaktadır.

2.3.2. Veri Toplama

Verilerin toplanması kolay bir süreç değildir. Güvenilir, kullanılabilir, karşılatılabilir ve zamanlı verilerin toplanması, ölçüm açısından önemlidir. Verilerin kaynağı ve türlerinin sınıflandırılmasından sonra verilerin ana kütle ve örneklem olarak nasıl kullanılacağı belirlenmesi gerekmektedir. Neden verilere ihtiyaç vardır sorusuna aşağıdaki iki madde ile cevap verilebilir²⁰⁷:

- Müşterinin ürün veya hizmet gereksinimleri karşısında süreçlerin mevcut performansı belirlemek için
- Süreçlerde ve süreçler arasında güçlü ve zayıf yönleri tanımlayan veriden türetilmiş değerli ölçüler

2.3.2.1. Veri Türleri ve Kaynakları

Veri, YAS projesinde belirlenen problemlerin çözümü için kullanılacak değerlerin genel adı olarak tanımlanabilir. Veriler, farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Veriler, değişken sayılarına göre, ölçüm türlerine göre ve kayır türlerine göre farklı şekilde sınıflandırılmaktadır²⁰⁸:

- Değişken sayısına göre veriler;
 - *Tek değişkenli veriler*

²⁰⁷ Peter S. Pande, Rober P. Neuman ve Roland R. Cavanagh, *Six Sigma Yolu, GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri*, (Çev., Nafiz Güder-Güneş Tokcan), İstanbul, Klan Yayınları, 2012, s.238.

²⁰⁸ Necmi Gürsakar, *"Betimsel İstatistik"*, Dora Yayınevi, 6. Baskı, 2012, Bursa, s.53.

- İki değişkenli veriler
- Çok değişkenli veriler
- Ölçüm türüne göre veriler;
 - Nicel veriler
 - Kesikli veriler
 - Sürekli veriler
 - Nitel veriler
 - Sınıflayıcı veriler
 - Sıralayıcı veriler
- Kayıt türlerine göre veriler;
 - Kesit veriler
 - Zaman serisi verileri
 - Panel veriler

Veriler, genel olarak *değişken* ve *özellik* olarak iki gruba ayrılmaktadır. Değişken veriler genelde ölçülebilen ve genelde sayılar ile ifade edilen verilerdir. Üretimden alınan bir parçanın çapının ölçülmesi ve milimetre cinsinden ifade edilmesi, değişken veriye örnek olarak verilebilir. Özellik verileri ise, uygun veya uygun değil, kusurlu veya kusurlu değil şeklinde ifade edilen verilerdir. Genelde gözlem yoluyla belirlenen veriler, özellik grubuna girer²⁰⁹.

Değişken veriler kesikli veya sürekli olabilir. Sürekli değişkenlerde iki değer arasında sonsuza kadar değer oluşabilir. Örneğin, bir parçanın çapının farklı ölçümlerde değerinin 12,10 mm, 12,112 mm veya 12,11235 mm şeklinde ifade edilmesi gibi. Sürekli verilere, ağırlık, zaman, yükseklik, derinlik ve uzunluk örnek olarak verilebilir. Diğer taraftan kesikli değişkenlerde böyle bir durum söz konusu değildir. Bir mekanizmayı monte eden civataların sayısı (4- 6) kesikli değişkene örnek olarak verilebilir²¹⁰. Kesikli bir veri, sürekli kriterine uymayan her şeydir. Kesikli veri türlerine eğitim düzeyi (lise, lisans, lisans üstü); araç tipi, binek, ticari ve kamyon gibi, işleme konulmuş sipariş sayısı, kredi kartı sayısı gibi örnek olarak verilebilir.

²⁰⁹ Mustafa Akkurt, "Kalite Kontrol, Excel Destekli", İstanbul, Birsan Yayınevi, 2002, s.21.

²¹⁰ Akkurt, a.g.e., s.21

Kesikli veriler, özellikle yüzdeye çevrilmiş hesap veya nitelikler aldatıcı bir biçimde sürekli veri olarak görünebilirler. Örneğin, cinsiyet kesikli bir veridir, erkek ya da kadın. Cinsiyet ile ilgili bir veriyi alır ve grubun %70,566'sı kadın olduğu söylenirse bu oran ölçümü sürekli kılmaz, kaynak henüz kesiklidir. Dereceli araştırmalar da sürekli gözükabilir ancak, onlar da gerçekte kesiklidir²¹¹.

Güvenilir olmaları için sürekli veriler genelde kesikli verilere dönüştürülür. Örneğin, varış saatleri, gün ve dakika yerine “zamanında” veya “gecikmeli” olarak kaydedilir.

Ölçüm sırasında hatalı ürünlerin sayımı yapılırken, hatalı ürün sayısı 9 veya 10 olur, 10,5 olmaz ki bu veri tipi kesikli ve özellik veri tipidir. Veri türlerinin tanımlanması ve sınıflandırılması, en uygun verilerin elde edilmesine imkân sağlayacaktır. YAS projesinde veri türünün seçiminde aşağıdaki süreç izlenebilir²¹²:

- Verilerin sürekli mi kesikli mi olduğunun tespit edilir, hangi verileri hangi grafik ve şekillerde nasıl gösterileceğini ve analiz edileceği belirlenmektedir. (Örneğin, örneklem büyüklüğü, farklı şekilde hesaplanır, pasta diyagramları sadece kesikli verilerde kullanılabilir)
- Kesikli (nominal) veri yerine sürekli (metrik) verileri kullanmak avantajlıdır. Sürekli veriler daha doğrudur ve daha iyi veril elde edilmesini sağlar. Sürekli veriler, ortalama değer, standart sapma değerlerinin ölçülmesini sağlar. Kesikli veriler ile bu ölçümler yapılamaz.
- Birçok durumda kesikli metrik veriler, sürekli veri gibi kabul edilebilir.

Şekil 33 üzerinde veri türleri gösterilmektedir.

²¹¹ Pande vd, a.g.e., s.240.

²¹² Lunau vd., a.g.e., s.63.

	Metrik		Nominal	
Kesikli	Sıralı ve/veya sıraya göre ölçekli Örneğin; yaş, okul, kalite türleri	Sayı Örneğin; Rakamlar	İki değişkenli Örneğin; Erkek/kadın, yaş/cinsiyet	Kategoriler ya da nominal değerler Örneğin; renk, politik parti, telefon numarası
Sürekli	Sıralayıcı Örneğin; ısı, nem, yükseklik, genişlik, zaman		Sınıflandırma yok	

Şekil 33 Veri Türleri

Veri türlerini belirledikten sonra bu verilerin nerden ve hangi kaynaklardan bulunacağı belirlenmelidir. Akla ilk gelen veri kaynağı, işlemenin IT veri tabanı, muhasebe bilgi sistemi, müşteriler ve tedarikçilerin takip sistemleri, üretim iş emirleri vb. gibi kaynaklardır. Veri kaynakları, birincil ve ikincil veri kaynağı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Birincil veri kaynaklarında toplanan veriler bilinen ve kontrol altında bulunan ortamdaki elde edilir. Kontrol burada, tüm özel varyasyonların süreçten çok ayrı olduğunu gösteren bir durumu ifade etmektedir. Diğer taraftan, ikincil veriler ise, doğrudan YAS proje ekibi tarafından toplanmaz. Bu tür veriler, geçmiş dönem verilerinden ve işletme dışı kaynaklardan elde edilir. Tablo 23 üzerinde veri kaynaklarının türü ile güçlü ve zayıf yönleri gösterilmektedir²¹³.

Kesikli verilerin avantajları ve dezavantajları aşağıdaki gibi ifade edilebilir²¹⁴:

Avantajları:

- En belirgin avantajı, pek çok etkenin sadece kesikli veya niteliksel özellikli veriyle tanımlanamıyor olmasıdır. Bu konuda özellikle bölge (şehir, semt, mahalle), müşteri tipi (yeni veya eski), ürün sayısı (hasar görmemiş oranla hasarlı sayısı) gibi örnekler verilebilir.

²¹³ Frigo, a.g.e., s276.

²¹⁴ Pande vd, a.g.e., ss.241-243.

- Sonsuz olmayan etkenler, genellikle ölçülebilir kesikli özelliklere dönüştürülebilirler. Örneğin, müşterilerin bakış açısını ve memnuniyetini ölçmek için araştırmacılar genellikle, gerçekte de kesikli bir ölçü olan “değerlendirme cetveli” kullanırlar. Müşterilere sorulan sorulara evet, hayır, emin değilim şeklindeki olası verilen cevaplar, kesikli sınıflandırmalardır.
- Genellikle, kesikli gözlem verilerini ele geçirmek daha hızlı ve kolaydır. Bir şeyin olur olmadığını kaydetmek, bunu bir cetvel üzerinde ölçmekten daha çabuk ve daha az yorucudur.

Zayıf yönleri:

- Doğru bilgi edinmek için kesikli veriler hakkında daha fazla gözlem yapılması gerekir. Performans ne kadar mükemmel yaklaşırsa, hatalar da o kadar çok azalacağı için doğru veriyi elde etmek için daha fazla birim toplanması gerekir.
- Kesikli veriler, önemli bilgileri de ört bas edebilir.
- Sürekli veriler ile kesikli verilere oranla çok daha yararlı olabilecek analiz biçimleri uygulanabilir.

Veriler, tarihi, deneysel ve operasyonel kaynaklı olabilmektedir. Tarihi veriler, gerçekleşmiş olaylardan ve bunların izlendiği veri tabanlarından elde edilebilir. Bir işletmenin geçmiş günlerde gerçekleşen işlemlere muhasebe kayıtları, üretim süreleri, ürün türleri, müşteriler vb. gibi ait verileri tarihi veri kaynakları arasındadır. Bu veriler, birincil ve ikincil olarak sınıflandırılabilir. Kendilerine ait güçlü ve zayıf yönleri tablo 23 üzerinde gösterilmektedir. Ayrıca, deneysel veriler de elde edilebilir ki diğer veri kaynaklarına göre daha pahalı ve zaman alıcı bir veri elde eme türüdür. Ayrıntılı planlama ve analiz gerektirmektedir. Operasyonel veri kaynakları da işletmenin günlük faaliyetlerinden veriler elde edilmesini işaret etmektedir. Düşük maliyetli ve örneklem hacmini artırmaya yönelik işlemler ile veriler toplanabilir. Ancak verilerin çarpıtılması da bu veri kaynaklarının en zayıf yönüdür.

Tablo 23 Veri Kaynaklarının Türleri ve Özellikleri

Veri Kaynakları		Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
Tarihi	Birincil	Bilinen yapı, test süreçleri ve koşullar	Yapılandırma ve test koşulları için uygun olmayabilir.
	İkincil	kamudan ve üreticilerin veri tabanlarından düşük maliyet ile kolay ulaşılabilme	Bilinmeyen yapılanma, test koşulları ve ve süreçleri
Deneysel	Birincil	Tasarım kontrolü ve deneysel tecrübe	Daha ayrıntılı planlama ve analiz gerektirmektedir
	İkincil	Plan yapmaya ve deneysen işlemlere gerek yok	Tasarım kontrolü ve deneysel tecrübe gerekmez
Operasyonel	Birincil	Fiili çalışma koşullarından veriler toplanmaktadır	Veri toplama sorunlu ve veriler bozulmuştur
	İkincil	Düşük maliyet ve örneklem hacminin artması	Bilinmeyen yapılanma, test koşulları ve ve süreçleri

2.3.2.2. Örneklem Stratejisi ve Formülü

Verilerin toplandığı olay, işlem, faaliyet, kurum birim olarak ifade edilmektedir. Verilerin toplandığı ve tüm birimlerden oluşan küme ana kütle veya küme denir. Ana kütlede verilerin tamamının toplanması mümkün değildir. Bu tür veri toplamaya tam sayım denir ki, çok pahalı, zaman alıcı ve süreci uzatıcı bir işlemdir. Ana kütlede veri toplamak yerine, ana kütle temsil edecek bir alt küme kullanılır ki bu alt küme örneklem; örneklem alma işlemine de örneklem denir.

Örneklem, ana kütlede alınan bir alt kümedir ve ana kütle temsil etmesi gerekmektedir. Ana kütle göre daha küçük birimlerden oluşmaktadır. Tam sayıma göre daha az zaman alıcı ve daha düşük maliyetlidir.

Örneklem, ana kütlede veri toplayarak projede tanımlanan sorunun matematiksel ifadesini oluşturmak açısından önemli bir işlemdir. Ekonomik faktörler, zaman, ana kütlede büyüklüğü, kısmen ulaşılamayan ana kütle ve süreçler, gözlem

yapmanın yıkıcı yapısı ve doğruluk örnekleme için arka planında yatan temel nedenler olarak sıralanabilir. Örnekleme yapılırken aşağıdaki soruların sorulması gerekmektedir²¹⁵:

- Verilerde doğal bir gruplanma var mı? Gruplanma var ise, her bir gruptan nasıl örneklem alınacaktır?
- En iyi örneklem ne zaman alınır?
- Hangi sıklıkla örneklem alınmalıdır?
- Örneklem alınacak en uygun yer neresidir?

Örnekleme için çok etkin ve amaca uygun yapılabilmesi için örneklem seçme türü ve ilkelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tablo 24 üzerinde örnekleme için nasıl etkin bir şekilde yapılacağı ile ilgili olarak örneklem seçme türü ve ilkelerini esas alarak bir sınıflandırma yapılmaktadır.

²¹⁵ Lynne Hambleton, “*Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools & Best Practices : A Desk Reference Book for Innovation And Growth*”, U.S.A., Prentice Hall, 2008, ss.618-620.

Tablo 24 Örneklem Seçim İlkeleri ve Türleri²¹⁶

		Seçim İlkeleri	
		Rassal Seçim	Rassal Olmayan Seçim
Seçim Türü	<p>Basit Seçim Btüm birimler teasdüfi olarak seçilir <i>Avantajı:</i> Ana kütleyle ait bilgiye ihtiyaç duyulmaz <i>Dezavantajı:</i> Olduça çaba gerektirir ve maliyetlidir</p>	<p>Kota Süreci Kotaların oluşturulması. Örneğin, kaza nedeni ile hasar. <i>Uygulama:</i> Sadece özel verilere ihtiyaç duyulduğundan kullanılır.</p>	
	<p>Küme Oluşturma Süreci Ana kütle mantıklı kümeler ayrıştırılır ve bunkardan biri seçilir <i>Avantajı:</i> Düşük maliyetlidir <i>Dezavantajı:</i> Veriler kaybolabilir</p>	<p>Odaklanma Süreci Yalnızca ana kütlelerin bir kısmı incelenir. Örneğin, kaza nedeni ile hasar. <i>Uygulama:</i> Sadece özel verilere ihtiyaç duyulduğundan kullanılır.</p>	
	<p>Tabaka Seçimi Ana kütle belirlenen kritere göre tabakalanır. Daha sonra her bir hareket değişiminden sonra temsili örneklem seçilir. <i>Avantajı:</i> Daha küçük örnekler <i>Dezavantajı:</i> Anakütle hakkında veri hali hazırda mevcuttur.</p>	<p>Rastgele Seçim Elde edilmesi kolay olan verilerin toplanması <i>Uygulama:</i> İlk izlenimde verilerin hızlıca toplanması gerektiren durumda</p>	

Örneklem seçimi bir stratejidir ve plan dâhilinde aşağıdaki adımları izleyerek gerçekleştirilmelidir:

- Seçim için bir esas oluşturulması. Neyin seçileceğinin belirlenir. Bu temsili olmalıdır.
- Seçim ilkesini ve türü belirlenir.
- Rassal seçim için teknik seçilmelidir. İki alternatif vardır: (1) Sistematiik seçim ve (2) Rassal sayılar arasından seçim
- Örneklem büyüklüğü belirlenirken şunlar dikkate alınmalıdır:

²¹⁶ Lunau vd a.g.e., s.66.

- Büyük örneklem daha iyidir
- Ulaşılabiliriyorsa tüm verilerden örneklem seçilir
- Eğer yeni veri gerekli ise, maliyetler ve ölçümün doğruluğu hemen akıldan belirlenir

Pratik kural: Örneklem en az 30-40 sürekli ve 100 kesikli birimden oluşmalı, bunlardan en azından 5 tanesi de hatalı birim olmalıdır.

- İstatistiki analiz sonuçları, örneklem büyük olmasının zorunlu olduğunu göstermektedir. Güven aralıkları dikkate alınarak oluşturulan aşağıdaki formüller geçerliliğini korumaktadır:

$$\text{Kesikli Veri İçin } n = \left[\left(\frac{z}{\Delta} \right)^2 * p(1 - p) \right]$$

$$\text{Sürekli Veri İçin } n = \left[\left(\frac{z * s}{\Delta} \right)^2 \right]$$

- Δ simgesi, aralık genişliğinin yarısıdır ve +/- Δ ölçülen durumun güvenilirliğini ifade etmektedir.
- z, standart normal dağılım sıklık derecesidir. z, %95 güven aralığı için 1,96 ve %99 güven aralığı için de 2,575 olarak tanımlanır.
- s, ilk örneklemde alınan tahmini standart sapmayı temsil etmektedir.
- p, hatalı parça/lot olma olasılığı. Eğer olasılık değeri bilinmiyorsa, p, 0,05 olarak kullanılır.
- n, ihtiyaç duyulan örneklem sayısıdır.

Döküm işi yapan bir üretim işletmesinde, dökümü yapılan kalıplardan çıkması ve soğuma süresi araştırılmak istenmektedir. Soğuma sürelerinin ± 30 dk. zamanı doğrulanmak istenmektedir. Soğuma zamanının standart sapması ise, 2 saattir. Sürekli verinin olduğu bu durumda örneklem sayısı

$$n = \left[\left(\frac{1,96 * 2}{0,5} \right)^2 \right] = 61,46 = 62$$

Hatalı üretim oranının %10 ($p=0,1$) olarak tahmin edildiği bir üretim işletmesinde \pm %5 doğruluk oranında örneklem sayısı, 138 olarak hesaplanacaktır.

$$n = \left[\left(\frac{1,96}{0,05} \right)^2 * 0,1 * (1 - 0,1) \right] = 138$$

2.3.3. Lokasyon ve Dağılım Parametreleri

2.3.3.1. Betimsel İstatistik

İstatistik ile örnek hakkında bilgi toplanmakta ve daha sonra örneğe ilişkin sonuçlar çıkarılmaktadır. Örnek hakkında bilgi toplanarak yapılan analiz, betimsel istatistik; örnek hakkında sonuç çıkarmak için yapılan analiz ise, çıkarımsal istatistik olarak ifade edilmektedir. Tanımlayıcı istatistik ile mevcut duruma ilişkin analiz yapılmaktadır. Çıkarımsal istatistikte ise, mevcut durumun ne olduğu tahmin edilmeye çalışılır²¹⁷.

Tanımlayıcı istatistikte sayısal yöntemler ve grafiksel yöntemler gibi iki temel yöntem kullanılmaktadır. Verilere ilişkin merkezi eğilim ölçüleri (ortalama, mod ve medyan) ve ortalamadan sapma ölçüleri (varyans ve standart sapma) gibi sayısal yöntemler ile duruma ilişkin tanımlamalar yapılmaktadır. Grafiksel yöntemler ile de duruma ilişkin yapılan tanımlamalar grafikler aracılığı ile gösterilmektedir. Betimsel istatistik kapsamında mevcut duruma ilişkin analiz yapılırken belirli sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Amaç, ana kütle hakkında yorum ve analiz yapabilmek için örnekleme üzerinde analiz yaparak tahminler yapmayı sağlamaktır²¹⁸.

2.3.3.2. Merkezi Eğilim Ölçüleri

Bazı değişkenlerin genel büyüklüğünü tanımlamaya çalıştığımızda bazı merkezi eğilim ölçülerinden faydalanırız. Merkezi eğilim ölçüleri arasında ortalama, mod ve medyan yer almaktadır.

İstatistikte bir seriyi temsil etmeye yarayan tek rakama **ortalama** denilmektedir. **Ortalama**, bir seriyi temsil eden, özetleyen ve kıyaslama yapmaya sağlayan bir rakam olduğu için gözlem sonuçlarının hangi nokta etrafında toplanmış olduğunu da gösterecektir. İstatistikte en çok kullanılan ve en çok bilinen ortalama türü, aritmetik ortalamadır. Aritmetik ortalama, bir seride yer alan değerlerinin toplam tutarının ($\sum X_i$) veri sayısına (n) bölünmesi ile hesaplanır:

²¹⁷ Gürsakal, agk., s.11-12.

²¹⁸ Gürsakal, agk., s.11-12.

$$\bar{X}_i = \frac{\sum X_i}{n}$$

Bir otomotiv firmasının dönemler itibari ile satış hâsılatları tablo 25 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 25. Aylar İtibari İle Toplam Satışlar

Aylar	Satışlar	Aylar	Satışlar
1	123	13	118
2	139	14	152
3	181	15	158
4	118	16	116
5	237	17	175
6	210	18	174
7	147	19	177
8	108	20	184
9	183	21	228
10	169	22	185
11	166	23	184
12	198	24	199

İşletmenin 24 aya ilişkin satışlarının toplam tutarı, aşağıdaki tablo 26 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 26. Ortalama ve Ortalamadan Sapma

n	\bar{x}	$x - x_i$	n	\bar{x}	$x - x_i$
1	123	-44,88	13	118	-49,88
2	139	-28,88	14	152	-15,88
3	181	13,13	15	158	-9,88
4	118	-49,88	16	116	-51,88
5	237	69,13	17	175	7,13
6	210	42,13	18	174	6,13
7	147	-20,88	19	177	9,13
8	108	-59,88	20	184	16,13
9	183	15,13	21	228	60,13
10	169	1,13	22	185	17,13
11	166	-1,88	23	184	16,13
12	198	30,13	24	199	31,13
			n=24	4.029	0

$$\bar{X}_i = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{4.029}{24} = 167,88$$

Serinin ortalaması, 167,88 TL'dir. Bu rakam, seri içinde yer alan en küçük değerden ile en yüksek değer arasındadır. Alt sınırı, en küçük değer; üst sınırı ise en büyük değerdir. Aritmetik ortalamanın önemli bir özelliği, ana kütleyle ilişkin yapılacak tahminlerde en

güvenilir ortalama türü olmasıdır. Ayrıca, aritmetik ortalama, ortalamadan sapmaların toplamının sıfıra eşit olmasıdır.

Mod, bir veri setinde en çok ortaya çıkan, en çok tekrarlanan veya en yüksek frekansa sahip olan değere mod denilmektedir. Ortalamalar, verilerdeki değişmelere karşı duyarlıdır. Örneğimizdeki işletmede 24 ay içinde en çok tekrarlanan satış tutarı, 184 olup, serinin tepe değeridir.

Medyan, bir veri setinde tam ortada yer alan değer olup, sıralanmış seriyi iki eşit parçaya ayırmaktadır. Seride, veri sayısı tek rakam ise, serinin medyanı, $(n+1) / 2$ ' e denk gelen verinin rakamıdır. Veri sayısı çift ise, ortada yer alan iki verinin aritmetik ortalaması alınır. Anlaşılması kolay olup gözlemlerin değerlerinden değil sayısından etkilenmektedir. Tahminler için ortalama göre daha az güvenilirdir. Örneğimizde gözlem sayısı 24 olup medyan $(24+1) / 2 = 12,5$. gözleme isabet eden değerdir. 12,5. değer olmadığı için 12 ve 13. gözlemlerin ortalaması, serinin medyanıdır. Seride yer alan veriler, küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır (tablo 27). Serinin medyanı, 12 ve 13. gözlemlerin ortalaması, $(174+175) / 2 = 174,5$ ' dir.

Tablo 27. Satışların Medyanı

Gözlem	Aylar	Satışlar	Gözlem	Aylar	Satışlar
1	8	108	14	19	177
2	16	116	15	3	181
3	4	118	16	9	183
4	13	118	17	20	184
5	1	123	18	23	184
6	2	139	19	22	185
7	7	147	20	12	198
8	14	152	21	24	199
9	15	158	22	6	210
10	11	166	23	21	228
11	10	169	24	5	237
12	18	174			
13	17	175			

2.3.3.3. Ortalamadan Sapma Ölçüleri

Merkezi eğilim ölçüleri ile görüldüğü gibi orta noktaların tespitinde kullanılmaktadır. Ancak, yapılacak analizler açısından verilerin dağılımı ve ne ölçüde saptıklarının da tespiti gerekmektedir. Verilerdeki gözlem değerlerinin birbirlerinden ve ortalamadan ne ölçüde

uzaklaştığı ortalamadan sapma (değişkenlik) ölçüleri ile ölçülmektedir. Ortalama analizleri, değişkenlik analizleri ile birlikte yapılmalıdır.

Veri serisinin iki uç değeri arasına, **değişim aralığı** denilmektedir. Örneğimizdeki işletmenin en düşük satış hâsılatı, 108 TL; en yüksek satış hâsılatı ise, 237 TL olup, her iki değer arasındaki değişim aralığı, 129 TL'dir.

Veri serisinin ortalaması, 167,88 TL ve aralığı da 129 (108–237) TL olarak hesaplanmıştır.

Diğer iki ortalamadan sapma ölçüsü, varyans ve standart sapmadır.

Varyans, bir veri serisinde ortalamadan sapmanın karelerinin toplam değer sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Burada, ana kütle için ve örneklem için ayrı formüller ile varyans hesaplanabilir. Standart sapma ise, ortalama değerden ne kadar uzaklaştığını gösteren ve varyansın kareköküne eşit olan bir ölçüdür. Varyans da olduğu gibi ana kütle ve örneklem için ayrı formüller kullanılarak standart sapma hesaplanmaktadır.

Örneklem ve ana kütle için varyans ve standart sapma aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanabilir:

	Örneklem	Ana kütle
Varyans	$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$	$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N}$
Standart sapma	$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N}}$

Örneğimizde yer alan veriler, bir örneklemdir. Buna göre varyans ve standart sapma değerleri tablo 28 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 28 Varyans ve Standart Sapma Değerleri

Aylar	Satışlar (X_i)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	123	- 44,88	2.013,77
2	139	- 28,88	833,77
3	181	13,13	172,27
4	118	- 49,88	2.487,52
5	237	69,13	4.778,27
6	210	42,13	1.774,52
7	147	- 20,88	435,77
8	108	- 59,88	3.585,02
9	183	15,13	228,77
10	169	1,13	1,27
11	166	- 1,88	3,52
12	198	30,13	907,52
13	118	- 49,88	2.487,52
14	152	- 15,88	252,02
15	158	- 9,88	97,52
16	116	- 51,88	2.691,02
17	175	7,13	50,77
18	174	6,13	37,52
19	177	9,13	83,27
20	184	16,13	260,02
21	228	60,13	3.615,02
22	185	17,13	293,27
23	184	16,13	260,02
24	199	31,13	968,77
Toplam	4.029	0,0	28.318,63

$$\text{Ortalama} = \bar{X}_i = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{4.029}{24} = 167,88$$

$$\text{Varyans,} = S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{28.318,63}{24-1} = 1.231,25$$

$$\text{Standart sapma} = S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{28.318,63}{23}} = 35,09$$

167,88'lık bir ortalamanın olduğu seride, satışların standart sapma değeri, 35,09 ve varyansı da 1.231,25'dir. Ortalama ve standart sapmanın birlikte kullanılması, verileri daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

2.3.3.4. Normallikten Sapma Ölçüleri

Farklı uygulamalarda farklı istatistikî dağılımlar kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde, normal dağılım ve *t*-dağılımları tahmin uygulamalarında kullanılmaktadır. İstatistikî araştırmalarda yapılan bir çalışmanın uygulanabilir olup olmadığını belirlemek için

dağılımlara bakmak gerekir. Dağılımların, bu bağlamda normal ve normale yakın olması gerekmektedir.

Sürekli rassal bir değişken için normal dağılım, iki temel özellik ile tanımlanır: değişkenin ortalaması ve varyansı (ya da standart sapmasıdır).

2.3.4. Ölçüm Sistem Analizi

Ölçüm sistemi, yapılan ölçüm işlemlerinin güvenilirliğini ve buna bağlı olarak da YAS projesinin güvenilirliğini etkilemektedir. Ölçüm sisteminde, ölçümün yapılmasını etkileyen ya da belirleyen in beş temel bileşen vardır²¹⁹:

- **İnsan:** her ölçüm süreci insan içermektedir. Farklı insanlar, değişik teknikler kullanarak ölçüm yapmak için örneklem toplarlar ki bu durum ölçüm sisteminde varyasyona neden olabilir. Aynı örnekleme defalarca ölçen aynı insanlar, ölçüm sonuçlarını eşit olarak kaydedemeyecektir. İki farklı insan aynı ürünün özelliğini ölçerken farklı teknikler kullandığı durumda da ölçüm sisteminde varyasyon ortaya çıkacaktır.
- **Ölçüm araçları:** Ölçüm araçlarının fiyatına ya da hassaslığına bakılmaksızın, operatör ile ölçüm araçları ve ölçüm araçları ile ölçülen birim arasında devamlı bir ilişki vardır. Benzer ilişki ölçüm araçları ile ölçümün yapıldığı ortam arasında da vardır.
- **Ölçülen birim:** Ölçülen birimin fiziksel özellikleri, ölçümlerde varyasyonun oluşmasına neden olmaktadır.
- **Ölçüm süreci:** Örneklem seçilmesi ve hazırlanmasındaki varyasyon, ölçüm sistemindeki varyasyonun ana nedenlerindedir.
- **Ölçüm yapılan çevre:** Yetersiz aydınlatma, ses, gürültü, dikkat dağıtıcı şeyler ve ortam sıcaklığı ölçüm varyasyonuna etki eden unsurlardır.

Bu beş elementin her biri ve bütünleşik halde tamamı ya da bir kısmı ölçüm sisteminde varyasyona yol açmaktadırlar.

Verilerin seçilmesi, sınıflandırılması ve kullanıma hazır hale getirilmesi çok önemli bir aşama kaydedildiği anlamına gelmektedir. Ancak, toplanan verilerin ve buna bağlı olarak

²¹⁹ Douglas B. Relyea, "The Practical Application of the Process Capability Study", U.S.A., CRC Press, 2011, ss.84-86.

yapılan ölçümlerin doğru olup olmadığının kontrol etmenin ve doğru kalmalarını sağlamanın çeşitli yolları vardır²²⁰. YAS projesinde verilerin doğruluğunu ölçmek gerekmektedir. Ölçümün ve sonraki adımların sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için ölçüm ile ilgili şu sorunlar cevaplandırılmalıdır²²¹:

- Veriler, YAS projesi için elde edilebilir mi?
- Doğru şey mi ölçülmektedir?
- Veriler güvenilir midir?
- Sürekli olarak benzer sonuçlar elde edilecek mi?

Bu sorulara cevap vermek, ölçüm sistemleri analizinin amaçlarıdır. Ölçüm sistemlerinin analizinde verilerin doğruluğu, bütünlüğü ve güvenilirliği araştırılmalıdır. Böylece, ölçüm sistemleri analizinin YAS projelerinde analiz için tanımlanan verilerin doğru ve geçerli olması ile süreçlerin tutarlı bir şekilde ölçülmesi sağlanmış olur.

2.3.4.1. Verilerin Bütünlüğü

Süreç varyasyonu, ürün veya hizmetlerin müşterilere nasıl görüldüğünü etkiler. Proje kapsamında ulaşılabileceği düşünülen verilerin toplanması daima mümkün olmayabilir. Süreçlerin doğru özelliklerini belirleyerek ne tür verilere ulaşılabileceği belirlenebilir. Örneğin, bir sürecin çevrim zamanı ölçmek isteniyor ise, sürecin başlangıç ve bitişi zaman verilerine aynı anda ulaşılabilmesi gerekmektedir. Verilerin doğruluğunu belirlemek için aşağıdaki kontrol listesi kullanılabilir²²²:

- Ne tür bir veridir?
- Ulaşılan veri kullanılabilir mi? Eğer değilse, kullanılabilir hala getirilebilir mi?
- Veri proje için uygun mu?
 - Doğru veriler mi kaydedilmektedir?
 - Toplanan verilerin içeriği istenildiği gibi mi?
 - Ölçüm, farklı şeyler arasında ayrıştırma yapmakta mı?
 - Geçteki performans ile ilgili tahmin yapmakta kullanıyor mu?
 - Zaman içerisinde kullanılan ölçüler kalıcı mı?

²²⁰ Pande vd, a.g.e., s.261.

²²¹ 3M, "3M Six Sigma DMAIC Guide Book," 2004-2005, s.46.

²²² 3M, a.g.e., s.46.

- Veriler, güvenilir mi?
 - Veriler, nasıl denetlenecek?
- Sürecin doğru yeri mi ölçüldü? Ulaşılabilir veriyi değil, doğru veri istenmektedir. Veriler, çok güvenilir kaynaklardan alınmalıdır.

2.3.4.2. Verilerin Güvenilirliği

Veriler toplanmadan önce ölçüm sistemi (araçların kalibrasyonu ve sürecin kullanımı) değerlendirilmelidir. Varyasyon, işletme için çok tehlikelidir ve müşteri tarafından çok net bir şekilde fark edilebilir. Çoğu zaman farkında bile olmadan ölçüm sistemi ölçüm verilerinde değişkenliğe neden olabilmektedir. Bu nedenle gözlemlene veya toplam varyasyonun iki bileşeni vardır. Bunlardan ilki, ürünün veya sürecin kendisine ait varyasyon ve ikincisi ise, nasıl ölçüldüğü ile ilgili varyasyondur ve aşağıdaki şekilde formül ile gösterilebilir²²³.

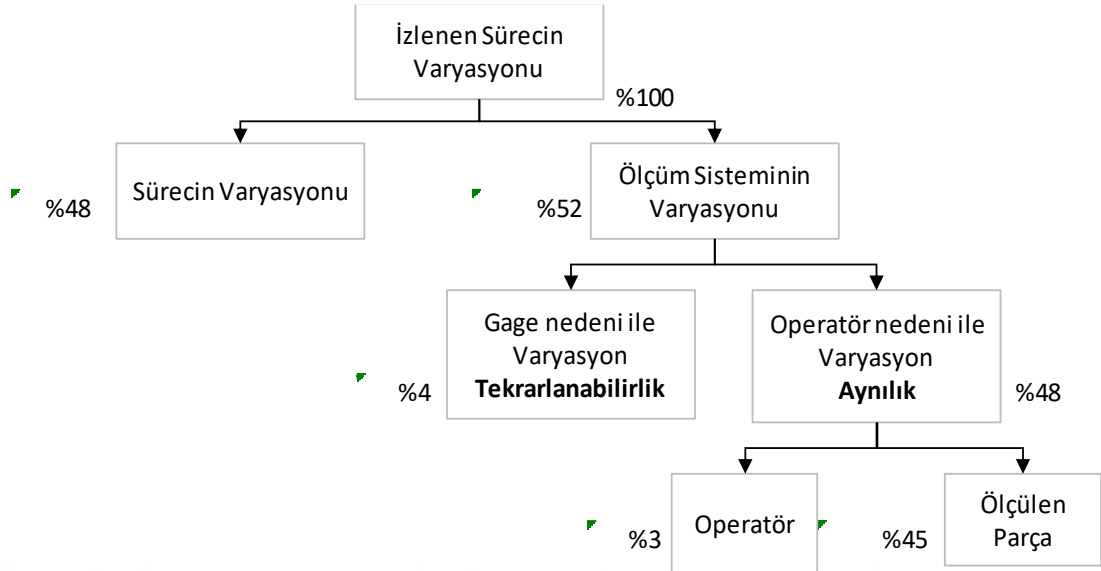
$$\sigma_{\text{toplam}}^2 = \sigma_{\text{süreç}}^2 + \sigma_{\text{ölçüm}}^2$$

$$\sigma_{\text{tekrarlanabilirlik}}^2 + \sigma_{\text{aynılık}}^2$$

The diagram shows the equation $\sigma_{\text{toplam}}^2 = \sigma_{\text{süreç}}^2 + \sigma_{\text{ölçüm}}^2$ at the top. Below it, a line connects the $\sigma_{\text{ölçüm}}^2$ term to a second equation, $\sigma_{\text{tekrarlanabilirlik}}^2 + \sigma_{\text{aynılık}}^2$. Two arrows point from the top equation down to the two terms of the bottom equation, indicating that measurement variance is composed of repeatability and reproducibility.

Verilerin güvenilirliği ile hedeflenen amaç, verilerdeki varyasyonu artıran kontrol edilebilen faktörleri en düşük seviyeye çekmektir. Şekil 34 üzerinde bir süreçteki olası varyasyonlar gösterilmektedir.

²²³ Hambleton, a.g.e., s.427.



Şekil 34 Süreçteki Olası Varyasyonlar²²⁴

Doğru verileri elde ettikten sonra istatistiki araçlar kullanarak ölçüm yapılabilmektedir. Varyasyon her süreçte ortaya çıkabilir. Sorun, varyasyonun hangi sıklıkla nasıl ortaya çıktığını gösteren veriyi bulmaktır. Veri güvenilirliği için sorulacak temel soru “ölçüm sistemi iyi veri üretiyor mu?” olacaktır. Ölçüm sisteminin yeterli ve geçerli olması, bileşenleri ile ilişkilidir. Eğer, varyasyonun en büyük nedeni, süreç kaynaklı ise, ölçüm sistemi yeterli ve geçerlidir ki aksi durumda, verilerin ve ölçüm sisteminin yeterliliği ve güvenilirliği konusu şüpheli olacaktır. Verilerin güvenilirliğini test etmek için aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır:

- En büyük ölçüm hatası nasıl oluşur?
- Ölçüm hatalarının kaynakları nelerdir?
- Zaman içerisinde kullanılan ölçüler kalıcı mı?
- Bu çalışma için yeterli mi?
- Ölçüm sistemi nasıl iyileştirilebilir?

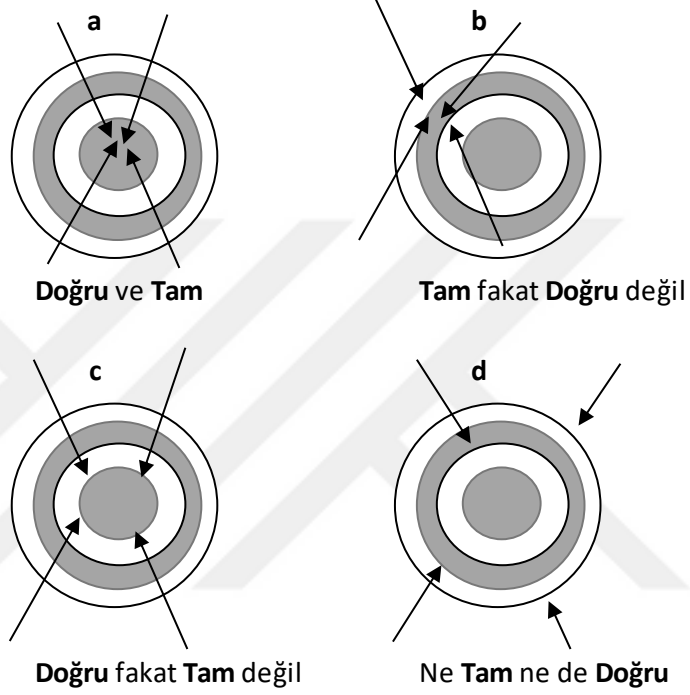
Ölçüm sistemlerindeki varyasyonun nedenleri ve kaynakları üç farklı başlık altında toplanmaktadır: (1) Kararlılık, (2) Doğruluk ve (3) Hassaslık.

Kararlılık, en küçük boyuttaki kabul edilebilir değişikliği fark etme becerisidir. Zaman içinde doğruluk veya tekrarlanma durumu bozuluyor mu veya değişiyor mu şeklinde

²²⁴ 3M, a.g.e., s.47.

inceleme yapılır. Yeterli kararlılık düzeyine ulaşmak için ölçüm sistemindeki değişimin onda birinin ürün özelliklerinden ya da süreçteki varyasyondan kaynaklanıyor olması gereklidir²²⁵.

Doğruluk, ölçüm sisteminin varyasyonunun sürecin ya da özelliklerin gerçek varyasyonu ile arasındaki farktır²²⁶. Diğer bir ifade ile ölçüm ve gerçek değer arasındaki farkı ifade etmektedir. Birçok faktör ölçüm sisteminde doğruluk problemine neden olmaktadır.

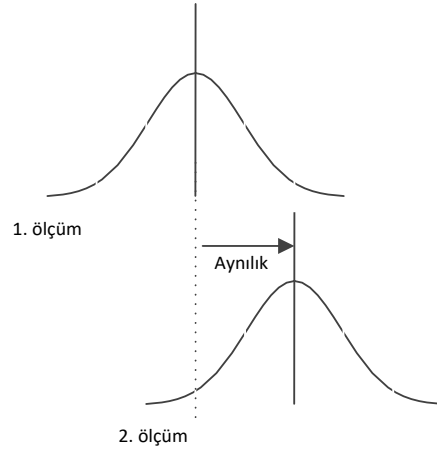


Şekil 35 Ölçüm Sistemlerinin Tam ve Doğruluğu

Ölçüm sisteminin hassaslığı ile ölçülen sürecin ya da özelliğin gerçek varyasyonu ile kıyaslandığında performans ölçüm sisteminin varyasyonu arasındaki yayılma ya da açık ifade edilmektedir. Bir ölçüm sisteminin tam ve doğruluğu, şekil 35 üzerinde gösterilmektedir. Hassaslık, aynı araç ile aynı parçanın farklı sayılarda ölçümündeki varyasyonu açıklamaktadır ki ölçüm sistemlerinin analizinde R&R (Repeatability ve Reproducibility) ölçümü olarak da ifade edilmektedir. Tekrarlanabilirlik, aynı operatörün aynı parçayı ölçümündeki ortaya çıkan değişkenliktir. Aynı koşullarda (aynı operatör, aynı birim, aynı ortam ve kısa dönem) yapılan benzer ölçümlerdeki tekrarlanan yapıyı gösterir. Şekil 36 üzerinde tekrarlanabilirlik nedenli değişkenlik gösterilmektedir.

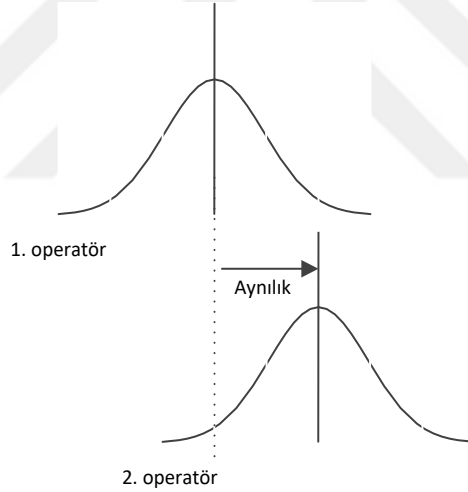
²²⁵ Arcidiacono vd., a.g.e., s.82.

²²⁶ Gygi vd., a.g.e., s.154.



Şekil 36 Tekrarlanabilirlik Nedenli Değişkenlik

Tekrarlanabilirlik, ölçülen değerlerin standart sapması ile ilgilidir. Aynılık ise, farklı operatörün aynı parçayı ölçümündeki benzerliği ya da farklılığı tanımlar. Farklı operatörlerin benzer özellikleri aynı araçlar ile ölçmesini sonucundaki değişkenliktir²²⁷. Şekil 37 üzerinde ise, aynılık nedenli değişkenlik gösterilmektedir.



Şekil 37 Aynılık Nedenli Değişkenlik

Verilerin güvenilirliğini ölçmek ve denetlemek amaç ile genel olarak R&R ölçüleri bir araç olarak kullanılmaktadır.

2.3.5. R&R Ölçüm Çalışmaları

Ölçüm Sistemleri Analizi, ölçüm aracındaki değişkenliğin boyutunu değerlendirmek üzere tasarlanan bir seri testlerden oluşmaktadır. Bu testlerden biri, değişken veriler

²²⁷ Arcidiacono vd., a.g.e., s.82.

odaklanmaktadır ki R&R ölçümleri²²⁸ olarak bilinmektedir. Daha önce de ifade edildiği gibi bu test, toplam varyasyonu ve toplam varyasyonu oluşturan ürün ile sistem varyasyonunu incelemektedir. R&R ölçümleri üç testi içermektedir:

- Katkı yüzdesi,
- P/TV oranı ve
- P/T oranı.

Katkı yüzdesi ile ölçüm sisteminin standart sapmasının toplam standart sapmadaki payı ölçülmektedir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\frac{\sigma_{\text{Ölçüm}}^2}{\sigma_{\text{Toplam}}^2}$$

Diğerlerine göre en çok kullanılan testtir. Nedeni, hesaplanması basittir. Bu testin kabul düzeyleri çıkan sonuçların yüzde değerlerine göre aşağıdaki şekilde değerlendirilmektedir²²⁹:

	Mükemmel	Marjinal	Kabul Edilemez
$\frac{\sigma_{\text{Ölçüm}}^2}{\sigma_{\text{Toplam}}^2}$	< %1	< %4	> %4

Ölçüm sonucu, %1'in altında çıkması, ölçüm sisteminin çok iyi olduğu anlamına gelmektedir. Bu sistemin kullanımı sonucunda yapılan ölçümlerde sistemden kaynaklanan varyasyonun yok denecek kadar az olduğu anlaşılmaktadır. Sonuçların %1 ile %4 arasında olması, marjinal bir sistem olduğu şeklinde yorumlanır ki ölçüm nedeni ile önemli hataların olması söz konusudur. Sonuçların %4'ün üzerinde olması durumunda ölçüm sistemi kabul edilemezdir. Böyle bir durumda, ölçüm sistemi yetinde gözden geçirilmeli ve yapılmalıdır.²³⁰

İkinci test olan P/TV oranı, toplam varyasyondaki (TV) hassaslık yüzdesini (P) hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu oran, aşağıdaki formülde gösterildiği ölçüm sisteminin standart sapmasının toplam standart sapmaya bölünmesi ile hesaplanır:

$$\frac{\sigma_{\text{Ölçüm}}}{\sigma_{\text{Toplam}}}$$

²²⁸ Altı Sigma Literatüründe Gage R&R ya da Gauge R&R olarak tanımlanmaktadır.

²²⁹ Hambleton, a.g.e., s.418.

²³⁰ Gygi vd., a.g.e., ss.160-161.

Bu testin kabul düzeyleri çıkan sonuçların yüzde değerlerine göre aşağıdaki şekilde değerlendirilmektedir²³¹:

	Mükemmel	Marjinal	Kabul Edilemez
$\frac{\sigma_{\text{ölçüm}}}{\sigma_{\text{toplam}}}$	< %10	< %20	> %20

Üçüncü test olan P/T oranı ise, tolerans içinde (T) yüzde kaçlık dilimin ölçüm hatasından kaynaklandığını hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu oran, aşağıdaki formülde gösterildiği ölçüm sisteminin standart sapmasının toplam standart sapmaya bölünmesi ile hesaplanır:

$$\frac{5,15 * \sigma_{\text{ölçüm}}^2}{\text{Tolerans}}$$

Hesaplama kullanılan 5,15 katsayısı, varyasyonun %99'luk düzeyini elde etmek için ihtiyaç duyulan standart sapma değerini göstermektedir. Bu testin kabul düzeyleri çıkan sonuçların yüzde değerlerine göre aşağıdaki şekilde değerlendirilmektedir²³²:

	Mükemmel	Marjinal	Kabul Edilemez
$\frac{5,15 * \sigma_{\text{ölçüm}}^2}{\text{Tolerans}}$	< %10	< %20	> %20

R&R ölçümlerinin kesikli ve sürekli veriler ile yapılmasının amaçları ve izlenmesi gereken adımlar tablo 29 üzerinde gösterilmektedir.

²³¹ Hambleton, a.g.e., s.418.

²³² Hambleton, a.g.e., s.418.

Tablo 29 Kesikli ve Sürekli Veriler İçin R&R Ölçümlerinin Amaç ve Adımları²³³

R&R Ölçümü Kesikli Veriler İçin	R&R Ölçümü Sürekli Veriler İçin
Amaçları	Amaç
Tekrarlanabilir ve aynılık gösteren verileri toplamayı sağlamak	Tekrarlanabilir ve aynılık gösteren ölçüm sistemlerini ele almak
Operasyonel tanımları onaylamak	
Adımlar	Adımlar
<ul style="list-style-type: none"> Standartları oluşturan uzmanın adını belirle 	<ul style="list-style-type: none"> Beklenen varyasyonun en az 1/10'u düzeyine kadar doğruluğu sağlamak için bir ölçüm aracının seçimi
<ul style="list-style-type: none"> Operatörleri belirlenir ve ölçümde kullanılacak birimler/parçalar sağlanır. Bir kural olarak 2 operatör ve en az 30 örneklem olmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> Operasyonların tanımlanması ve parçaların incelenmesinin sağlanması. Bir kural olarak 2 operatör ve en az 30 örneklem gerekli.
<ul style="list-style-type: none"> Ölçülen tüm parçalar, numaralandırılmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> Ölçülen tüm parçalar, numaralandırılmalıdır.
<ul style="list-style-type: none"> Uzmanın görsel incelemesine dayalı olarak standartlar belirlenir. Sonuçlar, <u>hatalı/hatalı</u> olmayan şekilde kayıt altına alınır 	<ul style="list-style-type: none"> 1. operatör ilk ölçümü gerçekleştirir
<ul style="list-style-type: none"> İlk operatörün görsel incelemesi 	<ul style="list-style-type: none"> 2. operatör ilk ölçümü gerçekleştirir
<ul style="list-style-type: none"> İkinci operatörün görsel incelemesi 	<ul style="list-style-type: none"> Operatörler olmaksızın süreci tekrarlayarak olası farkları, mevcut ile karşılaştırmalı olarak görmek
<ul style="list-style-type: none"> Yapılan ölçümlere bakmaksızın süreç yenilenir. 	<ul style="list-style-type: none"> Parçaların akışını devamlı not almak
<ul style="list-style-type: none"> Parçaların akışını devamlı not almak 	<ul style="list-style-type: none"> Eşleşmeleri kontrol et. İyi bir ölçüm sisteminin amacı, %100'ü yakalamaktır. En azından %90'lık bir sonuç en azından kabul edilebilir olarak görülür.
<ul style="list-style-type: none"> Eşleşmeleri kontrol et. İyi bir ölçüm sisteminin amacı, %100'ü yakalamaktır. En azından %90'lık bir sonuç en azından kabul edilebilir olarak görülür. 	<ul style="list-style-type: none"> Minitab veya ilgili yazımlar kullanarak ölçüm yap
<ul style="list-style-type: none"> Olası sapmaların nedenlerini incele/araştır 	<ul style="list-style-type: none"> Sonuçları analiz et
<ul style="list-style-type: none"> Eğer sonuçlar %90'nun altında ise şunları yapmak gerekir: <ul style="list-style-type: none"> Operasyonel tanımları gözden geçir ve gerekirse yeniden tanımla Operatörlere yoğun bir şekilde destek olmak Bozucu etkisi olan faktörleri belirlemek ve ortadan kaldırmak 	<ul style="list-style-type: none"> Eğer sonuçlar %90'nun altında ise şunları yapmak gerekir: <ul style="list-style-type: none"> Operasyonel tanımları gözden geçir ve gerekirse yeniden tanımla Operatörlere yoğun bir şekilde destek olmak Ölçüm araçlarını kontrol etmek ve gerekirse en uygun hale getirmek

²³³ Lunau vd., a.g.e., s.74,76.

Kesikli verilerin tutarlılığını ve uyumunu ölçmek için birimlerin kendi içinde diğer birimler ile karşılaştırılması yapılmaktadır. Kesikli veriler, hatalı/hatalı değil, iyi/kötü ve uygun/uygun değil şeklinde sınıflandırılarak ölçülür. Kesikli verilerin ölçümü, özellik uyum çalışmaları olarak da ifade edilmektedir. Bu çalışmaların amacı, sürekli veriler de olduğu gibi ölçüm sisteminde uyumu sağlamaktır. Bu çalışmalarda aşağıda gösterildiği gibi ölçüm göstergesi olarak (1) Uyum yüzdesi ve (2) kapa ölçütü kullanılmaktadır²³⁴:

- Uyum yüzdesi ile yapılan örneklem içindeki uyum yüzdesi ölçülmektedir. Üç farklı yüzde hesabı yapılmaktadır:
 - Aynı değerlendirme yapanları, kendi içinde uyum yüzdesi (aynılık)
 - Farklı değerlendirme yapanların birbirleri arasındaki uyum yüzdesi (tekrarlanabilirlik)
 - Bir uzman ya da belirlene standart ile uyum yüzdesi.

Kappa ise, tesadüfi bir örneklem sonrası uyum yüzdesini göstermektedir.

Tablo 30 üzerinde de gösterildiği gibi üç farklı hesaplama yapılmaktadır:

Tablo 30 Kappa Hesaplama Alternatifleri

	Kategori için Tekil Kappa	Toplam Kappa
Aynı Değerleme Yapanların Kendi İçinde Karşılaştırma	Bir kategori üzerinde yapılan çoklu ölçümler sonrasında her bir değerlemecinin uyumlu olup olmadığı ölçülmektedir	Her bir değerlendirme için tüm kategorilerdeki uyumu ölçülmektedir.
Farklı Değerleme Yapanların Arasında Karşılaştırma	Bütün değerlendirme yapanların uyumlu olup olmadığı ölçülmektedir	Değerlemecilerin ve kategorilerin tamamında uyum ölçülmektedir.
Uzman ya da Standarda Göre Karşılaştırma	Bir kategori üzerinde değerlendirme yapanların yaptığı değerlendirme ile uzmanların yaptıkları arasındaki uyum ölçülmektedir	Değerlemecilerin ve kategorilerin tamamında uzman ile karşılaştırmalı uyum ölçülmektedir.

Yapılan değerlendirme sonrasında hesaplanan kapa değerleri şu şekilde yorumlanır²³⁵.

²³⁴ 3M, a.g.e., s.71.

²³⁵ Minitab programı kullanılarak yapılan hesaplamalar ifade edilmektedir.

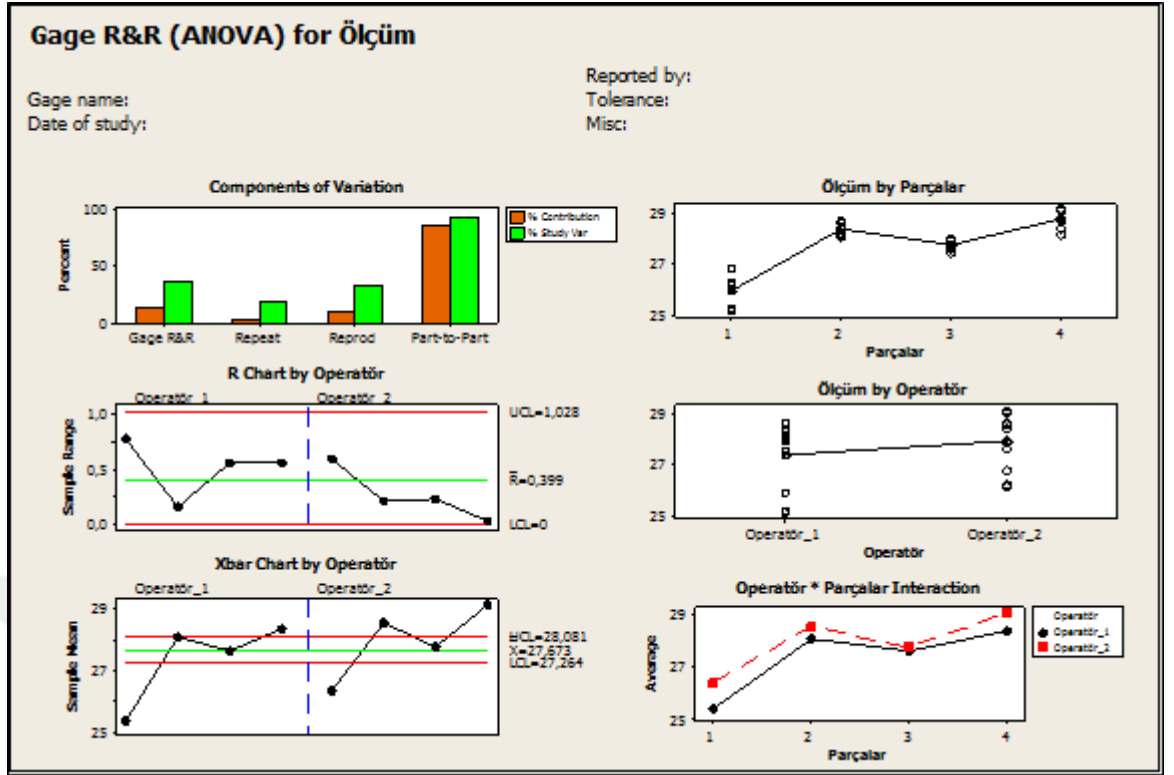
kappa	Değerleme
1	Mükemmel uyum
0,90 <	İyi
0,70 <	Kabul edilebilir-Birtakım iyileştirmeler sağlanmalı
0,70>	Kabul edilemez. Ölçüm Sistemi uyarı veriyor, odaklanma gereklidir.
-1 ile 0,00 arası	Yazı tura atın rassal uyum

Sürekli verilere ilişkin ölçüm sistemi aşağıdaki örnek yardımı ile açıklanmaktadır. Bir üretim işletmesinde üretimde kullanılan toz boyaların gramaj değerleri dört farklı parçada iki operatör tarafından ölçülmekte ve sonuçları da tablo 31 üzerinde gösterilmektedir.

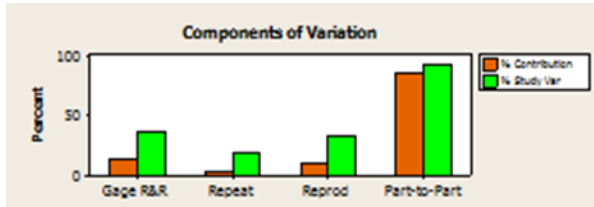
Tablo 31 Sürekli Ölçüm Verileri

Parçalar	Operatör	Ölçüm_gram
1	Operatör_1	25,145
1	Operatör_1	25,897
1	Operatör_1	25,105
1	Operatör_2	26,145
1	Operatör_2	26,187
1	Operatör_2	26,750
2	Operatör_1	28,000
2	Operatör_1	28,125
2	Operatör_1	28,165
2	Operatör_2	28,444
2	Operatör_2	28,655
2	Operatör_2	28,601
3	Operatör_1	27,995
3	Operatör_1	27,426
3	Operatör_1	27,565
3	Operatör_2	27,654
3	Operatör_2	27,894
3	Operatör_2	27,874
4	Operatör_1	28,325
4	Operatör_1	28,126
4	Operatör_1	28,698
4	Operatör_2	29,115
4	Operatör_2	29,106
4	Operatör_2	29,146

Çözüm Minitab kullanılarak (Stat> Quality Tools> Gage Study> Gage R&R Study Crossed) gerçekleştirilmektedir (Şekil 38 ve tablo 32).

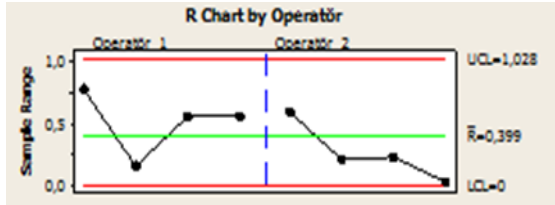


Şekil 38 Ölçüm için Gage R&R



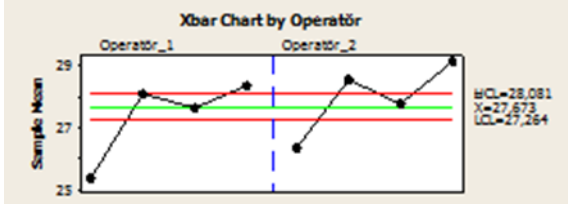
Varyasyonun bileşenlerinin gösterildiği bu grafikte, bir ölçüm sisteminin iyi olup olmadığı değerlendirilebilir. İyi bir ölçüm sisteminde en büyük pay, parçadan

parçaya varyasyon olmasıdır. Tekrarlanırlık ve aynılık yüzdesinin düşük olması, sistemin performansı açısından oldukça önemlidir.

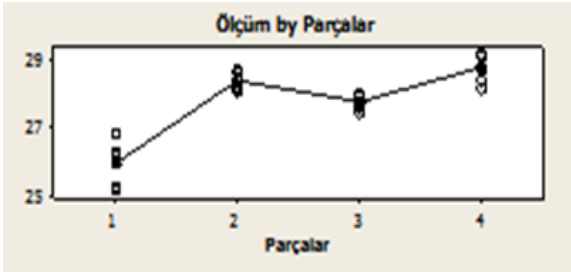


Operatöre göre düzenlenen R grafiğinde her bir operatörün ölçümlerdeki varyasyonu gösterilmektedir. Her bir nokta operatörün yaptığı ölçümlerdeki minimum ve maksimum

değer arasındaki aralığı göstermektedir. Merkez doğru, yapılan ölçümdeki tüm aralıkların ortalaması hesaplanarak elde edilmektedir.

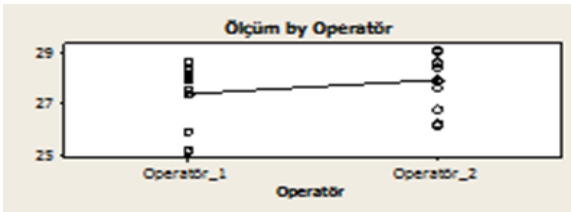


X-bar diyagramı, her bir parçada tekrarlanan ölçümlerin ortalamasını ortaya koyarak varyasyonu parçalar arası varyasyonu göstermektedir. Grafikteki noktalar her bir operatörün ölçtüğü her parçanın ortalama ölçüm değerini göstermektedir. Merkez doğru, tüm operatörler tarafından yapılan ölçümlerin ortalamasını gösterir. Noktalar, kontrol limitlerinin dışında olması durumu, ölçüm sistemi kabul edilebilir olduğu anlamına gelmektedir. Aynılıktan kaynaklanan varyasyon parçalar arasındaki varyasyona göre daha düşük düzeydedir.



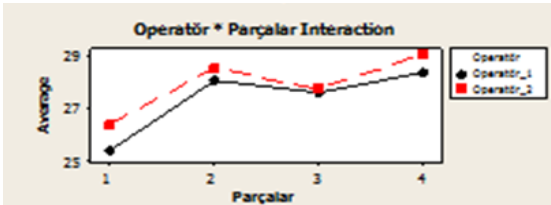
Bu diyagram, tüm operatörlerin her bir parçaya göre toplanarak yapılan ölçümlerini göstermektedir. İçi boş daireler tekil ölçümleri ve içi dolu olanlar ise her bir parçanın ortalama değerini göstermektedir.

Her bir parçadaki değerler birbirine yakın olması varyasyonun da küçük olduğu anlamına gelir. Aynı parçadaki varyasyona göre parçalar arasındaki varyasyon değeri daha da büyüktür.



Operatör bazında ölçüm grafiği, yeniden tekrarlanabilirliğin ölçümleri etkileyip etkilemediğini belirlemede yardımcı etmektedir. Eğer iki operatör arasındaki çizgi

X eksenine yatay ise, aynı ölçüm yapılmıştır. Paralellik yok ise, operatörlerin ölçümü değişik şekillerde yaptığı anlaşılır.



Operatörlerin ölçümü nasıl yaptıklarını gösterir. Eğer çizgiler birbirlerine paralel ise operatörler parçaları benzer yöntemler ile ölçmüşlerdir. Eğer bir çizgi diğerinin altında ya da üzerinde ise, diğer operatöre göre farklı sonuçların elde edildiği anlaşılır. Paralellik yok ise, operatörlerin ölçümleri farklı parçalarda etkilenmektedir şeklinde yorumlanır.



Tablo 32 Sürekli Veriler İçin Gage R&R

Two-Way ANOVA Table With Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Parçalar	3	29,0924	9,69745	50,3699	0,005
Operatör	1	2,0411	2,04108	10,6017	0,047
Parçalar * Operatör	3	0,5776	0,19252	2,9444	0,065
Repeatability	16	1,0462	0,06539		
Total	23	32,7572			

Gage R&R		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,26181	14,18
Repeatability	0,06539	3,54
Reproducibility	0,19643	10,64
Operatör	0,15405	8,35
Operatör*Parçalar	0,04238	2,30
Part-To-Part	1,58415	85,82
Total Variation	1,84597	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,51168	3,07006	37,66
Repeatability	0,25571	1,53426	18,82
Reproducibility	0,44320	2,65920	32,62
Operatör	0,39249	2,35493	28,89
Operatör*Parçalar	0,20586	1,23517	15,15
Part-To-Part	1,25863	7,55179	92,64
Total Variation	1,35866	8,15198	100,00

Number of Distinct Categories = 3 (NDC)

p değeri ile varyasyon kaynağının önemi tanımlanmaktadır. Örneğin, p değerinin %5'in altında olması, kendi önemini göstermekte ve parçalar*operatörlerin %25'in altında olması da kendi önemini göstermektedir.

Toplam Gage R&R değerinin pratik olarak değerlendirilmesi yapılırken aşağıdaki referans aralıkları kullanılabilir²³⁶:

Gage R&R (Study Var)	Performans Düzeyi
0-%10	İyi
%11-%30	Kabul Edilebilir ancak düzenleme yapılmalı
>%30	Kabul edilemez

Örnekte, Gage R&R (Study Var) %37,66 düzeyinde olup, ölçüm sistemi kabul edilemez olarak nitelendirilir. Farklı kategori sayısının da (NDC) 5 veya 5'den büyük olması gerekir ki, örnekte bu değer 3'tür.

²³⁶ Arcidiacono vd., a.g.e., s.94.

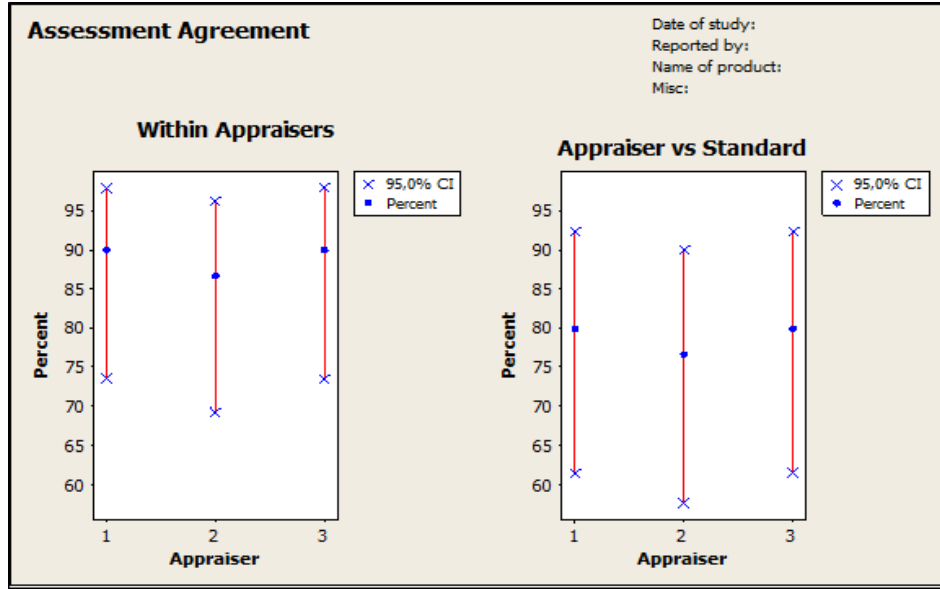
Kesikli verilere ilişkin ölçüm sistemi aşağıdaki örnek yardımı ile açıklanmaktadır.

Bir üretim firmasında, üç farklı grup kendi içlerinde ikişer kez olmak üzere toplam altı kez üretilen aynı parça üzerinde otuz gözlem yapmışlar ve üretilen parçaları hatalı ve hatalı değil olmak üzere nitelendirmişlerdir. Tablo 33 üzerinde standart değerler ve yapılan gözlemlerin sonuçları gösterilmektedir. Çözüm Minitab kullanılarak (Stat> Quality Tools> Attribute Agreement Analysis) gerçekleştirilmektedir.



Tablo 33 Üretilen Ürünün Hatalı Olup Olmamasına İlişkin Değerlendirme

Parça Sayısı	Standart	1.Grup_1.deneme	1.Grup_2.deneme	2.Grup_1.deneme_1	2.Grup_2.deneme_1	3.Grup_1.deneme_2	3.Grup_2.deneme_2
1	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı
2	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
3	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
4	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
5	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
6	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
7	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
8	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
9	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı Değil
10	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
11	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
12	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
13	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
14	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
15	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
16	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı Değil
17	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
18	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı
19	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
20	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
21	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
22	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
23	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
24	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
25	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
26	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
27	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
28	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı	Hatalı Değil	Hatalı	Hatalı Değil
29	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil
30	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil	Hatalı Değil



Şekil 39 Değerleme

Şekil 39 üzerinde değerlendirme yapanların kendi içinde ve değerlendirme yapanların standart ile karşılaştırmasına ilişkin grafik gösterilmektedir. Şeklin değerlendirme yapanların kendi içinde olan kısmında (sol) mavi nokta, verilen cevaplardaki uyum yüzdesini; kırmızı çizgi, verilen cevaplarda %95'lik güven aralığındaki uyum yüzdesini ve mavi X ise, alt ve üst güven limitlerini göstermektedir. Diğer grafikte (sağ) ise, değerlendirme yapanlar ile standart arasında karşılaştırma yapılmaktadır. Mavi nokta, standart ile uyum yüzdesini; kırmızı çizgi, standart ile %95'lik güven aralığındaki uyum yüzdesini ve mavi X ise, alt ve üst güven limitlerini göstermektedir²³⁷.

Değerleme Yapanların İçinde

Appraiser	#Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	30	27	90,00	(73,47; 97,89)
2	30	26	86,67	(69,28; 96,24)
3	30	27	90,00	(73,47; 97,89)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
1	Hatalı	0,607843	0,182574	3,32929	0,0004
	Hatalı Değil	0,607843	0,182574	3,32929	0,0004
2	Hatalı	0,423077	0,182574	2,31729	0,0102
	Hatalı Değil	0,423077	0,182574	2,31729	0,0102
3	Hatalı	0,345455	0,182574	1,89213	0,0292
	Hatalı Değil	0,345455	0,182574	1,89213	0,0292

²³⁷ Arcidiacono vd., a.g.e., s.99

Değerleme yapanların kendi içindeki uyum yüzdesi %86,67 ile %90 arasında bir değer almıştır. Sürecin performansı açısından, %90, iyi; %86,67 ise kabul edilebilir bir değer şeklinde yorumlanacaktır.

Bireysel Değerleme Yapanlar ve Standart Değer Karşılaştırması

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	30	24	80,00	(61,43; 92,29)
2	30	23	76,67	(57,72; 90,07)
3	30	24	80,00	(61,43; 92,29)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# Hatalı Değil / Hatalı	Percent	# Hatalı / Hatalı	Percent	# Mixed	Percent
1	1	25,00	2	7,69	3	10,00
2	1	25,00	2	7,69	4	13,33
3	2	50,00	1	3,85	3	10,00

Hatalı Değil / Hatalı: Assessments across trials = Hatalı Değil / standard = Hatalı.

Hatalı / Hatalı Değil: Assessments across trials = Hatalı / standard = Hatalı Değil.

Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
1	Hatalı	0,371229	0,129099	2,87553	0,0020
	Hatalı Değil	0,371229	0,129099	2,87553	0,0020
2	Hatalı	0,278846	0,129099	2,15993	0,0154
	Hatalı Değil	0,278846	0,129099	2,15993	0,0154
3	Hatalı	0,225317	0,129099	1,74530	0,0405
	Hatalı Değil	0,225317	0,129099	1,74530	0,0405

Değerleme yapanların ile standart değerlerin uyum yüzdeleri %76,67 ile %80 arasında bir değer almıştır. Sürecin performansı açısından, %80, iyi; %76,67 ise, kabul edilemez bir değer şeklinde yorumlanacaktır.

Değerleme Yapanlar Arasında

Assessment Agreement

# Inspected	#Matched	Percent	95 % CI
30	25	83,33	(65,28; 94,36)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Hatalı	0,606444	0,0471405	12,8646	0,0000
Hatalı Değil	0,606444	0,0471405	12,8646	0,0000

Değerleme yapanların arasında uyum yüzdesi %%83,33 değerini almıştır. Sürecin performansı açısından, %80 ve üstü iyi bir değer şeklinde yorumlanacaktır.

Tüm Değerleme Yapanlar ve Standart Değer Karşılaştırması

Assessment Agreement

# Inspected	#Matched	Percent	95 % CI
30	23	76,67	(57,72; 90,07)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Hatalı	0,291797	0,0745356	3,91487	0,0000
Hatalı Değil	0,291797	0,0745356	3,91487	0,0000

Değerleme yapanların arasında uyum yüzdesi (percent) %76,67 değerini almıştır. Sürecin performansı açısından %76,67 ise, kabul edilemez bir değer şeklinde yorumlanacaktır.

2.3.6. Grafikler Ve Diyagramlar

YAS projesinde, ölçüm aşmasında verileri topladıktan sonra verileri gruplandırmak amacı ile farklı grafikler ve diyagramalar kullanılmaktadır. Ölçüm aşamasında aşağıda gösterilen grafikler ve diyagramalar gösterilmektedir:

- Pareto diyagramı
- Histogram
- Nokta grafiği
- Kutu grafiği
- Run grafikleri
- Serpilme diyagramı
- Normal olasılık diyagramı

2.3.6.1. Pareto Diyagramı

Pareto ilkesi, 1897 yılından İtalyan iktisatçı Vilfredo Pareto tarafından geliştirilmiştir. Pareto İlkesi yanı sıra, Pareto Yasası 80/20 Kuralı, Asgari Çaba İlkesi ve Dengesizlik İlkesi olarak da adlandırılmaktadır. Pareto İlkesinin önemli öncülerinden biri olan Joseph M.

Juran, Pareto İlkesi ya da Yaşamsal Azınlık Kuralı” olarak adlandırdığı şeyi, yüksek ürün kalitesi arayışı ile neredeyse eş anlamlı hale getirmiştir²³⁸.

İşletmelerin günlük hayatında analiz yaparken başvurmaları gereken çok önemli bir ilke ve ölçüm aracıdır. Örneğin, müşterilerin %20’si satışların %80’ini oluşturmaktadır. Ya da ticari alacakların %80’lik kısmı, vadeli satış yapılan müşterilerin %20’sine aittir. Bu tür örneklerin sayısı artırılabilir. Pareto İlkesi ile ortaya konan gerçek, küçük bir grubun etkisinin çok ve büyük bir grubun da etkisinin az olduğudur. Juran, Pareto İlkesini yapmış olduğu çalışmalarda şu şekilde kullanmış ve açıklamıştır²³⁹:

- Müşterilerin %80’i %20’lik hatalardan dolayı memnuniyetsizdir.
- Müşterilerin %20’si satışların %80’ini oluşturmaktadır

Pareto ilkesinde önemli olan şey, etkisi çok olan azları bulmaktır. Önemli az olanı bulmak ile %20’lik kısmı bulmak ifade edilmektedir. Amaç, toplanan veriler içinde sonucu etkileyen unsurları bulmak ve bunların kendi içerisinde önem derecesine göre sıralamaktır. Soruna neden olan faktörler, önem derecesine göre önceliklendirilmekte ve çözüm için odaklanılacak alanın daraltılmasını sağlamaktır.

Pareto İlkesine göre YAS projesi kapsamında toplanan verilerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesini sağlama için Pareto diyagramları kullanılmaktadır. Pareto diyagramı, neden sonuç diyagramı, çetele diyagramı, histogram, kontrol grafikleri ve serpm diyagramı iken birlikte yedi kalite aracından birisidir. Bir hastanede ameliyatlara geç kalma nedenleri ile ilgili yapılan ölçümlerin sonuçları, yüzde payları ve kümülatif yüzdeleri tablo 34 üzerinde gösterilmektedir.

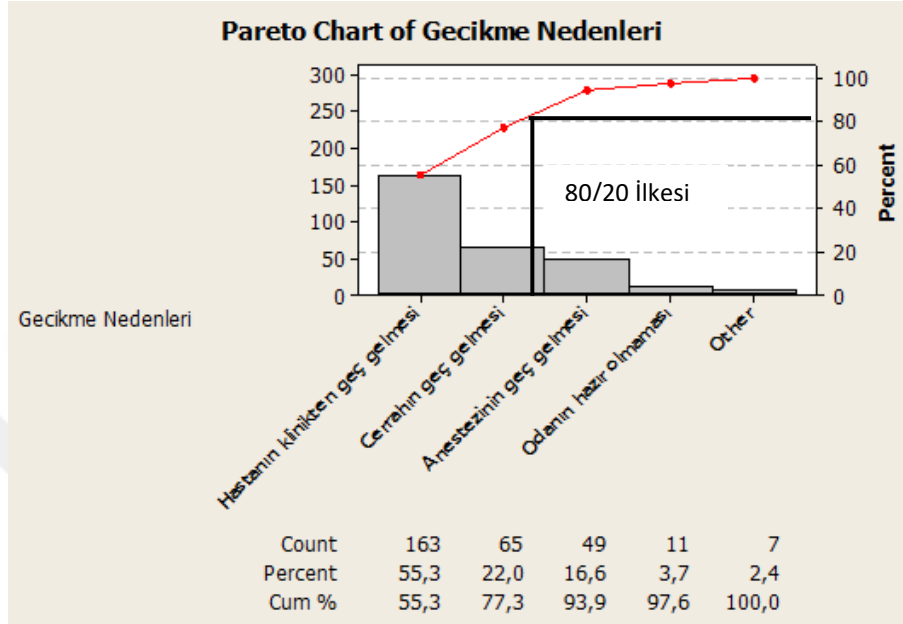
Tablo 34 Ameliyata Geç kalma Nedenleri

Gecikme Nedenleri	Sayı	Yüzdesi	Kümülatif
Hastanın klinikten geç gelmesi	163	55%	55%
Cerrahın geç gelmesi	65	22%	77%
Anestezinin geç gelmesi	49	17%	94%
Odanın hazır olmaması	11	4%	98%
Malzemenin olmaması	5	2%	99%
Makinelerde arıza olması	2	1%	100%

²³⁸ Richard Koch, “80/20 İlkesi”, (çeviren: Kerem Özdemir), İstanbul, Varlık Yayınları, 1999, ss.12,16.

²³⁹ Bass ve Lawton, a.g.e., s.149.

Ameliyata geç kalma nedenleri altı ana başlıkta toplanmıştır. Yapılan gözlem sonucunda hastanın klinikten geç gelmesi temel neden olarak %55 ile en fazla paya sahiptir. Ölçüm sayesinde ameliyata geç kalma nedenli gözle görünen bir hale gelmiştir. Bu ölçüm sonuçları Pareto Diyagramında (Şekil 40) gösterilmektedir.



Şekil 40 Ameliyatların Gecikme Nedenleri Pareto Diyagramı

Pareto diyagramında, gecikme nedenleri, nedenlerinin toplam ölçümdeki yüzdesel ağırlıklarına göre sıralanmakta ve grafiğin altında yapılan ölçüm ile ilgili, sayı, yüzde ve kümülatif değerler gösterilmektedir.

2.3.6.2. Histogram

Histogram, değişkenliğin şeklini ortaya koymak, süreç davranışı konusunda haberleşmek ve iyileştirme çabaları üzerine yönelip karar vermek amacı ile kullanılan bir yöntemdir. Genel olarak bir olayın gerçekleşme sıklığını gösterirler ve belirlenen zaman aralığında tanımlanan sorunun daha sık meydana gelip gelmediğini ortaya koyar. Her bir histogram sadece tek bir özelliği ölçmektedir. Aynı özellikler ölçülmek istemiyorsa birden fazla histogram yapılmak sureti ile olayların gelişme seyri izlenebilir.²⁴⁰ Histogram da yedi kalite aracından birisidir.

Bir veri grubundaki değişkenliğin aralığını ve derinliğini göstermek için histogramlar kullanılır. Teknik olarak sadece sürekli veriyi gösterir. Pareto diyagramı, önemli azı bulmak

²⁴⁰ Şanslı Şenol, "İstatistiksel Kalite Kontrol", Ankara, Nobel, , 2012, s.54.

konusunda YAS proje ekibine yardımcı olmaktadır. Histogram da bu önemli azın belirli zaman aralığındaki dağılımını göstermektedir²⁴¹.

Histogramın niçin kullanıldığından hareketle YAS projelerinde histogramın kullanım amaçları aşağıdaki şekilde belirlenebilir²⁴²:

- Değişmelerin dağılım şeklini, değişkenliğini (yayılımını) ve merkezini kolayca gözlemlemeyi sağlar.
- Değişkenliği azaltma ve problemlerin sebepleri hakkında ipucu sağlar.
- Kalite karakteristiğinin üretim tutarlılığı gözlemlenir
- Süreç yeterliliği ve spesifikasyonlar arasındaki ilişki grafik olarak gösterilir
- Ölçümlerin normal olarak dağılıp dağılmadığı görsel olarak değerlendirilir
- Ana amacı, üretim sürecindeki anlamlı değişikliklere dikkat çekmektir.

Histogram ile cetvel halinde yorumlanması çok zor olan büyük verilerin gösterilmesi sağlanır. Ayrıca, veri setinin merkezden kayma ve değişkenliğini göstermektedir. Histogramın hazırlanması için aşağıdaki süreç izlenebilir²⁴³:

- En az 50-125 arası örneklem alınır
- Veri setinde en büyük değer ile en küçük değer arasındaki fark hesaplanır
- Verilerin sınıf aralıkları belirlenir. Burada pratik kural olarak aşağıdaki tablo kullanılabilir.

Veri Sayısı	Sınıf Aralığı
<50	5-7
51-100	6-10
100-250	7-12
>250	10-20

- Sınıf sayısını belirlemek için de $(\sqrt{\text{Veri Sayısı}})$ formülü kullanılabilir. Örneğin, 50 veri için $\sqrt{50} = 7$ sınıf sayısı kullanılır.
- Verilerin en büyük değeri ile en küçük değeri arasındaki fark da sınıf sayısına bölünerek, sınıf aralıkları belirlenir.

²⁴¹ Ehrlich, a.g.e., s.107.

²⁴² Şanslı, a.g.e., s.55.

²⁴³ Basu, a.g.e., s. 68.

- Her bir aralıkta yer alan veriler belirlenir ve toplanır.
- Histogram şekli oluşturulur. Şeklin X ekseninde aralıklar ve Y ekseninde ise, verilerin gerçekleşme sıklığı yer alır.

Örneğin, plastik bidon vb. üretimi yapan bir işletmenin 1.000 gramlık paketlerde yer alan beyaz boyaların boyanma süresine ait veriler Tablo 35 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 35 Boyama Süreleri

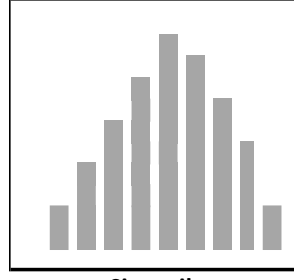
70	100	107	102	113
84	101	107	75	90
105	101	104	103	122
108	100	102	103	109
109	107	98	82	108
100	105	102	104	105
103	117	106	105	106
108	101	105	72	88
78	104	105	110	107
102	103	105	112	108

Tablo 36 üzerinde, boyanma süresine ait, sınıf sayısı, sınıf aralığı, her bir aralıktaki değerler ve bunların frekansları gösterilmektedir.

Tablo 36 Histogram İçin Aralıkların Belirlenmesi

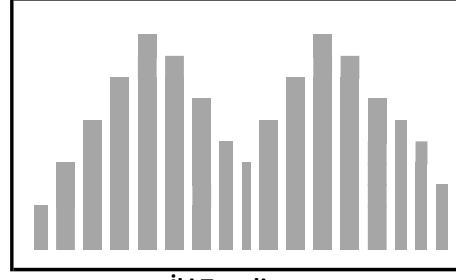
Sınıf Sayısı	Sınıf Aralığı	Değerler	Frekans
1	70-77	70,72,75	3
2	78-85	78,82,84	3
3	86-93	88, 90	2
4	94-101	98,100,100,100,101,101,101	7
5	102-109	102,102,102,102,103,103,103,103,104,104,104,105,105,105,105,105,105,105,105,106,106,107,107,107,108,108,108,108,109	30
6	110-117	110,112,113,117	4
7	118-125	122	1

Şekil 41 üzerinde olası Histogram grafikleri gösterilmektedir.



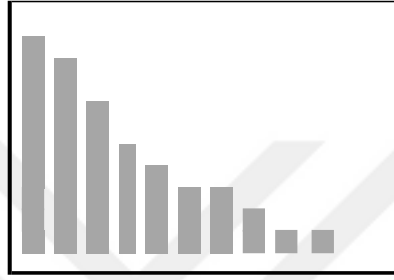
Simetrik

Verilerin sistematik olarak dağıldığını gösterir



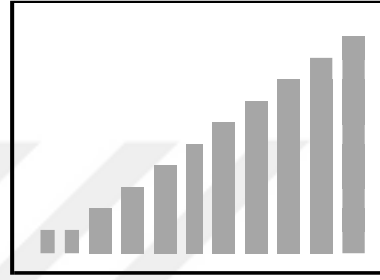
İki Tepeli

Verilerin muhtemelen iki ayrı farklı kaynaktan geldiğinin göstergesidir.



Pozitif ya da Sağa Çarpık

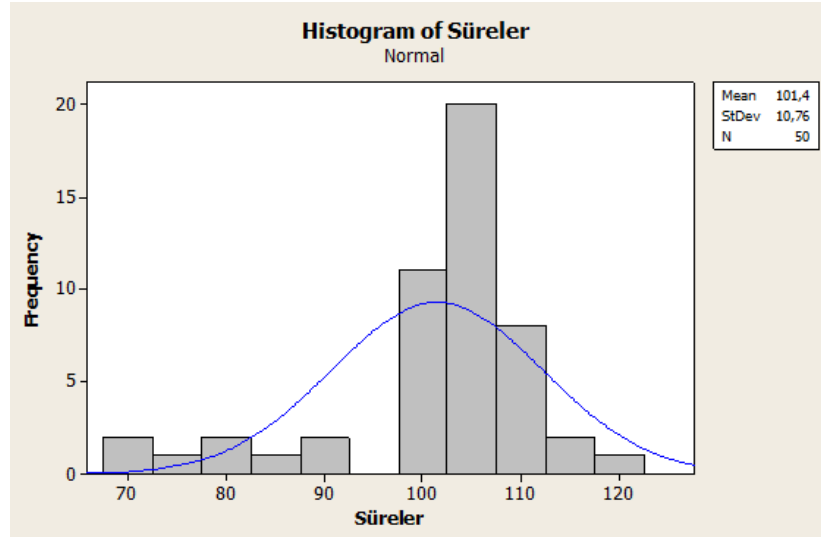
Verilerin belirli bir nokta esas alınarak seçilmiş olduğu ya da rasgele seçilmiş olduğunun göstergesidir.



Negatif ya da Sola Çarpık

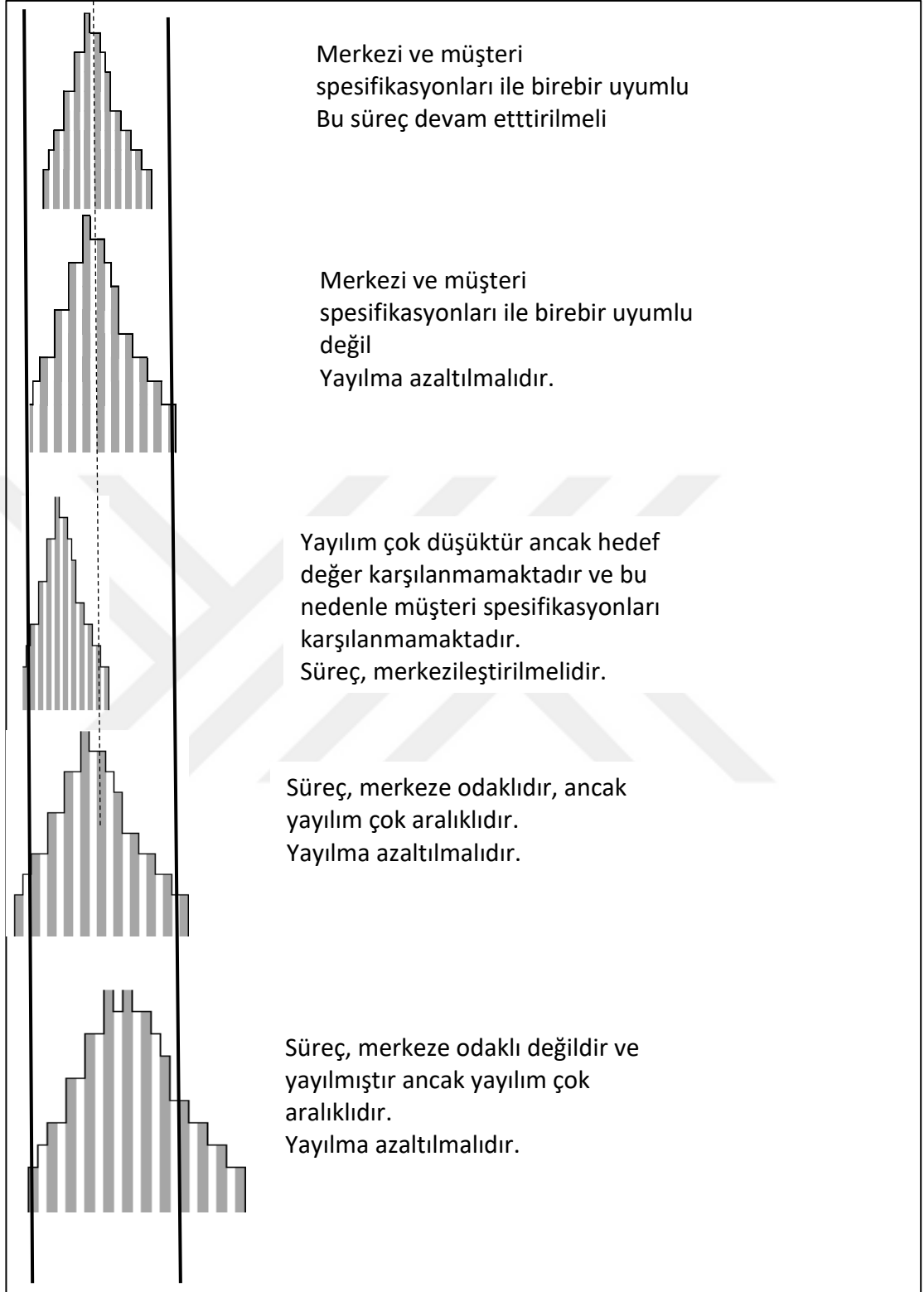
Şekil 41 Histogram Grafikleri

Üretim sürelerinin histogramı, Minitab kullanılarak oluşturulmaktadır (Şekil 42).



Şekil 42 Üretim Sürelerinin Histogramı

Histogramın merkeze odaklı olması ve yayılımı ile ilgili karşılaşılan durumlar ve bular için yapılması gereken işlemler şekil 43 üzerinde gösterilmektedir.

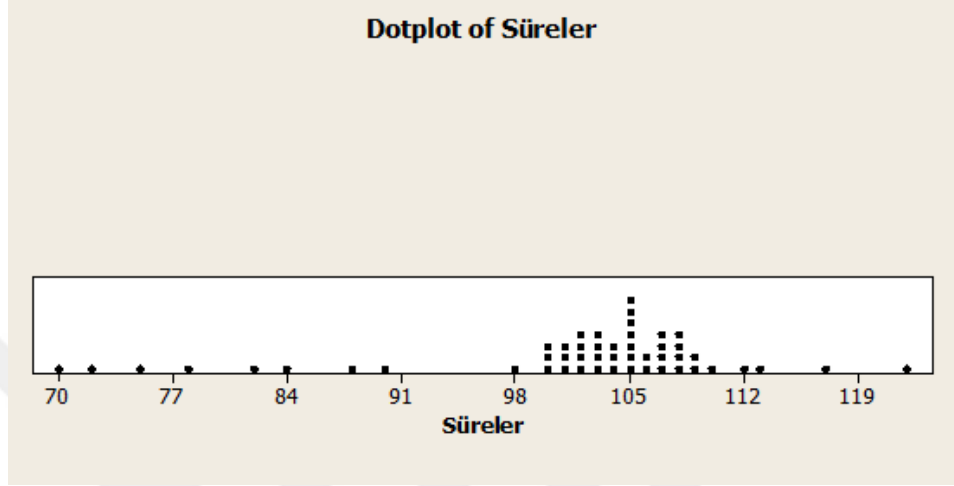


Şekil 43 Histogramda Merkeze Odaklılık ve Yayılma²⁴⁴

²⁴⁴ Lunau vd., a.g.e., s.86.

2.3.6.3. Nokta Grafiği

Nokta grafiğinin işleyişi ve ölçüm için kullanım amacı, histogram ile benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, sadece görsel anlatım ile nokta grafiği anlatılacaktır. Histogram başlığı altında yer alan örnekteki veriler kullanılarak oluşturulan nokta diyagramı Şekil 44 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 44 retim Sürelerinin Nokta Diyagramı

2.3.6.4. Kutu Diyagramı

Kutu diyagramı, bir değişkenin sıklık dağılımını veya normalliğini analiz etmek için kullanılan faydalı bir araçtır. Kutu diyagramı, yzdeliklere dayanan tanımlayıcı istatistikleri kullanan bir grafik eşdidir. Sürekli veri setinde lokasyon ve dağılımı göstermek amacı ile kullanılır. Verileri, medyana göre grafik ve Şekiller halinde özetler.

Aynı özelliklere sahip iki veri setinin hızlı bir Şekilde karşılaştırılması istendiği zaman kullanılacak bir araçtır.

Bir retim işletmesinde iki faklı lehim makinesinde yapılan gözlemler sonucunda saat bazında üretim miktarları tablo 37 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 37 Saat Bazında Üretim Miktarları

	Lehim Makinesi_1	Lehim Makinesi_2		Lehim Makinesi_1	Lehim Makinesi_2
1	101	102	11	102	107
2	99	103	12	103	108
3	102	100	13	109	105
4	97	103	14	111	104
5	90	104	15	108	110
6	91	105	16	112	115
7	88	106	17	113	
8	91	102	18	91	
9	98	102	19	98	
10	101	106	20	99	

Bu örnekten hareketle kutu diyagramlarının düzenlenmesinde aşağıdaki süreç örnek ile birlikte açıklamalı olarak izlenebilir ²⁴⁵:

- Veri setindeki verileri büyükten küçüğe göre sıralanır
- Sıralan veri üzerinden en küçük, en büyük ve ortanca değerleri hesaplanır.
- 1. makine için 20 veri toplanmıştır. Toplan alan dört çeyreğe bölünerek analiz edileceğinden birinci çeyrek değeri (Q_1), 4. ve 5. verilerin ortalaması ve üçüncü çeyrek değeri ise, 12.ve 16. verilerin (Q_3), ortalamasıdır. 2. makinenin birinci çeyrek değeri (Q_1), 4. veri ve üçüncü çeyrek (Q_3) değeri ise, 12. veridir.

Tablo 38 üzerinde örnekte yer alan lehim makinesi üretim miktarları verilerinin ölçümü için kutu diyagramı oluşturmak için yapılan hesaplamalar gösterilmiştir.

²⁴⁵ Craig vd., a.g.e., ss.110-111.

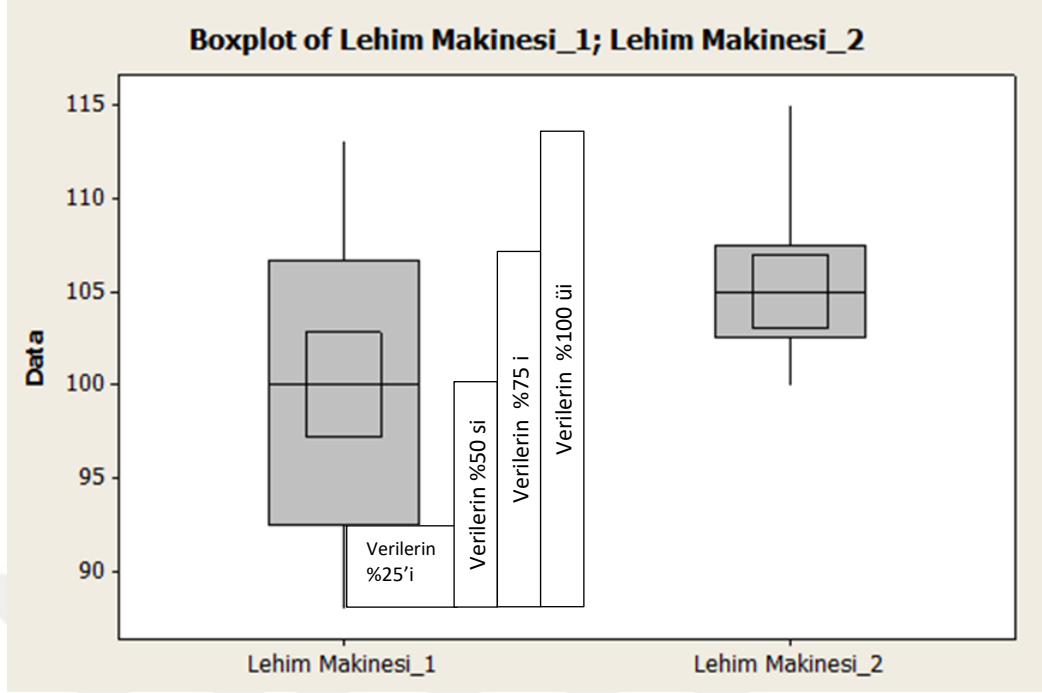
Tablo 38 Kutu Diyagramı Oluşturma

Lehim Makinesi_1			Lehim Makinesi_2		
1	Minimum	88	1	Minimum	100
2		90	2		102
3		91	3		102
4		91	4	Q ₁	102
5	Q ₁	91	5		103
6		97	6		103
7		98	7		104
8		98	8	Medyan	104
9		99	9		105
10	Medyan	99	10		105
11		101	11		106
12		101	12	Q ₃	106
13		102	13		107
14		102	14		108
15		103	15		110
16	Q ₃	108	16	Maksimum	115
17		109			
18		111			
19		112			
20	Maksimum	113			
Minimum			100,00		
Maksimum			115,00		
Medyan			104,50		
Q ₁			102,00		
Q ₃			106,00		

Lehim makinelerinden alınan veriler ile ilgili Kutu diyagramı, Minitab kullanılarak oluşturulmuştur (şekil 45).

Eğer ortanca çizgisi merkezin altında ise, dağılım pozitif çarpık ve üstünde ise negatif çarpık olarak tanımlanacaktır. Tam ortada yer alması verilerin normal dağıldığının bir göstergesi olup kutunun dışında herhangi bir veri bulunmaması ise, uç değer olmadığını gösterir.

1. Lehim makinesi ve 2. Lehim makinesi karşılaştırıldığında, 1. Makede üretilen ürünlerin normal dağılım gösterdiği ve 2. makede üretilen ürünlerin ise, dağılımının negatif çarpık olduğu görülmektedir.



Şekil 45 Lehim Makinelerindeki Üretimin Kutu Diyagramı

2.3.6.5. Çalışma Grafikleri

Literatürde Run grafikleri olarak kullanılan bu tür grafikler için çalışma grafikleri kavramı da kullanılmaktadır²⁴⁶. İçerik itibari ile verinin zaman içindeki yayılımı gösteren bir grafik türü olduğu için yayılım grafikleri olarak da isimlendirilebilir. Zaman diyagramı ve zaman serisi diyagramı olarak da bilinen çalışma grafikleri, belirli bir zaman diliminde verilerindeki değişimi göstermek amaçlı kullanılan bir araçtır. Basit bir trend grafiğine benzemektedir. Bir süreçle ilişkin sürekli ve kesikli verilerdeki, ilişkileri, trendleri ve değişiklikleri ortaya koymak için kullanılan bir grafik türüdür. Süreci iyileştirme öncesi ve sonrası durumu karşılaştırmak için kullanılır.

Belirli bir zaman diliminde verilerdeki değişimin nasıl olduğunu ve bu zaman diliminde rassal olarak dağılıp dağılmadığına çalışma grafikleri kullanılarak bakılır. Bu zaman diliminde verilerde normal dışında hareketler olup olmadığı izlenir.

Çalışma grafiğinde, belirli bir zaman diliminde (X ekseninde), ölçümü yapılan verilerdeki değişiklikler ve ölçüleri (Y ekseninde) izlenir. Bu aracın kullanılması için en az 20 veriye gerek duyulmaktadır. Zaman içinde toplanan verilerin aldığı değerler Y ekseninde birbiri ile bağlantılı olarak gösterilmektedir.

²⁴⁶ Akkurt, a.g.e., s.241.

Çalışma grafikleri, kontrol grafiklerine göre daha az veri içermektedir. Kontrol grafikleri istatistiki olarak yapılan testler ve standart sapma hesaplamalarını yaparak alt ve üst kontrol limitlerini göstermektedir. Güvenilirlik ve rassallık testi yapmak istatistiki analiz gerektirmektedir ki bunlar kontrol grafiklerinde kullanılmaktadır. Genel olarak kontrol grafikleri bir surecin performansını analiz ve kontrol etmek için kullanılabilir²⁴⁷.

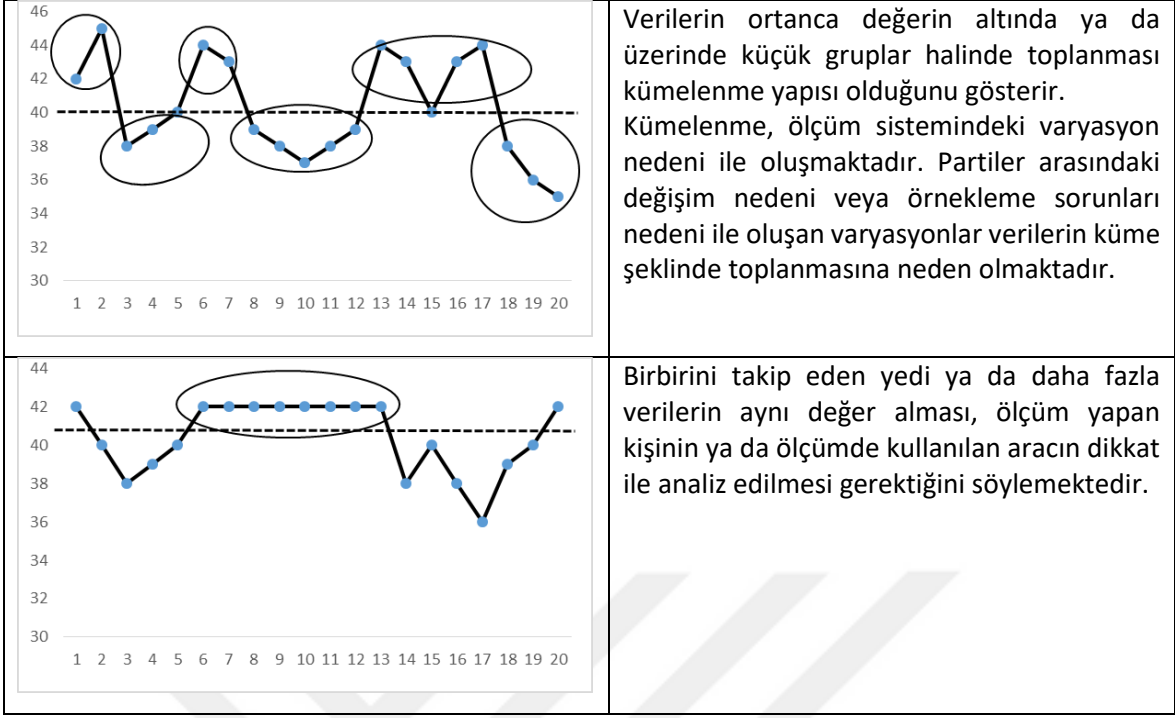
Çalışma grafiklerinde yapılan ölçüm ile karşılaşılan özel durumlar tablo 39 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 39 Çalışma Grafiklerinde Karşılaşılan Özel Durumlar²⁴⁸

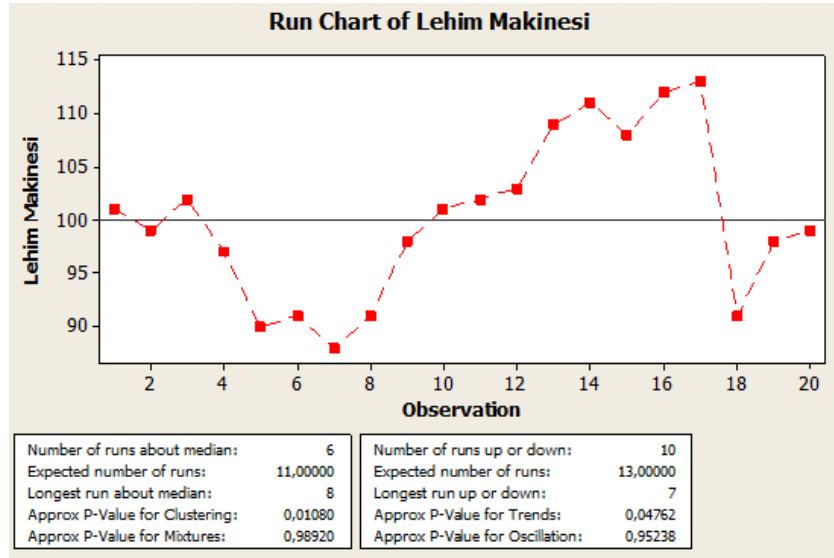
	<p>Altı ya da daha fazla birbirini izleyen verilerde artış ya da azalış, bir trend yani eğilimi göstermektedir. Süreçte bir şeyin arttığını ya da azaldığını göstermektedir. Nelerin trende neden olacağı, trend öncesi hareketler ile birlikte incelenmelidir. Trendler genel olarak bozuk ve eski araçların kullanımı ya da çalışanların yorgunluğu nedeni ile oluşan bir yapıdır.</p>
	<p>Dokuz ya da daha fazla birbirini izleyen veriler, ortanca değer iki tarafında aynı dağılımda olması, grafiğin kayma gösterdiği şeklinde yorumlanır. Nelerin kaymalara yol açtığı incelenmelidir. Malzemelerde, süreçlerde, ürün ve hizmetlerde neden olduğu değişimlere bakılmalıdır.</p>
	<p>On dört ya da daha fazla birbirini izleyen veriler, dalgalı şekilde dağılım göstermesi, grafiğin dişli olduğu şeklinde yorumlanır. Süreçte malzeme, ürün ya da hizmetlerin nasıl değiştiğini gösterir. Üretimde farklı üretim hatları ya da makinelerin çıktılarında bu tür dağılım ile karşılaşılabılır.</p>

²⁴⁷ Hambleton, agk., s. 613.

²⁴⁸ Peter S. Pande, Rober P. Neuman ve Roland R. Cavanagh, "The Six Sigma Way Team Fieldbook An Implementation Guide For Process Improvement Teams", U.S.A., McGrawHill, 2012, ss. 243-244, Lunau vd, a.g.e., s. 90, Arcidiacono vd., a.g.e., s.133.



Histogram başlığı altında örnek olarak kullanılan lehim makinesi_1'den alınan verilere göre oluşturulan çalışma grafiği, şekil 46 zerinde gösterilmektedir.

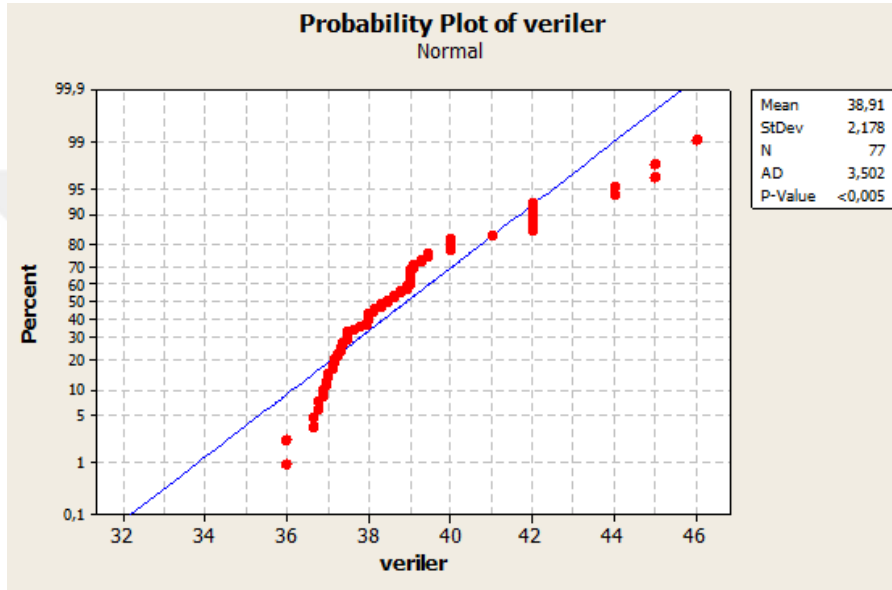


Şekil 46 Lehim Makinesi Çalışma Grafiği

Grafik incelendiğinde 7. veriden başlayıp 15. veriye kadar artan bir trend olduğu görülmektedir. Kullanılan araçların eskimiş olması ya da çalışanların dikkatsizliği, yorgunluğu vb. gibi nedenler trend dağılımına neden olmaktadır.

2.3.6.6. Normal Olasılık Diyagramı

Verilerin normal bir dağılım gösterip göstermediğini ölçmek amaçlı olarak kullanılan bir diyagramdır. Minitab Yapılan ölçüm sonucunda oluşturulan diyagram, şekil 47 üzerinde gösterilmektedir. 77 adet gözlem sonunda hesaplanan p değeri verilerin normal olup olmadığını göstermektedir. Eğer p değeri 0,05'den küçük ise, veriler normal değil; büyük ise, normal olarak değerlendirilecektir. Örnekteki ölçümün p değeri, 0,05'den küçük olduğu için veriler anormal olarak değerlendirilecektir.



Şekil 47 Normal Olasılık Diyagramı

2.3.7. Süreç Yeterliliğinin Hesaplanması

YAS sürecinde ölçüm aşamasında sürecin mevcut durumunu görüntülemek, sürecin iyileştirme öncesi durumun görmek ve iyileştirme öncesi ve sonrasını kıyaslayabilmek için, belirli göstergeleri kullanmak gerekmektedir. Süreç yeterliliğinin veya süreç performansının hesaplanmasında aşağıdaki göstergeler kullanılmaktadır:

- Milyon Fırsatta Hata Oranı (DPMO)
- Milyonda Bir Hata (PPM)
- Ürün Başına Hata (DPU)
- Getiri (Yield)
- Toplam Teçhizat Etkinliği (OEE)
- Süreç Yeterlilik Endeksleri

- Sürecin Sigma Değeri

2.3.7.1. Milyon Fırsatta Hata Oranı

Milyon Fırsatta Hata Oranı (MFHO), üretilen ürün ya da hizmetlerdeki fırsatlardaki hata oranına göre performansı ölçmek için kullanılan bir göstergedir. Bu göstergenin değerini tespit edebilmek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$MFHO = \frac{\text{Hata Miktar}}{\text{Üretilen Ürün Miktarı} * \text{Üründeki Hata Fırsat Miktarı}} * 1.000.000$$

$$MFHO = \frac{HM}{\text{ÜM} * FM} * 1.000.000$$

Formüldeki HM, hata miktarı; ÜM, üretim miktarı ve FM ise, fırsat miktarını temsil etmektedir.

Süreçteki MFHO hesaplayabilmek için, ürünlerin kritik kalite göstergeleri kullanılmalı ve buradan hareketle hatalar tanımlanmalıdır.

Bir kalemin 4 parçadan oluştuğunu varsayalım. Dört parçanın her biri birer hata fırsatıdır. Toplam üretim miktarının 12.800 adet olduğu ve 712 adet hata tespit edildiği bir ortamda süreçteki MFHO şu şekilde hesaplanacaktır:

$$MFHO = \frac{712}{12.800 * 4} * 1.000.000 = 13.906$$

MFHO ile milyonda 13.906 adet hata olması şeklinde yorum yapılmaktadır.

MFHO'nun hesaplanmasında Ürün Başına Hata Oranı (ÜBHO) oranı formülü esas alınmaktadır. ÜBH oranı, aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$\text{ÜBHO} = \frac{HM}{\text{ÜM} * FM}$$

MFHO, ÜBHO oranının bir milyon işe çarpılması sonucunda hesaplanmaktadır

$$MFHO = \text{ÜBHO} * 1.000.000$$

Örnekteki ÜBH, aşağıda gösterildiği gibi %1,391 olarak hesaplanmaktadır.

$$\text{ÜBHO} = \frac{712}{12.800 * 4} = \%1,391$$

Üretilen ürünlerde kullanılan parçalarda dikkate alınarak %1,391 oranında hata tespit edilmesi, yüz üründe 1,39 tanesinde hata olduğu anlamına gelmektedir.

2.3.7.2. Getiri Oranı

Ürün başına hata oranı, MFHO ve getiri oranının hesaplanmasında esas alınmaktadır. Getiri ile ürünlerin süreçte girdi ve çıktıları arasındaki ilk seferinde hatasız geçeme oranı ifade edilmektedir. Getiri, aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır:

$$\text{Getiri} = (1 - \text{ÜBHO})$$

Yukarıdaki örnekte yer alan ÜBHO kullanılarak süreçteki getirisi, aşağıda gösterildiği gibi %98,609 olarak hesaplanmaktadır:

$$\text{Getiri} = (1 - \%1,391) = \%98,609$$

Getiri, bir süreçte gizli fabrikanın ortaya çıkartılması için de kullanılabilir.

Toplam Süreç Verimliliği TSV, (Rolled Throughput Yield) ise, bir süreçte süreci oluşturan adımların her birinin MFHO'nun çarpılması sonucunda aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$TSV = \left[\left(1 - \frac{MFHO_1}{1.000.000} \right) \times \left(1 - \frac{MFHO_2}{1.000.000} \right) \times \dots \times \left(1 - \frac{MFHO_n}{1.000.000} \right) \right]$$

Bir üretim işletmesinde üretim, talaşlı üretim biriminde başlamakta ve montaj biriminde tamamlanmaktadır. Üretimin girdisi 10.000 birim çıktısı ise, 9.100 birimdir. Süreç bazında verimlilik oranlarına ve son aşama olan Montaj biriminin verimlilik oranlarına bakıldığında süreçte verimliliğin birim düzeyinde %96'nın altına inmediği görülmektedir. Aslında sürecin toplam verimliliği, %91 düzeyindedir.

10.000	Talaşlı Üretim	9.800	Lehimhane	9.500	Fırınlama ve Soğutma	9.200	Montaj	9.100
	98,00%		96,94%		96,84%		98,91%	
			95,00%		92,00%		91,00%	
TSV=	%98,00*%96,67*%96,84*%98,91							
TSV=	91,00%							

Sırası ile birimlerin verimliliği, %98, %96,64, %96,48 ve %98,91 düzeyindedir. TSV ise, %91 olup her bir sürecin verimliliği çarpılarak hesaplanmaktadır., Montaj birimine bakıp

da sürecin verimliliği %98,91'dir denilmesi, süreçteki hataları gizlemek anlamına gelmektedir. Sürecin verimliliği, diğer bir ifade ile getirisi %91'dir.

2.3.7.3. Toplam Teçhizat Etkinliği

İşletmede var olan ve üretim faaliyetlerinde kullanılan teçhizatların performansını değerlendirmek için kullanılan bir göstergedir. Toplam Teçhizat Etkinliği (TTE), *Ulaşılabilirlik*, *Performans Oranı* ve *Kalite Oranı* gibi üç farklı parametrenin birbiri ile ilişkilendirilmesi ile aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır²⁴⁹:

$$TTE = Ulaşılabilirlik * Performans Oranı * Kalite Oranı$$

$$TTE = U * PO * KO$$

Ulaşılabilirlik ile bir makine ya da teçhizatın kullanılabilir kapasitesinin katma değer yaratan faaliyetler tarafından kullanım yüzdesi ifade edilmektedir.

$$Ulaşılabilirlik = \frac{\text{Üretim Zamanı}}{\text{Planlanmış Üretim Zamanı}}$$

Toplam çevrim zamanında katma değer yaratmayan zaman, ürüne şekil verme faaliyeti dışındaki faaliyetlerin zamanı olarak tanımlanmaktadır.

Performans Oranı (PE) ise, sıfır hatalı üretilen ürünün, üretildiği zamanın katma değer yaratan zaman içindeki payını hesaplamak için kullanılmaktadır.

$$\text{Performans Oranı} = \frac{\text{Birim Üretim Zamanı} * \text{Toplam Üretim Miktarı}}{\text{Üretim Zamanı}}$$

Kalite oranı ise, toplam üretimden reddedilen ürünler arasındaki farkın toplam üretime bölünmesi ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Kalite Oranı} = \frac{\text{Sıfır Hatalı Üretim Miktarı}}{\text{Toplam Üretim Miktarı}}$$

Ulaşılabilirlik, Performans (hız) ve Kalite göstergelerinin çarpılması sonucunda TTE aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$TTE = \frac{\text{Sıfır Hatalı Üretim Miktarı} * \text{Birim Üretim Zamanı}}{\text{Planlanmış Üretim Zamanı}}$$

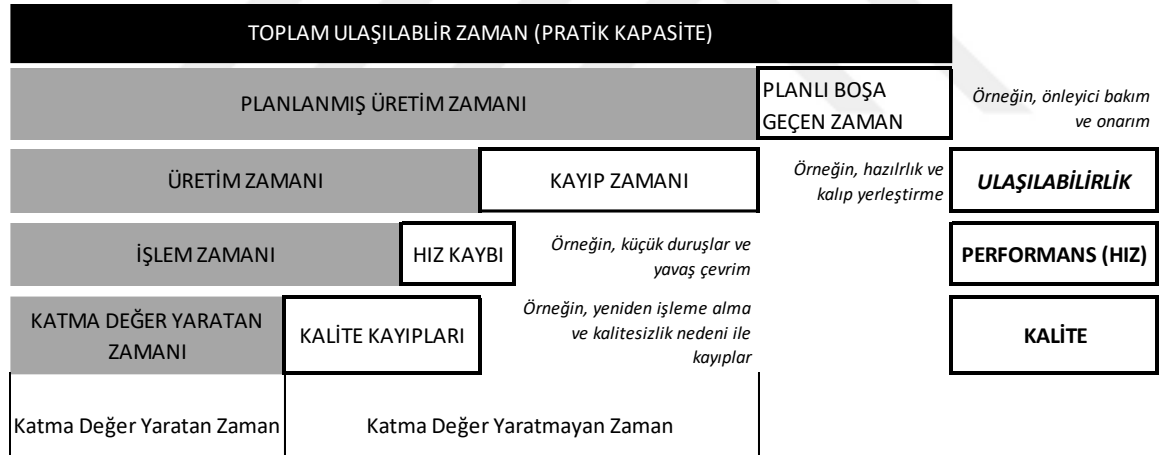
²⁴⁹ Abhishek Jain, Rajbir S. Bhatti ve Harwinder Singh, "OEE Enhancement in SMEs Through Mobile Maintenance: A TPM Concept", *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2015, Vol. 32, No.5, s.510.

TTE'nin hesaplanmasında etkili olan kayıp zamanlar aşağıdaki şekilde sınıflandırmaktadır²⁵⁰:

- Makine arızası nedeni ile ara verme
- Hazırlık ve ayarlama için gerekli zaman
- Yanlış başlama nedeni ile kaybolan zaman
- Yanlış araç kullanımı nedeni ile ortaya çıkan kayıp zaman
- Küçük duruşlar nedeni ile kaybolan zaman
- İdeal hızın altında işlem yapılması
- Yeniden üretim, kalitesizlik nedeni ile kayıp gibi nedenler ile kaybolan zaman

Bu kayıplar, üç farklı grupta toplanmaktadır. İlk dördü, fabrikanın/süreçlerin kullanılabilirliği, ulaşılabilirliği ile ilgili; 5 ile 6. sı fabrikanın/sürecin performansı ile ilgili ve sonuncusu da sürecin kalitesi ile ilgilidir²⁵¹.

Tesislerde veya süreçlerde ulaşılabilirlik, performans (hız) ve kalite arasındaki ilişki şekil 48 üzerinde gösterilmektedir.



$$TTE = \frac{\text{Katma Değer Yaratan Zaman}}{\text{Planlanmış Üretim Zamanı}}$$

Şekil 48 Toplam Teçhizat Etkinliğin Bileşenleri²⁵²

Şekil 41 üzerinde de gösterildiği gibi, bir üretim sürecinde TTE, katma değer yaratan zamanın toplam planlanan zamana bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Toplam planlanan

²⁵⁰ Gibbons Paul M. ve Burgess, Stuart C., "Introducing OEE as a Measure Of Lean Six Sigma Capability", *International Journal of Lean Six Sigma*, 2010, Vol. 1, No.2, s.138.

²⁵¹ Gibbons vd, a.g.e., s. 139.

²⁵² Arcidiacono vd., a.g.e., s.123.

zamanı, katma değer açısından sınıflandırıldığında iki parçadan oluştuğu görülmektedir: (1) Katma değer aratan zaman ve (2) Katma değer yaratmayan zaman. Üretilen parçaya/ürüne şekil verme dışında kalan faaliyetlerce kullanılan zaman, katma değer yaratmayan zamanı oluşturmaktadır.

Şekil 32 üzerindeki akışı kullanarak bir sürecin günlük kapasitesinin 12 saat ve planlanmış üretim zamanının da 10 saat olduğu varsayılmaktadır. Üretime hazırlık nedeni ile 2 saatlik bir kayıp görülmektedir. Bu durumda süreçteki teçhizatların %80'lik kısmının kullanılabilir surumda olduğu hesaplanır.

$$Ulaşılabilirlik = \frac{8 \text{ saat}}{10 \text{ saat}} = \%80$$

Kullanılabilir teçhizatların, hazırlık zamanı ile 2 saatlik kısmı kullanılmamaktadır ki bu sürecin performansını yani hızını yavaşlatmaktadır. Sürecin performansı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$Performans = \frac{6 \text{ saat}}{8 \text{ saat}} = \%75$$

Hazırlık sonrasında kalan zamanda kaliteli ürünlerin üretilmesi beklenmektedir ki bu zaman diliminde kaliteli ürünler yanında hatalı ve yeniden işleme alınacak ürünler de üretilmektedir. Kalitesizlik nedeni ile üretime 2 saatlik katma değer yaratmayan işlemler yapılmıştır. Sürecin kalitesi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$Kalite = \frac{4 \text{ saat}}{6 \text{ saat}} = \%6,67$$

Teçhizatların toplam verimliliği ise, %40 olarak hesaplanır (Şekil 49):

$$TTE = \%80 \times \%75 \times \%6,67 = \%40$$

TOPLAM ULAŞILABİLİR ZAMAN (PRATİK KAPASİTE) =12 saat		
PLANLANMIŞ ÜRETİM ZAMANI	Planlı Boşa Geçen Zaman = 2 saat	10 saat
ÜRETİM ZAMANI	Hazırlık Zamanı = 2 saat	8 saat
İŞLEM ZAMANI	Hız Kaybı = 2saat	6 saat
KATMA DEĞER YARATAN ZAMANI	Yeniden İşleme Alma = 2 saat	4 saat
Katma Değer Yaratan Zaman = 4 saat	Katma Değer Yaratmayan Zaman =6 saat	

$$TTE = \frac{8 \text{ saat}}{10 \text{ saat}} \times \frac{6 \text{ saat}}{8 \text{ saat}} \times \frac{4 \text{ saat}}{6 \text{ saat}} = \%40$$

Şekil 49 Toplam Teçhizat Etkinliğin Bileşenleri Örneği

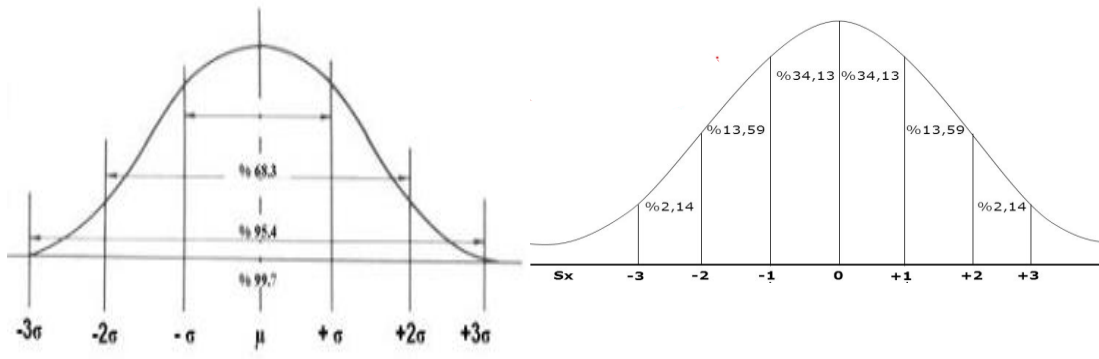
2.3.7.4. Süreç Yeterlilik Endeksleri

Süreç Yeterlilik Endeksleri (SYE), 1990 yıllarda Wetherill ve Brown tarafından geliştirilmiştir. Belirli koşullarda ve belirli bir zaman diliminde bir sürecin benzer parçalar/çıkıtlar üretilip üretilmeyeceği sürecin yeterliliği olarak tanımlanmıştır. Süreç yeterliliğinin değerlendirilmesi, sürecin kabul edilebilir ürünleri nasıl üretebileceğini belirlemesi açısından çok önemlidir. Bu sayede bir YAS projesinde sürecin hangi noktasında iyileştirme yapılacağı belirlenebilecektir²⁵³.

SYE, bir tezgâh, makine ya da teçhizatın proses dağılımını dikkate alarak belirli bir üretimi hangi sınırlar içinde yapabileceğini gösteren göstergelerdir. İstatistiki açıdan bir ürünü meydana getiren süreçler de bir olaydır. Dolayısı ile süreçlerce benzer ürünler arasındaki değişimler sürecin dağılımını gösterir. Dağılım da istatistik de standart sapma (varyans) ve aralık faktörleri ile dikkate alınır. Ürünlerde meydana gelen değişimler normal dağılım gösterdiği ve dağılım μ merkezi eğrisine göre sınırları $\pm 3\sigma$ olarak alındığı, yani dağılımın sınırları arasındaki uzaklık 6σ (Şekil 50) olduğu durumda bir sürecin yeterliliği, 6σ şeklinde ifade edilir²⁵⁴.

²⁵³ Jose Arturo Garza-Reyes, Steve Eldridge, Kevin D. Barber ve Horacio Soriano-Meier, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Process Capability (PC) Measures", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 No. 1, 2010, s.51.

²⁵⁴ Akkurt, a.g.e., s.105.



Şekil 50 Normal Olasılık Dağılımında σ İle Belirlenen Sınırlar

SYE, kısa veya uzun döneme bağlı olarak süreçteki değişkenliklerin hesaplanması ile süreç çıktılarının müşterilerin beklentilerini karşılayıp karşılayamadığını istatistiki olarak belirlemektedir. Çok sayıda SYE var olmasına rağmen C_p ve C_{pk} en çok kullanılan iki endekstir. Her iki endeks de sürecin yeterliliğine kısa vadeli göz ile bakmaktadır²⁵⁵.

C_p endeksi, ilk kez Juran tarafından ortaya atılmıştır ve aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır²⁵⁶:

$$C_p = \frac{\text{ÜKL} - \text{AKL}}{6\sigma}$$

ÜKL, üst kontrol limitini; AKL ise, alt kontrol limitini, σ ise, tahmini standart sapmayı temsil etmektedir. C_p , sürecin olası performansını, doğal süreç dağılımını belirleyici dağılışıyla ilişkilendirerek gösteren bir süreç yeterlilik endeksidir²⁵⁷.

C_p değerinin 1,5 ve üzerinde olması ($C_p \geq 1,5$), istenen bir durumdur. Ancak, bu değer 1 ve üzerinde ($C_p \geq 1,0$) olması durumu da kabul edilmektedir²⁵⁸.

C_{pk} endeksi ise, Kane tarafından (1986) geliştirilmiştir. Bir ürünün kalitesinin belirlenmesinde ürünün gösterdiği yayılımın incelenmesi kadar, ortalama değerinin ne ölçüde hedef değerde oluştuğunun da incelenmesi önemlidir²⁵⁹. C_p endeksi, yalnızca sürecin yayılmasını dikkate alırken C_{pk} endeksi, süreç ortalamasının, alt ve üst kontrol limitlerinin merkezine yakınlığını da dikkate alır.²⁶⁰

²⁵⁵ Hambleton, a.g.e., s.488.

²⁵⁶ Reyes, vd., a.g.e., s.51.

²⁵⁷ Şenol, a.g.e., s.89.

²⁵⁸ Hambleton, a.g.e., s.489.

²⁵⁹ Şenol, a.g.e., s.90.

²⁶⁰ Reyes vd., a.g.e., s.52.

$$C_{pk} = \frac{\text{Min}(\bar{ÜKL} - \mu, \mu - AKL)}{3\sigma}$$

C_{pk} değerinin 1,33 ve üzerinde olması ($C_{pk} \geq 1,33$), sürecin yeterliliğinin kabul edilebilir olduğu şeklinde yorumlanır. Bu değer 1 ve altında ($C_{pk} \leq 1,0$) hemen hemen hiç kabul edilir değildir. 6 Sigma için bu değer, 2'ye eşit olur²⁶¹.

C_p , değişmez ve merkezi süreçlerin yeterliliği için kullanılırken değişmez süreçlerde yeterliliği ölçmek için kullanılır, merkezi olması gerekliliği yoktur. C_p ve C_{pk} göstergeleri arasındaki ilişki şu şekilde ifade edilebilir:

- $C_p > C_{pk}$ ise, merkezden sapma söz konusudur
- $C_p = C_{pk}$ ise, merkezde olma söz konusudur

C_p ve C_{pk} , değişmez ve merkezi ya da merkezi olmayan süreçlerin yeterliliğinin ölçümünde kullanılırken değişen ve merkezi ya da merkezi olmayan süreçlerin yeterliliğinin ölçümünde ise P_p ve P_{pk} göstergeleri kullanılmaktadır. Potansiyel performans yeterlilik endeksi olarak ifade edilen P_p değerinin C_p 'den farkı; C_p 'de kısa döneme P_p de ise, uzun döneme odaklılık söz konusudur. Aynı durum C_{pk} ve P_{pk} için de geçerlidir.

P_p ve P_{pk} değerleri, aşağıdaki formüllere yardımı ile hesaplanmaktadır:

$$P_p = \frac{\bar{ÜKL} - AKL}{6\sigma_{UD}}$$

$$C_{pk} = \frac{\text{Min}(\bar{ÜKL} - \mu, \mu - AKL)}{3\sigma_{UD}}$$

Formüllerde yer alan UD ile uzun dönem ifade edilmektedir.

P_p değerinin 1'de büyük çıkması istenen durumdur. Eğer, $C_p > P_p$ ise, sürecin değişken olduğu, diğer bir ifade ile merkezden sapmaların olduğu ve bunun özel bir varyasyondan kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir.

Eğer $P_p > P_{pk}$ ise, merkezlenmemiş bir süreç; $P_p = P_{pk}$ ise, merkezlenmiş bir süreçten bahsedilir. C_p , C_{pk} , P_p ve P_{pk} arasındaki ilişkiler ve yorumları tablo 40 üzerinde gösterilmektedir.

²⁶¹ Hambleton, a.g.e., s.491.

Tablo 40 Süreç Yeterlilik Göstergelerinin Yorumlanması²⁶²

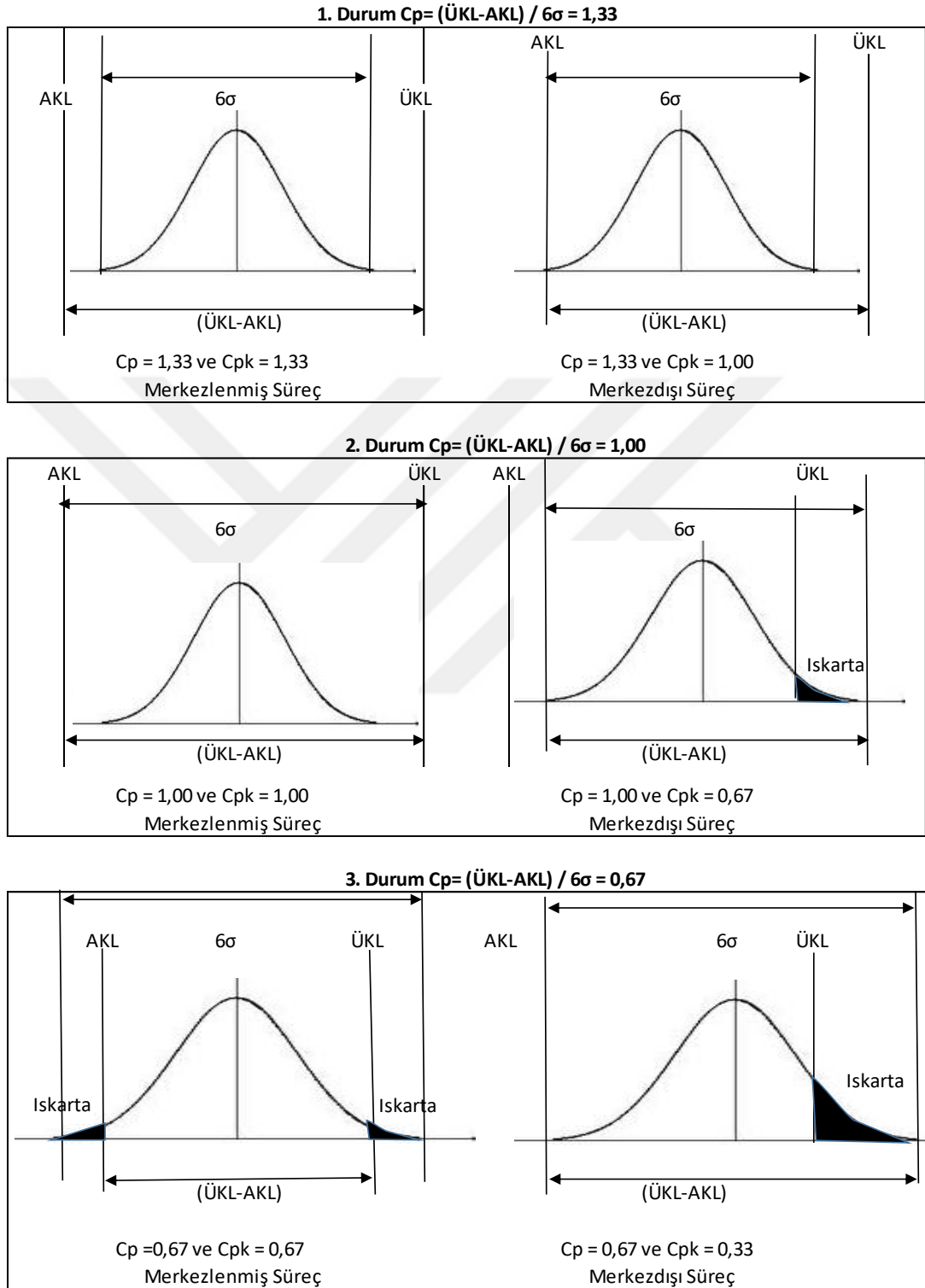
Göstergelerin ilişkisi	$C_p = C_{pk} = P_p = P_{pk}$	$C_p > C_{pk}$ $P_p = P_{pk}$	$C_p > P_p$ $C_p = C_{pk}$ $P_p = P_{pk}$	$C_p > P_p$ $C_p > C_{pk}$ $P_p > P_{pk}$
Yorum	Merkezi ve sapma olmayan bir süreç	Merkez Dışı ve sapma olmayan bir süreç	Merkezi ve sapma olan bir süreç	Merkez Dışı ve sapma olan bir süreç
Rapor	C_p ve C_{pk}	Sadece C_{pk}	Sadece P_p	Sadece P_{pk}

Süreç yeterlilik endeksinin değeri, sürecin yüzde olarak kullanıldığı tolerans alanıdır. Örneğin, C_p değerinin 1,33 olması, sürecin tolerans alanının %75,19 ($= 1 \div 1,33$) oranında kullanıldığını gösterir²⁶³.

²⁶² 3M, a.g.e., s.57.

²⁶³ Akkurt, a.g.e., s. 126.

C_p ve C_{pk} değerlerinin merkezi ve merkezi dışında olduğu üç farklı durum ile süreç yeterlilik değerleri, şekil 51 üzerinde özetlenmektedir.



Şekil 51 Merkezi ve Merkez Dışı Süreçler²⁶⁴

²⁶⁴ Akkurt, a.g.e., s.127.

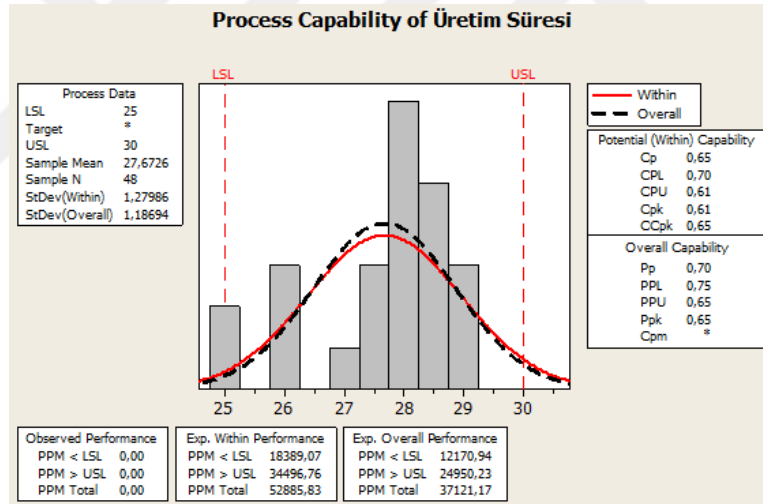
Bir üretim sürecinde üretim süresi ile ilgili olarak farklı zaman diliminde alınan örneklemin değerleri tablo 41 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 41 Ölçüm Değerleri

1	29,106	7	26,145	13	29,146	19	28,325
2	25,897	8	28,125	14	27,426	20	28,126
3	28,000	9	28,165	15	27,565	21	27,654
4	28,698	10	26,187	16	25,105	22	29,115
5	28,444	11	28,655	17	27,894	23	28,601
6	26,750	12	25,145	18	27,874	24	27,995

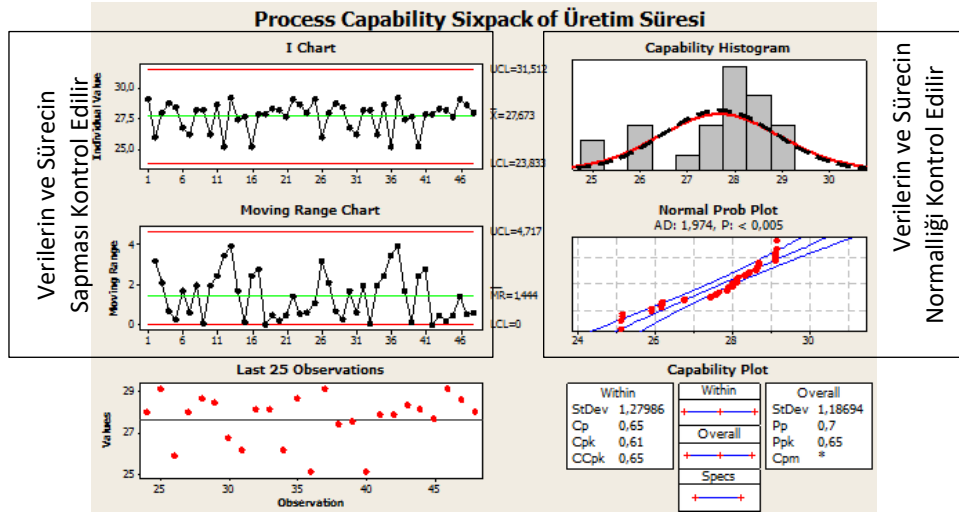
Minitab kullanılarak üretim sürecinin yeterliliği hesaplanmış ve sonuçlar şekil 44 ve şekil 45 üzerinde gösterilmektedir.

Şekil 52 üzerinde yer alan süreç yeterlilik değerleri $C_p = 0,65$, $C_{pk} = 0,61$, $P_p = 0,70$ ve $P_{pk} = 0,65$ olarak hesaplanmıştır. $C_p > C_{pk}$ ve $P_p > P_{pk}$ olduğu için hem merkez dışı hem de sapmanın olduğu bir süreç söz konusudur.



Şekil 52 Üretim Sürecinin Yeterlilik Analizi

Şekil 53 üzerinde histogram ve normal olasılık diyagramları ile verilerin ve sürecin normalliği ölçülürken; I ve hareketli ortalama diyagramları ile de süreçteki sapma ölçümü yapılmaktadır.



Şekil 53 Üretim Sürecinin Yeterlilik Analizi

2.3.7.5. Sürecin Sigma Değeri

Ürün başına hata oranı ile getiri yüzdesi ve milyon fırsatta hata oranı hesaplanabilir. Ürün basında hata/kayıp oranının %2 olduğu bir durumda, getiri oranı, %98 ve MFHO değeri, 20.000 olarak hesaplanmaktadır. Tablo 34 üzerindeki değerlere bakıldığında süresi Sigma değerinin 3,50 ile 3,60 arasında olacağı tablo 42 üzerine gösterilmektedir. Ayrıca, aşağıdaki formül ile sürecin Sigma değeri basit bir şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{NORMSTERS (1-ÜBH Oranı) +1,5}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	
		Getiri	ÜBH_ %			MFHO		Süreç Sigma	
13	Talaşlı üretim	%98	%2,00	= 1-B13		20.000	= D13*1000000	3,554	= NORMSTERS(1-C13) +1,5

Tablo 42 Altı Sigma Dönüşüm Tablosu

MFHO	Kısa Dönemli Sigma	Uzun Dönemli Sigma	Getiri	Cpk
2	6.00	4.50	99.999660	2.00
5	5.90	4.40	99.999540	1.97
9	5.80	4.30	99.999150	1.93
13	5.70	4.20	99.998700	1.90
21	5.60	4.10	99.997900	1.87
32	5.50	4.00	99.996800	1.83
48	5.40	3.90	99.995000	1.80
72	5.40	3.90	99.993000	1.77
108	5.20	3.70	99.989000	1.73
159	5.10	3.60	99.984000	1.70
233	5.00	3.50	99.980000	1.67
337	4.90	3.40	99.970000	1.63
483	4.80	3.30	99.950000	1.60
687	4.70	3.20	99.930000	1.57
968	4.60	3.10	99.900000	1.53
1,350	4.50	3.00	99.870000	1.50
1,866	4.40	2.90	99.810000	1.47
2,555	4.30	2.80	99.740000	1.43
3,467	4.20	2.70	99.650000	1.40
4,661	4.10	2.60	99.500000	1.37
6,210	4.00	2.50	99.400000	1.33
8,198	3.90	2.40	99.200000	1.30
10,724	3.80	2.30	98.900000	1.27
13,903	3.70	2.20	98.600000	1.23
17,864	3.60	2.10	98.200000	1.20
22,750	3.50	2.00	97.700000	1.17
28,716	3.40	1.90	97.100000	1.13
35,930	3.30	1.80	96.400000	1.10
44,565	3.20	1.70	95.500000	1.07
54,799	3.10	1.60	94.500000	1.03
66,807	3.00	1.50	93.300000	1.00
80,757	2.90	1.40	91.900000	0.97
96,801	2.80	1.30	90.300000	0.93
115,070	2.70	1.20	88.500000	0.90
135,666	2.60	1.10	86.400000	0.87
158,655	2.50	1.00	84.100000	0.83
184,060	2.40	0.90	81.600000	0.80
211,855	2.30	0.80	78.800000	0.77
241,964	2.20	0.70	75.800000	0.73
274,253	2.10	0.60	72.600000	0.70
308,538	2.00	0.50	69.100000	0.67
344,578	1.90	0.40	65.500000	0.63
382,089	1.80	0.30	61.800000	0.60
420,740	1.70	0.20	57.900000	0.57
460,172	1.60	0.10	54.000000	0.53
500,000	1.50	0.00	50.000000	0.50
539,828	1.40	-0.10	46.000000	0.47
579,260	1.30	-0.20	42.100000	0.43
617,911	1.20	-0.30	38.200000	0.40
655,422	1.10	-0.40	34.500000	0.37
691,462	1.00	-0.50	30.900000	0.33
725,747	0.90	-0.60	27.400000	0.30
758,036	0.80	-0.70	24.200000	0.27
788,145	0.70	-0.80	21.200000	0.23
815,940	0.60	-0.90	18.400000	0.20
841,345	0.50	-1.00	15.900000	0.17
864,334	0.40	-1.10	13.600000	0.13
884,930	0.30	-1.20	11.500000	0.10
903,199	0.20	-1.30	9.700000	0.07
919,243	0.10	-1.40	8.100000	0.03
933,193	0.00	-1.50	6.700000	0.00

2.4. ANALİZ AŞAMASI

YAS projelerinde DMAIC döngüsünde ölçümden sonraki aşama, analiz aşamasıdır. Ölçüm aşamasında, YAS proje ekibi sürecin gerçek performansını ölçmeye ve sürecin önemli X ve Y değerlerini tanımlamaya yönelik veriler toplamaktadır. Analiz aşamasının amacı, ölçüm aşamasında sorunların kök nedenine yönelik geliştirilen hipotezleri ve bilgiye dayalı tahminleri doğrulamaktır. Amaç, sorunun kök nedenlerini bulmak ve iyileştirme aşamasında ekibin etkin çözümler ve iyileştirmeler yapmasını sağlamaktır²⁶⁵.

Bu aşamada ekip, istatistiki araçlar ve yöntemler kullanarak kök nedeni doğrulamaktadır. İyileştirme ve kontrol aşamalarında kullanılmak üzere, ölçüm aşamasında toplanan verilerin istatistiki araç ve yöntemler kullanılarak doğrulamasını yapmaktadır²⁶⁶.

İstatistiki yöntemler ile veri işlenmiş bilgiye ve oradan da kullanılabilir bilgiye dönüştürülmektedir. YAS projesinin başlangıç adımlarında ekip üyeleri çok sayıda veri toplamaktadır. Bu aşamada toplanan veriler, rakamlardan ibarettir. Ölçüm ve analiz aşamaları süresince veriler, hipotez testleri ile bilgiye dönüştürülmekte ve oradan da karar verme amaçlı olarak kullanılabilir bilgiye dönüştürülmektedir. Ekip, analiz aşamasında aşağıdaki ana başlıklar altında çalışmalar yapabilir:²⁶⁷

- Süreç haritaları kullanılarak süreç analizi
- Alfa ve beta ile p değerlerinin tartışılması ile hipotezlerin testi
- İstatistiki araçlar ve tablolar
- Değişkenlerin arasındaki ilişkileri ölçmek için istatistiki araçlar

Analiz aşamasından, tanımlama ve ölçme aşamasında Müşteri için önemli olan kalite özelliklerinin karşılanmasını engelleyen sorunların kök nedenlerinin net olarak anlaşılması ve ortaya konulması ile çıkılabilir²⁶⁸.

Analiz aşamasında, önceki iki aşamada ortaya konulan çalışmalar sonucunda, yapılan tespitler ve ölçümlerin doğrulaması yanı sıra sorunların kök nedenleri bulunarak bir sonraki aşamada hangi alan veya konularda iyileştirme yapılacağı belirlenir. Böylece ekip

²⁶⁵ Betsy Harris Ehrilch, "Transactional Six Sigma and lean Servicing, Leveraging manufacturing Concepts to Achieve Worl-Class Service" .,U.S.A., CRC Press, 2002, s.131.

²⁶⁶ Erick C. Jones, "Quality Management for Organziations Using Lean Six Sigma Techniques", U.S.A., CRC Press, 2014, s.322.

²⁶⁷ Ehrilch, a.g.e., s.131.

²⁶⁸ Ehrilch, a.g.e., s.131.

iyileştirme konusuna odaklanarak zaman kaybetmeden sonuca ulaşabilecektir. Süreç haritaları kullanılarak süreç analizi, hipotezlerin testi, istatistiki araçlar ve tablolar ve değişkenlerin arasındaki ilişkileri ölçmek için istatistiki araçlar kullanarak yapılacak analiz çalışmaları aslında aşağıda belirtilen iki temel grupta toplanabilir²⁶⁹:

- **Süreç analizi:** süreçte, müşteriye katma değer yaratmayan ve sürecin yavaşlamasına enden olan unsurların bulunması sağlanmalıdır
- **Veri analizi:** Toplanan verileri kullanarak sorunların nedenlerini kabul eden ya da reddeden araç ve yönelik araçlar ve yöntemler kullanılmalıdır.

Süreç analizi ve veri analizinde

2.4.1. Süreç Analizi

Süreç, tanımlama aşamasında ortaya konan ve tedarikçiden başlayıp müşteride sonlanan birbirini tamamlayan adımlarında oluşan bir yapıdır. Aslında bir zincire benzetilirse, tedarikçiler, girdiler, işletme, çıktılar ve müşteriler de zinciri oluşturan halkalardır. Süreç analizinde zayıf halkalar tespit edilir ve nelerin halkanın direncini bozduğu tespit edilir. Bu başlık altında yapılacak analizlerde aşağıdaki araçlar ve yöntemler kullanılabilir:

- Süreç akış diyagramı
- Çapraz fonksiyonel diyagram
- FMEA analizi
- Değer analizi
- Değer akış haritası

2.4.2. Süreç Haritaları

Süreç haritalarında sürecin büyük fotoğrafında yer alan ve başlangıç ve bitiş noktası olan karelerin hareketleri şekle dökülür. Her bir süreç, birbiri ile bağlantılı faaliyet ve görevlerden oluşmaktadır. Süreç akış diyagramına sadece başlangıç ve bitiş noktası arasındaki faaliyetleri gösteren diyagramlar gözü ile bakmamak gerekir. Yönetimin vermiş olduğu kararların yansımalarıdır, sürecin performansının izlendiği bir diyagramdır. Süreçte

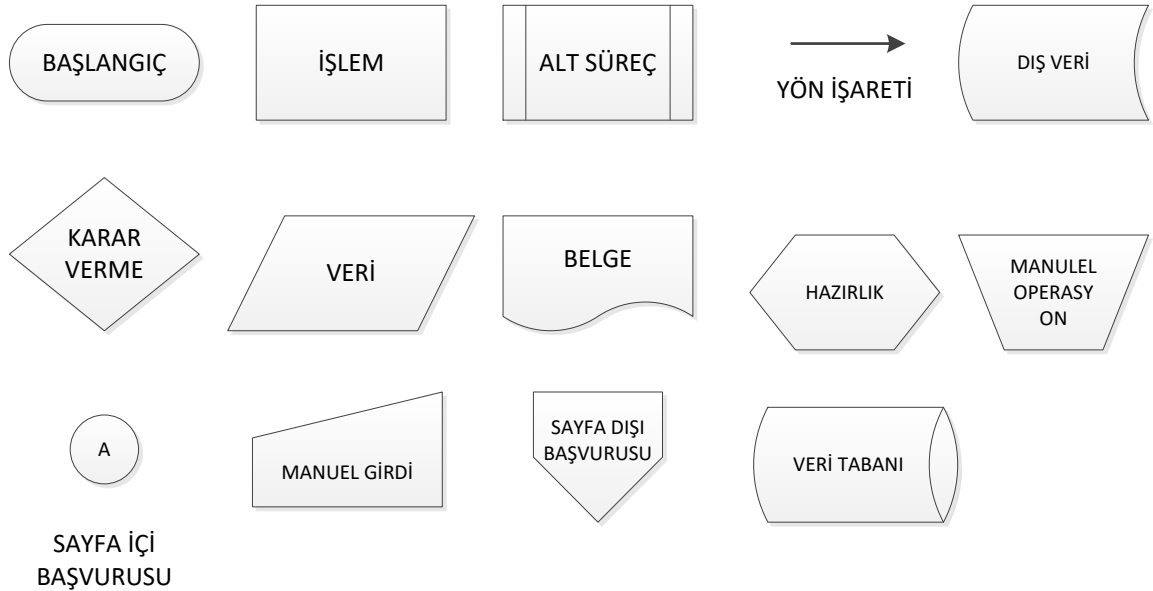
²⁶⁹ Pande vd, "The Six Sigma Way Team...", a.g.e., s.200.

hangi faaliyette, hangi aşamada gecikme ve darboğaz gibi sürecin hızını yavaşlatan unsurların tanımlanmasını sağlamaktadır.

Süreç haritaları genel bir ifade olmakla birlikte süreç akış diyagramları, ayrıntılı akış diyagramları, iş akış diyagramları fonksiyonlar arası akış diyagramları olarak da ifade edilmektedir. Nasıl ifade edilirse edilsinler bu araçları kullanmanın ekibe aşağıdaki faydaları sağlayacağı beklenmektedir²⁷⁰:

- Sürecin tanınması ve nerde iyileştirme yapılacağıının belirlenmesi
- Bir süreç ile ilgili ortak anlayışın oluşturulması sağlanır, kayıpların tanımlanması ve sürecin hangi aşmalarda yetersiz olduğunun belirlenmesi
- Mevcut sürecin fotoğrafını çekme ve nasıl olması gerektiğini belirleme
- Süreç için ne gerekli olduğunu belirleme. Faaliyetlerin, girdilerin, çıktılarının ve kimlerin sırası ile katılacağını belirlenmesi.
- Gelecekte iyileştirme yapmak için planlamanın tamamlanması (simule edilmesi)
- Mevcut süreci, faaliyet, girdi ve çıktı bileşenlerine ayrılması

Bir süreç akış diyagramında yer alan semboller aşağıda (Şekil 54) gösterilmektedir²⁷¹:

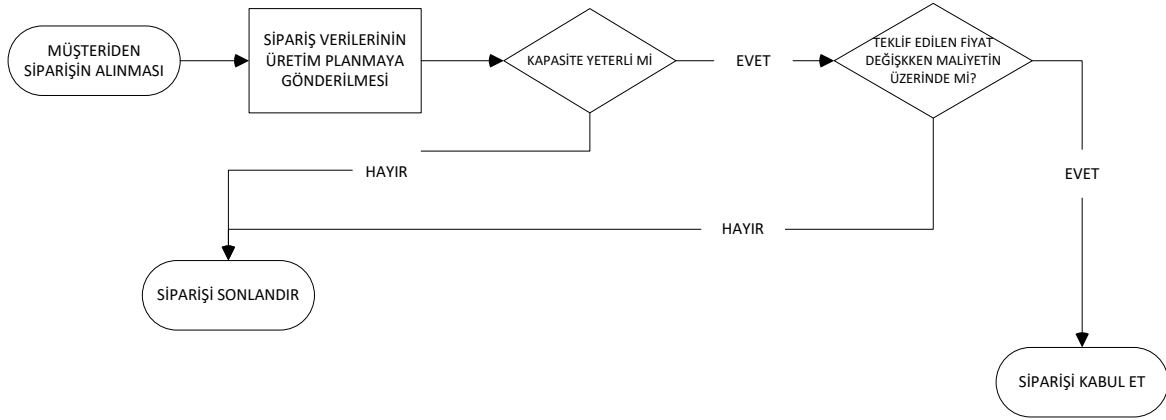


Şekil 54 Süreç Akış Diyagramında Yer Alan Semboller

²⁷⁰ Hambleton, a.g.e., s.522.

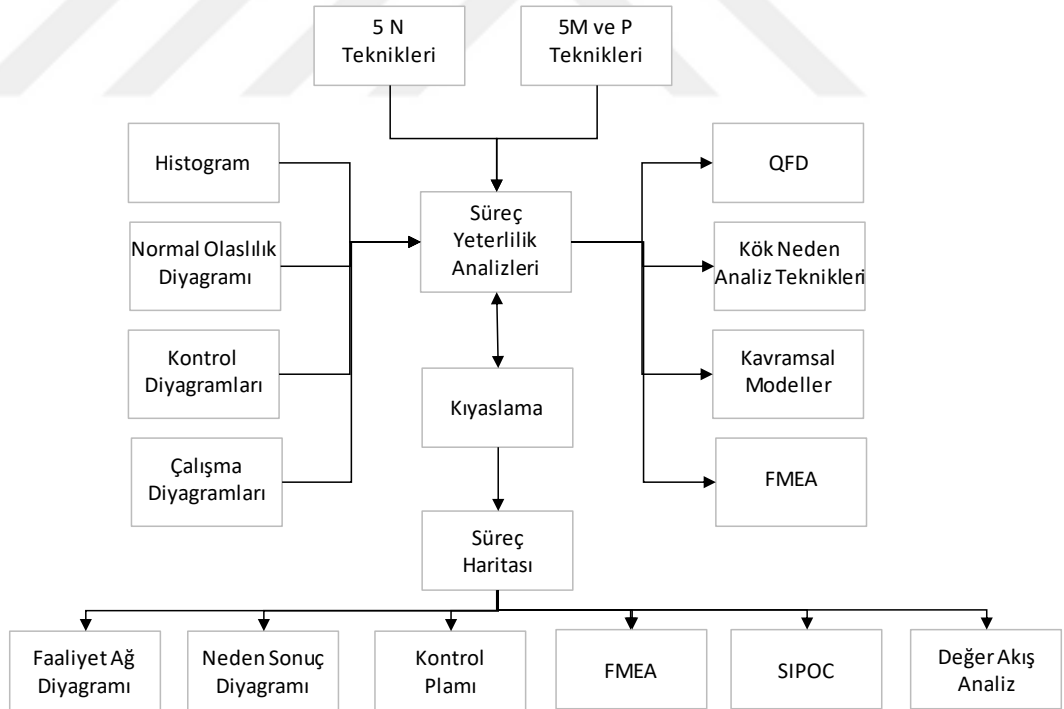
²⁷¹ İş akış diyagramları Microsoft Office Visio kullanılarak hazırlanmaktadır.

Bir süreç diyagramı, makro düzeyden başlayıp mikro düzeye indirgenebilir. Şekil 55 üzerinde bir siparişin kabul veya reddedilmesi ile ilgili akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 55 Bir Siparişin Kabul ya da Reddedilmesi Kararı Süreç Haritası

Süreç yeterlilik analizleri ve süreç haritası arasındaki ilişki şekil 56 üzerinde gösterilmektedir. Süreç yeterlilik analizleri ile projenin ölçüm aşamasında sorunlar ortaya konurken süreç haritası ve buna bağlı olarak kullanılan yöntem ve araçlar ile de sorunun kök nedeni belirlenmektedir.



Şekil 56 Süreç Yeterlilik Analizleri ve Süreç Haritası Arasındaki İlişki

2.4.3. FMEA Analizi

FMEA, hata türleri ve etkileri analizi, bir süreçte nelerin hatalı gittiğini ve hatalı giden şeylerin azaltılması ve önlenmesi için neler yapılacağını, ne tür potansiyel hataların ortaya çıkacağını ve bunları azaltmak ve önlemek için en iyi planın ne olacağını sağlayan bir analiz yöntemidir. FMEA, bir YAS projesinde ekibe aşağıdaki konularda yardımcı olmaktadır²⁷²:

- Nelerin hatalı olduğunun tanımlanması
- Olası problem ve hata ile ilgili potansiyel riskin büyüklüğü analiz edilmesi
- Potansiyel sorunlar önceliklendirilmesi
- Hata ortaya çıktığı zaman belgelendirilmesi

Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemi, hataları oluşmadan önce önlemeye yönelik bir sistem olarak ortaya çıkmıştır. Bir ürün, işlem ya da hizmette meydana gelebilecek tüm hasar ve hata tiplerinin sistematik analizine dayanarak bu hasar ve hataları önleme faaliyetlerini içeren bir yöntem olarak ifade edilmektedir. Amaç, tasarım, süreç tasarımı ve üretim kademelerindeki oluşabilecek hataları, bu kademeleri tamamlamadan önce belirlemek ve gidermektir²⁷³. FMEA

FMEA yöntemi ilk olarak 1960'larda NASA'nın uzay programlarında kullanılmış ve daha sonra 1970'li yıllarda otomobil sanayiinde uygulanmaya başlanmıştır. 1980'li yıllarda Toplam Kalite Yönetimi'nin bir parçası haline gelmiş ve 1990'lı yıllarda da bir Altı Sigma aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır²⁷⁴.

FMEA sadece YAS projelerinin analiz aşamalarında değil aşağıda belirtilen alanlarda da kullanılmaktadır²⁷⁵:

- Tasarım FMEA
- Sağlık FMEA
- Ürün FMEA
- Süreç FMEA
- Sistem FMEA

²⁷² Hambleton, a.g.e., s.28

²⁷³ Steve Pollock, "Create A Simple Framework To Validate FMEA Performance", *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, Aug-2005; 4, 4, s.29.

²⁷⁴ Akkurt a.g.e., s.307

²⁷⁵ R. Dan Reid, "FMEA-Something Old, Something New", *Quality Progress*; May 2005; V.38, N.5, s.90.

Bu analiz yönteminin etkin olarak kullanılması için altı adımlı bir sürecin sonunda aşağıda belirtilen dört temel çıktıya ulaşıyor olması gerekmektedir²⁷⁶:

- Hata türü tanımlanmalıdır
 - Önem, sıklık ve ortaya çıkma şekline göre risk grupları tanımlanmalıdır
 - Nedenler ve risk etkisi belirlenmelidir
 - Acil eylem planları geliştirilmelidir.
1. Adım: FMEA için planlama ve organizasyon oluşturma: Bu aşama altında sırası ile aşağıdaki işlemlerin yapılması gerekmektedir:
 - a. FMEA geliştirmek için farklı fonksiyonlardan farklı tecrübe ve birikimlere sahip kişilerden oluşan bir takım oluşturmak
 - b. Hedef konu/çıkıtı ve göstergeler konusunda anlaşma sağlamak
 - c. Farklı kaynaklardan geçmişe yönelik veri toplamak
 2. Adım: Hata türlerini tanımlama ve sınıflandırma: Bu aşamada ise, ne hatalı gitmekte sorusuna cevap aranmaktadır.

Tablo 43 FMEA Risk Değerlendirme Şablonu

Risk Türleri	Potansiyel Hatalar		Önem	Potansiyel Nedenler	Sıklık	Mevcut Durum		Ortaya Çıkma	Önem * Sıklık *	Ortaya çıkma
	Nedir	Etkisi				Kontroller	Başlatanlar			

Tablo 43 üzerinde gösterildiği gibi bir FMEA şablonu oluşturularak hata türleri ve bununla ilgili sınıflar belirlenir.

3. Adım: Üç farklı değerlendirme kriteri oluşturma:

Bu aşamada FMEA şablonunda yer alan üç farklı değerlendirme kriterini tanımlanır ve her bir kriter puanlandırılır.

 - a. Önem, sıklık ve ortaya çıkma kriterleri, 1 ile 10 arasında değerler ile puanlandırılır. Örneğin, 1 en önemli iken önem derecesi azalmasına bağlı

²⁷⁶ Hambleton, a.g.e., s.290.

olarak 10'a kadar puan verilir ve 10 en önemsiz değerlendirme puanıdır.
Benzer puanlandırma diğer kriterler için de yapılır

4. Adım: Her bir hata türünün etkisini ve risk boyutunun belirlenmesi:

Finansal modeller ve duyarlılık çalışmaları kullanarak her bir hata türünün potansiyel etkisi değerlendirilir ve FMEA şablonuna kaydedilir. Önem, sıklık ve ortaya çıkma kriterlerini kullanarak Risk Öncelik Numarası (RÖN) hesaplanır.

(RÖN= Önem x Sıklık x Ortaya çıkma.) RÖN, belirli bir hata türünün göreceli önemini göstermek açısından kullanılmaktadır. Hata türleri, büyük RÖN değerinden küçük RÖN değerine göre sıralanır. Bu değer büyük olması, hata türünün risk açısından önceliklendirileceği anlamına gelir.

5. Adım: Belirlenen risk seviyelerine göre acil eylem planlarının oluşturulması:
Belirlenen risk seviyelerine göre, her bir hata türü için eylem planı geliştirilmelidir. Üç temel eylem planı ya da riske cevap verme türü vardır.

(1) Kabul, risk olduğu gibi kabul edilir, (2) Kaçınma, nedenleri ortadan kaldırarak tehditleri de elemek ve (3) Azaltma, ortaya çıkma olasılığını azaltarak herhangi bir riskin parasal değeri azaltılır.

6. Adım: FMEA çalışması sürekli olarak güncellenir ve yenilenir.

FMEA analizinde Risk Öncelik Numarasını belirlemek için tablo 44 üzerindeki puanlandırma kriterleri esas alınabilir²⁷⁷.

²⁷⁷ Pyzdek, a.g.e., s.598.

Tablo 44 Risk Öncelik Numarasını Belirleme Kriterleri

Puan	Önem	Sıklık	Ortaya çıkma
	Bu tür bir başarısızlığın müşteriye etkini ne kadar önemli?	Bu tür bir benzerlikte hata ortaya çıkar mı?	Mevcut sistem bu tür bir hatayı nasıl ortaya çıkaracaktır? <i>Not:</i> p , ortaya çıkarılmayan hatanın tahmin edilen olasılığıdır.
1	Çok az. Müşteri, etkiyi fark etmedi yada müşteri için önemli değil	Hemen hemen hiç	Müşteriye ulaşmadan önce ortaya çıkma olasılığı kesindir. ($p \approx 0$)
2	Müşteri, etkiyi fark etti	Düşük hata oranı belgelendirilmektedir.	Müşteriye hatasız ulaşma olasılığı çok düşüktür. ($0 < p \leq 0,01$)
3	Müşteri düşen performansı fark edip rahatsız olmaya başlayacaktır.	Düşük hata oranı belgelendirilememektedir.	Müşteriye hatasız ulaşma olasılığı düşüktür. ($0,01 < p \leq 0,05$)
4	Marjinal. Müşteri, performansın azalması nedeni ile hayal kırıklığı yaşamaktadır.	Başarısızlık zaman içerisinde tekrar ediyor	Müşteriye ulaşmadan önce ortaya çıkması muhtemeldir. ($0,05 < p \leq 0,20$)
5	Müşterinin verimliliği azalmaktadır	Orta düzey başarısızlık oranı belgelendirilmektedir.	Müşteriye ulaşmadan önce ortaya çıkabilir ($0,20 < p \leq 0,50$)
6	Müşteri şikayet edecektir (bekleme, gecikme, fire vb. nedenlerden ötürü)	Orta düzey hata oranı belgelendirilememektedir.	Müşteriye ulaşmadan önce ortaya çıkma ihtimali yoktur. ($0,50 < p \leq 0,70$)
7	Kritik. Müşteri sadakatında azalma olacaktır. İç süreçler, olumsuz şekilde etkilenecektir.	Yüksek düzey hata oranı belgelendirilmektedir.	Müşteriye ulaşmadan önce ortaya çıkma imkansız denecek düzeydedir. ($0,70 < p \leq 0,90$)
8	Müşteri değeri kaybolacak ve iç süreçler bozulacaktır	Yüksek düzey hata oranı belgelendirilememektedir.	Ortaya çıkma şansı zayıftır ($0,90 < p \leq 0,95$)
9	Müşteri ve çalışanların güvenliği riske atılmaktadır.	Hata yaygınlaşmıştır.	Ortaya çıkma şansı oldukça zayıftır ($0,95 < p \leq 0,99$)
10	En kötü durum. Müşteri ya da çalışana uyarı olmaksızın tehlikeye atılmaktadır. Yasal hak ihlali	Hata neredeyse devamlı ortaya çıkıyor.	Hatanın ortaya çıkartılması neredeyse mümkün değil ($p \approx 1$)

2.4.4. Değer Akış Haritası

Bir süreç diyagramı olan değer akış haritası, hammaddelerin tedarik edilmesinden başlayarak, ürüne dönüştürülmesi ve müşteriye teslim edilmesi arasındaki süreci belirlemek ve analiz etmek için kullanılmaktadır.

Değer akış haritası kelime dizinindeki değer akışı aslında, her bir ürün için esas alınan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerden oluşan bir bütündür. Akış sürecindeki faaliyetler, müşteri açısından iki temel gruba ayrılmaktadır: (1) katma değer yaratan ve (2) Katma değer yaratamayan faaliyetler²⁷⁸.

Hammaddenin tedarik edilmesinden başlayıp ürünlerin müşteriye teslimine kadar geçen süreç, değer akışı olarak ifade edilmektedir. Her bir aşama, değer akış zincirini oluşturan halkalardır. Değer akış haritası ile bu sürecin mevcut durum fotoğrafı çekilmekte, süreçte değer akışını engelleyen unsurlar (israflar) tespit edilmekte ve nasıl ortadan kaldırılacağı belirlenmektedir.

İsraf, genel olarak süreçte ürüne/müşteriye değer eklemeyen tüm unsurlardır. Süreçte, ürünün müşteriye teslimini geciktirme; gereğinden fazla üretim yapıp stoklama, gereğinden fazla satın alma yapıp stoklama ve borçlanma; teslimatta yanlış lojistik uygulamaları ve bunun gibi nedenler israfa yol açmaktadır.

Süreç akış haritasında aslında yönetimin dikkat etmesi gereken üç önemli şey ortaya konulmaktadır²⁷⁹:

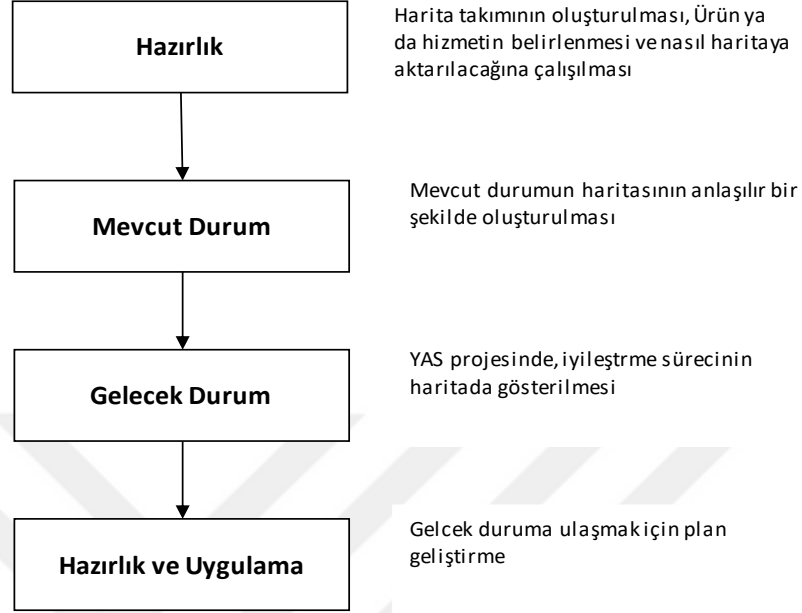
- Sorun çözme (ürün ya da hizmet tasarımı)
- Veri yönetimi (sipariş işlenmesi ve diğer işlemsel faaliyetler)
- Fiziksel akış (Hammaddenin ürünlere dönüştürülmesi)

Değer akış haritasının oluşturulması da bir süreçtir. Özellikle bir YAS projesinde sürecin analiz aşamasında kullanılan bir araçtır. Yönetim bu aracın kullanımı ile işletmenin mevcut durumunun ortaya konulmasını ve çözüm yollarının bulunmasını ve uygulanmasını beklemektedir.

²⁷⁸ Mike Rother ve John Shook, "Görmeyi Öğrenmek, Değer Yaratmak ve İsrafi Ortadan Kaldırmak İçin Değer Akış Haritalama", (Çeviren: Ayşe Soydan), The Lean Management Institute, Massachusetts, USA, 1999, s.3.

²⁷⁹ Drew A. Locher, "Value Stream Mapping for Lean Development", U.S.A., CRC Press, 2008, s.1.

Değer akış haritasının uygulanmasında şekil 57 üzerinde gösterilen süreç izlenmektedir.



Şekil 57 Değer Akış Haritası Hazırlık Süreci²⁸⁰

Değer akış haritasında asıl hedef, mevcut durumun analiz edilmesi ile ortaya konulan sorunların çözülmesi, istenen durumun haritalanması ve bunlardan elde edilen faydaların ölçülmesidir. Bu ölçümde farklı semboller kullanılmaktadır. Değer akış haritasının oluşturulmasında aşağıdaki adımlarda hangi sembollerin kullanılacağı belirtilmektedir²⁸¹:

1. Sürecin ve ürünlerin tanımlanması:

BU aşamada atılacak ilk adım, SIPOC vb. diyagramlar kullanılarak süreçte yer alan tüm taraflar ve ilgiler belirlenir ve tanımlanır. Süreçteki durma ve harekete geçme noktaları belirlenir.

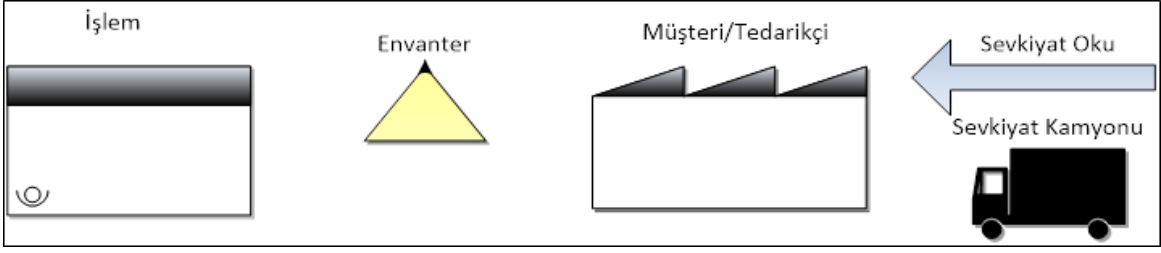
Yukarıda aşağı akıl diyagramı kullanılarak sürecin mevcut durumu belgelendirilir. Müşteriler üzerinde etkisi olacak ürünlerin ve ürün karmasının değer akış haritasındaki yeri tanımlanır.

2. Süreç akış diyagramı oluşturulması:

²⁸⁰ Locher, agk., s.2.

²⁸¹ Lunau vd., a.g.e., ss.146-148ç

Tedarikçiden müşteriye kadar geçen süreçte, yukarıdan aşağı akış belirlenir. Bu amaçla aşağıdaki semboller kullanılır:



İşlem diyagramında üretim aşaması gösterilmektedir. Hammaddenin üretime alınmasından ürün haline getirilmesine kadar geçen süreçteki işlemler, işlem diyagramı ile gösterilmektedir. Soldan sağa doğru bir akış izlemektedir.

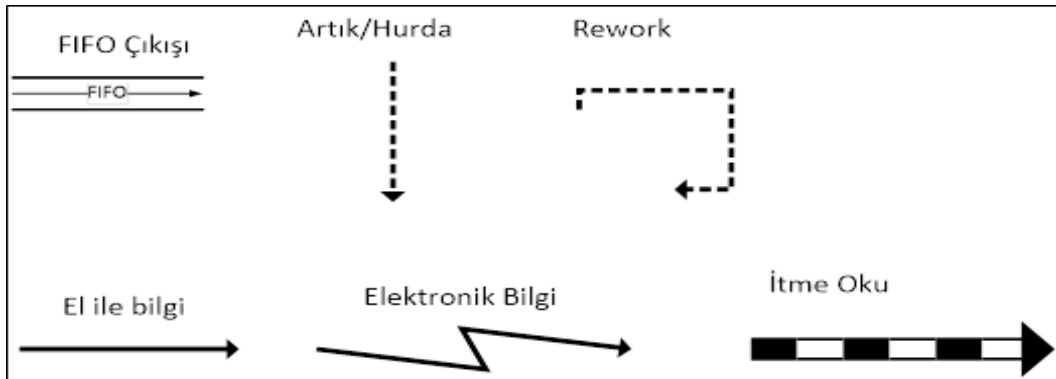
Envanter diyagramında ürünlerde kullanılan hammaddenin miktarı ve elde ne kadar gün kullanılacağı /elde tutma günü (örneğin pirinç malzeme, 1.000 kg/30 gün) ve ayrıca işlemler arasındaki stok miktarları da belirtilmektedir.

Müşteri ve tedarikçi sembolü ile de sipariş veren müşterilerin aylık sipariş miktarları ve bu siparişin, işletme için ana hatları belirtilmektedir. Gelen sipariş için kaç dakika çalışılacağı (vardiya da olabilir), paket büyüklüğü vb. gibi ayrıntılar da bilgi olarak gösterilmektedir. Aynı durum tedarikçiler ile olan ilişki için de geçerlidir.

Sevkiyat oku ile müşteriden ve tedarikçilerden gelen siparişler ve teslimatlar gösterilmektedir. Sevkiyat kamyonu ile sevkiyat oku birlikte kullanılmaktadır. Sevkiyat kamyonunda sevkiyat sıklığı ile ilgili bilgi verilmektedir.

3. Malzeme ve veri akışının belirlenmesi

Süreçteki malzeme hareketleri ve buna bağlı olarak veri akışlarının gösterilmesi gerekmektedir ki aşağıdaki semboller bu amaçla kullanılmaktadır.



Bu semboller ile süreçteki tüm hareketler, zaman, sıklık, hareket yönü ve işlem şeklini göstermek üzere kullanılmaktadır. Müşteriden sipariş gelme sıklığı ve bunu işletmeye ulaştırılma şekli gösterilmektedir. Aynı şekilde, tedarikçiye de benzer bilgiler gönderilmektedir.

4. Süreçteki veri kutularını ve zamanları göstermek

Süreçteki her bir işleme ait verilere ulaşılabilecek semboller kullanılmaktadır. Süreçteki işlemlerin çalışan sayısı, süreç zamanı, hazırlık zamanı, vardiya sayısı, parti büyüklüğü, kayıp ve fire oranları/miktarları gösterilmektedir. Bu amaçla aşağıdaki sembol kullanılmaktadır.

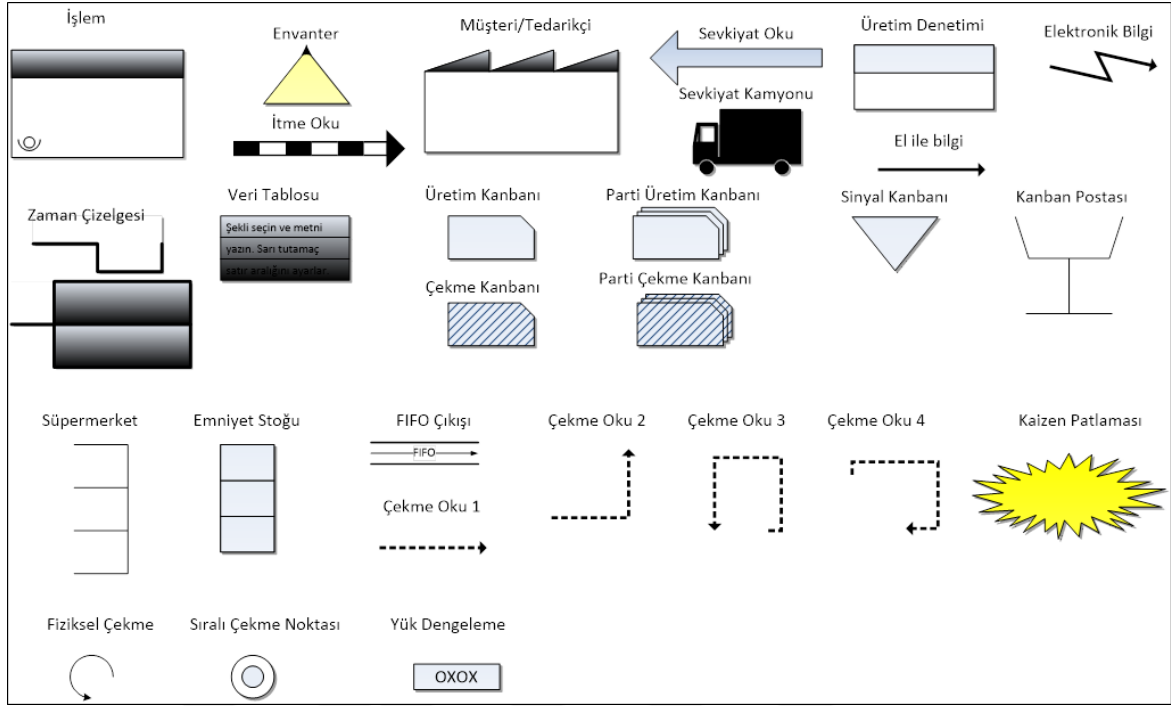
PRES
☉ 1
C/T = 39 saniye
C/O = 10 dk.
Uptime = %100
2 vardiya
27.600 sn. mevcut

Yukarıdaki sembol, veri tablosu olarak ifade edilmektedir. Pres işleminde 1 çalışan çalışmakta ve çevrim zamanı (C/T) 39 saniyedir. Kalıp değiştirme süresi (C/O) 10 dakikadır. Makine kullanım oranı (uptime) %100 düzeyindedir. İşlemden makine kullanıldığı ifade edilmektedir. Üretim 2 vardiyada gerçekleşmekte ve toplam 27.600 saniye kullanılabilir. Bu sembolde, işlem bazında kayıp/fire/rötuş gibi veriler de gösterilebilir.

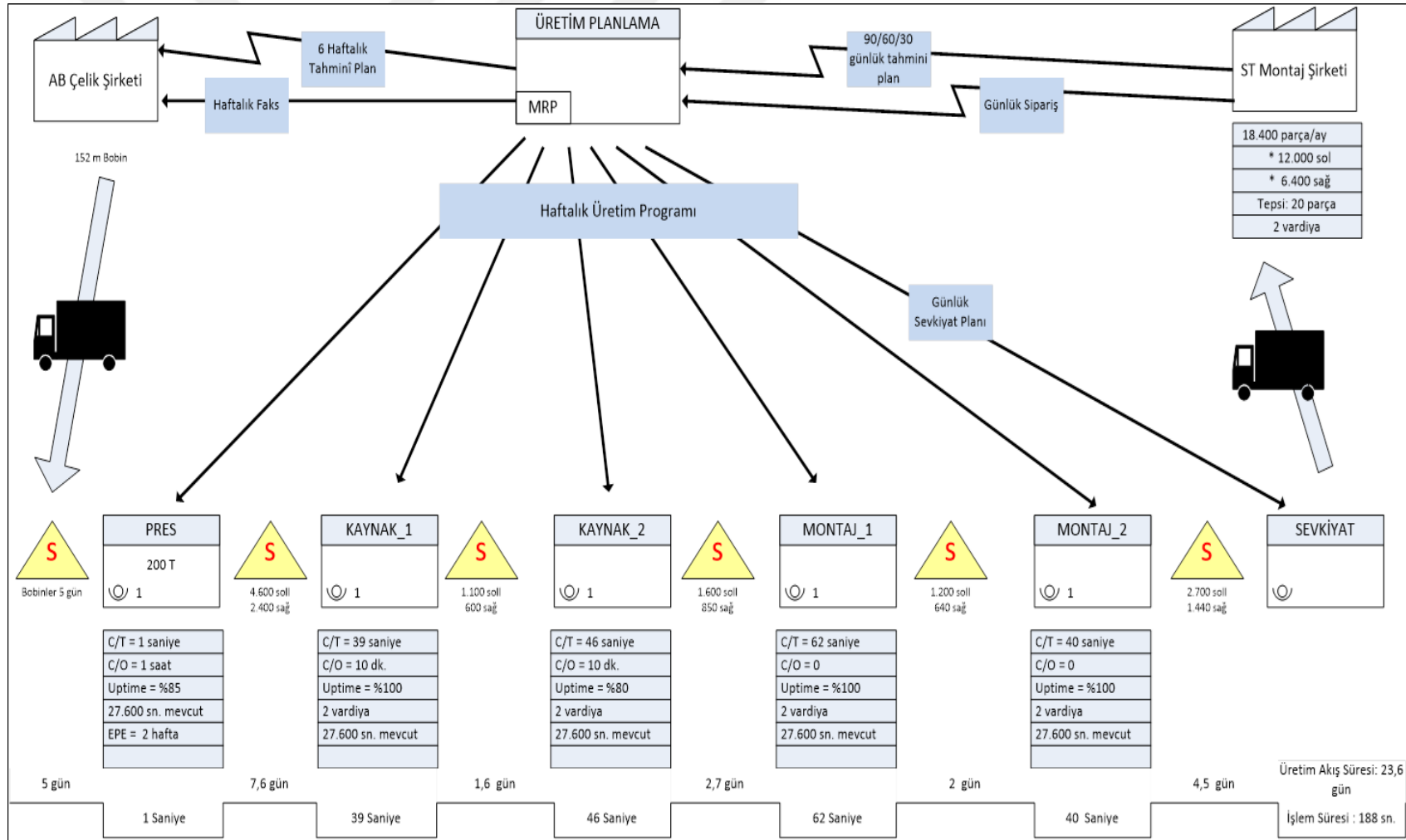
5. Mevcut durumu ortaya çıkarmak

Yukarıdaki adımlardan sonra işletmenin herhangi bir ürününde ya da ürün karmasında mevcut durumu göstermek için şekil 58 üzerinde gösterilen semboller kullanılarak değer akış haritası oluşturulur²⁸² (Şekil 59).

²⁸² Rother ve Shook, agk., s. 32-33



Şekil 58 Değer Akış Haritası Sembolleri



Şekil 59 Süreç Değer Akış Haritası

2.4.5. Hipotez Testi

Hipotez testi, önceden belirlenmiş bir ana kütle parametresinin, elde edilen örneklem kütesinin parametresi ile karşılaştırılıp test edilmesidir. Hipotez testi, tahmin sınamaları olarak da adlandırılabilir. İstatistiksel bir hipotez, genellikle ana kütle dağılımının parametre kümesi hakkında bir beyandır ki buna hipotez denir. Hipotez testi, günlük hayatta ana kütle ile çok ilgilenilmesine rağmen, örneklemin ana kütle hakkında analize yardımcı olması nedeni ile oldukça önemlidir. Problem çözümü ve buna bağlı olarak karar vermede ana kütle ne yaptığını ve nasıl davrandığını bilmek oldukça önemlidir.

Bir hipotez test edilmesi için aşağıda belirtilen dört aşamalı süreç izlenebilir²⁸³:

- Problemin tespiti ve hipotezlerin belirlenmesi
- Uygun bir testin seçimi
- Önem derecesinin seçimi
- Veri toplama
- Kritik değerin hesaplanması
- Sonuç

2.4.5.1. Problemin Tespiti ve Hipotezlerin Belirlenmesi

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 karar verilir.

Sıfır (Null) hipotezi, H_0 simgesiyle gösterilir ve test edilecek parametrik değeri (μ_0) ifade eder. Sıfır hipotezinde, örneklemden elde edilen ortalama ile ana kütleyle ait ortalamanın farkı "sıfır", "0" sayılabilir ve aksi iddia edilinceye kadar bu hipotez doğrudur. Sıfır hipotezi,

$H_0: \mu = \mu_0$ şeklinde ifade edilir.

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. Karşıt hipotez, parametrenin önceden belirlenmiş, bilinen değerinde bazı farklılığın ya da etkinin beklendiğinin ifade edildiği hipotezdir. Bu hipotez araştırmanın amacına bağlı olarak, aşağıdaki üç farklı şekilden birisiyle ifade edilmiş olur:

²⁸³ Mahir Nakip, “Pazarlama Araştırmaları Teknikler ve (SPSS) Destekli Uygulamalar”, Ankara, Seçkin Yayınları, 2. Baskı, 2006, ss.267-270.

$H_1: \mu \neq \mu_0$ H_0 hipotezi; verilecek kararın, ana kütle parametre değerinden, her iki yöndeki (hem küçük hem de büyük yöndeki), anlamlı farklılıklardan etkileneceğini

$H_1: \mu > \mu_0$ Sadece büyük yöndeki anlamlı sapmadan etkileneceğini

$H_1: \mu < \mu_0$ Sadece küçük yöndeki anlamlı farklılığın, verilecek kararı etkileyeceğini ifade eder.

Bu üç farklı durum şu şekilde örneklendirilebilir:

1. durum: İşletmenin satışlarının ortalaması, sektör satışlarının ortalaması ile aynı düzeyde değişme göstermektedir hipotezinde μ = işletmenin satışlarının ortalaması, μ_0 = sektörün satışlarının ortalaması şeklinde ifade edilmektedir.

$H_0: \mu = \mu_0$ (işletme ve sektörün satışlarının ortalaması aynı düzeyde değişmektedir)

$H_1: \mu \neq \mu_0$ (işletme ve sektörün satışlarının ortalaması aynı düzeyde değişmemektedir)

2. durum: İşletmenin satışlarının ortalaması, sektör satışlarının ortalamasından daha hızlı oranda artmaktadır

$H_0: \mu \geq \mu_0$ (işletme ortalaması, sektörün ortalamasından daha hızlı artmaktadır)

$H_1: \mu < \mu_0$ (işletme ortalaması, sektörün ortalamasından daha yavaş artmaktadır)

3. durum: İşletmenin satışlarının ortalaması, sektör satışlarının ortalamasından daha yavaş oranda artmaktadır.

$H_0: \mu \leq \mu_0$ (işletme ortalaması, sektörün ortalamasından daha yavaş artmaktadır)

$H_1: \mu > \mu_0$ (işletme ortalaması, sektörün ortalamasından daha hızlı artmaktadır)

2.4.5.2. Uygun Bir Testin Seçimi

Bir sıfır hipotezini test etmek için uygun bir istatistik yönteminin seçilmesi gerekir. Eğer örnek hacmi $n > 30$ ve ana kütle varyansı biliniyor ise Z testi; örnek hacmi $n < 30$ ve ana kütle varyansı bilinmiyor ise t testi kullanılır²⁸⁴.

2.4.5.3. Önem Derecesinin Seçimi

Yapılan hipotezler ve bunlara karşı geliştirilen hipotezlerin iki sonucu olacaktır. Hipotez ya kabul edilir ya da reddedilir. Ancak, doğru olan hipotezin kabul edilmemesi veya doğru olmayan bir hipotezin de kabul edilmesi gibi durumlar ile karşılaşılabilir ki bunlar, I. ve II. Tip hata olarak isimlendirilmektedir.

²⁸⁴ Nakip, a.g.e., s. 269.

Karar		H₀ doğru	H₀ yanlış
	Kabul etmemek	I. tip hata α	Doğru karar $1-\beta$
	Kabul etmek	Doğru karar $1-\alpha$	II. tip hata β

I. tip hata olasılığı Alfa (α), II. tip hata olasılığı ise, β gösterilmektedir. Alfa, doğru bir hipotezin yanlışlıkla reddedilme olasılığı veya yanlış bir hipotezin yanlışlıkla kabul edilme olasılığıdır. Beta (β) ise, yanlış bir hipotezin yanlışlıkla kabul edilme olasılığıdır. Daima bu hatalardan birini yapma olasılığı vardır. Risk derecesini belirlenerek bu olasılıklar azaltılmaya çalışılır. Hataların anlaşılması için anlamlılık seviyesi ve güven aralığının belirlenmesi gerekmektedir.

($1-\alpha$), doğru bir H₀ hipotezini kabul etme olasılığı olup buna testin güvenilirlik düzeyi denilmekte; ($1-\beta$), yanlış bir H₀ hipotezini reddetmemiz olasılığı olup buna testin gücü denir.

Anlamlılık seviyesi (α), sıfır hipotezi reddetmek için temel niteliğindeki istatistiksel standarttır. Seçilen anlamlılık seviyesi, örneklem dağılımında kabul ve ret bölgelerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Genelde, anlamlılık seviyesi %1 ve %5 gibi düşük değerler kullanılmaktadır. Bu aslında risk dereceleridir. %1 düzeyindeki bir anlamlılık düzeyinde güven aralığı %99; %5' de ise, %95' dir. Test edilen değer, %95 aralığında kalıyorsa, sıfır hipotezi reddedilmezken; %5' lik alanda kalıyorsa sıfır hipotezi reddedilir.

2.4.5.4. Kritik Değerin Hesaplanması

Test istatistiği seçilirken ana kütlenin standart sapmasının bilinip bilinmemesine göre aşağıda belirtilen durumlar dikkate alınmalıdır:

- Eğer ana kütlenin standart sapması (σ) biliniyor ise Z istatistiği kullanılır ve Z değeri aşağıdaki formülle hesaplanır:

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

- Eğer ana kütlenin standart sapması (σ) bilinmiyor ve gözlem sayısı, $n \geq 30$ ise, örneklemin standart sapması (s), ana kütlenin standart sapması yerine kullanılabilir ki burada da istatistiki test olarak Z istatistiği kullanılır ve Z değeri aşağıdaki formülle hesaplanır:

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

Formülde;

\bar{X} = Örneklemin ortalaması

μ = Ana kütlenin ortalaması

σ = Ana kütlenin standart sapmasını

s = örneklemin standart sapmasını ifade etmektedir.

Diğer taraftan, kütlenin standart sapması (σ) bilinmiyor ve gözlem sayısı, $n \leq 30$ ise, bu durumda t istatistiği kullanılır ve aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Bu formüller yardımı ile sıfır hipotezinin H_0 'ın doğru olduğu varsayılarak test istatistiklerinin değerleri hesaplanır. Seçilen anlamlılık düzeyine göre hesaplanan istatistikler tablo değerleri ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma ve sonuçları şu şekilde özetlenebilir: Eğer, hesap değeri, tablo değerinden büyük ise H_0 hipotezi reddedilir; tersi durumda ise, kabul edilir. Hesap değerinin karşılaştırılacağı tablo değerleri, tablo 45 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 45 Z Tablosu

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

Z testini bir örnek yardımı ile açıklayalım. İşletmenin ortalama satışları 1.000 TL olup yeni satış elamanının işe alınması ile satışların attığı iddia edilmektedir. Ekim ve Kasım aylarında yapılan 64 günlük gözlem sonucunda ortalama satışların 1.100 TL olduğu tespit edilmektedir. Ana kütle için standart sapması, 150 TL'dir. %5 anlamlılık düzeyine göre hipotezi test edildiğinde;

$$H_0: \mu=1.000 \text{ TL } (\mu=\mu_0)$$

$$H_1: \mu>1.000 \text{ TL } \mu>\mu_0$$

Z istatistiği, aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanacaktır.

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \quad Z = \frac{1.100 - 1.000}{150 / \sqrt{64}} = 5,333$$

%5 güven aralığında tablo değeri, 1,96' dir. Hesap değeri de 5,333 olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda, hipotez reddedilir. (Hesap değeri>tablo değeri).

t istatistiğini de bir örnek yardımı ile açıklayalım. İşletmenin ortalama satışları 1.000 TL olup yeni satış elamanının işe alınması ile satışların attığı iddia edilmektedir. Ekim ve Kasım aylarında yapılan 25 günlük gözlem sonucunda ortalama satışların 1.100 TL olduğu tespit

edilmektedir. Örneklemin standart sapması, 200 TL'dir. %5 anlamlılık düzeyine göre hipotezi test edelim (serbestlik derecesi, 24' dür [25-1]).

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} \quad t = \frac{900 - 1.000}{200/\sqrt{25}} = 2,5$$

Hesaplanan t değeri (2,5) tablo değerinden (1,710882) büyüktür. Bu durumda hipotez reddedilecektir.

t istatistiğine ilişkin değerler, Tablo 46 üzerinde gösterilmektedir.



Tablo 46 t Tablosu

df\p	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
1	0.324920	1.000000	3.077684	6.313752	12.70620	31.82052	63.65674	636.6192
2	0.288675	0.816497	1.885618	2.919986	4.30265	6.96456	9.92484	31.5991
3	0.276671	0.764892	1.637744	2.353363	3.18245	4.54070	5.84091	12.9240
4	0.270722	0.740697	1.533206	2.131847	2.77645	3.74695	4.60409	8.6103
5	0.267181	0.726687	1.475884	2.015048	2.57058	3.36493	4.03214	6.8688
6	0.264835	0.717558	1.439756	1.943180	2.44691	3.14267	3.70743	5.9588
7	0.263167	0.711142	1.414924	1.894579	2.36462	2.99795	3.49948	5.4079
8	0.261921	0.706387	1.396815	1.859548	2.30600	2.89646	3.35539	5.0413
9	0.260955	0.702722	1.383029	1.833113	2.26216	2.82144	3.24984	4.7809
10	0.260185	0.699812	1.372184	1.812461	2.22814	2.76377	3.16927	4.5869
11	0.259556	0.697445	1.363430	1.795885	2.20099	2.71808	3.10581	4.4370
12	0.259033	0.695483	1.356217	1.782288	2.17881	2.68100	3.05454	4.3178
13	0.258591	0.693829	1.350171	1.770933	2.16037	2.65031	3.01228	4.2208
14	0.258213	0.692417	1.345030	1.761310	2.14479	2.62449	2.97684	4.1405
15	0.257885	0.691197	1.340606	1.753050	2.13145	2.60248	2.94671	4.0728
16	0.257599	0.690132	1.336757	1.745884	2.11991	2.58349	2.92078	4.0150
17	0.257347	0.689195	1.333379	1.739607	2.10982	2.56693	2.89823	3.9651
18	0.257123	0.688364	1.330391	1.734064	2.10092	2.55238	2.87844	3.9216
19	0.256923	0.687621	1.327728	1.729133	2.09302	2.53948	2.86093	3.8834
20	0.256743	0.686954	1.325341	1.724718	2.08596	2.52798	2.84534	3.8495
21	0.256580	0.686352	1.323188	1.720743	2.07961	2.51765	2.83136	3.8193
22	0.256432	0.685805	1.321237	1.717144	2.07387	2.50832	2.81876	3.7921
23	0.256297	0.685306	1.319460	1.713872	2.06866	2.49987	2.80734	3.7676
24	0.256173	0.684850	1.317836	1.710882	2.06390	2.49216	2.79694	3.7454
25	0.256060	0.684430	1.316345	1.708141	2.05954	2.48511	2.78744	3.7251
26	0.255955	0.684043	1.314972	1.705618	2.05553	2.47863	2.77871	3.7066
27	0.255858	0.683685	1.313703	1.703288	2.05183	2.47266	2.77068	3.6896
28	0.255768	0.683353	1.312527	1.701131	2.04841	2.46714	2.76326	3.6739
29	0.255684	0.683044	1.311434	1.699127	2.04523	2.46202	2.75639	3.6594
30	0.255605	0.682756	1.310415	1.697261	2.04227	2.45726	2.75000	3.6460
inf	0.253347	0.674490	1.281552	1.644854	1.95996	2.32635	2.57583	3.2905

2.4.5.5. Sonuç

Hesaplanan Z veya t testlerine göre, hipotezin kabul ya da ret edilmesine yönelik kararlar verilmektedir.

Hipotez testi kullanılarak ayrıntılı analiz yapılması için tablo 47 üzerinde belirtilen araç ve yöntem seçim ağacı²⁸⁵ kullanılabilir.

²⁸⁵ Arcidiacono vd., a.g.e., s.146.

Tablo 47 Hipotez Testi Seçim Ağacı

	Hipotez Testi	Amaç
Ortalamaların Karşılaştırması	Tek Örneklem için T Testi	Ortalaması bilinen bir ana kütle ile bir örneklemin ortalamaların karşılaştırılması
	Bağımsız Örneklem için T Testi	İki grup arasında ortalamaların karşılaştırılması
	İlişkili Ölçümler için T Testi	Verilerin ilişkili olması durumunda İki grup arasında ortalamaların karşılaştırılması
	ANOVA (F Testi)	İkiden fazla grup arasında ortalamaların karşılaştırılması
Varyans Karşılaştırma	Varyans Testi	İki ya da daha çok grup arasında varyansların karşılaştırılması
Oransal Karşılaştırma	Ki kare testi	İki ya da daha çok grup arasında ortalamaların karşılaştırılması

2.4.6. Ortalamaların Karşılaştırılması

Tek Örneklem için T Testi : Ortalaması bilinen bir ana kütle ile bir örneklemin ortalamaların karşılaştırılması

Bağımsız Örneklem için T Testi İki grup arasında ortalamaların karşılaştırılması

İlişkili Ölçümler için T Testi Verilerin ilişkili olması durumunda İki grup arasında ortalamaların karşılaştırılması

ANOVA (F Testi) İkiden fazla grup arasında ortalamaların karşılaştırılması

2.4.6.1. Tek Örneklem İçin T Testi

Bu testin kullanım amacı, ortalaması bilinen bir ana kütle ile bir örneklemin ortalamaların karşılaştırılmasıdır. Verilerin normal olarak dağıldığı varsayımına göre test yapılmaktadır. Testin sonuçları değerlendirilirken P değerlerine bakılır. P değerinin 0,05'in altında ya da üzerinde olmasına göre değerlendirme yapılır.

Eğer P değeri 0,05'den büyük ise, ($P > 0,05$) ana kütle ortalaması ve örneklemin ortalaması arasında önemli bir fark yok demektir.

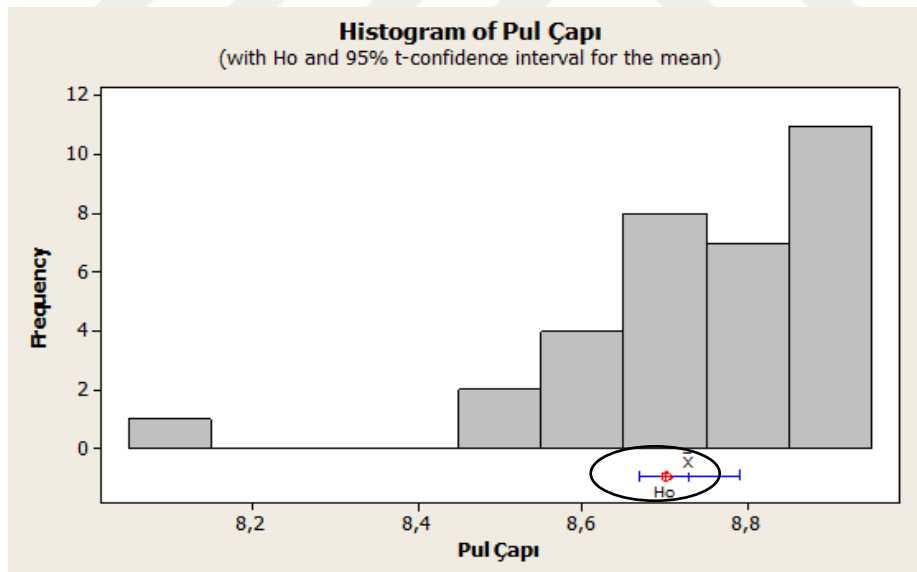
Diğer taraftan, P değeri 0,05'den küçük ya da eşit değerde ise, ($P \leq 0,05$) ana kütle ortalaması ve örneklemin ortalaması arasında önemli bir fark var demektir.

Bir örnek yardımı ile açıklayalım. Bir otomotiv yan sanayiinde üretilen pulların çapları ölçülmüş ve alınan 33 örneklemin değerleri tablo 48 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 48 Pul Çapları

8,75	8,56	8,78
8,75	8,49	8,74
8,08	8,55	8,72
8,45	8,88	8,62
8,74	8,88	8,69
8,67	8,90	8,78
8,73	8,89	8,79
8,88	8,87	8,89
8,87	8,86	8,73
8,65	8,88	8,55
8,87	8,75	8,81

Pulların üretiminden sorumlu yönetici, pulların ortalama çaplarının 8,70 mm olduğunu iddia etmektedir. Minitab ile yapılan çözüm sonucunda pul çapı ile ilgili histogram ve istatistik sonuçları aşağıda gösterilmektedir (şekil 60).



One-Sample T: Pul Çapı
Test of mu = 8,7 vs not = 8,7

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	P
Pul Çapı	33	8,72879	0,17122	0,02981	(8,66807; 8,78950)	0,37 0,341

Şekil 60 Tek Örneklem İçin t Testi Sonuçları

Ortalamaların 8,70 olduğu hipotezi, p değerinin (0,341) 0,05'den büyük olması neden ile kabul edilecektir. Ortalama değer ile örneklemin ortalama değeri arasında önemli bir fark

olmadığı anlamı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, histogramda H_0 hipotezinin ana kütle ortalamasına (\bar{X}) yakın olduğu görülmektedir.

2.4.6.2. Bağımsız Örneklem için T Testi

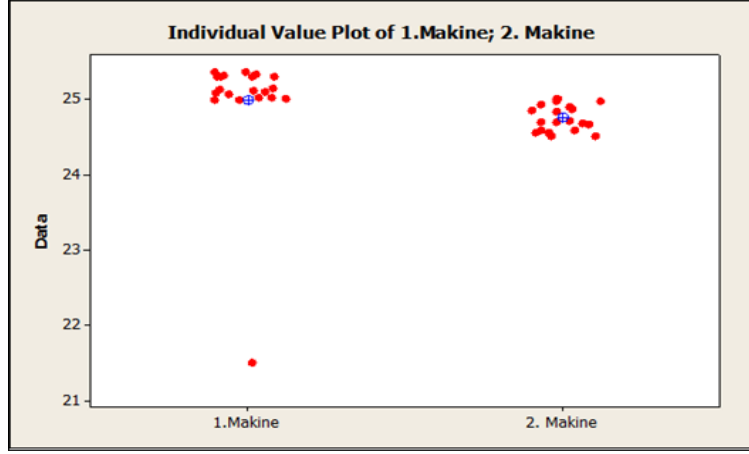
Bu testin kullanım amacı, iki ana kütle ortalamalarını karşılaştırmaktır. Verilerin normal olarak dağıldığı varsayımına göre test yapılmaktadır. Testin sonuçları değerlendirilirken P değerlerine bakılır. P değerinin 0,05'in altında ya da üzerinde olmasına göre değerlendirme yapılır.

Eğer P değeri 0,05'den büyük ise, ($P > 0,05$) iki ana kütle ortalaması arasında önemli bir fark yok demektir. Diğer taraftan, P değeri 0,05'den küçük ya da eşit değerde ise, ($P \leq 0,05$) ki ana kütle ortalaması arasında önemli bir fark var demektir.

Bir üretim işletmesinde dolun makinelerinde yapılan ölçümler makine bazında tablo 49 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 49 Makinelerden Alınan Dolun Örneklemi

1.Makine	2. Makine
25,02	24,56
25,36	24,59
25,30	25,00
25,30	24,93
25,29	24,55
25,31	24,51
25,36	24,84
25,33	24,59
25,30	24,51
24,99	25,00
25,02	24,68
25,09	24,98
21,51	24,87
25,11	24,85
25,13	24,66
25,14	24,89
25,00	24,69
24,99	24,71
25,06	24,70
25,08	24,98



Two-Sample T-Test and CI: 1.Makine; 2. Makine

Two-sample T for 1.Makine vs 2. Makine

	N	Mean	StDev	SE Mean
1.Makine	20	24,985	0,829	0,19
2. Makine	20	24,755	0,174	0,039

Difference = mu (1.Makine) - mu (2. Makine)

Estimate for difference: 0,230000

95% CI for difference: (-0,165196; 0,625196)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,21 P-Value = 0,239 DF = 20

Şekil 61 Bağımsız Örneklem Test Sonuçları

Minitab kullanılarak elde edilen sonuçlara göre (Şekil 61) P değeri, $0,239 > 0,05$ olduğu için iki ana kütleli ortalamaları istatistik olarak farklı değildir.

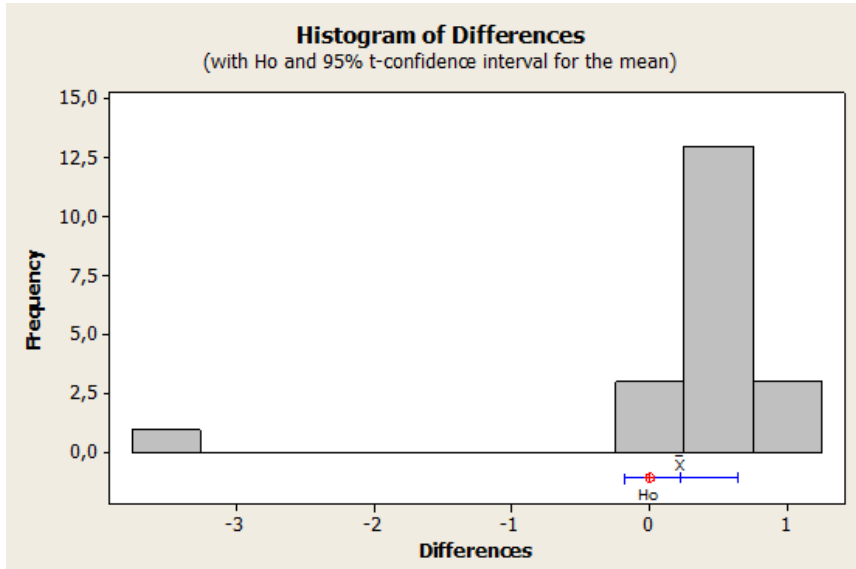
2.4.6.3. İlişkili Ölçümler için t Testi

İki farklı değişkenler arasındaki ortalamaların farkını test etmek için kullanılır. İki farklı makinede üretilen aynı parçada makinelerin etkisini göstermek veya test etmek amaçlı olarak kullanılır. Önemli sapmalara neden olan çalışan ve makine gibi örneklem bileşenlerinin testlerden çıkarılması için kullanılır.

Bu testin temel varsayımları arasında iki veri setinin birbiri ile karşılaştırılabilir özellikte olması ve veri farklılıklarındaki sapmanın normal olması yer almaktadır.

Eğer P değeri $0,05$ 'den büyük ise, ($P > 0,05$) iki eşleşmiş veri seti arasında istatistik olarak çok önemli bir fark yok demektir. Diğer taraftan, P değeri $0,05$ 'den küçük ya da eşit değerde ise, ($P \leq 0,05$) iki eşleşmiş veri seti arasında istatistik olarak çok önemli bir fark var demektir.

Tablo 49 üzerindeki veriler kullanılarak, her iki makinede yapılan doluların ortalamalarının birbirinden farkını istatistik olarak test edilmektedir. Testin sonuçları Şekil 62 üzerinde gösterilmektedir.



	N	Mean	StDev	SE Mean
1.Makine	20	24,9845	0,8291	0,1854
2. Makine	20	24,7545	0,1744	0,0390
Difference	20	0,230000	0,879162	0,196587

95% CI for mean difference: (-0,181461; 0,641461)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 1,17 P-Value = 0,256

Şekil 62 İlişkili Ölçümler için T Testi Sonuçları

P değeri, 0,256, 0,05'den büyük olduğu için makinenin ölçümlerinin ortalama değerleri arasında istatistiki olarak çok önemli bir fark yok demektir.

2.4.7. Varyans Analizi

Varyans analizi (ANOVA), iki ya da daha çok grup arasında karşılaştırma yapılmasını sağlayan bir hipotez testi türüdür. Grupların ortalamalarının farklı ya da varyanslarının farklı olup olmadığı test edilmektedir.

Genel olarak t testleri iki farklı iki grubun ortalamalarını karşılaştırmaktadır. Örneğin bir makinde yapılan birtakım ayarlamalar sonucunda elde edilen performans ile ayarlama öncesi performansı ortalamalarını karşılaştırmak için t testleri çok kullanışlı ve faydalıdır. t testlerine dayalı olarak yapılan hipotez testlerinde serbestlik derecesi ve güven aralığı kullanılmaktadır. Ancak iki örneklem ortalaması karşılaştırıldığında hata yapılmasına neden olmaktadır²⁸⁶. A, B

²⁸⁶ Bass ve Lawton, a.g.e., s.198.

ve C örneklemelerinin %95 güven düzeyinde t-testi ile test edildiğini ve aynı anda iki faktörün karşılaştırıldığını varsayalım. A, B ile; B, C ile ve A, C ile karşılaştırılmaktadır. Devamlı iki grup karşılaştırıldığı için 0,05 olasılıkla gerçek sıfır hipotezi kabul edilmeyecektir. Bu nedenle, t-testi kullanılarak ikiden fazla grup karşılaştırıldığında Tip 1 hata ortaya çıkacaktır. Bu hata riskini ortadan kaldırmak için t-testleri yerine varyans analizi kullanılmalıdır²⁸⁷.

Varyans analizi, bir veri grubunun ortalamasının diğer (ikiden çok) veri gruplarının ortalamasından istatistiki olarak farklı olup olmadığını belirler.

Bir YAS projesinde mevcut ortamda varyasyonun doğal mı yoksa özel nedenlerden mi ortaya çıktığını belirleme konusunun yanı sıra bir uygulanan bir iyileştirmenin analiz edilmesi için kullanılır. Varyans analizi, aşağıda gösterildiği gibi üç farklı grupta sınıflandırılmaktadır²⁸⁸:

- Tek yönlü varyans analizi
- İki yönlü yinelemesiz varyans analizi
- İki yönlü yinelemeli varyans analizi

Bu yöntemde eşit olmayan ölçekteki veri setleri kullanılmaktadır. Her bir veri setinde örneklem büyüklüğü üç ya da dört ölçüm kadar küçük boyutta ya da ekonomik olarak uygun ve gerekli olacak şekilde büyük boyutta olmalıdır.

Varyans testlerinin iyi bir şekilde yapılabilmesi için her grupta minimum 20 örneklem kullanılmalıdır. Bu testleri anlatmak amacı ile aşağıdaki örneklerde 20'den az örneklem kullanılmıştır.

2.4.7.1. Tek Yönlü Varyans Analizi

Varyansın, işlemlerin ve deneysel hataların nedenlerini ya da iki grubu karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Bu testte aşağıdaki süreç izlenir.

- 1) Adım. Sıfır hipotezi ve alternatif hipotezi geliştirilir.
- 2) Önem derecesini ya da risk seviyesi belirlenir
 - a) Kullanılan ve geçerli olan, $\alpha = 0,05'$ dir.
- 3) Rassal olarak örneklem yapılır
- 4) Faktörler tanımlanır (parçalar, süreçler ya da teknisyenler)
- 5) Veri toplanır
- 6) Örneklem verisi kullanılarak F istatistikleri hesaplanır.

²⁸⁷ Bass ve Lawton, a.g.e., s.198.

²⁸⁸ Hambleton, a.g.e., s. 145.

- 7) Kritik F değeri hesaplanır.
- 8) Kritik F değeri, F istatistiği ile karşılaştırılır.

Bir işletmenin üç farklı ürünü ile ilgili olarak 5 farklı örneklem alınmış ve alınan örneklemdeki ortalama çözülme süreleri ile ilgili şöyle bir hipotez ortaya atılmıştır. H_0 = üç grubun ortalaması birbirine eşittir (Sıfır hipotez). Alternatif olarak da şu hipotez geliştirilmiştir: H_1 = en az iki grubun ortalaması farklıdır (Alternatif hipotez). Yapılan ölçümler aşağıda (Tablo 50) gösterilmektedir:

Tablo 50 Ortalama Çözülme Süreleri

n	A	B	C
1	34	55	45
2	39	48	41
3	42	61	47
4	47	49	51
5	40	54	49

Hipotezin doğruluğunu test etmek için p değeri ve F istatistiğine bakılmalıdır. MS Office Excel kullanılarak yapılan çözüm sonucu tablo 51 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 51 Tek Yönlü Varyans Analizi

Anova: Tek Etken

ÖZET

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
A	5	202	40,4	22,3
B	5	267	53,4	27,3
C	5	233	46,6	14,8

ANOVA

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	422,8	2	211,400	9,848	0,003	3,885
Gruplar İçinde	257,6	12	21,467			
Toplam	680,4	14				

F istatistiği 9,848; F ölçütünden 3,885 büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilecektir. P değeri 0,003, 0,05 değerinden düşük olması, en az bir grubun ortalamasının istatistiki olarak ve önemli olarak diğerlerinin ortalamasından farklı olduğunu göstermektedir.

2.4.7.2. İki Yönlü Yinelemeli ve Yinelemesiz Varyans Analizleri

Üç farklı gruptaki varyansı karşılaştırmak için kullanılmaktadır. İki yönlü Varyans Analizinde üç bileşen olduğu, bunlardan ikisinin grup ve üçüncüsünün de deneysel hata olduğu unutulmamalıdır. Yinelemeli ve yinelemesiz arasındaki fark, yinelemeli de üç farklı gruptaki varyansı yinelemeli olarak karşılaştırmak için kullanılmaktadır.

Süreç, tek yönlü varyans analizinde izlenen sürecin aynısıdır. Ancak, iki grup üzerinde çalışılır. Bir üretim işletmesinde klasik tezgâhta ve CNC tezgâhta yapılan üretim sürelerine ilişkin olarak toplanan veriler tablo 52 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 52 Üretim Süreleri

Gruplar	Sabah	Öğle	Akşam
Klasik Tezgâh	31,44	15,24	32,23
	30,79	16,55	31,56
	31,37	16,55	32,16
	33,10	19,79	32,93
	29,13	19,58	30,86
CNC Tezgâh	24,82	28,06	27,36
	23,03	29,96	26,52
	28,13	30,03	30,74
	23,17	29,48	26,67
	28,13	31,68	30,74

Elde edilen sonuçlar tablo 53 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 53 İki Yönlü Yinelemeli Varyans Analizi Sonuçları

Anova: Yinelemeli İki Etken

ÖZET	Sabah	Öğle	Akşam	Toplam
<i>Klasik Tezgah</i>				
Say	5	5	5	15
Toplam	155,8366	87,7095	159,7401	403,2862
Ortalama	31,16732	17,5419	31,94803	26,88575
Varyans	2,031294	4,122816	0,602332	48,81113
<i>CNC Tezgah</i>				
Say	5	5	5	15
Toplam	127,2858	149,2071	142,0205	418,5134
Ortalama	25,45715	29,84143	28,4041	27,90089
Varyans	6,46658	1,68307	4,637517	7,221601
<i>Toplam</i>				
Say	10	10	10	
Toplam	283,1224	236,9166	301,7606	
Ortalama	28,31224	23,69166	30,17606	
Varyans	12,83405	44,60216	5,817557	

ANOVA

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Örnek	7,728866	1	7,728866	2,372806	0,13654752	4,25967727
Sütunlar	222,9033	2	111,4516	34,21629	0,00000009	3,40282611
Etkileşim içinde	483,3806	2	241,6903	74,2003	0,00000000	3,40282611
	78,17444	24	3,257268			
Toplam	792,1871	29				

F istatistiği 2,372; F ölçütünden 4,259 küçük olduğu için sıfır hipotezi kabul edilecektir. P değeri 0,136, 0,05 değerinden büyük olması, en az bir grubun ortalamasının istatistiki olarak ve önemli olarak diğerlerinin ortalamasından farklı olmadığını göstermektedir.

2.4.7.3. Ki-kare Testi

Ki-kare testi ya da analizi, parametrik olmayan bir analiz türüdür. Ki-kare testi, gözlem değerlerinin beklenen değerden farklı olup olmadığını test etmektedir. Gözlenen değerlerin beklenen bir değeri vardır. Gözlenen değer beklenen değerden ne kadar farklı olduğu ve bu farkın anlamlı olup olmadığı ki-kare testi ile analiz edilir. Kontrol aşamasında proje ekip üyeleri gözlem yapılan ölçümlerin ortalamasını değil de çıktının varyasyon düzeyini belirlemek isterler.

Üretim sürecinde hedeften ne kadar sapmanın olduğu ve hatasız bir süreç için ne tür iyileştirmeler yapılması gerektiğini görmek gerekmektedir.

Serbestlik derecesi $n-1$ olan ki-kare testinin tek değişkenli uygulaması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

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

G_i , i 'inci kategoride gözlenen sayılar; B_i , i 'inci kategoride beklenen sayılar; n , kategori sayısı ve serbestlik derecesi de $n-1$ olarak ifade edilmektedir.

Bir otomotiv yan sanayiinde üretilen pulların çapları ölçülmüş ve şu değerler elde edilmiştir: 8,75, 8,75, 8,08, 8,45, 8,74, 8,67, 8,67, 8,73 ve 8,74 mm.

H_0 : Pulların çapları bir birisinin aynısıdır

H_1 : Pulların çapları birbirinden farklıdır

Pulların çaplarının ölçüm değerlerinin ortalaması, 8,62 ve ki-kare değeri de 0,0472 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değer 0,05 anlamlılık düzeyinde ve $9-1=8$ serbestlik derecesindeki tablo değerinin 15,51'den küçük olduğu için H_0 kabul edilecektir. Gözlenen değerler ile beklenen değerler arasında fark olmadığı söylenir.

Tek değişkenli ki-kare testinin yanı sıra iki değişkenli ki-kare testi de kullanılmaktadır.

2.4.8. Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Analiz Araçları

Sorunun belirlenmesi ve çözümlenmesi için soruna neden olan ve sorundan etkilenen değişkenlerin çok iyi tanımlanması gerekmektedir. Değişkenlerin, diğer ifade ile X 'lerin ve bundan etkilenecek olan Y 'lerin arasındaki ilişkinin de ölçülmesi gerekmektedir. X ve Y arasındaki ilişkinin olmaması ya da ilişki derecesinin düşük düzeyde olması, yapılacak analizlerin sonuçlarının yanıltıcı ve hatalı olmasına neden olabilecektir. Bu nedenle korelasyon ve regresyon analizleri kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkinin analizi yapılmaktadır.

2.4.8.1. Korelasyon

İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini ölçmek amacı ile korelasyon analizi yapılmaktadır ve ilişki derecesi r katsayısı ile ölçülür. İki değişken Korelasyon katsayısı, değişkenlerin yönü, etkileşimlerin nasıl olduğu hakkında bilgi verir. Değişkenlerin birbiri arasındaki etkileşimin yoğunluğu hakkında bilgi veren bu analizde, regresyon analizinde olduğu gibi, hangi değişkenin bağımlı ve hangisinin bağımsız değişken olup olmadığına bakılmaz.

Korelasyon katsayısı, r, -1 ile +1 ($-1 \leq r \leq +1$) arasında değişen değerler alır. Katsayının pozitif değerde olması, bir değişkendeki artış (azalışın) diğer değişkende de artışa (azalışa) neden olacağını; diğer taraftan negatif olması ise, değişkenler arasında ilişkinin ters yönlü olduğunu ve katsayının sıfır olması, değişkenler arası ilişkinin olmadığını göstermektedir. Katsayı +1'e yaklaştıkça değişkenler arasında aynı yönlü ilişkinin güçlendiği ve -1'e yaklaştıkça ters yönlü ilişkinin güçlendiği anlaşılmaktadır. Korelasyon katsayısı aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

X ve Y diye adlandırabileceğimiz n adet gözlem değerine ait, iki değişken grup varsa, (iki grup aralarında neden sonuç ilişkisi olan gruplar da olabilir).

Tablo 54 üzerinde bir işletmede ocak-aralık dönemine ilişkin üretim miktarları ve makine saatleri verilmektedir.

Tablo 54. Üretim Miktarı ve Makine Saatleri

Dönemler	Makine Saati (X)	Üretim Miktarı (Y)
Ocak	400	960
Şubat	240	880
Mart	80	480
Nisan	400	1.200
Mayıs	320	800
Haziran	240	640
Temmuz	160	560
Ağustos	480	1.200
Eylül	320	880
Ekim	160	440
Kasım	200	600
Aralık	240	650

İki değişken arasındaki ilişki derecesi, korelasyon katsayısı yardımı ile açıklanabilir. Formülde yer alan değerler, tablo 55 üzerinde hesaplanmış olarak gösterilmektedir.

Tablo 55 Korelasyon Katsayısının Hesaplanması

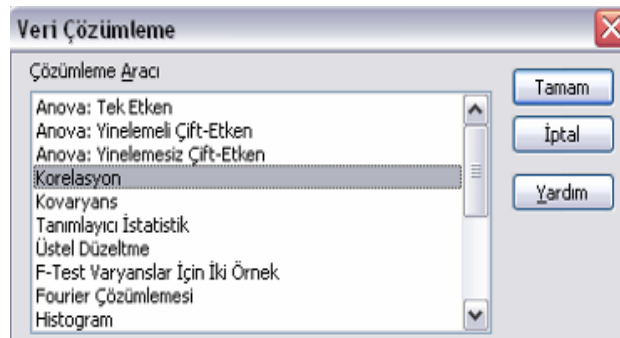
n	(x - \bar{x})	(y - \bar{y})	(x - \bar{x}) (y - \bar{y})	(x - \bar{x})	(y - \bar{y})
Ocak	130	186	24.158	16.900	34.534
Şubat	-30	106	-3.175	900	11.201
Mart	-190	-294	55.892	36.100	86.534
Nisan	130	426	55.358	16.900	181.334
Mayıs	50	26	1.292	2.500	667
Haziran	-30	-134	4.025	900	18.001
Temmuz	-110	-214	23.558	12.100	45.867
Ağustos	210	426	89.425	44.100	181.334
Eylül	50	106	5.292	2.500	11.201
Ekim	-110	-334	36.758	12.100	111.667
Kasım	-70	-174	12.192	4.900	30.334
Aralık	-30	-124	3.725	900	15.417
	0	0	308.500	150.800	728.092

Hesaplanan değerlerin formüldeki yerlerine konulması sonucunda r değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad r = \frac{308.500}{\sqrt{150.800 \times 728.092}}$$
$$r = 0,931$$

Görüldüğü gibi r, 0,931 olarak hesaplanmaktadır. Bu, makine saatleri ile üretim miktarı arasında yakın bir ilişki olduğunun bir göstergesidir.

Korelasyon katsayısını MS Office Excel aracılığı ile daha kısa bir zaman dilimde hesaplanabilmektedir. Bunun için Excel çalışma sayfasında araçlar menüsünde veri çözümü komutu seçilerek karşımıza çıkan pencerede (Şekil 63) korelasyon seçeneği işaretlenir.



Şekil 63 Veri Çözümleme Penceresi

Korelasyon veri çözümü aracına gerekli bilgiler girildikten sonra yapılan çözümün sonucunda korelasyon matrisi (Tablo 56), elde edilmektedir.

Tablo 56. Korelasyon Matrisi

	Makine Saati	Üretim Miktarı
Makine Saati	1	
Üretim Miktarı	0,931025	1

Bu noktadan sonra, en çok kullanılan niceliksel tahmin yöntemleri açıklanmaktadır. Yöntemler hakkında genel nitelikli açıklamalar yapıldıktan sonra yöntemlerin uygulanmasına geçilecektir. Yöntemlerin uygulanmasında, MS Office Excel programı kullanılmaktadır. Yapılan sınıflandırmalarda hareketli ortalama yöntemi, üstel düzeltme yöntemi ve trend analizi zaman serileri analizi; regresyon yöntemi de neden-sonuç yöntemleri başlığı altında yer almaktadır.

2.4.8.2. Regresyon Analizi

Basit doğrusal regresyon yönteminde, bağımlı bir değişken Y ve bağımsız değişken X arasındaki ilişki incelenmektedir. Daha farklı bir ifade ile bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi incelenmektedir. Regresyon yöntemi, bir tahmin aracı olarak da kullanılmaktadır. Satış ve satışa etki eden unsurların regresyon yönteminde bir araya getirilip gelecek döneme ilişkin satış tahminleri yapılabilir. Basit bir regresyon denklemi aşağıda gösterilmektedir:

$$Y = A + bX + u$$

Formülde A , sabit değeri göstermektedir. Diğer bir ifade ile X 'deki değişmelerden etkilenmeyen değerdir. b ise, regresyon doğrusunun eğimini göstermektedir. $A + bX$, zaman serisinde sistematik hareketini; u ise, zaman serisinin sistematik olmayan hareketini göstermektedir²⁸⁹. Formüldeki u , hata terimi olup rassal bir değerdir.²⁹⁰. u 'nın değeri, sifıra eşit olmalıdır. Basit bir doğrusal regresyon yönteminde yukarıdaki formül kullanılırken, regresyonun tahmin amaçlı olarak kullanılması durumunda formül u değeri olmadan yeniden düzenlenmelidir:

$$\hat{Y} = A + bX$$

Basit doğrusal regresyon yönteminde en uygun tahmin, en küçük kareler tekniği kullanılarak yapılmaktadır. Yukarıdaki regresyon formülleri ana kütle esas alınarak

²⁸⁹ Aydın Ulucan, "Yöneylem Araştırması", Ankara, Siyasal Kitabevi, 2004, s.357.

²⁹⁰ Wang, George C.S., "What Should Know About Regression Based Forecasting", *The Journal of Business Forecasting*, 12/4, 1993-1994, , s.15.

oluşturulmaktadır. Ana kütleye ulaşamadığı durumlarda örneklem değerlerine göre tahmin yapılır:

$$\hat{y} = b_0 + b_1X$$

Tahmin değeri (\hat{Y}) ve fiili değer arasındaki sapma (e) aşağıdaki gibi formüller ile gösterilmektedir:

$$e = Y - \hat{Y}$$

$$e = Y - b_0 - b_1X$$

Serpilme diyagramında regresyon doğrusuna uzak olan tüm noktaların uzaklıklarının bulunması ve bunların minimize edilmesi gerekir. Bunun için en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Sapmaların (hataların) karelerinin toplamının (SKT) ifade edildiği en küçük kareler yöntemine ilişkin şu formül kullanılmaktadır:

$$SKT = \sum (Y - \hat{Y})^2 = \sum (Y - b_0 - b_1X)^2$$

Fonksiyonun kısmi türevi alınarak sıfıra eşitlenir. Böylece en uygun sonuca (sapmanın minimize edilmesi) ulaşılabileceği varsayılır.

$$b_1 = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2}$$

$$b_0 = \frac{\sum Y}{n} - \frac{b_1 \sum X}{n} = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

Örnek işletmenin verileri kullanılarak regresyon yöntemi ile tahmin sürecini incelenmektedir. İşletmenin satışları (Y) ve dönem (X) arasındaki ilişkinin formülü (regresyon denklemi), Excel aracılığı ile oluşturulmaktadır.

Excel içerisinde yer alan veri çözümleme (Araçlar→ Veri çözümleme) aracında regresyon seçeneğinden faydalanılarak regresyon yöntemine göre regresyon denklemi oluşturulabilir. Ve bu denklemden faydalanarak gelecek dönemlere ilişkin tahmin kolay bir şekilde yapılabilir. Veri çözümleme aracı penceresinde farklı çözüm araçları arasında yer alan regresyon (Araçlar→ Veri çözümleme→ Regresyon) işaretlenerek gelen pencerede Y giriş aralığına fiili satışlar, X giriş aralığına da satışların dönemi girilir. Bir işletmenin geçmiş 36 aylık dönemine ilişkin satış verileri ve bu veriler kullanılarak Regresyon yöntemine göre yapılan tahmine ilişkin özet sonuçlar tablo 57 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 57. Basit Regresyon Yöntemine Göre Tahmin Modelinin Özet Sonuçları

Dönem	Satış Hâsılatı		Dönem	Satış Hâsılatı	
1	108.306		19	147.623	
2	168.050		20	108.055	
3	203.518		21	183.172	
4	115.470		22	169.898	
5	151.508		23	166.012	
6	192.305		24	198.416	
7	150.141		25	118.735	
8	142.106		26	152.489	
9	129.188		27	158.180	
10	220.508		28	116.047	
11	156.733		29	175.302	
12	118.165		30	174.313	
13	123.019		31	177.898	
14	139.167		32	184.266	
15	181.355		33	228.238	
16	118.256		34	185.400	
17	237.072		35	184.978	
18	210.873		36	199.226	

	A	B	C	D	E	F	G
1	ÖZET ÇIKIŞI						
2							
3	Regresyon İstatistikleri						
4	Çoklu R	0,29529798					
5	R Kare	0,087200897					
6	Ayarlı R Kare	0,060353865					
7	Standart Hata	34.390,33653					
8	Gözlem	36					
9							
10	ANOVA						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>	
12	Regresyon	1	3.841.470.619	3.841.470.619	3,248065	0,080380	
13	Fark	34	40.211.638.379	1.182.695.246			
14	Toplam	35	44.053.108.998				
15							
16		<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>
17	Kesişim	145.325,822	11.706,514	12,414	0,000	121.535,324	169.116,320
18	Dönem	994,382	551,748	1,802	0,080	-126,905	2.115,669

Özet sonuç verilerinde regresyon denkleminin sabit değeri (kesişim değeri) 145.325,82 (yuvarlanmış değer 145.326) olarak B17 hücresinde yer almaktadır. Doğrunun eğimi ise, 994,38 olarak B18 hücresinde gösterilmektedir. Bu durumda regresyon denklemi aşağıdaki gibi oluşturularak tahmin amaçlı olarak kullanılabilir:

$$\hat{Y} = 145.326 + 994,38X$$

Bu denklem kullanılarak gelecek dönemlere ilişkin tahminler yapılabilir. 37, 38, 39, 40 ve 41. dönemlere ilişkin satış tahminleri aşağıda gösterilmektedir:

$$\hat{Y}_{37} = 145.326 + 994,38 \times 37 = 182.123,57$$

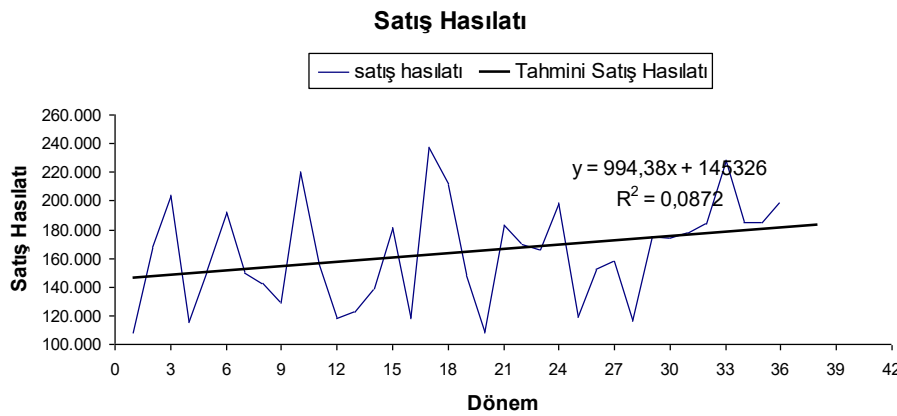
$$\hat{Y}_{38} = 145.326 + 994,38 \times 38 = 182.117,96$$

$$\hat{Y}_{39} = 145.326 + 994,38 \times 39 = 183.112,34$$

$$\hat{Y}_{40} = 145.326 + 994,38 \times 40 = 184.106,72$$

$$\hat{Y}_{41} = 145.326 + 994,38 \times 41 = 185.101,10$$

Regresyon yöntemine göre yapılan çözümün sonuçları şekil 64 üzerinde grafik yardımı ile de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi doğrunun denklemi, $Y=145.326+994,38X'$ dir.



Şekil 64 Basit Regresyon Doğrusu

Tablo 44 üzerinde yer alan özet sonuçlarında istatistikî sonuçların açıklanması modelin anlaşılması açısından faydalı olacaktır.

Regresyon istatistikleri altında çoklu R, R kare, Ayarlı r kare ve Standart hata değerleri verilmektedir.

Çoklu R, bağımlı değişkenlerin tahmini ve fiili değerleri arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü göstermemektedir. Çoklu R, -1 ve +1 aralığında bir değer alabilir. Çoklu R değeri +1'e doğru yaklaştıkça ilişkinin güçlü olduğu tersi durumda zayıf olduğu anlaşılmaktadır. Örnekte çoklu R değeri, %29 olarak hesaplanmaktadır ki bu, iki değer arasında olumlu fakat çok da güçlü bir ilişki olmadığını göstermektedir.

R kare bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi açıklamakta kullanılan bir semboldür (R^2). Diğer bir ifade ile bağılı değişkendeki değişmelerin yüzde kaçının bağımsız değişkenlerdeki değişmelerle açıklanabileceğini gösteren bir katsayıdır. R^2 , 0–1 arasında bir

değer alabilir. Örnekte R^2 değeri, yaklaşık %9 olarak hesaplanmaktadır. Bu, satışlardaki değişimin %9'luk kısmının dönemdeki değişmeden kaynaklandığını, geri kalan kısmının ise dönemdeki değişmelerden etkilenmediğinin göstergesidir.

Ayarlı R kare, bağımsız değişkenlerin sayısı artarken serbestlik derecesi azalma gösterecektir. Serbestlik derecesini hesaba katarak çoklu R^2 katsayısı hesaplanır. Bağımsız değişkenlerdeki artış, R^2 değerini artırsa bile ayarlı R^2 değeri azalabilir. Yeni bir bağımsız değişkenin ilave edilmesinin regresyonunun açıklayıcı gücünü artırıp artırmadığını belirlemek amacı ile ayarlı R^2 kullanılır. Örnekte ayarlı R^2 değeri, %6 olarak hesaplanmaktadır.

Standart hata, regresyon doğrusunun standart hatasıdır. Standart hata, gerçek değer in regresyon doğrusu etrafındaki uzaklıklarının normal olduğunu varsayılarak tahminlerin isabetini değerlendirmek için kullanılır. Tahminlerin standart hatası, bu hataların değişkenliğinin bir ölçüsüdür. Örnekte standart hata değeri, 34.390,34 TL olarak hesaplanmaktadır. Bu, satışların regresyon doğrusundan 34.390,34 TL uzakta olduğunu göstermektedir.

t testi, t-testi değerinin ne anlama geldiğini belirleyebilmek için t-tablosunun (Tablo 32) kullanılması gerekmektedir. Örnekte serbestlik derecesi 35 ve anlamlılık düzeyi %5 olduğuna göre testinin hesaplanan değeri 12,414, tablo değeri ise, 2,03'dür. Hesaplanan değer, tablo değerinden büyük olduğu için dönemin satış tahmininde önemli bir değişken olduğu sonucuna varılmaktadır.

F istatistiği, daha önce de ifade edildiği gibi belirli bir serbestlik derecesinde (Örnekte 35) ve anlamlılık düzeyinde hesaplanan F istatistiği, F tablosundaki değer ile karşılaştırılır. Eğer, hesaplanan değer, tablo değerinden büyük ise, çoklu R^2 katsayısının önemli bir bağlantıyı ifade ettiği şeklinde yorumlanabilir. Diğer bir ifade ile bağımsız ve bağımlı değişkenler arasında doğrusal bir ilişki var olduğu sonucuna varılabilir. Örneğimizde F istatistiği, 3,24 olarak hesaplanmaktadır. 1 ve 34 serbestlik derecesinde tablo değeri (Tablo 17 4,08'dir. Hesaplanan değer tablo değerinden düşük olduğu için satışlardaki değişimin dönemlere bağlı olarak ortaya çıktığını söylemek anlamlı olmayacaktır. Diğer bir ifade ile dönem ve satışlar arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığı sonucuna da varılabilir.

2.5. İYİLEŞTİRME AŞAMASI

YAS projesinde önemli bir aşamadır. Bundan önceki aşamalarda nelerin iyileştirilmesi gerektiğine yönelik çalışmalar yapılırken bu aşamada, tespit edilen sorunların iyileştirilmesi üzerinde durulmaktadır.

İyileştirme aşamasının amacı, kritik X ve Kritik Y değerleri arasındaki ilişkiyi rakamlara dökmektir. Buna bağlı olarak hangi X'lerin Y'ler üzerinde değişkenliğe neden olduğunu ispatlamaktır. Potansiyel çözümleri ana uygulamaya geçmeden önce test etmektir. Önerilen çözüm önerilen hangilerinin etkin olduğunu belirlemek ve/veya hangi seçeneklere ihtiyaç olduğunu belirlemek²⁹¹

İyileştirme aşamasının hedefleri de aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:²⁹²

- Şüphelenen kritik girdiler (X'ler) için olası iyileştirme seçeneklerini geliştirmek
- Tecrübe ve deneyimler, bu sürecin temel taşıdır. Pilot, simülasyon ve deneysel tasarımlar buna örnek olarak verilebilir.
- Kontrol etmek için kritik girdileri tanımlamak. X'lerin oluşumunu optimumda sabitlemek.

İyileştirme aşamasını atlamanın potansiyel riskleri vardır. Bu nedenle bu aşamayı önemsememek veya geçiştirmek, YAS projesinin başarısız olmasına yol açacaktır. İyileştirme aşamasını atlamanın potansiyel riskleri vardır:

- Birçok çözümü uygulamak ile ilgili çeşitli risklerin varlığı nedeni ile iyileştirme aşamasından vazgeçilmemelidir. Mevcut faydaların risklerden daha önemli geldiğini belirlemek gerekir.
- **Zaman.** Çözümü bulmak, uygulamak ve sürdürmek için gerekli zamanın belirlenmesi
- **Maliyet.** Çözümü uygulamak için gerekli olan finansal kaynaklar.
- **Yoğunluk.** Çözüm farklı süreçler arasında ilintili olabilir. Değişimin çalışanların işlerinin yavaşlatılmasını engellediğini anlaşılmalıdır.
- **Sonuçlanmama.** Çözümlerin uygulanmasından sonra beklenmeyen ve istenmeyen sonuçların çıkması

²⁹¹ 3M, a.g.e., s. 96.

²⁹² 3M, a.g.e., s. 96.

2.5.1. İyileştirme Aşamasında Kullanılacak Araç Ve Yöntemler

İyileştirme aşamasında aşağıdaki araçlar ve yöntemler kullanılabilir:²⁹³

- **Just Do It**
 - Nedir: Düşük riskli düşüncelerin uygulanması
 - Ne zaman kullanılır: Risk oldukça düşük olduğu zaman
- **BPR**
 - Nedir: Süreci toparlamak, özellikle işin yapılış şeklinin değiştirildiği zaman için ek araçlar kullanıldığı zaman
 - Ne zaman kullanılır: mevcut süreçlerin çok kötü bir şekilde bozulduğunda tek çözüm, süreci yeni bir süreç oluşturmaktır.
- **Yalın Araçlar**
 - Nedir: Süreçteki akışı hızlandırmak ve israfları azaltmak için kullanılan araçlar
 - Ne zaman kullanılır: Süreçteki akışı hızlandırmak ve israfları azaltmak için çalışmaya başlandığı zaman
- **Yapısal Gözden Geçirme**
 - Nedir: Önerilen değişimlere uygun hayatın içinden bir simülasyon oynandığı zaman
 - Ne zaman kullanılır: Yapılandırılan yeni bir sürecin geçerliliğini denemek için
- **Simülasyon**
 - Nedir: Yeni sürecin yazılım ile biçimsel olarak modellenmesi
 - Ne zaman kullanılır: Biçimsel bir deneyi çalıştırmaya ya da pilot çalışmaya cesaret edilmediği zaman
- **Pilot Çalışma**
 - Nedir: Önerilen çözümün küçük ölçekli bir uygulaması
 - Ne zaman kullanılır: eğer riskler (zaman, maliyet, yoğunluk vd.), çok yüksek ve iyileştirme uygulaması ile doğrudan ilişkili ise
- **Deneysel Tasarım**
 - Nedir: İstatistiki bir yapısal planlama. Değişen X'lerin Y'ler üzerindeki etkisini ölçer.
 - Ne zaman kullanılır:
 - Çoklu çözüm seçenekleri var ise
 - Küçük ölçekli uygulamada risk var ise
 - Belirli bir zamanda X'lerin Y'ler üzerindeki etkilerinin ölçülemediği zamanda

Tablo 58 üzerinde iyileştirme aşamasında kullanılacak yalın araçlar özet olarak gösterilmektedir.

²⁹³ 3M, a.g.e., s. 97.

Tablo 58 İyileştirme Aşamasında Kullanılabilecek Yalın Araçlar²⁹⁴

Değer Akış haritası	Süpermarket
JIT	Üretim seviyelendirme
Standartlaştırma	Sürekli iyileştirme
TPM	Tak time
Malzeme akışı	Poka Yoke
SMED	Heijunka
Jidoka	Müşteri İş birliği
Kanban	Tedarikçi İş birliği
Hızlı değiştirme	Hücre tipi üretim

2.5.1.1. Süreç Tasarım İlkeleri

Aşağıdaki ilkelere bağlı kalmak, işletmenin ve müşterinin CTQ değerlerini karşılamak için optimal sürecin yeniden tasarlanmasını sağlayacaktır²⁹⁵:

1. Onayları, özellikle de çok kademeli onayların azaltılması
2. Süreci kontrolleri süreçlerin dışarıdan veya diğer süreçlerdeki çalışanlar tarafından değerlendirecek şekilde tasarlanması
3. Devirlerin azaltılması. Devirler, süreçlerde bağlantının kopmasına ve beklemeye yol açar. Devirler, süreçte çok olumsuz etkiye yol açan nedenlerden biridir.
4. Sürecin adımları için açık bir sorumluluk tahsis edilmesi. Eğer herkes sorumlu ise, kimse sorumlu olamaz.
5. Sürecin tüm adımlarında hataları azaltmak için kalite kontrol oluşturulması.
6. İnceleme ve değerlendirme faaliyetlerini azaltın
7. Darboğazlardan kaçmak için iş akışının dengelenmesi. Darboğazlar, kuyruklar ve yığılmalar oluşturur ve çevrim zamanını artırır.
8. Dengeli iş yükü ve akışı süreçteki parti büyüklüklerinin azalmasını sağlayacaktır.
9. Özel durumdan çok rutin bir yönetim olacak şekilde sürecin tasarlanması
10. Her şeyi sorgulanması.

²⁹⁴ 3M, a.g.e., s. 107.

²⁹⁵ Ehrlich, a.g.e., ss.158-160.

2.5.2. Deneysel Tasarım

Yalın Altı Sigma ilişkilerinde matematiksel modelleme aşağıdaki şekilde oluşturulabilir:²⁹⁶

İşletmelerde temel formüle göre, çıktı girdilerin bir fonksiyonudur.

$$\text{Çıktı} = f(\text{girdi})$$

İşletmenin başarısı, müşteri memnuniyetine ve üretim başarısına bağlıdır.

$$\text{İşletme başarısı} = f(\text{Müşteri memnuniyeti}, \text{üretim başarısı})$$

Müşteri memnuniyetine ve üretim başarısı da şu şekilde formülleştirilebilir:

$$\text{Müşteri memnuniyeti}, \text{üretim başarısı} = f(\text{kalite}, \text{fiyat}, \text{zamanında teslim}, \text{ulaşılabilirlik})$$

$$\text{Kalite}, \text{fiyat}, \text{zamanında teslim}, \text{ulaşılabilirlik} = f(\text{süreç performansı}, C_{PK}, P_{PK})$$

$$\text{Süreç performansı} = f(\text{süreç varyasyonu_ çevrim zamanı}, \text{vb.})$$

$$\text{Süreç performansı} = f(\text{çalışanların istatistiksel ve teknik bilgisi})$$

$$\text{Çalışanların bilgisi} = f(\text{eğitim}, \text{öğretim})$$

Deneysel tasarım, YAS projesinin tüm aşamalarına uygulanabilir. Bu mantık Dünya Çapında Performans (DÇP) için de uygulanabilir.

$$\text{Dünya Çapında Performans (DÇP)} = f(\text{Yalın Altı Sigma})$$

DT, bir üretim sürecinin getirisini ve sürdürülebilirliğini iyileştirmek için ve ayrıca ürün ve sürecin geliştirilmesi için kullanılacak bir araçtır. İlk kez, 1920'li yıllarda Fisher tarafından birçok değişkenin eş anlı olarak zamanda çıktı üzerindeki etkilerini test etmek için geliştirilmiştir. İlk uygulamalarında yağmur, su, güneş ışığı ve gübre gibi girdilerin ürünler üzerindeki etkisini ortaya çıkartmak için yapılmıştır.

Bu çalışmayı farklı akademik çalışmalar da izlemiştir. Taguchi, 1950'li yıllarda deneysel tasarım kullanarak önemli araştırmalar yapmıştır. Hem ürün hem de üretim süreçlerinde kaliteyi geliştirmeye yönelik amaçlı olarak kullanılacak olarak geliştirilmiştir. Taguchi, istatistiğe dayalı sürekli kalite iyileştirme için hem bir yöntem hem de felsefe geliştirmiştir.²⁹⁷

Deneysel tasarım yoğun olarak mühendislik tasarımlarında ve koşulların iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Potansiyel uygulamaları arasında, ürün tasarım

²⁹⁶ Taghizadegan, a.g.e., s. 84

²⁹⁷ Jiju Anthony, Micheal Hughes ve Mike Kaye, "Reducing Manufacturing Process Variability Using Experimental Design Technique: A Case Study", *Integrated Manufacturing Systems*, 10/3, 1999, s. 162.

optimizasyonu, malzeme seçimi, bileşen toleranslarının seçici ve süreç optimizasyonu yer almaktadır. Deneysel tararım uygulamalarından aşağıdaki faydaların elde edildiği tespit edilmiştir²⁹⁸:

- Ürün geliştirme sürecinin kısaltılması
- Nihai kalite kontrolde ne iyi süreç tasarımı oluşturmayı sağlama
- Ürün ve süreç performansında değişkenliğin azaltılması
- Süreç çıktısı üzerinde etkili olan değişkenlerin tespitinde yardımcı olması
- Ürün ve süreç geliştirme maliyetlerinin azaltılması
- Ürün ve süreçlerde ortamın ve üretimdeki varyasyonların azaltılması
- Daha iyi performans için optimal faktörlerin oluşturulmasının sağlanması
- Süreç getirisinin artırılması,

Bir süreci öğrenmenin **Pasif** olarak ve **deneysel** olmak üzere iki farklı değişik yolu vardır²⁹⁹.

Pasif olarak öğrenme: Bilgilendirici olayları doğal olarak gözlemlemek. Eğer şanslı iseniz, gözlem yaparken bilgi verici bir olay gerçekleşebilir.

Deneysel olarak öğrenme: girdi değişkenlerinin (Xs) çıktılar (Ys) üzerindeki etkilerini çalışmak için bilgilendirici olaylar oluşturmak. Deneyler eğer düzgün olarak yapılırsa, sonuçlar da etkin olacaktır.

2.5.2.1. Tasarlanmış Deneyler

Bir süreçte neden sonuç ilişkilerini anlamak için veri kullanan sistematik bir yöntemdir. Deneysel plan kullanarak, girdilerde deneysel olarak yapılan değişimin çıktılar üzerindeki etkisini görmek amaçlanır. Süreçteki değişkenliği dikkate alır ve birden fazla X'de aynı anda değişim yaparak değişkenler arasında karşılıklı etkileşimi incelemek için kullanılır.

Tasarlanmış deneylerin amacı, süreç için anahtar değişken girdilerdeki optimal karışımı ve bu anahtar değişkenlerin nasıl kontrol edileceğini belirlemektir. Tasarlanmış deneyin faydaları da aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

- Veri tabanlı karar vermek için kanıt sağlamak
- Etkin-minimum çaba ve zamanla maksimum başarı
- Maliyet etkin

²⁹⁸ Anthony, Hughes ve Kaye, a.g.e., s. 162.

²⁹⁹ 3M, a.g.e., s.109.

- Sürecin anlaşılmasının sağlanması
- Sorulara cevap verme
- Çok sayıda değişkene aynı anda bakma
- Ana etkenleri ve karşılıklı ilişkileri tanımlamak
- Analizi basitleştirmek
- Matematiksel bir model sağlamak
- Hangi X'in ve ilişkilerin daha önemli olduğunu belirlemek

Bilinen deneysel tasarım türleri aşağıda gösterilmektedir:³⁰⁰

- **Kesirli çok etkenli deney tasarımı:** Birden çok X'in (5'den çok) incelenmesi ve hangisinin daha önemli olduğunu belirlemede kullanılır.
- **Faktöriyel:** Hangi X'lerin önemli olduğunu belirlemek ve sınırlı modelleri şekillendirmek için kullanılır. İki ya da daha çok faktörün bileşimlerini test eder.
- **Tepki düzeyi tasarımı:** Önemli X'lerin Y'leri nasıl etkileyeceğini belirlemek ve optimizasyon, süreç kontrolünde kullanmak için bir model geliştirmek
- **Karışım:** Hangi X'lerin önemli olduğunu ve Y'leri nasıl etkileyeceğini formül kullanarak belirlemek için kullanılır.

2.5.2.2. İki aşamalı Faktöriyel Deneyler

En yaygın olarak kullanılan deneysel tasarım türüdür ve şu özellikleri taşımaktadır:³⁰¹

- Her girdi düşük ve yüksek olmak üzere iki düzeydedir:
- Her girdi için iki aşama bileşimdeki toplam rakamları minimize etmeye yardımcı eder.
- Girdilerdeki tüm bileşimler değerlendirilir.
 - k, girdi sayısını gösterir
 - 2, her bir girdinin seviyesini gösterir
 - 2^3 üç girdinin birleşenlerini gösterir ($2*2*2=8$).

İki aşamalı faktöriyel deney aşağıdaki şekilde planlanmaktadır:

- **Deneyel amaç nedir?** Deney, sorulara cevap verecek ve amaçları karşılayacak mı?
- **Girdiler (X) nelerdir?** Her bir ek girdi deneyi ikiye katlamaktadır.

³⁰⁰ 3M, a.g.e., s. 110.

³⁰¹ 3M, a.g.e., s. 110.

- **Girdilerin (X) aralığı nedir?**
 - İlgili alanını kapsamak
 - Potansiyel istenen etkiyi görmek için yeteri kadar geniş olmak
 - Geçerliliği sağlamak- günlük süreç değişkenliğini göstermesi
 - Geliştirme öngörüsü sağlaması- mevcut bilginin ötesini araştırmak.
- **Çıktılar (Y) nelerdir?** Anlayışı geliştirmeye ihtiyaç duyulmakta ve deneysel amaçla ilgili kararlara yardım etmekte. Yeteri kadar test yöntemi gerektirmektedir.

2.5.2.3. Deneysel Tasarım Uygulama Adımları

Deneysel tasarım uygulamalarında aşağıdaki adımlar izlenmektedir:³⁰²

- 1) **Adım:** sorunları işletmenin kendi göstergeleri ile belirlenir
- 2) **Adım:** deneysel amaçları oluşturulur
 - a) X'lerin Y'ler üzerindeki etkilerini bulunur
- 3) **Adım:** Çıktı değişkenlerinin cevapları tanımlanır
 - a) Sonuçlar niteli mi nicel mi?
 - b) Amaç, merkezileşme mi ya da varyasyonu iyileştirmek mi?
 - c) Temel ne alınır (ortalama ya da Sigma)
 - d) İstatistiki kontrol olarak cevaplanır mı?
 - e) Cevaplarda ne kadar değişkenlik incelemek istenir?
 - f) Ölçüm sistemi yeterli mi?
 - g) Çoklu cevaplara gerek var mı?
- 4) **Adım:** Girdi değişkenleri (faktörler) tanımlanır
 - a) Kontrol edilebilir/edilemez
 - b) Süreç haritası vb.' lerinden sağlanabilir
- 5) **Adım:** Girdi değişkenlerini seçilir
- 6) **Adım:** Deneysel tasarımı seçilir
- 7) **Adım:** Plan yap ve kaynakları dağıtılır
- 8) **Adım:** Öneri gözden geçirilir ve değerlendirir.

DT, süreçteki kritik X'lerin çıktıları nasıl etkileyeceğini anlamak amaçlı olarak kullanılan bir yöntemdir. DT, Siyah Kara Kuşaklara Y üzerindeki en önemli X'in ne olduğunu ve olası

³⁰² 3M, a.g.e., s. 112.

etkilerini belirleme konusunda yardımcı olur. Regresyon da benzer amaçla kullanılmaktadır. Buna rağmen DT'in X'lerin birbirleri arasındaki ilişkileri de dikkate aldığı için daha avantajlı olduğu görülmektedir. Buna ilave olarak farklı X'lerdeki seviyeler karşılıklı ve bireysel olarak test ederek çıktı üzerindeki etkisini belirlemektedir. DT'in sağlayacağı faydalar şu şeklide ifade edilmektedir:

- Alternatif tedarikçiler ya da bir iş teklifini ya da kredi kartını kabul ya da reddeden alternatifler arasında seçim yapılması. Bu karşılaştırmalı tasarım olarak tanımlanmaktadır.
- Potansiyel kritik X'leri süreç çıktısı üzerinde etkili olanlar önemli kritik X'lere daraltır. Bu önemli X'leri seçtiği için eleme tasarımı olarak tanımlanmaktadır.
- Önemli X'ler arasında karşılıklı etkileşimi belirleyerek çıktılar üzerindeki etkisinin belirlenmesi
- Kritik X'lerin optimal kritik Y'ler üzerindeki etkisinin belirlenmesi. Bu tasarımın optimizasyonudur ki regresyon eşitliğinin kritik Y'yi tahmin etmek üzere kullanımını sağlar.

2.5.3. 5S

5S, Japonca kelimenin baş harfleriyle sembolize edilen bir yalın yönetim aracıdır. 5S, kişi ve/veya grup faaliyetleri ile çalışma ortamının sistemli şekilde iyileştirilmesini sağlamaya yönelik çalışmaların bütünüdür. Herhangi bir ortamda, üretimde veya yönetim katında iç hizmetlerde iyileştirmeye yönelik bir YAS aracıdır. Katma değer yaratan faaliyetlerde kullanılan yöntemler, malzemeler, makine ve çalışanlarda standartlaşmayı sağlamak için kullanılmaktadır³⁰³. 5S (Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu ve Shitsuke) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Bir işyerinde faaliyetlerin düzenli ve tertipli ve standart bir şekilde yapılmasını sağlamak için uygulanmaktadır ve bu uygulamada aşağıdaki birbiriniz izleyen adımlar kullanılmaktadır:

- Seiri_Sort (Ayıklama)
- Seiton_Set in Order (Düzenleme)
- Seiso_Shine (Temizlik)
- Seiketsu_Standardize (Standartlaşma)

³⁰³ Voehl vd. a.g.e., s. 118.

- Shitsuke_Sustain (Sürdürme ve geliştirme)

2.5.3.1. Seiri_Sort (Ayıklama)

Bu aşamada öncelikli olarak bir alan seçilir ve bu alanda katma değer yaratmayan faaliyetler seçilir ve gerekli olmayan ve katma değer yaratmayan tüm faaliyetler elimine edilir. Bu alanda elimine edilecek tüm malzemeler (sadece malzeme değil demirbaşlar, alet ve edevatlar), kırmızı etiket ile işaretlenir. Bu malzemeler, etrafı çevrili belirli bir alanda belirli bir zaman diliminde bekletilir. Bu sürenin sonunda “gerekli değil” olarak etiketlenen malzemeler tamamen ortamdaki malzemelerden ayrılır (satılır ya da hurdaya çıkarılır). Eğer “gerekli” olarak etiketlenir ise, ortamda bırakılır. Ancak şüphe duyulur ise, “şüphe duyulduğunda çıkart” etiketi ile işaretlenir. Bu süreç, kırmızı etiketlendirme olarak ifade edilir. Kırmızı etiketli bir malzeme için gerekli mi, doğru yerde mi ve doğru miktarda mı gibi sorular devamlı sorulur.

2.5.3.2. Seiton_Set in Order (Düzenleme)

Ayıklama işlemi tamamlandıktan sonra düzenleme aşamasına geçilir. İlgili alanda malzemeler tanımlanır ve belirli bir sıraya konulur. Amaç, malzemeyi/aracı alan kişinin kolayca bulmasını ve işi bitince de kolayca geri bırakmasını sağlamaktır. Gerekli olduğunda kullanıma hazır olmaları için malzemeler uygun ve güvenli şekilde düzenlenir. Amaç, gerektiğinde kullanılmak üzere aranan malzemelere 30 sn. içerisinde ulaşmaktır. 5S için önemli olan temel bir prensip, bir iş için kullanılacak olan gereci en fazla 30 saniyede bulabilmektir. Bir işi aksatmadan, verimli şekilde yapabilmenin gereği “30 saniye prensibi” ne göre hareket etmektir³⁰⁴.

2.5.3.3. Seiso_Shine (Temizlik)

Çalışma alanı her türlü kirden, yağdan ve benzerlerinden arındırılmalı ve temiz tutulmalıdır. Temizlik amaçları tanımlanmalı ve çalışma alanları bu tanımlara göre temiz tutulmalıdır. Kullanılan araç ve gereçler, kullanıldıktan sonra temizlenip yerlerine konulmalıdır. Amaç, ortamı ve araçları ve bir sonraki kullanıma hazır ve temiz bir şekilde bırakmaktır. Temizlik, sadece araç vb. düzeyinde kalmamalı çalışanların da buna uygun davranması ve temiz ve tertipli bir şekilde iş görmeleri sağlanmalıdır.

³⁰⁴ Uran Tiryakioğlu, Tayfun Utaş ve Hatice Savaş, “5S Klavuzu”, İstanbul Sanayi Odası Kalite ve Teknoloji İhtisas Kurulu ISO, İstanbul Sanayi Odası Yayın No: 2011/31, İstanbul 2011, s. 16.

2.5.3.4. Seiketsu_Standardize (Standartlaşma)

Bu aşama, diğer S'lerden biraz farklıdır. Ayıklama, düzenleme ve temizleme gibi faaliyetlerin standartlaştırılmasıdır. Aslında, her şeyin ilkinde doğru yapılması ile standartlaşma sağlanır. Standartlaşmanın asıl amacı, çalışma ortamının istenmeyen bir ortama dönüşmesini engellemektir. Çalışma ortamında yapılması gerekenleri gösteren haritalar ve kontrol listeleri ile standart çerçeveler belirlenir³⁰⁵.

2.5.3.5. Shitsuke_Sustain (Sürdürme ve geliştirme)

5S uygulamasının son aşamasıdır. 5S programının başarılı olması sürdürülmesine ve geliştirilmesine bağlıdır. Bu nedenle bu çalışmaların bir kerelik olmadığının ve sürekli iyi yönde devam ettirilmesi gerektiği bilinmeli ve anlatılmalıdır. Çalışanlar, yöneticilerin ne dediklerinden çok ne yaptıklarına bakarlar. Yönetim, 5S ile ilgili hassasiyetlerini muhakkak açıkça beyan etmelidir³⁰⁶.

Organize edilmiş, temiz ve uygun bir çalışma ortamı daha verimli, az veri kaybının ve daha az sorunun olduğu ve ayrıca planlara uyumun olduğu güvenilir bir çalışma ortamı olacaktır³⁰⁷.

2.5.4. Bir Dakikada Kalıp Değişirme

Bir dakikada kalıp değişirme (SMED- Single-Minute Exchange of Die), Shigo Shingo tarafından 1970'li yıllarda Toyota'da yapılan çalışmalar sırasında geliştirilmiştir. Küçük partilerde üretimi gerçekleştirmek için geliştirilmiştir. Bu yöntemin başarısı, 1982 yılında Toyota'da soğuk dövme hazırlık süresinin 3 aydan 1 saat 40 dakikaya indirilmesi ile tescillenmiştir³⁰⁸.

Hazırlık süresinin azaltılması, tüm YAS projelerinin temel taşlarından ve ulaşılması gereken hedeflerden biridir. Hazırlık süresinin azaltılması, sürecin hızının arttırılmasını sağlayacaktır. Hazırlık süresinin yavaşlamasına neden olan unsurların bilinmesi ve bu unsurların ortadan kaldırılması gerekmektedir. Ürün çeşitliliğindeki artış ve üretim miktarlarındaki azalma üretimde ürünler arasında devamlı geçiş yapılmasına ve dolayısı ile hazırlık yapılmasına neden olmaktadır.

³⁰⁵Voehl vd. a.g.e., s. 122.

³⁰⁶William M. Feld, "Lean Manufacturing. Tools, Techniques and How To Use Them", The CRC press Stories on Resoruce Management", 2001, USA, s. 87.

³⁰⁷Lunau vd., a.g.e., s.210.

³⁰⁸Frigon ve Jackson, a.g.e., s. 445.

Rekabetçi ortamda hazırlık süresini kısaltmak esastır. Kalıp değiştirme zamanının kısalması ile bir taraftan parti boyutu ve stok düzeyi kılalacak ve diğer taraftan da üretim zamanın kısalacak ve işletme, pazarın taleplerine daha etkin bir şekilde cevap verebilecektir³⁰⁹. Kalıp değiştirme zamanı, işletme açısından gerekli fakat katma değer yaratmayan bir faaliyet turdur. Bu faaliyetin suresinin uzaması, o partide üretilen ürünlerin maliyetini artıracak, kapasitede daha fazla yer işgal edecek ve taleplere cevap vermede zorluklar yaşanacaktır. Bu zorluklara için kısa dönemde ek mesai ile uzun dönemde ise yatırım harcamaları yaparak cevap aranacaktır.

Kalıp değiştirme zamanı aşağıda belirtilen ve birbirini izleyen dört aşamada kısaltılabilir³¹⁰:

- İlk adım, makine durdurulmuş halde iken yapılması gereken işi (i değiştirme) makine çalışırken yapılacak işten (diş değiştirme) ayırmaktır.
- İkinci adım, daha çok iş yaparak i değiştirmeyi azaltmaktır (rneğin kalıpların hazırlanması, kalıpların ve aparatların aktarılması vb.)
- nc adım, ayarlama işlerini ortadan kaldırarak, takma ve sökme işlerini basitleştirerek yardım için bir kişi ekleyerek i değiştirmeyi azaltmaktır.
- Dördüncü adım hem iç hem de diş için toplam süreyi kısaltmaktır.

Bir dakikada kalıp değiştirme yönteminin sağladığı faydalara aşağıdakiler örnek olarak verilebilir:

- Operasyonel maliyetlerin azalması
- Kapasitenin etkin kullanımı
- Hızın arttırılması
- Farklı ve yeni ürünlerin üretilmesine imkân sağlaması
- Katma değer yaratmayan sürenin kısaltılması ile süreç etkinliğinin sağlanması

2.5.5. Toplam Verimli Bakım

Toplam Verimli Bakım (TPM Total Productive Maintenance) Japonya'da doğmuş bir yöntemdir. 1950 ve 1960 yılları arasında ABD'de popüler olan Koruyucu Bakım (PM) prensiplerinin JIPM Başkanı Seichi Nakajima tarafından geliştirilmesiyle 1971 yılında ortaya

³⁰⁹Kiyoshi Suzaki, "İmalatta Mkemellik Yolu", (eviren, mSaadet zkal), İstanbul, Optimist, 2013, s.54.

³¹⁰ Suzaki, a.g.e., ss.54-55.

çıkıştır. Önce Toplam Üretken Bakım olarak başlamış sonra üretimin direkt ve endirekt ilişkili tüm alanlarına yayılmış ve bir üretim yönetimi tarzına dönüşmüştür³¹¹.

Toplam verimli bakım en genel anlamda “tüm çalışanların katılımının öngörüldüğü, 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 yaklaşımdır³¹².

Teçhizata güvenme, Yalın kültüründe başarı için çok önemli bir faktördür. Makine ve teçhizatlar üretim süreçlerinin ayrılmaz bir parçasıdır ve sürecin başarısı için devamlı emniyette ve kullanıma hazır tutulması gerekir. Stoklar azaldığı zaman makinelerin çalışma süresi çok önemli hale gelmeye başlamaktadır. Makinelere küçük bir arıza anında stoklarda yığın oluşmasına yol açmaktadır³¹³. TPM uygulamalarının başlıca amaçları aşağıda gösterilmektedir³¹⁴:

- Üretim sisteminin verim ve etkinliğini en üst düzeye çıkaracak bir işletme kültürü ve yönetim sistemini fabrika çalışanları, ofis çalışanları ile beraber yerleştirmek,
- Mevcut ekipman ve üretim alanı ile ilgili her türlü kaybı önleyecek kusursuz bir sistem amaçlayarak, bireysel ve ekip halinde çalışmalardan elde edilen iyileşmelerin toplanması ile toplam ekipmanların yani tüm fabrikanın verimini arttırmak,
- İşletmede kayıpları azaltarak; makina ve sistemlere bakım yapmaya nihai verimi (OEE) arttırmak ve buna yönelik tüm çalışanların aktif katılımını sağlamak,
- Ürün kalitesinde istikrar sağlamak, • Artan verim, azalan kayıplar, hızlanan teslimat süreci ile kârlılığı arttırmak,

³¹¹ Uran Tiryakioğlu, Tayfun Utaş ve Hatice Savaş, “*Toplam Verimli Yönetim TPM*”, İstanbul Sanayi Odası Kalite ve Teknoloji İhtisas Kurulu ISO İstanbul Sanayi Odası Yayın No: 2011/27, İstanbul 2011, s. 11.

³¹² Alper Tazegün, “*Toplam Verimli Bakım Ve Çimento Sektöründe Uygulamaları*”, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 2009, s.7.

³¹³ William M. Feld, a.g.e., s. 82.

³¹⁴ Uran Tiryakioğlu, vd. , “*Toplam Verimli Yönetim TPM*”, a.g.e., s. 11.

- Çalışma ortamını iyileştirerek iş güvenliği sağlamak ve bunların hepsini kapsayan Toplam Verimli Yönetim sisteminin oluşmasını sağlayarak kendi kendine yürür (otonom) hale getirmek, sürekli geliştirmektir.

YAS projesinin iyileştirme aşamasında kullanılabilecek bir yöntem olarak Toplam Verimli Bakımın üç temel özelliği vardır: (1) Önleyici bakım, (2) Düzeltici bakım ve (3) İyileştirme-geliştirme amaçlı. Bu yöntemde her birinin ayrı amaçları ve çıktıları vardır. İyileştirme geliştirme amaçlı bakım makinenin tüm ekipmanın orijinali üzerinde tasarımı ile ilgili değişikliklere kadar giden bakım faaliyetleridir³¹⁵.

YAS projesinde iyileştirme aşamasında projenin bir bileşeni olarak makinelerin arızası ile ilgili veri toplama ve bilgilendirme yapma çok önemlidir. Makine arızası ile ilgili verilerin raporlanması çok önemlidir. Çok önemli olmasına rağmen alınan bu raporlar muhtemelen gerçek resmin bir kısmını yansıtmamaktadır. Makinelerin etkin çalışmasını engelleyen birçok unsur vardır. Bu unsurlar aşağıda belirtildiği gibi, altı büyük kayıp olarak tanımlanmaktadır:

- Arıza Kayıpları
- Setup-Ayar (Model Değişimi) Kayıpları
- Takım Değişimi Kayıpları
- Başlangıç Kayıplar
- Küçük Duruşlar
- Hız Kayıpları
- Hatalı Üretim ve Tamir Kayıpları
- Kapatma Kayıpları

2.6. KONTROL AŞAMASI

YAS projesinin son aşaması, kontrol aşaması olup Tanımlama aşaması ile başlayan sürecin son halkasıdır. Bir proje kapsamında yapılan işlemlerin amaca ve projeye uygun olup olmadığı kontrol edilmektedir. Bu aşamada yapılan uygulamaların ve elde edilen getirilerin ve olumlu sonuçların sürdürülmesinin üzerinde durulmaktadır. Bu aşamaya bir açıdan kontrol ve sürdürülebilirlik aşaması olarak da bakılabilir. YAS ekibinin bu aşamada şu soruyu sorması gerekir³¹⁶: “Elde edilen olumlu sonuçlar, performans nasıl sürdürebilir hale getirilebilir?” YAS

³¹⁵ Tazegün, agk., s.6.

³¹⁶ Thomas McCarty, Micheal Bremer, Lorraine Daniels ve Praveen Gupta, “*The Six Sigma Black Belt Handbook*”, U.S.A., McGraw Hill, 2004, s.457.

bir projedir ve bir sistemdir. Her sistemin süreçlerin akış yönünde geri bildirim mekanizması vardır. Kontrol aşaması da YAS projesinin geri bildirim mekanizması gibidir. Proje kapsamında, projenin amacına uygun olarak yapılan çalışmaların amacı karşılayıp karşılamadığı kontrol aşamasında tespit edilmektedir.

Bu aşamanın amaçları ve hedefleri şunlardır³¹⁷:

- Sürecin müşterilerin tüm ihtiyaçlarını tam olarak karşılayıp karşılamadığını ölçmek için kontrol planı oluşturulur.
- Proje kapsamında ulaşılan sonuçları sürdürme konusunda gerekli değişiklikleri uygulamak
- Müşteri ihtiyaçlarını tam anlamı ile karşılamak
- Kritik X'leri kontrol etmek ve Y'lere ulaşmak
- Kontrol planları ile performansı geliştirmek ve sürdürmek
- Projenin gereklerini karşılamak için sürecin sahibi ve şampiyon kontrol planını kabul eder, değişiklikleri yönetir ve kullanıma koyar
- Proje tamamlanır ve finansal sonuçları izlenmeye başlanır.

Kontrol aşamasında, projeye uygunluğun yanı sıra iyileştirmenin sürdürülebilir olmasının sağlanmasının da yöntemleri belirlenir. Proje ekibinin kontrol aşamasında yapması gereken işlemler temel başlıklar halinde aşağıda belirtilmektedir:

- Kontrol planının oluşturulması
- Süreç dokümanının oluşturulması
- İstatistikî süreç kontrolü
- Süreç Yönetim Planının Oluşturulması

2.6.1. Kontrol Planının Oluşturulması

Kontrol planı, YAS projesinde performans ölçülerinin izlendiği ve belirlenen kritik kalite göstergelerinin hedeflenene göre ne derecede gerçekleşip gerçekleşmediğini kontrol etmek için kullanılan bir raporlama aracıdır³¹⁸. YAS için kontrol planının oluşturulması basit ve aynı zamanda gerekli bir adımdır. Kontrol planında iki farklı bakış açısı vardır³¹⁹:

³¹⁷ 3M, a.g.e., s.120.

³¹⁸ Ehrlich, a.g.e., s. 75.

³¹⁹ Gygi vd. a.g.e., s.218.

- **Sürecin izlenmesi.** Bu bakış açısında “süreç yönetim özeti “olarak ifade edilen bir araç kullanılarak *çıkartılan* süreçleri izlenmektedir. Süreç yönetim özeti amacını, bir organizasyonda şeffaflığı, gözden geçirmeyi ve tüm kritik süreç çıktıları için anında eyleme geçmeyi sağlamaktadır. Bu izlemenin zamanlı, şeffaf ve objektif olması gerekmektedir.
- **Süreç kontrolü.** Bu bakış açısında “süreç kontrol planı “olarak ifade edilen bir araç kullanılarak *girdilerin* süreçleri kontrol edilmektedir. Süreç kontrol planının amacı, sistematik bir geri bildirim mekanizmasının işleyişini sağlamaktır. İyi bir kontrol planı ile sürecin kalite performansını değiştirmeksizin ekip üyelerini, teçhizatı, malzemeleri ve üretim miktarlarını değiştirilebilir.

2.6.1.1. Süreç Yönetim Özeti

Süreç yönetim özeti, birim bölüm, süreç ve hatta işletmenin tümü için kritik kalite göstergelerini ya da kritik kalite çıktıların bir arada toplanması için düzenlenmektedir. Bu özet ile işletmenin her bir biriminden YAS projesi ile ilgili gözden geçirmeler, incelemeler ve belirlenen hedeflere ulaşma konusunda yapılması gerekli eylemleri bir araya getirmektedir. Her bir YAS projesi tamamlandığı zaman projenin kritik kalite göstergeleri süreç yönetim özetine eklenerek süreç yönetim sistemi oluşturulur. Şekil 65 üzerinde de gösterildiği gibi, bir süreç yönetim özeti altı farklı kısma sahiptir. Birinci kısımda, tanımlar yer almaktadır. Birim, bölüm ve yöneticinin tanımlandığı ve revizyonun kaçınıcı kez gerçekleştirildiği ve gerçekleştirilme tarihi ile birinci kısım bu özeti künyesi niteliğindedir. İkinci ve altıncı kısımlar arasında her kes tarafından kolaylıkla okunacak ve görülecek şekilde kritik kalite göstergelerinin mevcut durumu ve süreçte yapılması gereken ne tür eylemlerin yapılacağı yer almaktadır³²⁰.

³²⁰ Gygi vd. a.g.e., s.219.

SÜREÇ YÖNETİM ÖZETİ										
				Birim Yöneticisi:						
Birim:										
Bölüm:		1								
Revizyon aşaması:										
Gün:										
Süreç Adımları (Adı)	Süreç Aşaması (Sayı)	Sürecin Sahibi (Adı)	Kritik Çıktılar	Kritik Çıktıların Gereklere	Çıktıların Gösterge ve Değerleri	Performans Trendi	Sürecin Adı ile bağlantı	Sürecin Sahibi ile bağlantı	iyileştirme Eylemi	Yorumlar
	2			3		4		5		6

Şekil 65 YAS Süreç Yönetim Özeti³²¹

İkinci kısmında sürecin adımları, aşamaları ve sahibi tanımlanmaktadır. Üçüncü kısımda YAS projesinin kritik çıktıları ve çıktıların değer ve göstergeleri belirlenmektedir. Dördüncü kısımda ise, süreçteki performansın gidişatı izlenmektedir. Beşinci kısımda sürecin adı ve sürecin sahibi ile bağlantı kurulması gerektiği ifade edilmektedir. Altıncı ve son kısımda ise yapılacak iyileştirme işlemleri ve iyileştirme ile ilgili yorumların yer aldığı görülmektedir.

2.6.1.2. Süreç Kontrol Planı

Süreç kontrol planı, süreç yönetim özetinin bileşeni niteliğindedir. Süreç kontrol planı, sürecin girdilerine yani X'lere odaklanmaktadır. Ayrıca, sürecin çıktıları da kontrol planında yer almaktadır. Doğru bir şekilde yapılırsa süreç kontrol planı her bir süreçteki olası tüm girdilerin, çıktıların ve faaliyetlerin fotoğrafını çekmektedir.

Kontrol planı, şekil 66 üzerinde de gösterildiği gibi altı kısımdan oluşmaktadır.

³²¹ Gygi vd. a.g.e., s.219.

ŞÜREÇ KONTROL PLANI										
				Operasyonel Tanım:						
Birim:		1			2					
Bölüm:										
Revizyon aşaması:										
Gün:										
Süreç Adımları (Adı)	Süreç Aşaması	Ne Kontrol Edildi?	Girdiler (X) ya da Çıktılar (Y)	Limitler ve Gereksinimler	Çıktıların Gösterge ve Değerleri	Kontrol Yöntemi	Örnekleme Büyüklüğü	Sıklık	Karar kuralı/Kim Sorumlu	SFP
3		4		5			6			

Şekil 66 Süreç Kontrol Planı³²²

Birinci kısım süreç kontrol planını yönetsel bileşenini göstermektedir. İkinci kısımda ise kontrol planının kapsamlı bir şekilde operasyonel tanımı yapılmaktadır. Sürecin neden var olduğu çalışanlara bu kısımda anlatılmaktadır. Ayrıca, sürecin değeri ve uygun bir şekilde nasıl kontrol edileceği de anlatılmaktadır. Üçüncü kısımda neyin kontrol edildiği ile ilgili ayrıntılara girilmektedir. Dördüncü kısımda ise, performans ölçümleri gösterilmektedir. Bu kısımda, sürecin performansı ve proje süresince performansdaki değişimler görülebilmektedir.

Beşinci kısımda ne tür kontrol yöntemlerinin kullanılacağı belirtilmektedir. Kontrol yöntemleri arasında İstatistikî süreç kontrol, hata düzeltme yöntemi, kontrol listeleri ve bu amaca uygun olan diğer yer almaktadır. Kontrol yöntemleri ile birlikte kontrol için alınan örneklemin büyüklüğü, kontrol yapılma sıklığı ve karar verme kuralı da bu kısımda gösterilmektedir. X ve Y'ler kontrolden çıktığında daima bir uyarı vermektedir.

Altıncı kısımda ise, süreçler için dokümanların hazırlanması ve yönetilmesi ile Standart Faaliyet Prosesi (SFP) yer almaktadır. İyi bir kontrol planı ile YAS projesi proje sahibine ve çalışanlarına teslim edilebilir³²³.

Bir kontrol planında olması gereken unsurlar aşağıda ayrıntılı bir şekilde sınıflandırılmaktadır³²⁴:

- Kontrol plan özeti
 - Kritik X ve y'lerin kontrolü

³²² Gygi vd. a.g.e., s.220.

³²³ Gygi, a.g.e., s.221.

³²⁴ 3M, a.g.e., s.120-122.

- Sorumlu kişiler
- Ölçüm sistemi
- Süreç dokümanlarına bağlantılar
- Reaksiyon planı
- Denetim planı
- Göstergeler
 - Sürecin performansını devamlı izlemek için ve anlamak için devamlı izlenecek göstergeler oluşturulmalıdır.
- Sistemler ve yapılar
 - Süreçteki rollerin sorumluluk matrisleri kullanılarak kontrolü
 - Standardizasyonun kontrolü
 - Hata önleyici yöntemler (Hatay'ı ortaya çıkmadan önce ortadan kaldırma)
 - Eğitim yöntemleri ve malzemeleri
 - Ödüller/ onaylar
- Süreç dokümanlarının oluşturulması
 - Dokümanlarda, görev tanımları, görevlerin ne zaman ve hangi sıklıkla gerçekleştireceği kimler tarafından kullanılacağı ve nasıl sürdürüleceği, karar verme ile ilgili hangi verilerin kullanılacağı ile nelerin ölçüleceği ve kaydedileceği yer almalıdır.
 - Standart Faaliyet Prosesi (SFP), ölçüm araçları/yöntemleri, müşterilerin şartları, süreç çıktıları dokümanlara örnek olarak, verilebilir.
 - Bir süreç kontrol listesi birbirini izleyen göre ve adımların uyumunu ve süreç ile bütünleştirilmesini sağlamak için kullanılabilir.
- Kabul / onaylama stratejileri
 - Bazı iyileştirme projeleri başladığı yere geri gelerek sonuçlanır. İyi bir planda uygulanabilir kabul stratejileri bulunmalıdır. Paydaş Analizi, Kuvvet Alan Analizi gibi araç ve yöntemler kullanılabilir.
- Denetim Planı
 - İç denetçi ile bir denetim şablonu planlanmalı ve hazırlanmalıdır. Denetim planı ile süreç gözlemlenmeli, süreç ile ilgili sorular sorulmalı ve dolaylı olarak gözlemleri sürdürülmelidir.

2.6.2. Kontrol Kartları

İstatistiki süreç kontrol (İSK), 1924 yılında Walter Shewhart tarafından geliştirilmiştir. İstatistiki süreç kontrol ile bir süreçte varyasyonları incelemek ve kontrol etmek için istatistiki yöntemler kullanılmaktadır. İSK, grafikler üzerinde istatistiki olarak normal süreç varyasyonlarına dayalı olarak oluşturulan kontrol limitlerine göre mevcut verilerin nerede olduğunu göstermek için kullanılmaktadır.

Üretimde gerçekleştirilen kalite kontrol faaliyeti birey (ürün, parça) ya da sürece yönelik olabilir. Birey kontrolü ürünün ölçme, deney veya gözlemle elde edilen özelliğin değerine dayanmaktadır. Süreç kontrolü ise, üretim hattından alınan örneklerin ortalamalarına göre yapılır. Buna göre kontrol sırasında aşağıda belirtilen iki faktörün dikkate alınması gerekir³²⁵:

- Tasarım sırasında tayin edilen toleranslar
- Üretim sırasında gerçekleşen ürün kontrolü ve süreç kontrolü

Toleranslar, üretim sürecini dıştan sınırlayan bir koşuldur. Süreç dağılımı ise, üretim sürecinin içinden gelen bir sınırlamadır.

İPK'nın birincil aracı, kontrol kartlarıdır. Kontrol Kartları ile ürün ve süreç üzerindeki değişimlerin grafik üzerinde görsel olarak gösterilmesi sağlanmaktadır. Kontrol Kartları, güçlü ve önemli bir kontrol aracıdır. Süreçlerdeki normal ve özel varyasyonu tanımlamak için kullanılmaktadır.

Kontrol Kartlarının YAS projesinde etkin bir şekilde kullanılması için hangi kontrol aracının kullanılacağına belirlenmesi gerekmektedir. Uygun kontrol aracı, veri türüne ve örneklem büyüklüğüne göre seçilmelidir. Tablo 59 üzerinde veri ve örneklem türüne göre uygun kontrol aracının seçilmesine yönelik kriterler gösterilmektedir.

Tablo 59 Kontrol Diyagramının Seçim Kriterleri

Veri Türü	Örneklem Boyutu	Kontrol Diyagramı	
Sürekli Veri	1	IMR Diyagramı	
	<10 (genelde 3-5) sabit	Xbar-R Diyagramı	
	> 10 ve/ya da değişken	Xbar-S Diyagramı	
Kesikli Veri	Birim Bazında Hata	Sabit (genelde > 50)	c- Diyagramı
		Hata sayısı > 5	u Diyagramı
	Hatalı parçalar	Sabit (genelde > 50)	np Diyagramı
		Değişken (genelde > 50)	p Diyagramı

³²⁵ Akkurt, a.g.e., s.115.

2.6.2.1. I-MR Kartı

Süreçten bazı durumlarda sadece n=1 tane ölçüm içeren örnek alınabilir. Genelde çok sayıda örneklerin alınamadığı üretim süreçlerinde kullanılabilir. Üretim hızının yavaş olduğu ve iki farklı ölçüm için uzun bir zaman diliminin var olduğu durumlarda bu diyagram kullanılabilir. Ayrıca, ölçümlerin çok maliyetli olduğu ve üretilen birim sayısının az olduğu durumlardaki süreçlerde kullanılabilir³²⁶. Kontrol limitleri, hareketli aralığın ortalamasına göre hesaplanır. Hareketli aralığın ortalamasının merkez değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$\bar{R} = \frac{\sum MR}{m - 1}$$

Üst ve alt kontrol limitlerinin hesaplanmasında ise, aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$UKL_R = D_4 \bar{R} \quad AKL_R = D_3 \bar{R}$$

I-MR diyagramın bireysel bileşeni olarak I Kartları da oluşturulabilir ve merkez değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{m}$$

Üst ve alt kontrol limitlerinin hesaplanmasında ise, aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$UKL_X = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad AKL_X = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Her iki kontrol kartının oluşturulmasında tablo 51'de gösterilen veriler kullanılmaktadır. Tablo 60 üzerinde bir üretim işletmesinde 2014 ve 2015 yıllarında satılan bir ürünün ay bazında satış miktarları gösterilmektedir.

³²⁶ Akkurt, a.g.e., s.154.

Tablo 60 Aylık Satışlar

Dönem	Satış Miktarları	Dönem	Satış Miktarları
1. ay	96.947	13. ay	98.564
2. ay	75.300	14. ay	92.812
3. ay	108.471	15. ay	115.779
4. ay	104.076	16. ay	85.674
5. ay	99.127	17. ay	94.518
6. ay	104.468	18. ay	103.768
7. ay	90.369	19. ay	102.655
8. ay	46.539	20. ay	76.376
9. ay	100.841	21. ay	108.269
10. ay	84.641	22. ay	87.340
11. ay	98.451	23. ay	103.293
12. ay	89.215	24. ay	89.709

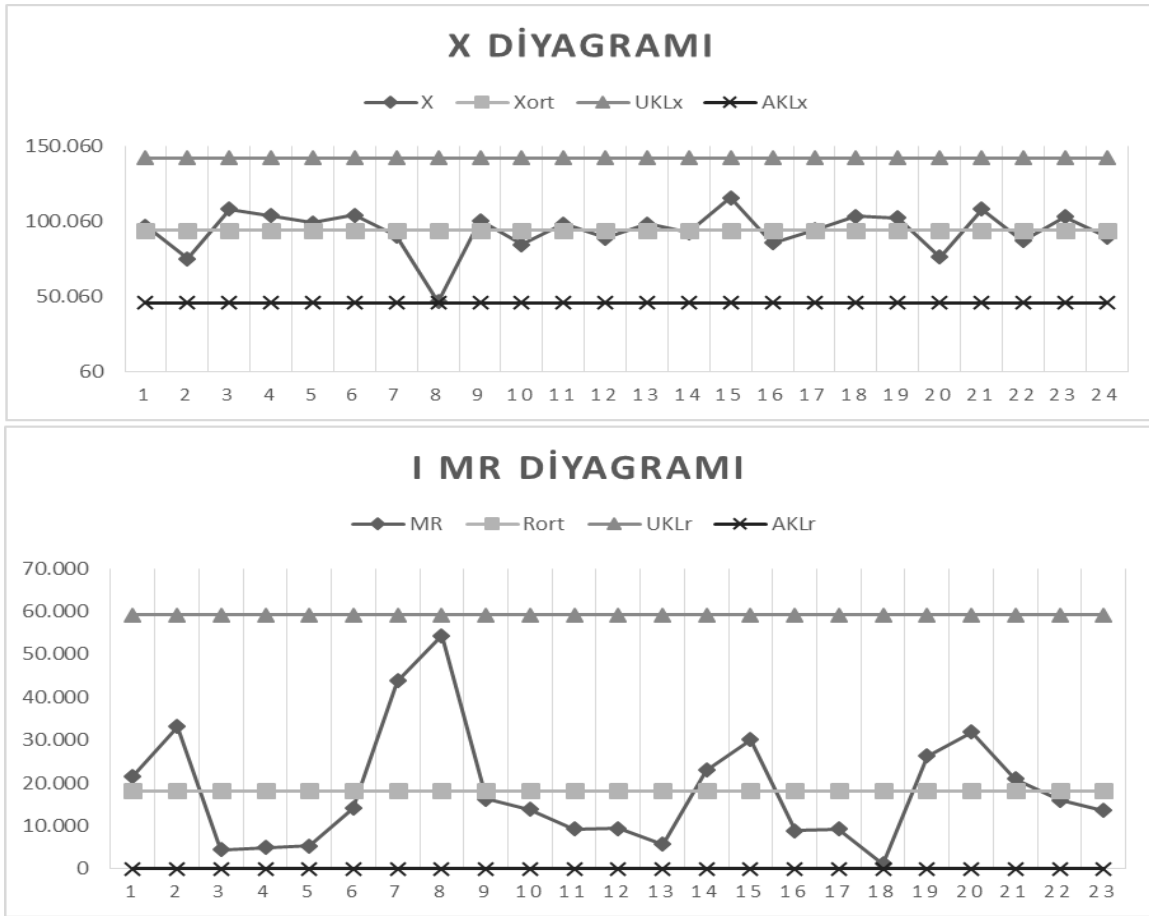
I ve MR ile ilgili olarak yapılan işlemler sonucu hem X hem de R ortalamaları ve alt üst kontrol limitleri Excel kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 61).

Tablo 61 I MR Hesaplamaları

$UKLx = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2}$	$UKLr = D_4 \bar{R}$	Xort 94.050	UKLx 142.269
$AKLx = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2}$	$AKLr = D_3 \bar{R}$	Rort 18.130	AKLx 45.831
			UKLr 59.232
			AKLr 0

Aylar	X	Xort	UKLx	AKLx	MR	Rort	UKLr	AKLr
1	96.947	94.050	142.269	45.831				
2	75.300	94.050	142.269	45.831	21.647	18.130	59.232	0,00
3	108.471	94.050	142.269	45.831	33.171	18.130	59.232	0,00
4	104.076	94.050	142.269	45.831	4.395	18.130	59.232	0,00
5	99.127	94.050	142.269	45.831	4.949	18.130	59.232	0,00
6	104.468	94.050	142.269	45.831	5.341	18.130	59.232	0,00
7	90.369	94.050	142.269	45.831	14.099	18.130	59.232	0,00
8	46.539	94.050	142.269	45.831	43.830	18.130	59.232	0,00
9	100.841	94.050	142.269	45.831	54.302	18.130	59.232	0,00
10	84.641	94.050	142.269	45.831	16.200	18.130	59.232	0,00
11	98.451	94.050	142.269	45.831	13.810	18.130	59.232	0,00
12	89.215	94.050	142.269	45.831	9.236	18.130	59.232	0,00
13	98.564	94.050	142.269	45.831	9.349	18.130	59.232	0,00
14	92.812	94.050	142.269	45.831	5.752	18.130	59.232	0,00
15	115.779	94.050	142.269	45.831	22.967	18.130	59.232	0,00
16	85.674	94.050	142.269	45.831	30.105	18.130	59.232	0,00
17	94.518	94.050	142.269	45.831	8.844	18.130	59.232	0,00
18	103.768	94.050	142.269	45.831	9.250	18.130	59.232	0,00
19	102.655	94.050	142.269	45.831	1.113	18.130	59.232	0,00
20	76.376	94.050	142.269	45.831	26.279	18.130	59.232	0,00
21	108.269	94.050	142.269	45.831	31.893	18.130	59.232	0,00
22	87.340	94.050	142.269	45.831	20.929	18.130	59.232	0,00
23	103.293	94.050	142.269	45.831	15.953	18.130	59.232	0,00
24	89.709	94.050	142.269	45.831	13.584	18.130	59.232	0,00

Şekil 67 üzerinde tablo 48 üzerinde yapılan hesaplamalar kullanılarak oluşturulan X ve I MR diyagramları gösterilmektedir.



Şekil 67 I MR Diyagramı

2.6.2.2. Xbar-R Kartı

Belirli zaman aralıklarında alt gruplar verilerindeki değişmelerin incelenmesinde kullanılan kontrol kartlarıdır. Alt grup sayısı iki ile sekiz arasında olabilir. Örnek içindeki kontrol elemanlarının seçimi Shewart tarafından rasyonel alt gruplar olarak adlandırılmıştır. Rasyonel alt gruplar şekilde açıklanabilir: “Alt gruplar o şekilde seçilmeli ki, bir alt sistematik değişiklikleri değil de rasgele değişimleri içersin”. Bu şekilde kontrol limitleri yalnızca rasgele değişimler için sınır oluşturacaktır. Dolayısı ile rasgele değişimler kontrol değişimleri içinde; sistematik değişimler ise, kontrol limitleri dışında olma eğilimini göstereceklerdir. Bu nedenle alt gruplar içindeki değişimler kontrol limitlerini tayin etmek için kullanılır. Genelde alt grupların seçiminde aşağıda belirtilen yöntemler kullanılır³²⁷:

³²⁷ Akkurt, a.g.e., s.73-74.

- **Aynı zaman** denilen birinci yöntemde örnek bireylerinin seçimi aynı anda veya çok dar bir zaman içinde yapılır. Örneğin, bir tezgâhtan veya üretim hattından arka arkaya işlenen ve örneği oluşturan parçanın alınması gibi. Sonraki örnek, belirli bir zamandan örneğin, 1 saat sonra aynı şekilde oluşturulur.
- **Süre zaman** olarak adlandırılan ikinci yöntemde örnek elemanları belirli bir süre sonra içinde üretilen ürünler arasından seçilir. Örneğin, proje elemanı her 2 saatte üretimin yapıldığı yere gider ve oradan bu süre içerisinde işlenen parçalardan örneği oluşturan 5 parçayı seçer. Sonraki örnek, son yaptığı işlemde sonra işlene parçalardan oluşur.

\bar{X} kontrol diyagramında farklı boyutlarda alınan örneklerin ortalamasını merkez değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Bu durumda, 5 farklı grupta 25 örnek alındığı varsayılırsa, 125 değişkenin ortalaması alınacak demektir.

Üst ve alt kontrol limitlerinin hesaplanmasında ise, aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$UKL_X = \bar{X} + A_2\bar{R} \quad AKL_X = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

R diyagramında farklı boyutlarda alınan örneklerin minimum ve maksimum değerleri arasındaki farka göre hesaplama yapılmaktadır. Farkların merkez değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

5 farklı grupta alınan örneklerde grupların minimum ve maksimum değerleri arasındaki farkın ortalama değeri hesaplanmaktadır.

Üst ve alt kontrol limitlerinin hesaplanmasında ise, aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$UKL_R = D_4\bar{R} \quad AKL_R = D_3\bar{R}$$

Bir üretim işletmesinde üretilen ürünlerin pirinç metal ağırlıkları tablo 62 üzerinde gösterilmektedir. Örnek boyutu 5 olup, 1-8 Kasım tarihleri arasında 25 farklı örnek üzerinde ağırlıklar ölçülmüştür.

Tablo 62 Piriç Metal Ağırlıkları

TARİH	Örnek Sayısı	X1	X2	X3	X4	X5
1.Kas.15	1	6,447	6,449	6,448	6,447	6,448
	2	6,448	6,446	6,448	6,446	6,447
	3	6,447	6,448	6,447	6,448	6,448
	4	6,446	6,448	6,446	6,447	6,446
	5	6,447	6,446	6,447	6,446	6,446
	6	6,447	6,446	6,446	6,446	6,446
3.Kas.15	7	6,446	6,447	6,447	6,446	6,446
	8	6,448	6,449	6,449	6,448	6,448
	9	6,448	6,448	6,446	6,448	6,448
	10	6,447	6,446	6,447	6,446	6,445
	11	6,446	6,444	6,445	6,444	6,445
	12	6,446	6,447	6,447	6,446	6,447
5.Kas.15	13	6,448	6,446	6,449	6,448	6,447
	14	6,449	6,448	6,448	6,448	6,446
	15	6,447	6,446	6,447	6,446	6,447
	16	6,447	6,446	6,448	6,448	6,447
	17	6,448	6,448	6,446	6,448	6,448
	18	6,446	6,446	6,447	6,446	6,446
8.Kas.15	19	6,448	6,449	6,448	6,447	6,446
	20	6,447	6,446	6,446	6,445	6,445
	21	6,445	6,444	6,445	6,445	6,444
	22	6,445	6,447	6,447	6,446	6,446
	23	6,448	6,449	6,449	6,448	6,448
	24	6,447	6,448	6,447	6,448	6,449
	25	6,447	6,446	6,447	6,446	6,446

Tablo 63 üzerinde yapılan hesaplamalar ve sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 63 Xbar- R Hesaplamaları

$$UKLx = \bar{X} + A_2\bar{R}$$

$$AKLx = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

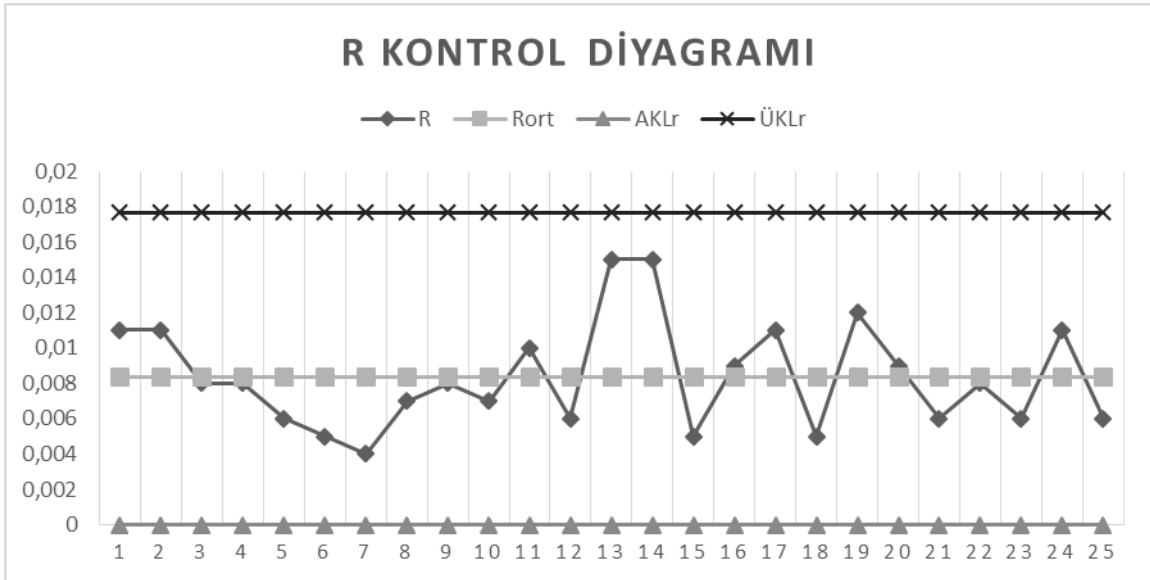
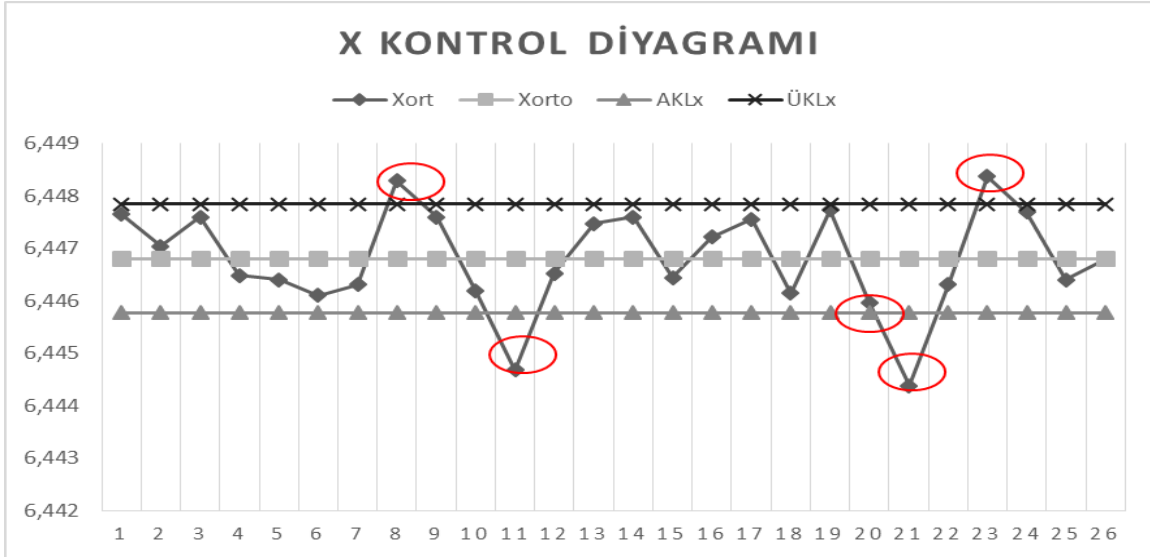
$$UKL_R = D_4\bar{R}$$

$$AKL_R = D_3\bar{R}$$

\bar{X}	\bar{R}
6,447	0,002
AKLx	ÜKLx
6,446	6,448
AKL_R	ÜKL_R
0,000	0,004

TARİH	Örnek Sayısı	X1	X2	X3	X4	X5	\bar{X}	R
1.Kas.15	1	6,447	6,449	6,448	6,447	6,448	6,448	0,002
	2	6,448	6,446	6,448	6,446	6,447	6,447	0,002
	3	6,447	6,448	6,447	6,448	6,448	6,448	0,002
	4	6,446	6,448	6,446	6,447	6,446	6,446	0,002
	5	6,447	6,446	6,447	6,446	6,446	6,446	0,001
	6	6,447	6,446	6,446	6,446	6,446	6,446	0,001
3.Kas.15	7	6,446	6,447	6,447	6,446	6,446	6,446	0,001
	8	6,448	6,449	6,449	6,448	6,448	6,448	0,002
	9	6,448	6,448	6,446	6,448	6,448	6,448	0,002
	10	6,447	6,446	6,447	6,446	6,445	6,446	0,002
	11	6,446	6,444	6,445	6,444	6,445	6,445	0,002
	12	6,446	6,447	6,447	6,446	6,447	6,447	0,001
5.Kas.15	13	6,448	6,446	6,449	6,448	6,447	6,447	0,003
	14	6,449	6,448	6,448	6,448	6,446	6,448	0,003
	15	6,447	6,446	6,447	6,446	6,447	6,446	0,001
	16	6,447	6,446	6,448	6,448	6,447	6,447	0,002
	17	6,448	6,448	6,446	6,448	6,448	6,448	0,002
	18	6,446	6,446	6,447	6,446	6,446	6,446	0,001
8.Kas.15	19	6,448	6,449	6,448	6,447	6,446	6,448	0,003
	20	6,447	6,446	6,446	6,445	6,445	6,446	0,002
	21	6,445	6,444	6,445	6,445	6,444	6,444	0,001
	22	6,445	6,447	6,447	6,446	6,446	6,446	0,002
	23	6,448	6,449	6,449	6,448	6,448	6,448	0,001
	24	6,447	6,448	6,447	6,448	6,449	6,448	0,002
	25	6,447	6,446	6,447	6,446	6,446	6,446	0,001
ORTALAMA		6,447	6,447	6,447	6,447	6,447	6,447	0,002

Şekil 68 üzerinde X ve R diyagramları gösterilmektedir. Diyagramlar, tablo 50 üzerindeki veriler kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 68 X R Diyagramları

Şekil 68 üzerinde X diyagramında 8, 11, 20, 21 ve 23. örneklerin kontrol dışında olduğu görülmektedir.

2.6.2.3. Xbar-S Kartı

Genelde örnek sayısı 10 ve daha büyük olduğu durumlarda süreçlerin kontrolünde R kartı yerine S kartı kullanılır. Her örneğin öncelikle X ortalaması ve S (standart sapma) değeri hesaplanır. Hesaplama şekli X R kartlarının hesaplaması ile aynıdır. R yerine S kartı kullanılır.

S Kartında farklı boyutlarda alınan örneklerin minimum ve maksimum değerleri arasındaki farka göre hesaplama yapılmaktadır. Farkların merkez değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{n}$$

Öncelikli olarak 5 farklı grupta alınan örneklerde grupların standart sapma değerleri hesaplanır değerleri arasındaki farkın ortalama değeri hesaplanmaktadır. Standart sapmaların ortalamasından sonra kontrol limitleri hesaplanır.

Üst ve alt kontrol limitlerinin hesaplanmasında ise, aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$UKL_S = B_4 \bar{R} \quad AKL_S = B_3 \bar{R}$$

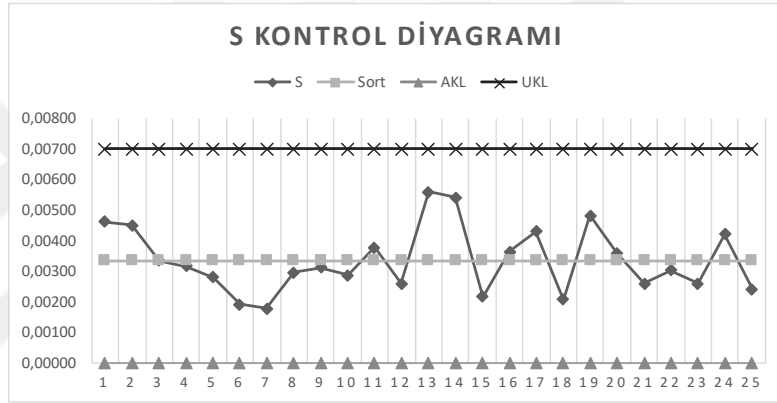
Tablo 64 üzerinde kullanılan veriler kullanılarak S kartı tablo 51 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 64 S Kartı

$$UKL_S = B_4 \bar{R}$$

$$AKL_S = B_3 \bar{R}$$

S	Sort	AKL	UKL
0,00462	0,00336	0,0000	0,0070
0,00451	0,00336	0,0000	0,0070
0,00335	0,00336	0,0000	0,0070
0,00316	0,00336	0,0000	0,0070
0,00279	0,00336	0,0000	0,0070
0,00192	0,00336	0,0000	0,0070
0,00179	0,00336	0,0000	0,0070
0,00297	0,00336	0,0000	0,0070
0,00311	0,00336	0,0000	0,0070
0,00288	0,00336	0,0000	0,0070
0,00378	0,00336	0,0000	0,0070
0,00259	0,00336	0,0000	0,0070
0,00559	0,00336	0,0000	0,0070
0,00540	0,00336	0,0000	0,0070
0,00217	0,00336	0,0000	0,0070
0,00365	0,00336	0,0000	0,0070
0,00430	0,00336	0,0000	0,0070
0,00207	0,00336	0,0000	0,0070
0,00482	0,00336	0,0000	0,0070
0,00358	0,00336	0,0000	0,0070
0,00259	0,00336	0,0000	0,0070
0,00303	0,00336	0,0000	0,0070
0,00259	0,00336	0,0000	0,0070
0,00422	0,00336	0,0000	0,0070
0,00241	0,00336	0,0000	0,0070



2.6.2.4. p Kartı

Kesikli verilerin kontrol kartlarından biridir. Alınan örnekler içerisinde kaç tanesinin hatalı olduğunu izlemek için kullanılacak kontrol kartıdır. Bir ürün hattında hattından kusurlu ürün oranını göstermek için p Kartı kullanılır. Bir üretim hattından alınan örnek veya grup boyutu n olursa, örnek veya gruptaki kusurlu ürün oranı şu şekilde hesaplanır:

$$p = \frac{np}{n} = \frac{\text{Kusurlu ürün sayısı}}{\text{Örnek veya grup boyutu}}$$

Öncelikli olarak grup boyutunun sabit veya değişken olup olmayacağı belirlenmelidir.

Grup boyunun sabit ve değişken olduğu durumlarda kusurlu oranların ortalaması alınarak merkezi değer aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

Grup boyunun sabit olduğu durumda kontrol limitleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$UKL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

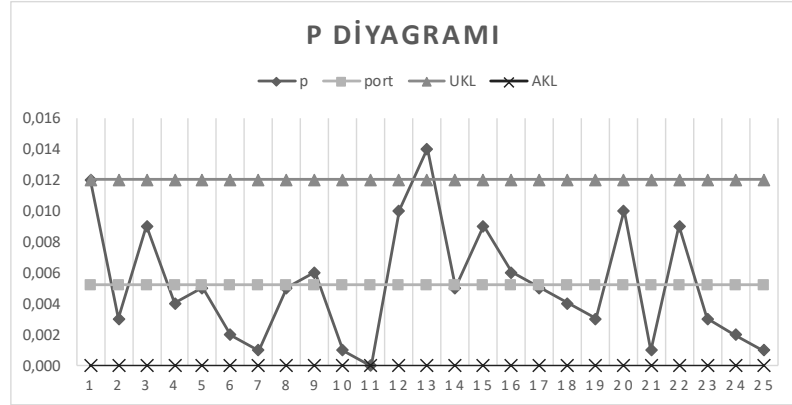
Bir üretim işletmesinde lehim hane departmanında 1.000 örnek üzerindeki hatalı işlem gören parça sayıları tablo 65 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 65 Hatalı Ürün Sayıları

Grup No	Örnek	np	Grup No	Önek	np
1	1.000	12	15	1.000	9
2	1.000	3	16	1.000	6
3	1.000	9	17	1.000	5
4	1.000	4	18	1.000	4
5	1.000	5	19	1.000	3
6	1.000	2	20	1.000	10
7	1.000	1	21	1.000	1
8	1.000	5	22	1.000	9
9	1.000	6	23	1.000	3
10	1.000	1	24	1.000	2
11	1.000	0	25	1.000	1
12	1.000	10			
13	1.000	14			
14	1.000	5			

Tablo 66 p Kartı

n	1000		
port	0,0052		
UKL	0,0120		
AKL	0,0000		
p	port	UKL	AKL
0,012	0,0052	0,0120	0,0000
0,003	0,0052	0,0120	0,0000
0,009	0,0052	0,0120	0,0000
0,004	0,0052	0,0120	0,0000
0,005	0,0052	0,0120	0,0000
0,002	0,0052	0,0120	0,0000
0,001	0,0052	0,0120	0,0000
0,005	0,0052	0,0120	0,0000
0,006	0,0052	0,0120	0,0000
0,001	0,0052	0,0120	0,0000
0,000	0,0052	0,0120	0,0000
0,010	0,0052	0,0120	0,0000
0,014	0,0052	0,0120	0,0000
0,005	0,0052	0,0120	0,0000
0,009	0,0052	0,0120	0,0000
0,006	0,0052	0,0120	0,0000
0,005	0,0052	0,0120	0,0000
0,004	0,0052	0,0120	0,0000
0,003	0,0052	0,0120	0,0000
0,010	0,0052	0,0120	0,0000
0,001	0,0052	0,0120	0,0000
0,009	0,0052	0,0120	0,0000
0,003	0,0052	0,0120	0,0000
0,002	0,0052	0,0120	0,0000
0,001	0,0052	0,0120	0,0000



Tablo 66 üzerinde p değeri ve buna bağlı olarak ortalama p değeri ile üst ve alt kontrol limitleri hesaplanmış şekilde gösterilmektedir. 13. Örnekteki hata sayısı, kontrol limitlerinin dışında kalmıştır. Alt kontrol limiti sıfır olduğu için alt kontrol limitinin dışında olma olasılığı da söz konusu olmayacaktır.

2.6.2.5. np Kartı

p kontrol kartında kusurlu oranı olarak p değeri alınmıştır. np kartında ise, p yerine np kullanılarak inceleme yapılmaktadır.

$$n\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

Grup boyunun sabit olduğu durumda kontrol limitleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$UKL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad AKL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Tablo 65'de yer alan ölçümler kullanılarak oluşturulan np kartı ile ilgili çözümler tablo 67 üzerinde gösterilmektedir.

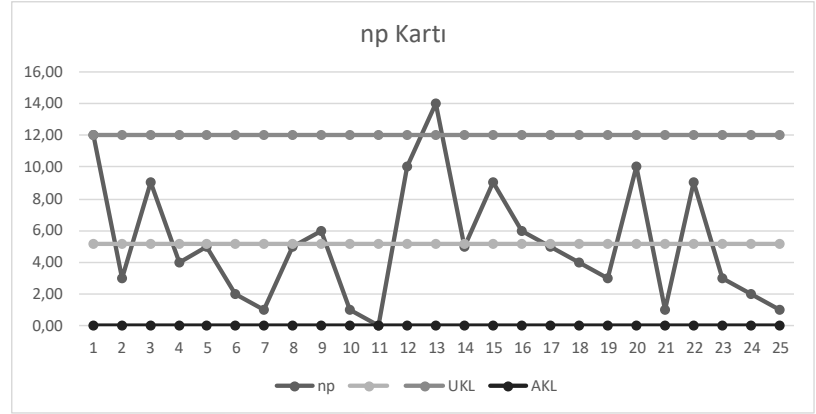
Tablo 67 np Kartı

$$UKL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$AKL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

n	1000
p_ort	0,005
np_ort	5,2000
UKL	12,0055
AKL	0,0000

np	$n\bar{p}$	UKL	AKL
12,00	5,20	12,01	0,00
3,00	5,20	12,01	0,00
9,00	5,20	12,01	0,00
4,00	5,20	12,01	0,00
5,00	5,20	12,01	0,00
2,00	5,20	12,01	0,00
1,00	5,20	12,01	0,00
5,00	5,20	12,01	0,00
6,00	5,20	12,01	0,00
1,00	5,20	12,01	0,00
0,00	5,20	12,01	0,00
10,00	5,20	12,01	0,00
14,00	5,20	12,01	0,00
5,00	5,20	12,01	0,00
9,00	5,20	12,01	0,00
6,00	5,20	12,01	0,00
5,00	5,20	12,01	0,00
4,00	5,20	12,01	0,00
3,00	5,20	12,01	0,00
10,00	5,20	12,01	0,00
1,00	5,20	12,01	0,00
9,00	5,20	12,01	0,00
3,00	5,20	12,01	0,00
2,00	5,20	12,01	0,00
1,00	5,20	12,01	0,00



2.6.2.6. c ve u Kartları

Kesikli verilere ait kusurlu örnek ve ürüne ilişkin kullanılan kontrol kartlarıdır. Örnekler için c kartı ve ürüne ilişkin kusur için ise, u kartı kullanılmaktadır. Bir üretim hattından örnek alınır ve her örnekteki kusur sayısı belirlenir ve buna göre de kontrol kartı çizilir. Ya da bir ürüne ilişkin kusur sayısı tespit edilir ve bunların kontrol kartı oluşturulur³²⁸.

Toplam alından kusurlu sayısı, örnek veya grup sayısına bölünerek merkezi değer oluşturulur.

$$\bar{c} = \frac{\sum c}{n}$$

Merkezi değer hesaplanmasından sonra aşağıdaki formüller kullanılarak kontrol limitleri belirlenir.

$$UKL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad AKL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

³²⁸ Akkurt, a.g.e., s.177-178.

Bir üretim işletmesinde her üretim partisinde yapılan lehim işinde her saatte bir 10 örnek alınmıştır. Alınan toplam örnek sayısı 20 olup alınan örnekteki kusur sayıları (c) tablo 68 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 68 Kusur Sayıları

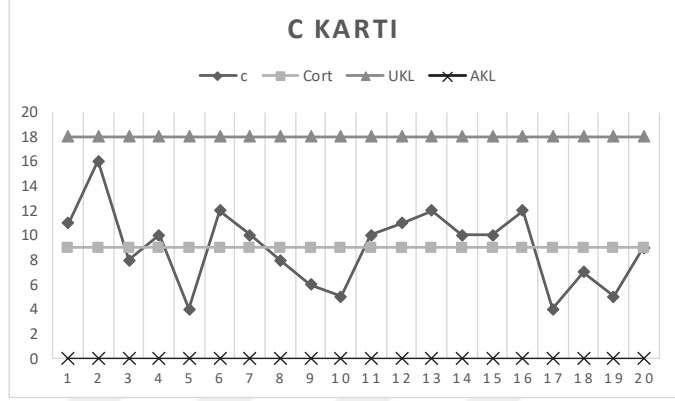
n	c	n	c
1	11	11	10
2	16	12	11
3	8	13	12
4	10	14	10
5	4	15	10
6	12	16	12
7	10	17	4
8	8	18	7
9	6	19	5
10	5	20	9

20 farklı örnekten alınan toplam kusurlu parça sayısı 180 olup, kusurlu parçanın ortalaması da 9 ($180/20$) olarak hesaplanmıştır. c kartı ile ilgili çözümler tablo 69 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 69 c Kartı

$UKL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$		$AKL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	
c_toplam	180	UKL	18,000
m_örnek	20	AKL	0,000
	9		

n	c	Cort	UKL	AKL
1	11	9	18,00	0,00
2	16	9	18,00	0,00
3	8	9	18,00	0,00
4	10	9	18,00	0,00
5	4	9	18,00	0,00
6	12	9	18,00	0,00
7	10	9	18,00	0,00
8	8	9	18,00	0,00
9	6	9	18,00	0,00
10	5	9	18,00	0,00
11	10	9	18,00	0,00
12	11	9	18,00	0,00
13	12	9	18,00	0,00
14	10	9	18,00	0,00
15	10	9	18,00	0,00
16	12	9	18,00	0,00
17	4	9	18,00	0,00
18	7	9	18,00	0,00
19	5	9	18,00	0,00
20	9	9	18,00	0,00



Bir diğer kart olan u kartında ise, c kartından farklı olarak alınan örnekteki kusur sayısının, örnek sayısına bölünmesi ile hesaplanan oran kullanılmaktadır.

Toplam alından kusurlu sayısı, örnek veya grup sayısına bölünerek merkezi değer oluşturulur.

$$\bar{u} = \frac{\sum u}{n}$$

u değeri, c/örnek sayısı (ös)formülü kullanılarak hesaplanır.

Merkezi değer hesaplanmasından sonra aşağıdaki formüller kullanılarak kontrol limitleri belirlenir.

$$UKL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/ös} \quad AKL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/ös}$$

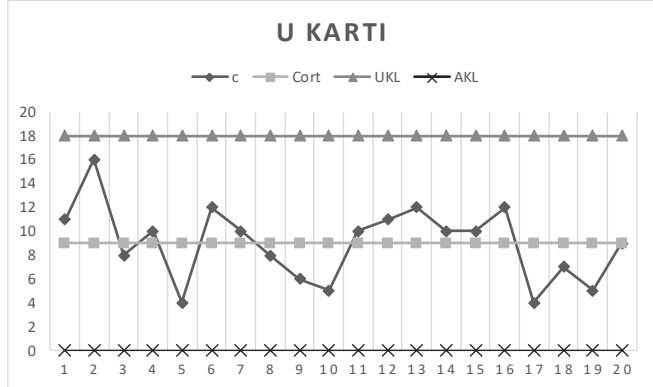
c kartının hesaplanmasında kullanılan örnek üzerinden giderek u kartı, tablo 70 üzerinde gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

Tablo 70 u Kartı

$$UKL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{c}/n} \quad AKL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{c}/n}$$

u_toplam	18,00		
n_örnek	20	UKL	1,800
u_ortalama	0,9	AKL	0,000

n	ös	c	u	UKL	AKL
1	10	11	1,10	1,80	0,00
2	10	16	1,60	1,80	0,00
3	10	8	0,80	1,80	0,00
4	10	10	1,00	1,80	0,00
5	10	4	0,40	1,80	0,00
6	10	12	1,20	1,80	0,00
7	10	10	1,00	1,80	0,00
8	10	8	0,80	1,80	0,00
9	10	6	0,60	1,80	0,00
10	10	5	0,50	1,80	0,00
11	10	10	1,00	1,80	0,00
12	10	11	1,10	1,80	0,00
13	10	12	1,20	1,80	0,00
14	10	10	1,00	1,80	0,00
15	10	10	1,00	1,80	0,00
16	10	12	1,20	1,80	0,00
17	10	4	0,40	1,80	0,00
18	10	7	0,70	1,80	0,00
19	10	5	0,50	1,80	0,00
20	10	9	0,90	1,80	0,00



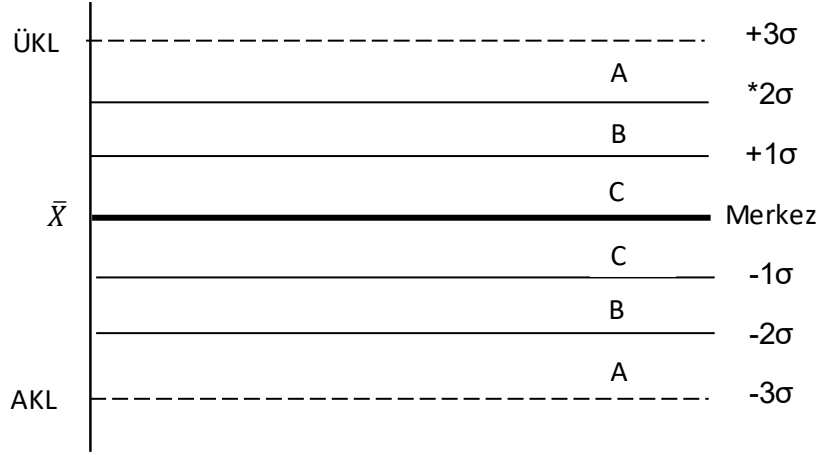
2.6.3. Kontrol Kartlarının Analizi

Kontrol kartları ile YAS projesinde X ve Y'lerin belirlenen hedefler doğrultunda olup olmadığı, süreçlerin kontrol limitleri dâhilinde olup olmadığı belirlenmektedir. Kontrol kartlarının en büyük özelliği, kontrol ettikleri sürecin kontrol altında olup olmadığını göstermeleridir. Bu özellik, kontrol kartlarında bulunan değerlerin rasgele veya sistematik olmalarına bağlıdır. Kontrol kartlarında sadece rasgele değerler bulunursa süreç kontrol altında, yani karardır. Rasgele değerlerin yanı sıra sistematik olan değerler de bulunursa süreç, kontrol dışında yani kararsızdır. Şekil 69 üzerinde de gösterildiği gibi kontrol kartlarının okunmasında aşağıdaki durumlar ile karşılığında süreç, kontrol dışında demektir³²⁹ .:

- Herhangi bir noktanın alt ve üst kontrol limitleri dışında olması
- Birbirini izleyen 9 noktanın merkezin aynı tarafında olması
- Birbirini izleyen 6 noktanın artması ya da azalması
- 14 noktanın merkez etrafında birbirini izleyen şekilde artması ve azalması
- Birbirini izleyen 2 ya da 3 noktanın (-ve +) A bölgesinde olması
- Birbirini izleyen 4 ya da 5 noktanın (-ve +) B ve altındaki bölgede olması

³²⁹ Akkurt, a.g.e., s.91.

- Birbirini izleyen 15 noktanın (-ve +) C bölgesinde olması
- Birbirini izleyen 8 noktanın (-ve +) C bölgesinin dışında olması



Şekil 69 Sürecin Kontrol Altında Buluma Kuralları

Kontrol altında bulunan sürecin doğal kalıbın temel özellikleri şöyledir:

- Değerlerin %34'ü C bölgesinde (toplam %68)
- Değerlerin %13,5'i B bölgesinde (toplam %27)
- Değerlerin %5,5'i A bölgesinde (toplam %5)

Kontrol limitlerinin belirlenmesinde 3 standart sapma ilkesi uygulandığında rasgele değerlerin yaklaşık %0,3'ü (binde 3'ü) limit dışında bulunur³³⁰.

2.6.4. Hata Önleme

YAS projesinin kontrol aşamasında hata önleyici faaliyetlerin oluşturulması ve uygulanması gereklidir. Poka–Yoke, hata engelleme ifadesinin Japonca karşılığıdır. Poka-yoke operatörlerin (yokeru) manuel iş yapma sırasında hata (poka) yapmalarını engelleyen bir yalın üretim yöntemidir. Amacı hataları daha oluşmadan önce engelleme, düzeltme veya bunları ortaya çıkarmaktır. Poka–Yoke, 1960'larda işletmelerde meydana gelen hataları önlemek için basit ve etkili bir araç olarak geliştirmiştir. Japon yönetim danışmanı olan Shiego Shingo tarafından geliştirilmiştir³³¹. Amaç, hataları meydana gelmeden önleme ya da hata yapmanın imkânsız olmasına ve çalışanların dikkatsizliklerini önlemeye yardımcı olmaktır. YAS projesinde kullanılan istatistiksel proses kontrol gibi araçlar hatayı göstermektedir. Ancak bu yöntem ve kullanılan araçların hatayı önleme gibi özelliği bulunmamaktadır³³².

³³⁰ Akkurt, a.g.e., s.92.

³³¹ Pande vd. "Six Sigma Yolu...", agk., s.434.

³³² Murat Bay ve Ercan Çiçek, "Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Hata Önleyiciler: Poka-Yokeler", *Selçuk Üniversitesi, Karaman İ.İ.B.F. Dergisi, Yerel Yönetimler Özel Sayısı*, Mayıs-2007, s.54.

Poka Yoke, hataları bulmaya ve ortaya çıkmasını engellemeye yönelik pahalı olmayan bir araçtır. Kullanımı ve geliştirilmesi kolaydır³³³. Bir hatanın farkına varmakta ne kadar gecikilirse, düzeltme maliyeti de o kadar yüksek olur. O nedenle, durumu işin yapıldığı yerde, yani akışın en yukarısındaki işlemede, o da olmazsa ürün tasarım aşamasında kontrol etmek yerinde olur³³⁴. Poka Yoke bir YAS projesinde aşağıdaki amaçları karşılamak için kullanılabilir³³⁵:

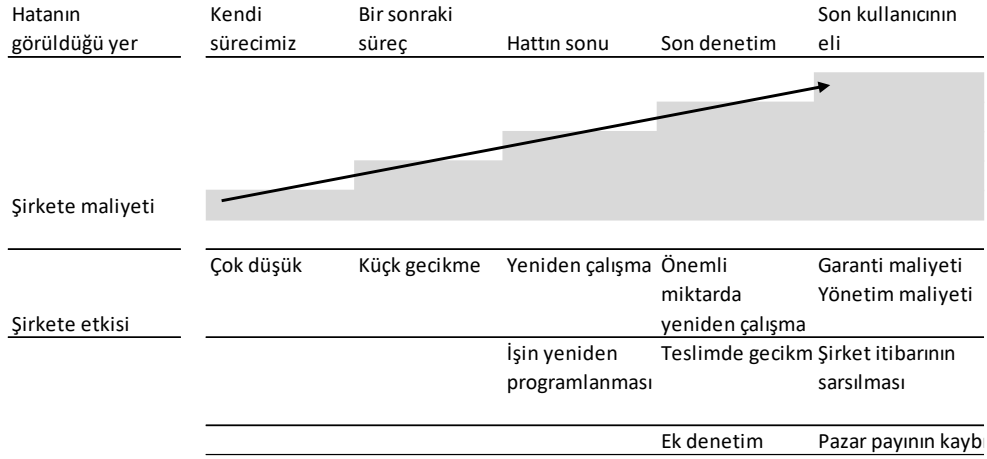
- *Önleyici faaliyetlere rağmen meydana gelebilecek olası hataları tanımlamak.* Mevcut süreçteki her adım gözden geçirilir. Her aşamada hangi kişi ya da donanım hataları olabilir diye sorular sorulmalıdır.
- *Bir hata ya da yanlış işlemi henüz meydana gelmeye başlayorken tespit etmenin bir yolunu bulmak.* Emniyet kemerini takılmadığında arabanın uyarı vermesi buna bir örnek olarak verilebilir. Bir üretim hattında malzemelerin üretim sırasına göre yerleştirilmesi, zaman kaybını ve yanlış malzeme kullanımı hatasını engelleyebilir.
- *Bir hata tespit edildiğine gerçekleştirilecek faaliyetlerin türü tanımlanır ve seçilir.* Temel hatasızlık araçları olarak aşağıdakiler kullanılır:
 - Kontrol. Süreci kendiliğinden düzenleyen bir faaliyet.
 - Devreyi kapatmak. Bir hata olduğunda süreci kapatan bir süreç ya da alettir. Ütülerin otomatik kapanma özelliği buna bir örnektir.
 - Uyarı. İş ile ilgili olarak ters giden şeyler konusunda kişiyi uyarır. Emniyet kemeri alarmı buna bir örnektir.

Hatayı zamanında önleyememenin olası etkileri şekil 70 üzerinde gösterilmektedir. İlk aşamadan müşteriye kadar geçen her aşamada hatayı zamanında tespit edip önleyememenin işletmenin performansı üzerindeki etkileri büyüme göstermektedir.

³³³ Feld, agk., s. 85.

³³⁴ Suzaki, agk.s. 124.

³³⁵ Pande vd. "Six Sigma Yolu...", agk., s.435-436.



Şekil 70 Hatayı Kaynakta Belirlememenin Olası Etileri³³⁶

Poka Yoke uygulamasının başarılı olabilmesi için poka- yoke fikirlerinin birçok kişi tarafından, özellikle benzer işlemlerde çalışanlarca paylaşılması yerinde olur. Fikirler, sadece üretim süreçlerinde değil, ürün tasarımcıları tarafından da geliştirilmelidir.

Bir YAS projesinde hata önleyicilerin nerede ve nasıl kullanılacağını iyi bilmek ve belirlemek gereklidir.

Hata önleyicilerin en iyi kullanıldığı iyi olduğu yerler aşağıda belirtilmektedir³³⁷:

- Manuel operasyonlarda
- Kötü pozisyonun olduğu yerde
- Takımların tamire ihtiyaç duyduğu yerde
- İstatistiksel proses kontrol uygulamalarının zor olduğu yerde
- Ölçülmeyen yerlerin önemli olduğu bölümde
- Üretim maliyetlerinin ve işçilik maliyetlerinin yüksek olduğu yerde
- Karışık model üretiminin olduğu yerde
- Müşterilerin hata yaptığı yerde
- Özel nedenlerin olması durumunda

Hata önleyicinin kullanılmadığı yerler ise aşağıda belirtilmektedir³³⁸:

- Yıkıcı testlerin yapıldığı yerde,
- Üretimin hızlı olduğu yerde,
- Kontrol diyagramlarının etkin olarak kullanıldığı yerde.

³³⁶ Suzaki, agk.s. 125.

³³⁷ Bay ve Çiçek, agk. s, 53.

³³⁸ Bay ve Çiçek, agk. s, 53.

Hata önleme, YAS projesinde kontrol aşamasında projenin son aşamasına kadar yapılagelen çalışmaların bir taraftan denetlenmesi ve diğer taraftan da hataların çıkmasını engelleyici bir faaliyet olarak kullanılmalıdır.

- Özellikle hatayı önceden belirleyerek her şeye yeniden başlanmasının önüne geçilir.
- Çalışanların sürece devamlı hâkim olması ve işi sahiplenmesi sağlanır
- Küçük önlemler ile büyük ve olumsuz sonuçlanacak faaliyetlerin gerçekleşmesi engellenir
- Sorun büyümeden sürecin kontrol altına alınması sağlanır
- Küçük X'lerin ortaya çıkması engellenir
- Küçük X'lerin büyük Y'leri olumsuz etkilemesinin önüne geçilir

Kontrol ortamı olmadan yapılan denetim faaliyetleri amacına uygun olmayacak, hata tespitinde ve hatayı ortadan kaldırma konusunda başarısız olacak ve hatanın yinelenmesinin de önüne geçemeyecektir. YAS projelerinin temel amacı, hatayı ve olası etkilerinin ortadan kaldırmaktır. Kontrol edilmeyen bir süreç, geri beslemesi zayıf bir sistemin göstergesidir. Böyle bir sistem, devamlı hata verecek ve devamlı sorun içinde yaşayacaktır. Poka Yoke gibi araçlar, bu tür sistemlerin bir uyarı mekanizması olarak işlem görmektedir.

2.6.5. Projenin Kapatılması

Projenin sonlandırılması aşamasında proje ekibi gerçekleştirilen işlerin raporlamalıdır. Bu raporda operasyonel olarak yapılan işlerin yanı sıra proje öncesinin finansal durumu ve proje sonrasının finansal durumu karşılatırmalı olarak gösterilmelidir.

Projenin yöneticileri aşağıdaki soruları cevaplandırmalıdır³³⁹:

- Projenin uygulanma planının tanımlanması. Plan, başarıya ulaşmış için nasıl yönetildi ve kimin sorumluluğundadır?
- Planda potansiyel hatalar var mıdır? Acil eylem planı nedir?
- Hataların ortaya çıkmasını engelleyecek ne tür kontrol araçları kullanılmalıdır?
- Sürecin sahibi kimdir? Süreçteki iyileştirmelerin sürecin sahibine devamlı akmasını sağlamaktan kim sorumludur? Ne sıklıkla gözden geçirme olacaktır?

³³⁹ McCarty vd., agk., ss.469-470.

- Ne ölçülecektir? Sürecin kontrol altında olduğunu ne tür göstergeler gösterecektir? Bu göstergeler sürecin kontrol dışına çıktığını gösterebilecek midir?
- Süreç nasıl standartlaştırılacaktır ve süreçteki değişiklikler nasıl belgelendirilecektir?
- İyileştirme aşamasından itibaren eğitim programı nasıl güncellenecektir? Süreç değişikliğini gösteren eğitimler nasıl verilecek ve etkinliği nasıl sağlanacak?
- İletişim planı nasıl oluşturulacaktır? Proje üyeleri bu değişimi yönetmek, direnişi kırmak ve paydaşları hareketli hale getirmek için iletişimi nasıl kullanacaklardır?
- İletişim ve de uygulamaya odaklı olarak esas paydaşların başarılı değişime ne tür kısıtlamaları olabilir? Bu kısıtlamaları ortadan kaldırmak için ne tür eylemler planlanabilir?
- Proje ile birlikte elde edilen kazançlar veya sağlanan tasarrufların tutarı belirli mi?
- Proje üyeleri projeden neler öğrendiler? Projeden öğrenilenlerin paylaşılması için en uygun yöntem hangisidir?

2.6.5.1. Standartlaştırma ve Dokümantasyon

Bir YAS projesinin çıktıları, yeni projelerin girdisi olacaktır. Özellikle ir proje için en önemli girdi, işletmede daha önce uyguladığı projenin dokümanları ve proje sonrasında oluşturulan standartlardır. Standartlaşma ile sadece projelerin değil, işletmelerin de süreçlerinde ve de faaliyetlerinde tekdüzelik oluşturulacaktır. Bunun yanı sıra, karşılaştırma imkânı da elde edilecektir. Standartlaşma zamanı ve maliyetleri azaltacak; verimliliği ve de etkinliği artıracaktır.

Standartlaşma ile sonraki projede neler yapılacağının çerçevesi net olarak çizilecektir. Değişkenler ve etkileri de azaltılacaktır. Bir nevi rehber olacağı için tanımlar, belgeler, araçlar ve yöntemler sistematik bir şekilde standart olarak doküman haline getirilir.

Standart belgeler ile yapılacak işler için görevler tanımlanmış olur. Öncelikler belirlenir ve böylece talimat gelmeden yapılması gereken işlemlerin neler olduğu ve hangi önceliğe sahip olduğu tanımlanmış olur. Bu açıdan bakıldığında standartlaşma ve dokümantasyon bir iletişim aracı olarak da görülebilir.

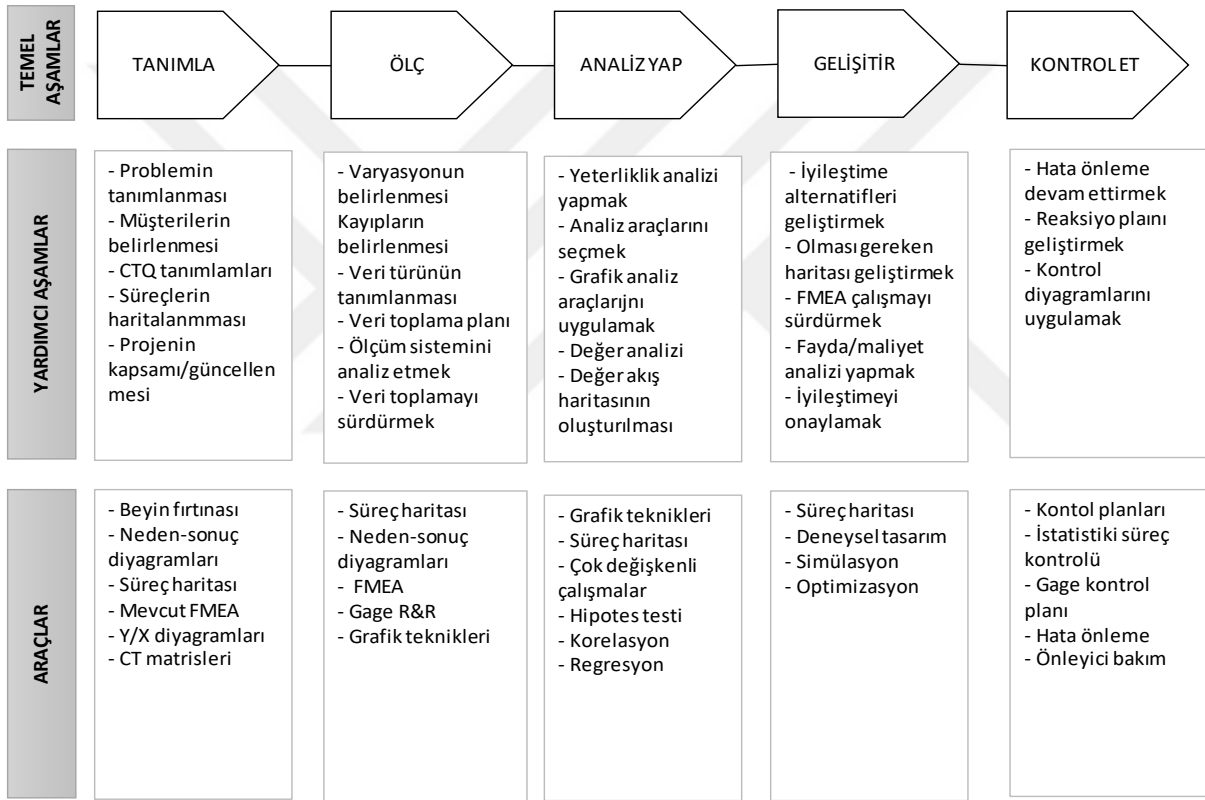
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA

3.1 FİRMANIN GEÇMİŞİ³⁴⁰

3.2 PROJENİN UYGULANMA SÜRECİ

Projenin uygulanmasında DMAIC aşamaları izlenmektedir. Mevcut durumun tespiti, projenin oluşturulması ve uygulanmasında DMAIC aşamalarında belirlenen şekil 71 üzerinde gösterilen araçlar ve yöntemler kullanılmaktadır.



Şekil 71 DMAIC Aşamasında Kullanılan Araç ve Yöntemler

3.2.1 Tanımlama Aşaması

Bu aşamada uygulamada aşağıdaki süreç izlenmektedir.

- Proje duyurusunun oluşturulması
- Proje paydaşlarının belirlenmesi
- Proje ekibinin oluşturulması ve görevlendirme yapılması

³⁴⁰ Firma yönetimi, firma verilerinin yazılmasını uygun görmediği için bu başlık boş bırakılmıştır.

- Müşteri sesinin tanımlanması
- Proje planının oluşturulması

3.2.1.1 Proje Duyurusunun Oluşturulması

3.2.1.1.1 Projenin İşletmeye Sağlayacağı Olası Faydalar

İstasyon 5’de üretim hızının yavaşlaması ve otomasyondan el emeğine geçiş bir taraftan hatalı üretim sayısını artırmakta ve diğer taraftan da rötuş yapılmasına neden olmaktadır. Bu tür varyasyonlar ve hız kaybı bir taraftan maliyetleri artırmakta, kapasitenin etkin kullanımını engellemektedir. Bu tür kayıpları telafi etmek için ek mesai yapılmakta ve bazı durumlarda firma yöneticileri ikinci vardiyayı açmayı gündemlerine almaktadırlar. Ek mesai bir taraftan işçilik maliyetlerini artırmaktadır ve diğer taraftan da normal çalışma zamanına göre verimi %20 civarında azaltmaktadır. Aynı işi yapan bir çalışan, normal mesaide saatte ortalama 80 parça işlem yaparken bu rakam ek mesai kısmında 60 parça seviyesine kadar inmektedir. Bir taraftan verim düşerken diğer taraftan da yasal zorunluluk gereği mesai ücretinde %50’lik artış sağlanmaktadır. Bir çalışanın normal mesai ve ek mesaide yaptığı işler ve ayrına toplam çıktısının maliyeti ayrı ayrı tablo 71 üzerinde hesaplanmıştır.

Tablo 71. İstasyon 5’de Bir Günlük Üretim ve Maliyetleri

	Normal Mesai	Ek Mesai	Toplam
Saatlik üretim	80	60	
Saat ücreti	10	15	
Çalışma Süresi	8	8	
Toplam Üretim Miktarı	640	480	1.120
Toplam Maliyet	80	120	200
Birim Maliyet	0,125	0,250	0,179
	Normal mesai maliyetine göre artış oranı		42,86%

Normal mesaide birim üretim maliyeti, 0,125 TL iken ek mesaide 0,25 TL’ye çıkmış ve toplam mesai sonunda işlemde geçen 1.120 adet birim maliyeti 0,179 TL olarak hesaplanmıştır. Birim maliyetin normal mesai maliyetine göre artış oranı %42,86 düzeyindedir.

Bu hesaplamada, sadece bir çalışanın günlük yaptığı normal ve ek mesai dikkate alınmıştır. Toplam çalışan sayısı ve ay hatta yıl bazında geçmişe yönelik inceleme yapıldığında Tablo 72 üzerinde gösterilen durum ortaya çıkmaktadır:

Tablo 72 İstasyon 5’de Bir Yıllık Üretim ve Maliyetleri

	Normal mesai	Ek mesai	Toplam	Fark
Çalışan sayısı	8	8		
Yıllık çalışma günü	220	150		
Saatlik üretim	80	60		
Saat ücreti	10	15		
Çalışma süresi	8	8		
Toplam üretim miktarı	1.126.400	576.000	1.702.400	51,14%
Toplam İşçilik maliyeti	140.800	144.000	284.800	102,27%
Birim Maliyet	0,125	0,250	0,167	33,83%
	Normal mesai maliyetine göre artış oranı		33,83%	

Toplam maliyetlerde ek mesai ile birlikte 144.000 TL’lik artış görülmektedir. İstasyon 5’de yaşanan sorunların fabrikanın genelinde de var olduğu yönetim tarafından bilinmektedir.

3.2.1.1.2 Projenin Yapılmamasının Olası Sonuçları

Proje aslında Firma için yeniden yapılandırmanın başlangıcı olabilir. Ancak mevcut üretim ekibinin projeye sıcak bakmaması ve “ne gerek var” yaklaşımı, yönetimi düşündürmektedir. Üretim yöneticilerin projeye sıcak bakmaması yöneticilerin aslında aklında soru işaretleri oluşturmaktadır. Göremediğimiz ve saklanan bir durum mu var? Çalışanlar ek mesai almak için mi özellikle işi yavaşlatıyor? Üretim yöneticileri hesap vermekten çekiniyorlar, altında yatan nedenler nelerdir? Proje gerçekleşmez ise, Firmada bu tür sorular

cevaplandırılmayacak ve finansal performans da net olarak ortaya çıkmayacaktır. Verim, üretim kaybı, zaman, kalite ve maliyet gibi göstergeler gerçeği yansıtmayacaktır. Asıl sorun ve görünmeyen konu da kapasitenin etkin kullanılmaması nedeni ile gelen siparişlerin karşılama oranının devamlı düşük seviyede kalması ve bunun bir işletme gerçeği olarak kabul görmesidir.

3.2.1.1.3 Projenin Seçimi

Proje aslında Firma için yeniden yapılandırmanın başlangıcı olabilir. Ancak Firmanın amaçlarının çok iyi belirlenip proje ile bağlantısının net olarak kurulması gerekir. Bu nedenle firmanın amaçları ve YAS projesi ile bağlantısı tablo 73 üzerinde matris formatında gösterilmiş faktör puanlamayöntemine göre YAS projesi seçilmiştir.

Tablo 73 YAS Proje Seçim Matrisi

Firmanın Amaçları	Ağırlık Yüzdesi	YAS PROJE BAŞLIKLARI				
		Siparişlerin Karşılama Oranının Artırılması	Yeni Müşteriler Bulunması	Mevcut Müşterilerin Sadakatinin Artırılması	Süreçlerde Kayıpların Azaltılması	Çalışanların Memnuniyetinin Artırılması
Satışları artırmak	0,25	5	5	1	4	0
Üretimde Bekleme Zamanını Azaltmak	0,20	2	2	3	5	2
Üretim Maliyetlerini Azaltmak	0,25	1	1	4	5	1
Karlılığı artırmak	0,30	4	3	2	3	2
Ağırlıklı Ortalama Puanlar	1,00	3,10	2,80	2,45	4,15	1,25

Proje seçiminde firmanın amaçları ve seçilecek proje arasında puanlama yapılmış ve en zayıf ilişki için 1, orta düzey ilişki için 3 ve en güçlü ilişki için de 5 puan verilmiştir. Yapılan puanlandırma ve her bir firma amacının ağırlık yüzdesi çarpılarak ağırlıklı ortalama puan hesaplanmıştır. Bunlar arasında en yüksek puanı 4,15 ile süreçlerde kayıpların azaltılması başlıklı proje konusu almıştır.

Proje konusu, firma yöneticileri tarafından kabul görmüştür. Yıllardır üst yönetimin ajandasında yer almasına rağmen, bir türlü gerçekleştirilmemiştir.

3.2.1.1.4 Projenin Temel ve İkincil Amaçları

Projenin temel amacı ve konusu “süreçlerde kayıpların azaltılmasıdır”. Bu temel amacın alt ya da ikincil amaçları da şu şeklide sınıflandırılmaktadır:

- Süreçlerde katma değer yaratamayan faaliyetlerin belirlenmesi
- Tanımlanan katma değer yaratamayan faaliyetlerin azaltılması/ortadan kaldırılması
- Kayıpların tanımlanması ve azaltılması/ortadan kaldırılması

- Maliyetlerin azaltılması
- Günlük ortalama üretim miktarının azaltılmadan projenin yürütülmesi
- Aynı şekilde satışlarda azalma olmadan projenin yürütülmesi

3.2.1.1.5 Projede Belirlenen Amaçların Karşılanması Halinde Sağlanacak Faydaların Parasal Değeri

Bu soruya bire bir ve kesin olarak cevap verilmesi pek mümkün değildir. Ancak Firmanın 2016 yılında ay bazında hesaplanan ortalama üretim, fire ve rötüş miktarları ve malzeme giderleri firesiz, fireli ve rötüş sonrası maliyetler tablo 74 üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

Tablo 74 Fire ve Rötüşlerin Maliyet Üzerindeki Etkisi

2015	Üretim Miktarı	Fire Miktarı	Rötüş Miktarı	Toplam Malzeme Gideri	Fire Oranı	Rötüş Oranı	Firesiz /Rötüşsüz Birim Maliyet	Rötüşlü Birim Maliyet	Fireli Birim Maliyet	Rötüş ve fire sonrası birim maliyet
Ocak	81.599	2.448	6.030	265.687	3,00%	7,39%	3,256	3,516	3,357	3,625
Şubat	71.570	1.789	6.150	233.032	2,50%	8,59%	3,256	3,562	3,339	3,653
Mart	89.442	2.325	5.400	291.222	2,60%	6,04%	3,256	3,465	3,343	3,558
Nisan	70.111	1.332	4.500	228.281	1,90%	6,42%	3,256	3,479	3,319	3,547
Mayıs	71.128	3.556	6.750	231.594	5,00%	9,49%	3,256	3,597	3,427	3,787
Haziran	74.008	2.220	5.400	240.970	3,00%	7,30%	3,256	3,512	3,357	3,621
Temmuz	75.261	2.719	6.495	245.049	3,61%	8,63%	3,256	3,564	3,378	3,697
Ağustos	56.502	2.168	5.253	183.972	3,84%	9,30%	3,256	3,590	3,386	3,733
Eylül	80.498	2.530	5.948	262.102	3,14%	7,39%	3,256	3,516	3,362	3,630
Ekim	70.580	2.015	4.995	229.808	2,86%	7,08%	3,256	3,504	3,352	3,607
Kasım	85.051	3.029	6.771	276.927	3,56%	7,96%	3,256	3,538	3,376	3,668
Aralık	68.905	2.507	6.780	224.356	3,64%	9,84%	3,256	3,611	3,379	3,748
Toplam	894.656	28.640	70.472	2.913.000	3,20%	7,88%	3,256	3,534	3,364	3,651
								8,55%		12,14%

Malzeme maliyetlerinde artış oranı

2015 yılı verileri incelendiğinde fire oranı, ortalama %3,20 ve rötüş oranı da %7,88 düzeyindedir. Rötüş ve firenin etkisi ile birim malzeme maliyetlerinde %12,14 düzeyinde artış olduğu tespit edilmektedir. Rötüşün birim maliyetlerdeki etkisi %8,55 düzeyindedir.

Mevcut duruma kapasite kullanımı ve sabit maliyet açısından bakıldığında tablo 75 üzerindeki gibi bir durum ortaya çıkmaktadır. Kapasite kullanım oranı, rötüşlü ve rötüş olmadan ayrı ayrı hesaplanmıştır. Rötüş olmadan kapasite kullanım oranı 2016 yılı itibari ile %74,49 ilen rötüş nedeni ile bu oran %80,88 düzeyine çıkmıştır. Kapasite kullanımı rötüş nedeni ile %6,20 düzeyinde artmıştır.

Kapasitenin %6,39'luk kısmı rötuş işlemleri nedeni ile kullanılmıştır. Bu çok ciddi bir kayıptır ve bunun olası etkilerini Firmanın paydaşları bazında çok iyi analiz etmek ve parasal boyutunu ölçmek gerekir.



Tablo 75 Kapasite Kullanımı

	Üretim Miktarı	Fire Miktarı	Rötuş Miktarı	Günlük Çalışma Süreleri	Ortalama Birim Üretim Süresi_dk	Toplam Üretim Süresi_saat	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı	Rötuş olmasaydı	Kapasite Kullanım Oranı	Kapasite Kullanım Farkı
Ocak	81.599	2.448	6.030	21	13,98	1.140.409,61	1.310.400,00	87,03%	1.056.135,88	80,60%	6,43%
Şubat	71.570	1.789	6.150	21	14,09	1.008.327,91	1.310.400,00	76,95%	921.682,56	70,34%	6,61%
Mart	89.442	2.325	5.400	22	14,43	1.290.243,15	1.372.800,00	93,99%	1.212.345,25	88,31%	5,67%
Nisan	70.111	1.332	4.500	22	14,27	1.000.680,97	1.372.800,00	72,89%	936.453,13	68,21%	4,68%
Mayıs	71.128	3.556	6.750	21	15,31	1.088.940,39	1.310.400,00	83,10%	985.601,26	75,21%	7,89%
Haziran	74.008	2.220	5.400	22	15,34	1.135.589,62	1.372.800,00	82,72%	1.052.731,27	76,68%	6,04%
Temmuz	75.261	2.719	6.495	19	16,68	1.255.540,07	1.185.600,00	105,90%	1.147.186,94	96,76%	9,14%
Ağustos	56.502	2.168	5.253	21	15,94	900.889,46	1.310.400,00	68,75%	817.134,32	62,36%	6,39%
Eylül	80.498	2.530	5.948	22	13,94	1.122.472,69	1.372.800,00	81,77%	1.039.540,17	75,72%	6,04%
Ekim	70.580	2.015	4.995	22	13,24	934.140,42	1.372.800,00	68,05%	868.030,38	63,23%	4,82%
Kasım	85.051	3.029	6.771	21	13,47	1.145.762,92	1.310.400,00	87,44%	1.054.543,68	80,47%	6,96%
Aralık	68.905	2.507	6.780	23	13,75	947.502,29	1.435.200,00	66,02%	854.272,17	59,52%	6,50%
Toplam	894.656	28.640	70.472	257	14,46	12.970.499,51	16.036.800,00	80,88%	11.945.657,00	74,49%	6,39%

Firmanın ay bazında ortalama toplam sabit maliyetleri 800.000 TL düzeyindedir³⁴¹. Rötüş nedeni ile kullanılmayan kapasitenin maliyeti (sabit maliyetler) tablo 76 üzerinde ay ve yıl bazında gösterilmektedir.

Tablo 76 Rötüşün Parasal Değeri

Toplam Sabit Maliyetler	Rötüşün Parasal Değeri
800.000	51.449
800.000	52.897
800.000	45.395
800.000	37.429
800.000	63.089
800.000	48.286
800.000	73.113
800.000	51.133
800.000	48.329
800.000	38.526
800.000	55.689
800.000	51.968
9.600.000	617.301,54

Rötüş neden ile kullanılmayan kapasitenin yıl bazında maliyeti, 617.301,54 TL'dir ki bu Firma için hemen hemen 2 aylık kâr rakamına eşittir. Firma yönetimi bu rakamı "iki ay boşa çalışmış olduk" şeklinde yorumlamıştır. Çok önemli bir tespit olmakla beraber, kapasitenin etkin kullanımı ile de şu tür hatalı yorumlar ve değerlendirmeler yapılabilir:

- Kapasitenin ortalama %80,88'lik kısmının kullanılmasına rağmen siparişleri karşılamada sorun yaşanmaktadır.
- Kapasite kullanımı ortalama %80,88 olmasına rağmen neden ek mesai yapıldığı da önemli bir soru işaretidir.
- Karşılamanmayan siparişlerden dolayı kâr kaybının da fırsat maliyeti olarak düşünülmesi gerekir.
- Firenin maliyeti, rötüş ile kullanılmayan kapasitenin maliyeti ve karşılanamayan siparişlerin fırsat maliyeti firmanın mali tablolarına yansımamaktadır.
- Finansal değer yanısıra müşteri memnuniyetsizliği ve çalışanların ek mesai yapmak için işi yavaşlatıyor olması da düşünülmesi gereken önemli bir konudur.

³⁴¹ Rakamlar, yönetim tarafından düzeltilerek verilmiştir.

3.2.1.1.6 Projede Ekibinde Yer Alacak Çalışanların Tespiti ve Projeye Ayıracakları Zaman

Proje ekibinde yer alacak kişiler ve projeye ayıracakları zaman tablo 77 üzerinde gösterilmektedir³⁴².

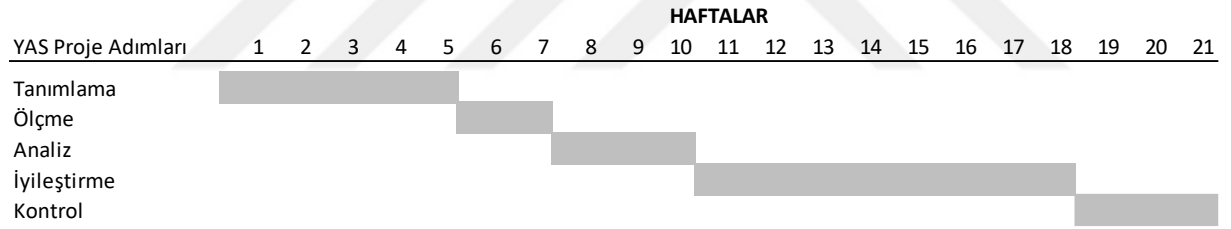
Tablo 77 Proje Ekibi

Görevler	Adı-Soyadı	Zaman Kullanımı
Sponsor	XXXXXX	Proje takviminde belirlenen günlerde 2 saat
Proje Lideri		
Danışman	Yeşim Kaygusuz	
Ekip Üyeleri		

3.2.1.1.7 Projenin Gantt Şeması

Projenin belirlenen zaman diliminde yapılması için DMAIC adımları esas alınarak tablo 78 üzerindeki Gantt şeması hazırlanmıştır.

Tablo 78 YAS Projesinin Gantt Şeması



Tanımlama aşaması için 5, Ölçme aşaması için 2, Analiz aşaması için 3, İyileştirme aşaması için 7 ve Kontrol aşaması için 3 haftalık bir çalışma planı yapılmıştır.

3.2.1.1.8 Onay ve Kabullerin Yapılma Şekli

Projede kaynak kullanımı Firma tarafımdan sağlanacak ve karşılanacaktır. Proje için yapılacak harcamalar projenin sponsoru tarafında onaylanacaktır. Proje süresince Firma kaynaklarını Firmada var olan süreçlere dayalı olarak kullanılacak. Projede yer alan ekibin projeye isabet eden zaman dilimindeki çalışmaları, normal işin başında olmaması neden ile performans ve ücretlerine olumsuz bir şekilde yansıtılmayacaktır.

³⁴² İsimlerin gösterilmesi yönetim tarafından uygun görülmemiştir.

3.2.1.1.9 SIPOC Diyagramının Oluşturulması

Tedarikçiler, tedarikçilerden satın alınan mal ve hizmetler ve bunları süreçte nasıl kullanıldığı ve hangi çıktılar ile hangi müşterilere gönderildiği SIPOC diyagramı kullanılarak gösterilmektedir. Firmanın temel girdilerini hangi tedarikçilerden aldığı ve girdilerin üretim sürecinden geçerek farklı ürünler farklı müşterilere satılmaktadır.

Tedarikçiler	Girdiler	Süreç	Çıktı	Müşteriler		
1	BAKIR ÇELİK SAÇ PRİNÇ	Başlangıç Noktası	ÜRÜN 1	1	Bayi	
		Preshane	ÜRÜN 2	2	İmalatçı	
			ÜRÜN 3	3	Proje Müşterileri	
			ÜRÜN 4	4	Son Kullanıcı	
2	PLASTİK PERÇİN YARDIMCI MALZEMELER	Operasyonlar	ÜRÜN 5			
		1	İSTASYON 1	ÜRÜN 6		
3	PROFİL BORU	2	İSTASYON 2	ÜRÜN 7		
		3	İSTASYON 3	ÜRÜN 8		
		4	İSTASYON 4	ÜRÜN 9		
		5	İSTASYON 5	ÜRÜN 10		
4	AMBALAJ MALZEMEMELERİ	6	İSTASYON 6	ÜRÜN 11		
		7	İSTASYON 7			
		8	İSTASYON 8			
		9	İSTASYON 9			
		10	İSTASYON 10			
		Bitiş Noktası	İSTASYON 11			

Şekil 72 SIPOC Diyagramı

Şekil 72 üzerinden SIPOC diyagramı gösterilmektedir. Tedarikçi, ürün ve firma isimleri, gizlilik nedeni ile gösterilmemiştir. Üretilen ürünler, montaj hattında nihai ürün haline getirilmekte ve mamul deposuna teslim edilmektedir.

3.2.1.1.10 Müşterinin Sesi Analizi

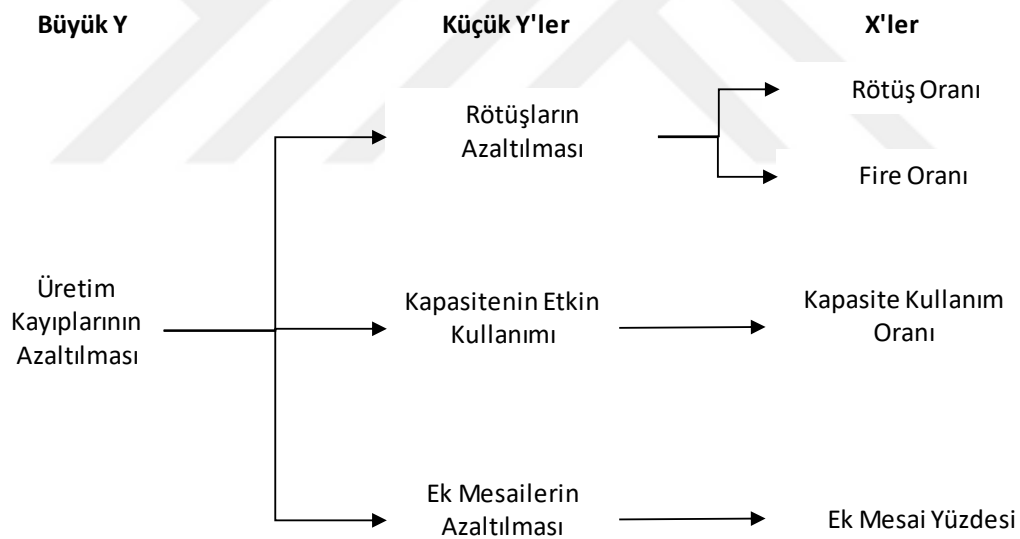
Müşterinin sesinin analizinde, projenin temel amacına uygun olarak firmadaki üretim kayıpları için iç müşterinin sesi dinlenmiştir.

İç müşterilerden iki temel özellik başlığı altında sorular yöneltilmiş ve alınan cevaplar Kano modeline göre değerlendirilmiştir.

Müşterinin sesi, müşterinin ihtiyaçlarının göstergesi olan kritik kalite göstergelerine dönüştürülmesi için şu işlemler yapılmıştır:

- Müşterinin ihtiyaçlarını tanımlanmış
- Ölçülebilir olması sağlanmış
- Basitçe formüle edilmiş
- Ürün ya da hizmet bazında kırılıma gidilmiştir

Müşterinin sesi, müşteri sorunlarına, müşteri sorunları da kritik müşteri ihtiyaçlarına ve son olarak kritik kalite göstergelerine dönüştürülmektedir (Şekil 73).



Şekil 73. Müşterinin Sesi ve İşletmenin Sesi Göstergeleri³⁴³

Kritik kalite göstergeleri, işletmenin sesine karşılık gelen kritik süreç göstergelerine dönüştürülerek, müşterilerin istekleri ve sürecin yeterliliği arasında karşılaştırma yapılmaktadır. Müşterilerin beklentileri ve işletmenin bu beklentilerine cevap verebilme yeterliliğinde olup olmadığı, tanımlama aşamasında belirlenir. Müşterinin sesi, operasyonun

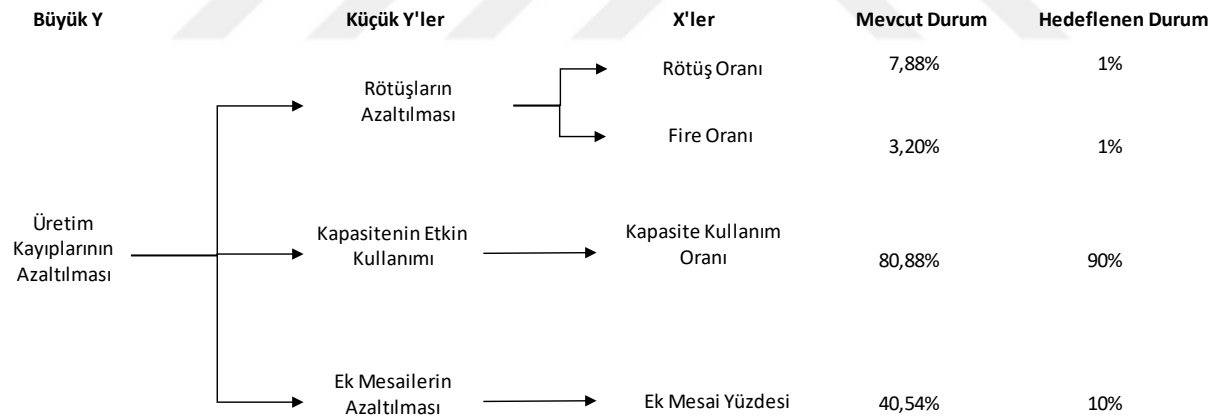
³⁴³ Bremeri vd., a.g.e., s.67.

sesinden büyük ise, diğer bir ifade ile işletmenin müşteri istek ve beklentilerini karşılayamaması halinde şu sonuçlar ile karşılaşılabilir:

- Müşteri memnuniyetsizliği ve müşteri kaybı
- Satışlarda azalma ve pazar kaybı
- Rekabetçi avantajı kaybetme
- Pazara yeni girişleri engelleyememe

Kritik kalite ve kritik süreç göstergeleri arasındaki ilişki, şekil 74 üzerinde gösterilmektedir.

Müşterinin kalite, zamanında teslim ve fiyat gibi beklentilerine işletme, katma değerli üretim, hız ve maliyet unsurları ile cevap verecektir. İşletmede yönetim için, çalışanlar için ve müşteriler için kritik göstergelere, birim maliyet, verimlilik, yasalara uyma, kârlılık ve sürdürülebilir büyüme gibi kritik süreç göstergeleri kullanılabilir. Diğer taraftan da müşteri ve pazar için ise, fiyat, teslim zamanı, fonksiyonellik, güvenilirlik ve hız gibi göstergeler kullanılabilir. Müşterinin isteklerine cevap verebilme, aslında süreçteki girdi ve çıktı ilişkisine ve sürecin yeterliliğine bağlıdır. Bu aşamada süreçlerin çok iyi tanımlanması ve modellenmesi gerekmektedir.



Şekil 74 Mevcut ve İstenen Durum

3.2.1.1.11 Neden Sonuç Matrisinin Oluşturulması

Neden sonuç matrisi oluşturulmadan önde işletmenin temel üretim süreçlerinde kapasite yeterliliği sorgulanmıştır. İşletmenin kapasitesinin yeterli olup olmadığı tespit edilmektedir.

Tablo 79 Kapasite Analizi

	ÜRÜNLER															KAPASİTE	
	Ü1	Ü2	Ü3	Ü4	Ü5	Ü6	Ü7	Ü8	Ü9	DiĞER	FİİLİ		günlük		KAPASİTE	KULLANIM ORANI	
AYLIK TALEP	35.256	32.011	6.587	2.916	3.095	2.897	2.002	1.698	1.024	3.405	SÜRE saat		süre	ay gün	saat		
											90.891						
İSTASYON 1	8,20	8,50	8,00	6,90	9,05	6,35	7,90	8,00	8,20	9,00	12.481	8	22	176	2,00	21.120	59,10%
İSTASYON 2	22,05	20,15	20,60	20,50	20,90	20,15	21,66	22,00	19,80	22,40	31.970	8	22	176	3,00	31.680	100,92%
İSTASYON 3	11,10	10,00	11,80	12,00	10,05	10,00	9,80	11,00	11,50	10,00	16.139	8	22	176	2,00	21.120	76,42%
İSTASYON 4	29,20	29,60	27,90	27,50	28,00	29,80	29,30	28,20	27,40	29,80	44.167	8	22	176	4,00	42.240	104,56%
İSTASYON 5	14,30	13,00	14,00	12,50	10,50	12,00	13,60	14,50	15,00	12,00	20.405	8	22	176	2,00	21.120	96,61%
İSTASYON 6	11,40	11,00	10,50	12,00	10,60	11,80	12,00	10,90	12,00	12,00	17.014	8	22	176	2,00	21.120	80,56%
İSTASYON 7	8,60	9,00	5,30	9,20	9,80	10,00	10,05	9,20	8,80	8,00	13.072	8	22	176	2,00	21.120	61,89%
İSTASYON 8	3,20	3,00	2,90	3,10	3,00	3,10	3,10	3,00	3,30	3,40	4.692	8	22	176	1,00	10.560	44,43%
İSTASYON 9	6,10	5,90	6,00	6,20	5,80	6,30	6,50	6,00	6,00	5,80	9.114	8	22	176	1,00	10.560	86,30%
İSTASYON 10	3,10	3,00	3,30	2,90	3,10	3,50	3,30	3,10	3,10	3,10	4.681	8	22	176	1,00	10.560	44,33%
İSTASYON 11	61,00	61,30	61,20	61,50	60,80	60,15	60,40	61,20	63,00	61,80	92.626	8	22	176	10,00	105.600	87,71%

Tablo 79 üzerinde işletmenin aylık ortalama verileri kullanılarak kapasitesi analiz edilmiştir. Belirli ürünlerin toplam üretimde önemli bir ağırlığı görülmektedir. Diğer ürünler sütununda çok sayıda farklı ve birbirine benzer ürünler yer almaktadır. Görüldüğü gibi üretim sürecinde iki üretim istasyonunda dar boğaz bulunmaktadır. İstasyon2 ve istasyon 5 (Lehimhane istasyonu). Üretim kayıplarının azaltılması, kapasitenin etkin kullanılması ve ek mesailerin azaltılması için darboğazın en etkin olduğu İstasyon 5'e odaklanılacaktır.

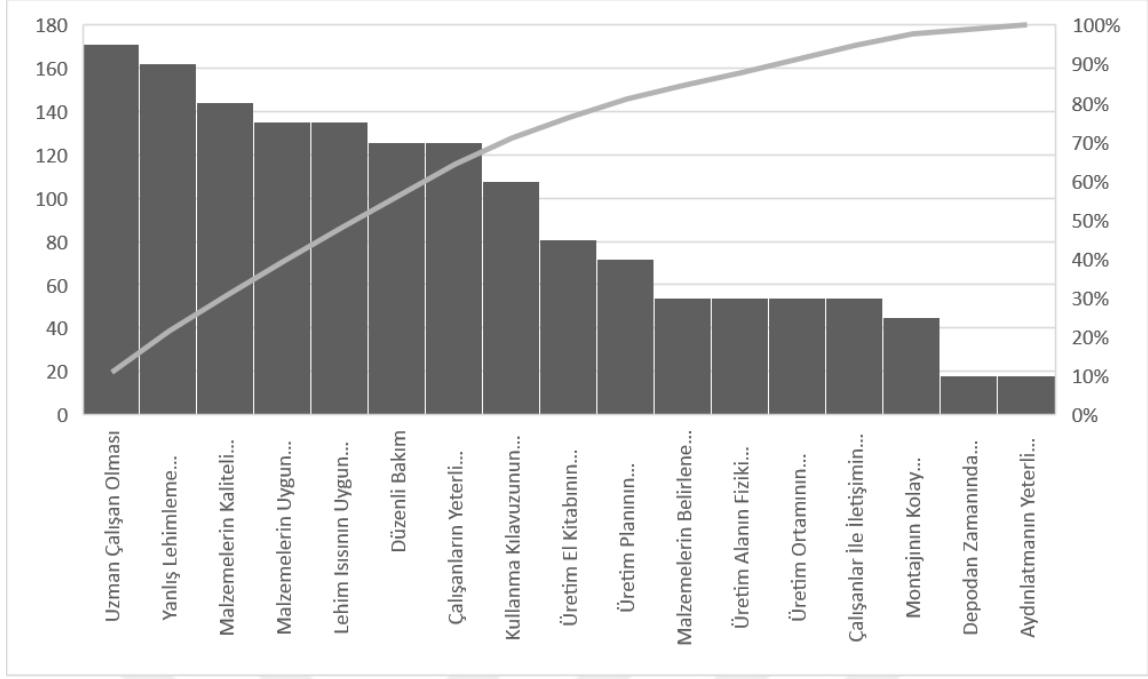
Üretim sürecinde özellikle fire ve rötüş oranlarının tespit edilmesi ve kapasite analizi ile ek mesai yapılma nedenlerini ortaya çıkarmak için neden sonuç matrisi (tablo 80) oluşturulmuştur. Matris oluşturulurken aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

- Müşteriler için çıktıların önem derecesi 1'den 10'a kadar derecelendirilmiştir. 1 en önemsiz ve 10 da en önemli olduğunu ifade etmektedir.
- Her bir girdinin etkisi de benzer ölçek ile analiz edilmiştir. 1 en düşük etkiyi ve 10 da en yüksek etkiyi temsil etmektedir.
- Her süreçteki girdi çıktı ilişkisinin rakamsal değeri toplam sütununda gösterilmektedir.

Tablo 80 Neden Sonuç Matrisi

Sıra No	Süreç Adımları	Müşteri Girdisi	Çıktılar		Toplam
			Rotüş	Fire	
1		Malzeme			
1a		Depodan Zamanında Teslim	1	1	18
1b		Malzemelerin Kaliteli Olması	9	9	162
1c		Malzemelerin Belirlenen Sırada Tasnifi	3	3	54
1d		Malzemelerin Uygun Karışımda Olması	9	9	162
2		Ortam			
2a		Üretim Alanının Fiziki Olarak Yeterli Olması	3	3	54
2b		Üretim Ortamının Isısının Elverişli Olması	3	3	54
2c		Aydınlatmanın Yeterli Olması	1	1	18
3		Makine			
3a		Düzenli Bakım	9	9	162
3b		Yanlış Lehimleme Yapılması	9	9	162
3c		Lehim Isısının Uygun Olması	9	9	162
4		Çalışan			
4a		Uzman Çalışan Olması	10	9	171
4b		Çalışanların Yeterli Eğitim Alması	9	5	126
4c		Montajının Kolay Yapılması	2	3	45
4d		Kullanma Kılavuzunun Anlaşılır Olması	3	3	54
5		Yönetimsel Özellikler			
5a		Üretim Planının Zamanında Hazırlanması	4	4	72
5b		Çalışanlar İle İletişimin Etkin Kurulması	3	3	54
5c		Üretim El Kitabının Hazırlanması	4	5	81
5d		Kullanma Kılavuzunun Anlaşılır Olması	3	3	54

Bu matriste yer alan veriler kullanılarak olası etkilerin Pareto diyagramı oluşturulmuştur (şekil 75).



Şekil 75 Neden Sonuç Matrisinin Pareto Diyagramı

Pareto diyagramında da görüldüğü gibi en önemli girdiler tablo 81 üzerinde gösterilmektedir:

Tablo 81 Sonuca Etki Eden Unsurlar ve Kullanılacak Yöntemler

Müşteri Girdisi Öncelikler	Toplam	Kullanacak Yöntemler
Uzman Çalışan Olması	171	İnsan Kaynakları Performans Raporu
Yanlış Lehimleme Yapılması	162	Veri Toplama
Malzemelerin Kaliteli Olması	144	Kalite Kontrol Raporu
Malzemelerin Uygun Karışımda Olması	135	Regresyon Analizi
Lehim Sıcaklığının Uygun Olması	135	Regresyon Analizi
Düzenli Bakım	126	Bakım Raporu
Çalışanların Yeterli Eğitim Alması	126	Eğitim İhtiyaç Planlaması

Bu girdilerin ağırlıklı olarak İstasyon 5’de görülmesi, bir taraftan rötuş ve fire ve diğer taraftan da ek mesai ve kapasitenin etkin kullanımı için İstasyon 5’e odaklanılması gerektiğinin bir göstergesidir.

3.2.2 Ölçüm Aşaması

Ölçüm aşamasında proje kapsamında aşağıdaki başlıklar incelenmektedir:

- Veri toplama planının oluşturulması
- Ölçüm sisteminin analizi
- Süreç yeterliliğinin tespiti ve ölçümü
- Katma değer analizinin yapılması

- Grafiksel analizlerin yapılması

3.2.2.1 Veri Toplama Planının Oluşturulması

Tablo 82 üzerinde veri toplama planı gösterilmektedir. Görüldüğü gibi bu planda girdi ve çıktılar ile veri türü, veri toplama sıklığı ve ölçüm yöntemi gösterilmektedir.

Tablo 82 Veri Toplama Planı

Girdi/Çıktı	Adı	Veri Türü	Toplama Sıklığı	Ölçüm Yöntemi
Çıktı	Uzman Çalışan Olması	Kalitatif	Geçmiş Raporlar	İnsan Kaynakları Performans Raporu
Çıktı	Yanlış Lehimleme Yapılması	Ölçülebilir	Günlük	Veri Toplama
Girdi	Malzemelerin Kaliteli Olması	Kalitatif	Evet/Hayır	Kalite Kontrol Raporu
Girdi	Malzemelerin Uygun Karışımda Olması	Ölçülebilir	Günlük	Regresyon Analizi
Girdi	Lehim Sıcaklığının Uygun Olması	Ölçülebilir	Günlük	Regresyon Analizi
Girdi	Lehim Süresi	Ölçülebilir	Günlük	Regresyon Analizi
Girdi	Lehim Zamanı	Ölçülebilir	Günlük	Regresyon Analizi
Çıktı	Düzenli Bakım	Kalitatif	Geçmiş Raporlar	Bakım Raporu
Girdi	Çalışanların Yeterli Eğitim Alması	Kalitatif	Geçmiş Raporlar	Eğitim İhtiyaç Planlaması

Veri toplama planında ana soruna etki eden unsurlar için ne tür verilere ihtiyaç olduğu ve bunların nasıl ve hangi sıklıkla toplanacağı belirtilmektedir.

3.2.2.2 Süreç Yeterliliğin Tespiti ve Ölçümü

3.2.2.2.1 Sürecin MFHO ve Sigma Değerinin Hesaplanması

Firmanın mevcut durumuna ilişkin önemli bir gösterge olarak MFTH (DPMO) ve buna bağlı olarak süreç adımları ve sürecin geneli bazında tablo 83'de gösterilen ölçümler yapılmıştır.

Tablo 83 Sürecin Sigma Değerleri

Süreç Adımları	Üretim Miktarı	Fire	Rötuş	Getiri	ÜBH_%	MFHO	Süreç Sigma Değeri
İSTASYON 1	1.143.307	3.140	8.740	98,9609%	1,0391%	10.391	3,812
İSTASYON 2	1.140.167	10.158	3.950	98,7626%	1,2374%	12.374	3,745
İSTASYON 3	1.130.009	1.216	1.152	99,7904%	0,2096%	2.096	4,363
İSTASYON 4	1.128.793	39.846	69.165	90,3427%	9,6573%	96.573	2,801
İSTASYON 5	1.088.947	9.608	8.112	98,3727%	1,6273%	16.273	3,638
İSTASYON 6	1.079.339	5.139	1.425	99,3919%	0,6081%	6.081	4,007
İSTASYON 7	1.074.201	1.913	7.790	99,0967%	0,9033%	9.033	3,864
İSTASYON 8	1.072.287	1.019	234	99,8832%	0,1168%	1.168	4,544
İSTASYON 9	1.071.268	1.949	228	99,7967%	0,2033%	2.033	4,373
İSTASYON 10	1.069.319	2.399	3.175	99,4787%	0,5213%	5.213	4,061
İSTASYON 11	1.066.920	2.992	4.583	99,2900%	0,7100%	7.100	3,952
Toplam	1.066.920	79.379	108.553	82,3855%	17,6145%	176.145	2,430

Görüldüğü gibi sürecin MFHO 128.657 Sigma değeri ise, 2,43 ve olarak ölçülmüştür. Ayrıntılı süreç bazında ise, en yüksek MFHO (96.573) ve buna bağlı olarak en düşük Sigma değeri (2,801) istasyon 5 (Lehimhanede) görülmektedir.

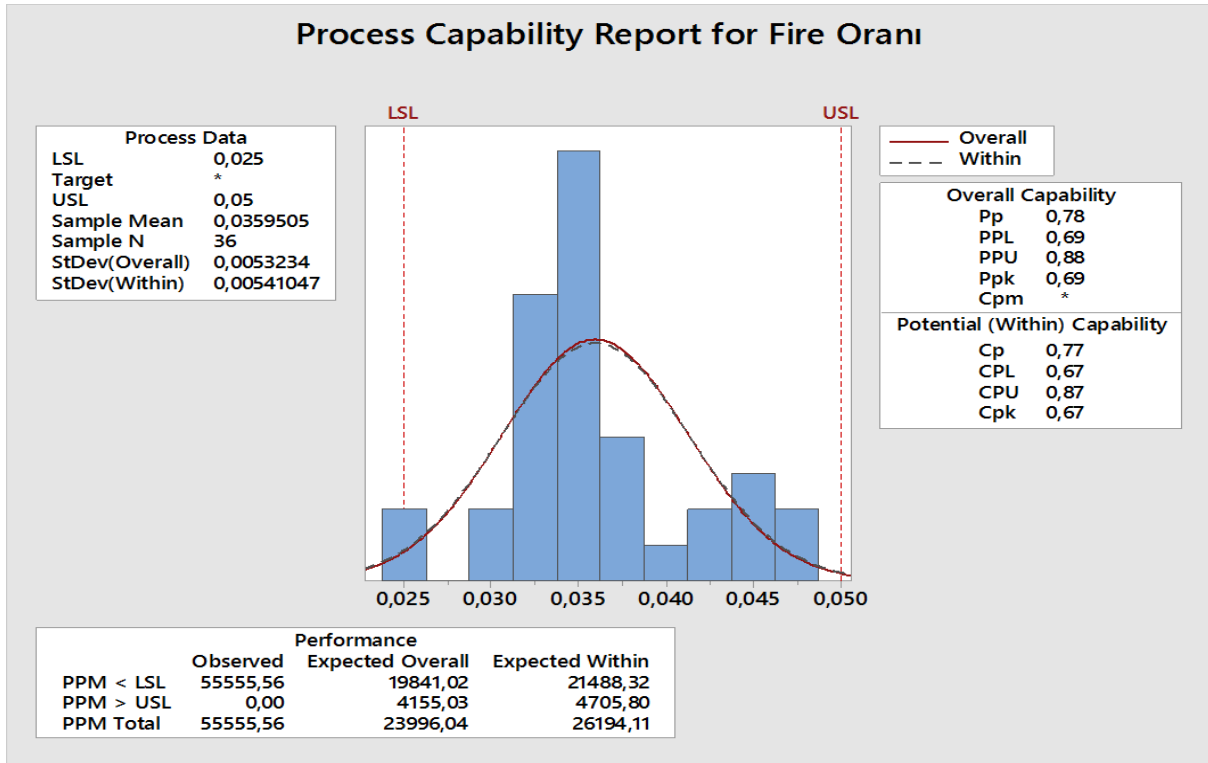
3.2.2.2.2 Süreç Normallik Analizi

Sürecin yeterlilik analizini gerçekleştirmek için geçmiş dönemlerde yapılan ölçümler kullanılarak (Tablo 84) firmanın mevcut durumdaki süreç yeterliliği analiz edilmektedir. Veriler, 10'ar gün ara ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilmiştir.

Tablo 84 Geçmiş Dönemlere Ait Fire oranı

1	0,0389	13	0,0358	25	0,0476
2	0,0441	14	0,0355	26	0,0245
3	0,0424	15	0,0352	27	0,0348
4	0,0310	16	0,0349	28	0,0326
5	0,0365	17	0,0347	29	0,0336
6	0,0367	18	0,0344	30	0,0335
7	0,0355	19	0,0341	31	0,0441
8	0,0476	20	0,0339	32	0,0424
9	0,0245	21	0,0336	33	0,0310
10	0,0348	22	0,0333	34	0,0365
11	0,0326	23	0,0330	35	0,0367
12	0,0460	24	0,0327	36	0,0355

Tablo 14 üzerindeki veriler kullanılarak şekli 5 üzerinde gösterilen rapor elde edilmiştir



Şekil 76 Üretim Sürecinin Yeterlilik Analizi

Şekil 76'da yer alan süreç yeterlilik değerleri $C_p = 0,77$, $C_{pk} = 0,67$, $P_p = 0,78$ ve $P_{pk} = 0,69$ olarak hesaplanmıştır. C_p ve P_p değerleri ile C_{pk} ve P_{pk} değerleri birbirine yakın olduğu için süreç durağan ve güvenilirdir.

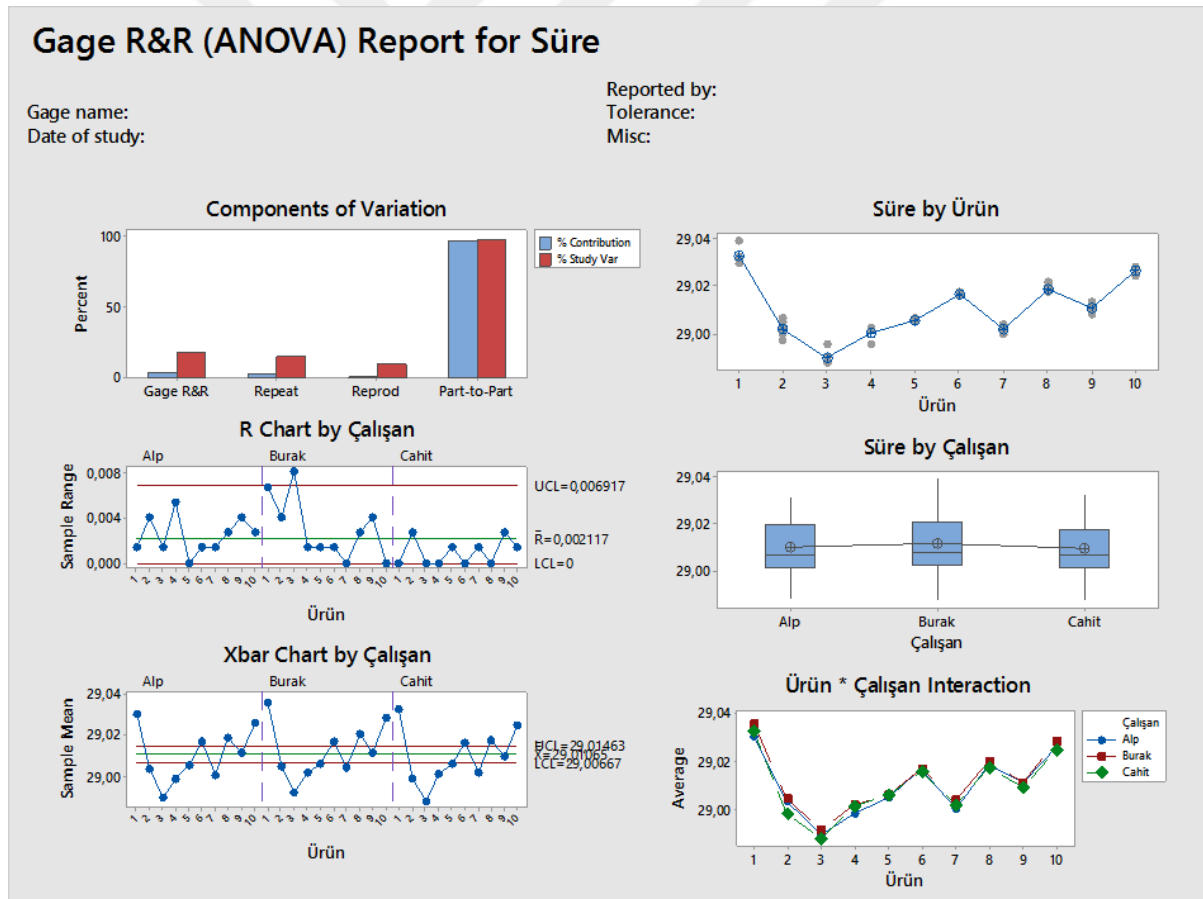
3.2.2.1 Ölçüm Sisteminin Analizi

Ölçüm sisteminin analizinde öncelikle elde edilen verilerin güvenilir olup olmadığı belirlenmeli, diğer bir deyişle ölçüm sistemi analizi yapılmalıdır. İstasyon 5'de üç farklı çalışanların gerçekleştirdiği lehim faaliyetinin süreleri ile ilgili veriler toplanmıştır (Tablo 85). Toplanan veriler, firmada üretilen ürünler içerisinde en çok üretilen ürün grubuna aittir (Kapasitenin yaklaşık olarak %40'ını kullanan bir ürün grubudur).

Tablo 85 Lehim Süreleri

Ürün	Alp		Burak		Cahit	
	1	2	1	2	1	2
1	29,030	29,031	29,032	29,039	29,032	29,032
2	29,001	29,005	29,007	29,003	29,000	28,997
3	28,989	28,991	28,988	28,996	28,988	28,988
4	28,996	29,001	29,001	29,003	29,001	29,001
5	29,005	29,005	29,005	29,007	29,005	29,007
6	29,016	29,018	29,016	29,018	29,016	29,016
7	29,000	29,001	29,004	29,004	29,001	29,003
8	29,018	29,020	29,019	29,022	29,018	29,018
9	29,014	29,009	29,014	29,009	29,008	29,011
10	29,027	29,024	29,028	29,028	29,024	29,026

Şekil 77 üzerinde Minitab kullanılarak Gage R&R ölçümü yapılmıştır



Şekil 77 İstasyon 5 Gage R&R Ölçümü

Ölçüm sisteminin analizinden sonra sürecin yeterliliği test edilmiştir.

Şekil 77 üzerinde bakılacak en önemli alanlardan birisi, varyasyonun bileşenleri grafiğidir. İyi bir ölçüm siteminde en büyük pay, parçadan parçaya varyasyon olmasıdır.

Tekrarlanırlık ve aynılık yüzdesinin düşük olması, sistemin performansı açısından oldukça önemlidir ki ölçümde bu görülmektedir.

X-bar diyagramındaki noktaların, kontrol limitlerinin dışında olması durumu, ölçüm sistemi kabul edilebilir olduğu anlamına gelmektedir. Aynılıktan kaynaklanan varyasyon parçalar arasındaki varyasyona göre daha düşük düzeydedir.

Çalışan ve süre grafiğinde iki operatörler arasındaki çizgi X eksenine yatay olduğu için, aynı ölçüm yapılmıştır.

Çalışanların ölçümü nasıl yaptıklarını gösteren son grafikte (tablo 86) ise, çizgiler bir birbirlerine paralel olduğu için operatörlerin parçaları benzer yöntemleri ile ölçtükleri görülmektedir.



Tablo 86 Gage R&R Anova Çözüm Raporu

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Ürün	9	0,0092458	0,0010273	273,430	0,000
Çalışan	2	0,0000706	0,0000353	9,389	0,002
Ürün * Çalışan	18	0,0000676	0,0000038	0,863	0,621
Repeatability	30	0,0001306	0,0000044		
Total	59	0,0095146			

α to remove interaction term = 0,05

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Ürün	9	0,0092458	0,0010273	248,797	0,000
Çalışan	2	0,0000706	0,0000353	8,543	0,001
Repeatability	48	0,0001982	0,0000041		
Total	59	0,0095146			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0000057	3,23
Repeatability	0,0000041	2,34
Reproducibility	0,0000016	0,88
Çalışan	0,0000016	0,88
Part-To-Part	0,0001705	96,77
Total Variation	0,0001762	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,0023846	0,0143077	17,96
Repeatability	0,0020320	0,0121922	15,31
Reproducibility	0,0012479	0,0074875	9,40
Çalışan	0,0012479	0,0074875	9,40
Part-To-Part	0,0130587	0,0783525	98,37
Total Variation	0,0132747	0,0796481	100,00

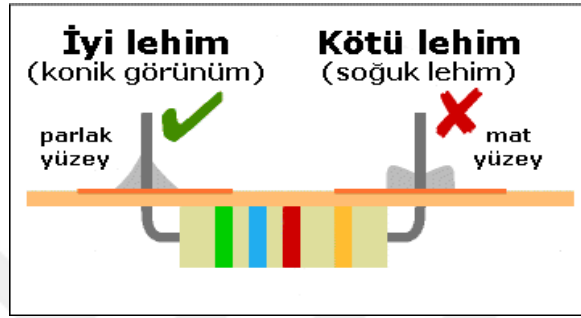
Number of Distinct Categories = 7

p değeri ile varyasyon kaynağının önemi tanımlanmaktadır. Ölçümde, p değerinin %5'in çok altında olduğu (%0) görülmektedir ki çok önemli ve güvenilir bir ölçüm sisteminin varlığına işaret etmektedir.

Ölçümde, Gage R&R (Study Var) %17,96 düzeyinde olup, ölçüm sistemi kabul edilebilir olarak nitelendirilir. Farklı kategori sayısının da (NDC) 5 veya 5'den büyük olması gerekir ki, ölçümde bu değer 7'dir.

3.2.2.1.1 Yanlış Lehimleme Yapılması İle İlgili Veri Toplama

Tanımlama aşamasında tespit edilen etkenler (küçük Y'ler ve veya X'ler) çim kullanılan yöntemler belirlenmişti. Ölçüm aşamasında bu etkenlerin hangilerinin çıktılar üzerindeki etkisi kullanılacak yöntemler vasıtası ile tespit edilmektedir.



Şekil 78 İyi ve Kötü Lehim³⁴⁴

Şekil 78 üzerinde lehim işleminin iyi ve kötü olarak görünümü verilmiştir.



Şekil 79 Hatalı lehim Örnekleri

Şekil 79 üzerinde birkaç kötü lehim örneği görülmektedir. Fazla ısıdan lehim bozulmuş olacağı gibi yanlış tel ve yanlış uç kullanımı da hatalı lehim yapılmasına neden olabilmektedir.

YAS projesi kapsamında farklı ürünler ile ilgili tablo 87 üzerindeki üretim miktarları ve lehimhindeki hatalı lehim miktarları toplanmış fire oranları hesaplanmıştır.

³⁴⁴ <http://www.tamsat.org.tr/tr/iyi-bir-lehim-nasil-yapilir> (erişim tarihi: 6 Eylül 2016)

Tablo 87 Fire Oranları

	Üretim Miktarı	Hatalı Mitar	Fire Oranı	Üretim Miktarı	Hatalı Mitar	Fire Oranı	Üretim Miktarı	Hatalı Mitar	Fire Oranı		
1	5.405	210	3,89%	13	2.544	91	3,58%	25	1.008	48	4,76%
2	2.404	106	4,41%	14	1.944	69	3,55%	26	3.588	88	2,45%
3	7.813	331	4,24%	15	7.410	261	3,52%	27	1.063	37	3,48%
4	9.394	291	3,10%	16	5.808	203	3,49%	28	645	21	3,26%
5	2.798	102	3,65%	17	3.806	132	3,47%	29	2.350	79	3,36%
6	3.955	145	3,67%	18	3.342	115	3,44%	30	3.458	116	3,35%
7	2.480	88	3,55%	19	2.637	90	3,41%				
8	1.910	91	4,76%	20	2.392	81	3,39%				
9	9.501	233	2,45%	21	982	33	3,36%				
10	3.533	123	3,48%	22	3.152	105	3,33%				
11	3.315	108	3,26%	23	2.244	74	3,30%				
12	783	36	4,60%	24	2.021	66	3,27%				

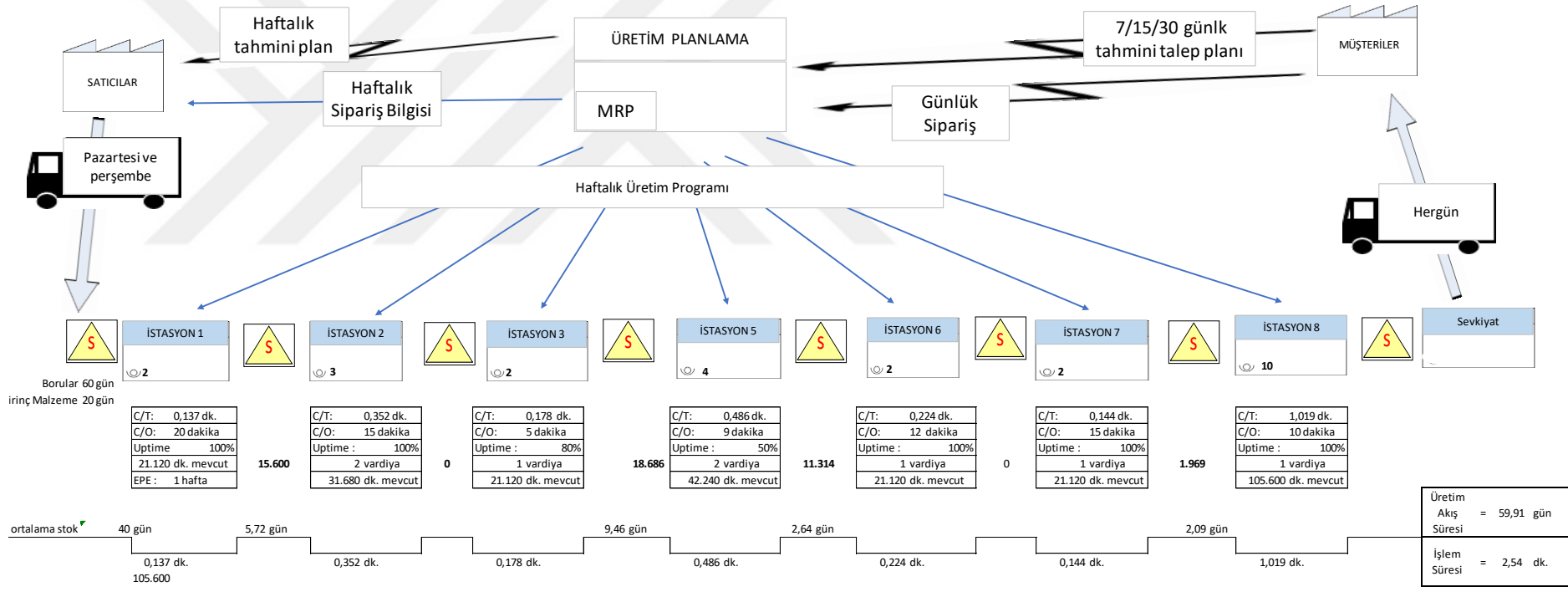
3 farklı günde 10 farklı ürün üzerinden toplam 30 farklı ürüne ilişkin yapılan veri toplama çalışmaları sonucunda öncelikli olarak kullanılan malzemenin kaliteli olup olmadığı sorgulanacaktır.

3.2.2.2 Katma Değer Analizinin Yapılması

Firma 'da üretim süreci ve bu süreçteki değer akış haritası şekil 80 üzerinde gösterilmektedir. Ürünler sırası ile İstasyon 1 ile istasyon 11 arasında işlem görmekte ve mamul ambarına sevk edilmektedir.

Aylık ortalama 105.000 adet yapılan üretimin merkezlerden geçerken kapasiteleri dikkate alınarak, stoklu çalışıp çalışmayacağı belirlenmektedir.

Örneğin, talaşlı imalatta üretim 2 vardiyada yapılmaktadır. Birinci vardiyada 2; ikinci vardiyada ise, 1 kişi çalışmaktadır. Talaşlı imalatta çevrim süresi, 0,352 dk. ve hazırlık süresi ise, 15 dakikadır. Talaşlı imalatta 6 farklı ürün boyutuna göre üretim yapılmaktadır. Ayda bu ürünlerden farklı miktarlarda üretim yapılmaktadır. Bu nedenler her ay, en az 90 dakika hazırlık zamanına ayrılmaktadır. Talaşlı imalatın istasyonunun kapasitesi aylık 31.680 dakikadır. Günlük 9 saat çalışan firmada cumartesi günleri nadiren/özel durumlar için ek mesai yapılmaktadır. 31.680 dk. 3 çalışanın günde 8 saat (480 dk.), ayda 22 gün üzerinden yapacağı çalışma şeklinde hesaplanmıştır. İhtiyaç duyulan süre, 37.171 dk., birinci vardiyada 21.120 dakikada 60.000 adet; ikinci vardiyada ise, 10.560 dakikada, 30.000 adet üretim yapılabilir. Geri kalan 15.600 adet ürünün üretimi için ise, stoklu çalışma söz konusu olacaktır.



Şekil 80 Mevcut Durumun Değer Akışı

10.560 dakika için ise 5,72 gün stok süresi belirlenmiştir. 1 çalışan günde 480 dakika çalışarak 2.728 parça üretebilmektedir. 10.560 adet ürün için ise, 5,72 güne ihtiyaç vardır. Bu zaman kaybını ortadan kaldırmak ve üretim hızını azaltmamak için talaşlı üretim istasyonunun girişinde 5,72 günlük (6 gün) stok bulundurulmaktadır. Benzer işlemler diğer istasyonlar için de yapılmıştır.

Şekil 80 üzerinde gösterildiği gibi, üretim akış süresi 60 gün ve işlem süresi ise, 2,54 gün olarak hesaplanmıştır. Üretim akış süresinde en uzun sürenin İstasyon 5’de olduğu görülmektedir. İstasyon bazında ayrıntılı olarak yapılan katma değer analizi sonuçları tablo 88 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 88 Katma Değer Analizi

Süreç Adımları	İSTASYON 1	İSTASYON 2	İSTASYON 3	İSTASYON 5	İSTASYON 5	İSTASYON 6	İSTASYON 7	Toplam
Üretim Miktarı	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000
Set-Up süresi _dakika	20	15	5	9	12	12	10	0
Set-Up Sayısı	10	6	6	11	5	8	6	0
Toplam Set-Up süresi _dakika	200	90	30	99	60	96	60	635
Üretim Süresi _dakika	0,137	0,352	0,178	0,486	0,224	0,144	1,019	0
Topla Üretim Süresi _dakika	14.385	36.960	18.690	51.030	23.520	15.120	106.995	266.700
Kapasite	21.120	31.680	21.120	42.240	21.120	21.120	105.600	264.000
Fire Oranı	0,27%	0,89%	0,11%	3,53%	0,88%	0,18%	0,28%	6,14%
Rötüş oranı	0,76%	0,35%	0,10%	6,13%	0,74%	0,73%	0,43%	9,24%
Fire Süresi	40	329	20	1.801	208	27	300	2.725
Rötüş Süresi	110	128	19	3.127	175	110	460	4.128
Katma Değer Yaratın Faaliyet Süresi	14.036	36.413	18.621	46.003	23.077	14.887	106.175	259.212
Katma Değer Yaratmayan Faaliyet Süresi	349	547	69	5.027	443	233	820	7.488
Katma Değer Yaratın Faaliyet Oranı	97,57%	98,52%	99,63%	90,15%	98,12%	98,46%	99,23%	97,19%
Katma Değer Yaratmayan Faaliyet Oranı	2,43%	1,48%	0,37%	9,85%	1,88%	1,54%	0,77%	2,81%

Tablo 88’de gösterildiği gibi sürecin genelinde katma değer yaratmayan faaliyetlerin toplam içindeki oranı %2,81 olarak hesaplanmaktadır. İstasyon 5’de bu oranın %9,85 gibi bir rakam olması YAS projesi için önemli bir sinyaldir.

3.2.3 Analiz Aşaması

3.2.3.1.1 Malzemelerin Kaliteli Olması Kalite Kontrol Raporu

Kalite kontrol biriminde satın alınan malzemelerin teslim alınması aşamasında yapılan kalite kontrollerini ne sıklıkla ve nasıl yaptığı incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Teslim alınan malzemeler, tedarikçi ile yapılan kalite şartnamesinin gereklerine göre kontrol edilerek teslim alınıyor.
- Şartnameye uymayan malzemeler için belirlenen tolerans aralıkları var. Bu aralıklar dâhilinde ve üretimde hataya yol açmayacaksa kabul ediliyor.
- Şartnameye uymayan malzemeler için belirlenen tolerans aralıkları dışında kalan malzemeler, teslim alınmıyor ve anında iade edilip yenisi ile değiştiriliyor.

Kalite kontrol biriminden alınan bu bilgiler sonrasında, malzemelerin kalitesinin hataya yol açmayacağı belirlenmiştir.

3.2.3.1.2 Malzemelerin Uygun Karışımda Olması Regresyon Analizi

Lehim faaliyetlerinde kalay ve kurşun gibi sarf malzemeleri kullanılmaktadır. Kaliteli bir lehim işlemi gerçekleştirmek için kabul gören karışım oranı %60 kalay ve %40 da kurşundur.

Kullanılan malzemelerin karışımları ile fire oranları tablo 89 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 89 Malzeme Karışımları ve Fire Oranları

Sıra	Üretim Miktarı	Kurşun	Kalay	Fire Oranı
1	5.405	3,30	4,11	0,0389
2	2.404	1,42	1,86	0,0441
3	7.813	1,67	5,01	0,0424
4	9.394	1,61	7,06	0,0310
5	2.798	1,64	2,17	0,0365
6	3.955	2,33	3,21	0,0367
7	2.480	1,53	1,99	0,0355
8	1.910	1,25	1,65	0,0476
9	9.501	5,71	7,28	0,0245
10	3.533	2,22	2,73	0,0348
11	3.315	2,01	2,56	0,0326
12	783	1,50	0,61	0,0460
13	2.544	1,55	1,73	0,0358
14	1.944	1,17	1,42	0,0355
15	7.410	4,45	5,63	0,0352
16	5.808	3,42	4,41	0,0349
17	3.806	2,33	2,89	0,0347
18	3.342	2,01	2,61	0,0344
19	2.637	1,59	1,99	0,0341
20	2.392	1,47	1,78	0,0339
21	982	0,63	2,38	0,0336
22	3.152	1,79	2,41	0,0333
23	2.244	1,41	1,78	0,0330
24	2.021	1,30	1,56	0,0327
25	1.008	0,61	0,77	0,0476

Tablo 89 üzerindeki veriler kullanılarak kullanılan malzemelerin karışımları ile fire oranları arasındaki ilişki regresyon ile analiz edilmiştir. Regresyon sonuçları tablo 90 üzerinde gösterilmektedir.

Analiz sonuçlarından görüldüğü gibi, fire oranı ve karışım arasında bir nedensellik ilişkisi yoktur. Analizin p değeri (0,000) 0,05 değerinden düşük olduğu için regresyon

önemlidir. Ancak R kare ve ayarlı değerlerinin düşük olması, karışım oranlarının fire oranlarını açıklamakta yetersiz olduğunu göstermektedir.

Tablo 90 Regresyon Sonuçları

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	0,000176	0,000088	3,71	0,041
Kurşun	1	0,000014	0,000014	0,60	0,446
Kalay	1	0,000034	0,000034	1,43	0,244
Error	22	0,000524	0,000024		
Total	24	0,000700			

Model Summary

S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)
0,0048788	25,20%	18,40%	0,00%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,04119	0,00205	20,09	0,000	
Kurşun	-0,00100	0,00128	-0,78	0,446	2,18
Kalay	-0,000993	0,000829	-1,20	0,244	2,18

Regression Equation

$$\text{Fire Oranı} = 0,04119 - 0,00100 \text{ Kurşun} - 0,000993 \text{ Kalay}$$

Regresyon eşitliğinde de görüldüğü gibi kurşun ve kalayın fire oranı üzerinde önemli bir etkisi görülmemektedir.

3.2.3.1.3 Lehim Sıcaklığının Regresyon Analizi

Lehim yapılırken çalışanlara verilen talimatlar aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur³⁴⁵:

1. Havya istasyonu çalıştırılır
2. İlk açılışta, yeterli seviyede ısındığında havyanın ucuna lehim verilir
3. Havyanın ucunu, nemlendirilmiş temizleme süngeri yardımı ile temizlenir ve havyanın ucunun gümüş rengini almasını sağlar
4. Lehimleme yapılacak yüzeyi temizlenir
5. Havya ucuna biriken lehimleri sık sık temizleyerek lehimleme işlemini yapılır
6. Lehimleme işlemini bitirdikten sonra, havyanın ucunu temizlenir
7. Havyanın sıcaklık seviyesini düşürülür

³⁴⁵ Firmanın iş prosedürleri ve talimatları el kitapçığı

8. Kurşunlu lehimler için erime sıcaklığı **183 C° ve** kurşunsuz lehimleme için erime sıcaklığı **217 C°** dir. Sıcaklık ayarına dikkat edin
9. Alt ısıtıcı kullanılmayan durumlarda lehimleme mutlaka **350 ±10 C** nin altında olmalıdır.
10. Alt ısıtıcı kullanılan durumlarda havya ucunun sıcaklığının **260 ± 10 C** aralığında olmalıdır.
11. Havyayı işlem yapılan parça üzerinde tutma süresi en fazla **5 saniye** olmalıdır.

Prosedürde görüldüğü gibi lehim sıcaklığı çok önemlidir. İşlem yapılan parçanın kaliteli olması için sıcaklığa dikkat edilmesi gerekmektedir. Firmada alt ısıtıcı kullanılmadan lehim yapıldığı için sıcaklığın 350 ±10 C° seviyelerinde olması gerekmektedir. Yapılan ölçümlerin sonucu tablo 91 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 91 lehim Sıcaklığı ve Fire Oranları

Sıra	Isı	Üretim Miktarı	Fire Miktarı	Fire Oranı
1	387	108	12	0,111
2	392	108	10	0,093
3	398	120	12	0,100
4	387	111	11	0,099
5	379	129	3	0,023
6	362	135	3	0,022
7	360	114	5	0,044
8	377	138	4	0,029
9	338	120	7	0,058
10	331	150	2	0,013
11	349	135	7	0,052
12	356	159	8	0,050
13	383	129	9	0,070
14	344	138	6	0,043
15	362	144	4	0,028
16	331	152	4	0,026
17	330	149	2	0,013
18	332	138	3	0,022
19	330	142	2	0,014
20	330	140	3	0,021
21	331	146	3	0,021
22	331	140	2	0,014
23	330	148	3	0,020
24	330	150	2	0,013
25	331	156	3	0,019

Farklı derecelerde yapılan üretim ve bu üretimdeki fire miktarları kullanılarak fire oranları hesaplanmıştır. Sıcaklığın fire miktarı ve fire oranı üzerinde etkisi olup olmadığını belirlemek için regresyon analizi kullanılmıştır. Regresyon sonuçları tablo 92 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 92 Regresyon Sonuçları

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	0,007066	0,007066	12,44	0,004
Isı	1	0,007066	0,007066	12,44	0,004
Error	13	0,007384	0,000568		
Lack-of-Fit	12	0,007368	0,000614	39,79	0,123
Pure Error	1	0,000015	0,000015		
Total	14	0,014450			

Model Summary

S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)
0,0238320	48,90%	44,97%	35,43%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0,340	0,112	-3,03	0,010	
Isı	0,001074	0,000305	3,53	0,004	1,00

Regression Equation

$$\text{Fire Oranı} = -0,340 + 0,001074 \text{ Isı}$$

Regresyon sonuçlarına bakıldığında p değerinin 0,05'in altında olması, değişkenlerin anlamlı olduğunu göstermektedir. Ancak, R kare ve ayarlı R kare değerleri regresyon sonuçlarının güvenilir olmadığını göstermektedir. Bu nedenle lehim sıcaklığının doğrudan fireye neden olduğu, diğer bir ifade ile varyasyona neden olduğu sonucuna ulaşamayız.

3.2.3.1.1 Lehim Süresinin Regresyon Analizi

Üretim süresinin rötuş/fireye neden olup olmadığını analiz etmek amacı ile farklı tarihlerde üretim miktarları, toplam ve birim üretim süreleri ile rötuş miktarları ve oranları toplanmış ve yapılan hesaplamalar tablo 93 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 93 Üretim Süreleri Ve Rötüş oranları

Sıra	Üretim Miktarı	Üretim Süresi_sn	Birim Üretim Süresi_sn	Rötüş Miktarı	Rötüş Oranı
1	665	2160	0,31	44	6,62%
2	630	1950	0,32	46	7,30%
3	620	1980	0,31	48	7,74%
4	680	2040	0,33	52	7,65%
5	675	2160	0,31	42	6,22%
6	620	1770	0,35	64	10,32%
7	630	1890	0,33	48	7,62%
8	625	2040	0,31	42	6,72%
9	630	2130	0,30	44	6,98%
10	595	1830	0,33	50	8,40%
11	575	1740	0,33	54	9,39%
12	585	1950	0,30	36	6,15%
13	570	2250	0,25	40	7,02%
14	565	1980	0,29	42	7,43%
15	625	2040	0,31	46	7,36%
16	630	1710	0,37	84	13,33%
17	640	1740	0,37	80	12,50%
18	670	1860	0,36	72	10,75%
19	695	1950	0,36	70	10,07%
20	700	2310	0,30	38	5,43%
21	685	2130	0,32	44	6,42%
22	645	2160	0,30	48	7,44%
23	665	1950	0,34	58	8,72%
24	650	1980	0,33	56	8,62%
25	640	1890	0,34	54	8,44%
26	632	1824	0,35	60	9,50%
27	623	1758	0,35	68	10,91%
28	615	1692	0,36	76	12,37%
29	606	1626	0,37	80	13,20%
30	598	1560	0,38	82	13,72%

Üretim süresi le rötüş oranı arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı 0,86 olarak hesaplanmıştır. Bu her iki değişken arasında aynı yönde güçlü bir ilişki olduğunun bir göstergesidir.

Tablo 94 üzerinde her iki değişken arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için regresyon analizi kullanılmıştır. Analizde p değerleri 0,05'in altında olduğu görülmektedir.

Tablo 94 Birim Üretim Süresi ve Rötüş Oranı Regresyon Sonuç Raporu

Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Regression	1	0,011990	0,011990	79,65	0,000	
Birim Üretim Süresi_sn	1	0,011990	0,011990	79,65	0,000	
Error	28	0,004215	0,000151			
Lack-of-Fit	26	0,004194	0,000161	15,72	0,061	
Pure Error	2	0,000021	0,000010			
Total	29	0,016205				

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0122693	73,99%	73,06%	65,27%

Coefficients						
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	-0,1367	0,0253	-5,41	0,000		
Birim Üretim Süresi_sn	0,6828	0,0765	8,92	0,000	1,00	

Regression Equation
Rötüş Oranı = -0,1367 + 0,6828 Birim Üretim Süresi_sn

Lehim süresinin uzaması, rötüş/fire oranında artışa neden olduğu görülmektedir.

3.2.3.1.2 Lehim Zamanının Regresyon Analizi

Lehim süresi ile rötüş oranı arasındaki ilişki regresyon kullanılarak incelenmiştir. İstasyon 5'de 5 farklı günde 3 vardiyada saat bazına alınan veriler tablo 24 üzerinde gösterilmektedir.

Lehimin yapılmaya başladığı ve sona erdiği zaman diliminde her saatte üretimin başladığı saatten itibaren tablo 95 üzerinde görüldüğü gibi her saat başında üretimden veriler toplanmıştır.

Tablo 95 Saat Bazına Üretim ve Rötüş Verileri

Sıra	Zaman	Üretim Miktarı	Rötüş Miktarı	Rötüş Oranı
1	7:30:00 AM	665	40	6,02%
2	9:00:00 AM	630	25	3,97%
3	10:00:00 AM	620	20	3,23%
4	11:00:00 AM	680	20	2,94%
5	12:00:00 PM	675	25	3,70%
6	1:00:00 PM	620	30	4,84%
7	2:00:00 PM	630	35	5,56%
8	3:00:00 PM	625	35	5,60%
9	4:00:00 PM	630	45	7,14%
10	5:00:00 PM	595	40	6,72%
11	6:00:00 PM	575	35	6,09%
12	7:00:00 PM	585	45	7,69%
13	8:00:00 PM	570	40	7,02%
14	9:00:00 PM	565	45	7,96%
15	10:00:00 PM	625	55	8,80%
16	11:00:00 PM	630	50	7,94%
17	12:00:00 AM	640	40	6,25%
18	1:00:00 AM	670	50	7,46%
19	2:00:00 AM	695	60	8,63%
20	3:00:00 AM	700	55	7,86%
21	4:00:00 AM	685	60	8,76%
22	5:00:00 AM	645	65	10,08%
23	6:00:00 AM	665	50	7,52%
24	7:00:00 AM	650	55	8,46%

Üretimin gerçekleştirildiği saat ile üretimdeki rötüş oranları arasında ilişki olup olmadığı korelasyon analizi ile ve varsa nasıl bir ilişki olduğu regresyon analizi ile görülmektedir.

Üretim zamanı ile rötüş oranı arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı 0,834 olarak hesaplanmıştır. Bu önemli bir gösterge olup üretimin gerçekleştirildiği saat ile rötüş arasında güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Ayrıca, tablo 96 üzerinde üretim zamanı ile rötüş oranı arasındaki ilişkinin regresyon analizi sonuçları gösterilmektedir. p değerlerinin 0,05'in altında olması bu modelin önemli olduğunu göstermektedir.

Tablo 96 Regresyon Sonuçları

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	0,003966	0,003966	19,88	0,000
zaman	1	0,003966	0,003966	19,88	0,000
Error	22	0,004389	0,000200		
Total	23	0,008356			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0141250	47,47%	45,08%	38,56%

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,04653	0,00538	8,65	0,000	
zaman	0,01767	0,00396	4,46	0,000	1,00

Regression Equation
Rötüş Oranı = 0,04653 + 0,01767 zaman

3.2.3.1.3 Düzenli Bakım

Üretimde kullanılan malzemeler ve makineler periyodik bakımdan geçmektedir. Bakım ve onarım birimi bakım faaliyetlerinin hangi makine ve teçhizat için ne sıklıkla yapıldığına ilişkin düzenli olarak yönetime rapor vermektedir.

Bakım ve onarım faaliyetlerinde, çalışanların lehim teçhizatlarını talimatlara uygun olarak kullanıp kullanmadıkları da izlenmekte ve raporlanmaktadır. Raporlarda İstasyon 5’de talimatlara uyulduğu, teçhizatların özenli olarak kullanıldığı ve dönemsel bakımlar dışında olağan dışı nedenden dolayı bakım faaliyetleri yapılmadığı raporlarda görülmektedir.

Raporlardan alınan bilgiler ışığında bakım faaliyetlerinin düzenli olarak yapıldığı ve bu nedenle üretimde gecikme ve hatalara neden olmadığı sonucuna varılmaktadır.

3.2.4 İyileştirme Aşaması

Projenin dördüncü aşamasında, önceki aşamalarda özellikle ölçüm ve analiz sonuçlarından elde edilen verilere kök neden üzerinde odaklanılarak iyileştirme üzerinde durulmaktadır. İyileştirme aşamasında yapılması gereken işlemler aşağıda gösterilmektedir.

- İyileştirme ve çözüm yollarının bulunması
- Fayda maliyet analizi yapılması

- Gelecekteki durumun tasarımı
- Performans hedeflerinin oluşturulması
- Uygulamak için onay al

3.2.4.1 İyileştirme ve Çözüm Yollarının Bulunması

İyileştirme aşamasında ilk adım, kök neden ve diğer nedenler için iyileştirme ve çözüm yollarının bulunmasıdır. Bu nedenle öncelikli olarak iyileştirme planı oluşturulmuştur.

Tablo 97 üzerinde iyileştirme planı gösterilmektedir.

Tablo 97 İyileştirme Planı

Girdi/Çıktı	Adı	Önerilen İyileştirme
Çıktı	Uzman Çalışan Olması	
Çıktı	Yanlış Lehimleme Yapılması	
Girdi	Malzemelerin Kaliteli Olması	
Girdi	Malzemelerin Uygun Karışımında Olması	
Girdi	Lehim Sıcaklığının Uygun Olması	Deneysel tasarım
Girdi	Lehim Süresi	Deneysel tasarım
Girdi	Lehim Zamanı	
Çıktı	Düzenli Bakım	
Girdi	Çalışanların Yeterli Eğitim Alması	

3.2.4.2 Deneysel Tasarım

İstasyon 5’de üretim süreleri ve lehim sıcaklığı üzerinde yapılan regresyon analizlerinde her iki değişkenin de üretimde kayıplara etkisi olduğu tespit edilmişti.

Lehim sıcaklıkları ve üretim sürelerinin aşağıda gösterildiği gibi üç farklı seviyeleri kullanılarak aynı üretim miktarlarındaki rötuş miktarları toplanmış ve rötuş oranları hesaplanmıştır.

Sıra	Süreç Parametreleri	1. seviye	2.Seviye	3. seviye
1	Lehim Sıcaklığı	330	350	370
2	Üretim Süresi	0,31	0,33	0,35

Lehim sıcaklığı için 330, 350 ve 370 dereceler; üretim süresi için de 0,31, 0,33 ve 0,35 saniye kullanılmış ve elde edilen veriler tablo 98 üzerinde düzenlenmiştir.

Tablo 98 İki Faktörlü Deneysel Tasarım Verileri

Sıra	Lehim Sıcaklığı	Lehim Süresi	Toplam üretim	Rötuş	Rötuş Oranı
1	370	0,33	400	30	7,50%
2	370	0,35	400	40	10,00%
3	370	0,35	400	39	9,75%
4	370	0,35	400	42	10,50%
5	330	0,35	400	41	10,25%
6	330	0,31	400	19	4,75%
7	370	0,33	400	33	8,25%
8	370	0,35	400	38	9,50%
9	370	0,31	400	18	4,50%
10	330	0,33	400	28	7,00%
11	330	0,33	400	26	6,50%
12	350	0,31	400	20	5,00%
13	350	0,33	400	25	6,25%
14	330	0,31	400	21	5,25%
15	350	0,33	400	23	5,75%
16	330	0,31	400	20	5,00%
17	370	0,35	400	42	10,50%
18	350	0,33	400	24	6,00%
19	370	0,35	400	46	11,50%
20	350	0,31	400	18	4,50%
21	330	0,33	400	26	6,50%
22	330	0,31	400	18	4,50%
23	350	0,35	400	45	11,25%
24	330	0,31	400	12	3,00%
25	350	0,31	400	11	2,75%
26	350	0,35	400	44	11,00%
27	350	0,33	400	30	7,50%
28	350	0,35	400	29	7,25%
29	330	0,31	400	29	7,30%
30	370	0,31	400	29	7,35%

Deneysel tasarımın önemini göstermek amacı ile ANOVA kullanılmaktadır. Lehim sıcaklığı ve üretim süresinin rötuş oranı üzerindeki etkilerini ölçmek için Genel doğrusal ANOVA kullanılmıştır. ANOVA sonuçları tablo 99 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 99 ANOVA Raporu

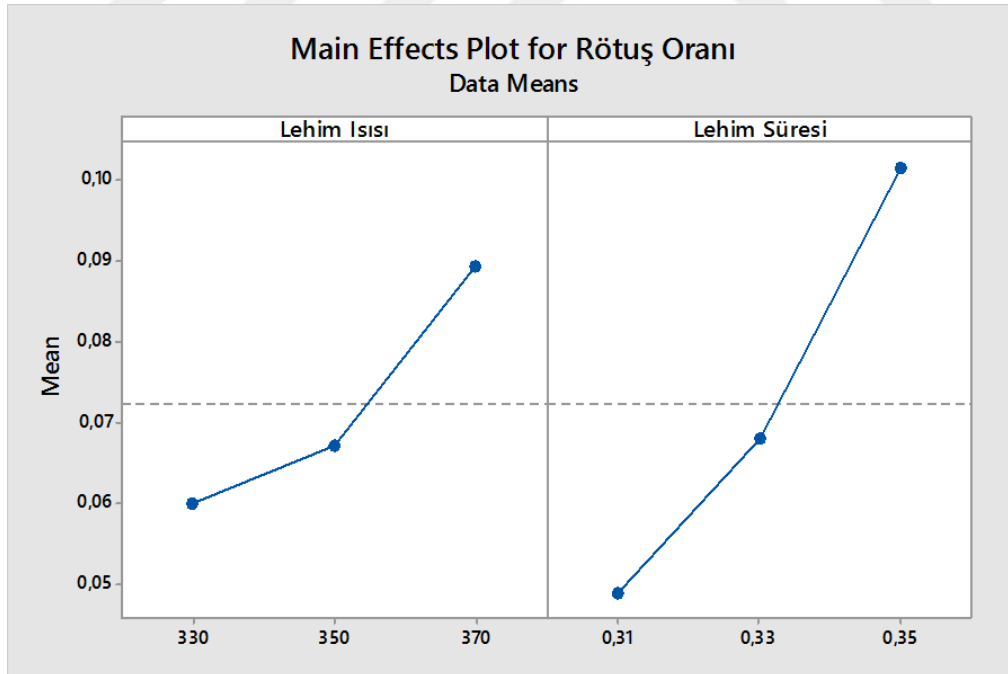
Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Lehim Isısı	Fixed	3	330; 350; 370
Lehim Süresi	Fixed	3	0,31; 0,33; 0,35

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Lehim Isısı	2	0,000559	0,000280	2,09	0,145
Lehim Süresi	2	0,010557	0,005278	39,49	0,000
Error	25	0,003342	0,000134		
Lack-of-Fit	4	0,000205	0,000051	0,34	0,845
Pure Error	21	0,003137	0,000149		
Total	29	0,018561			

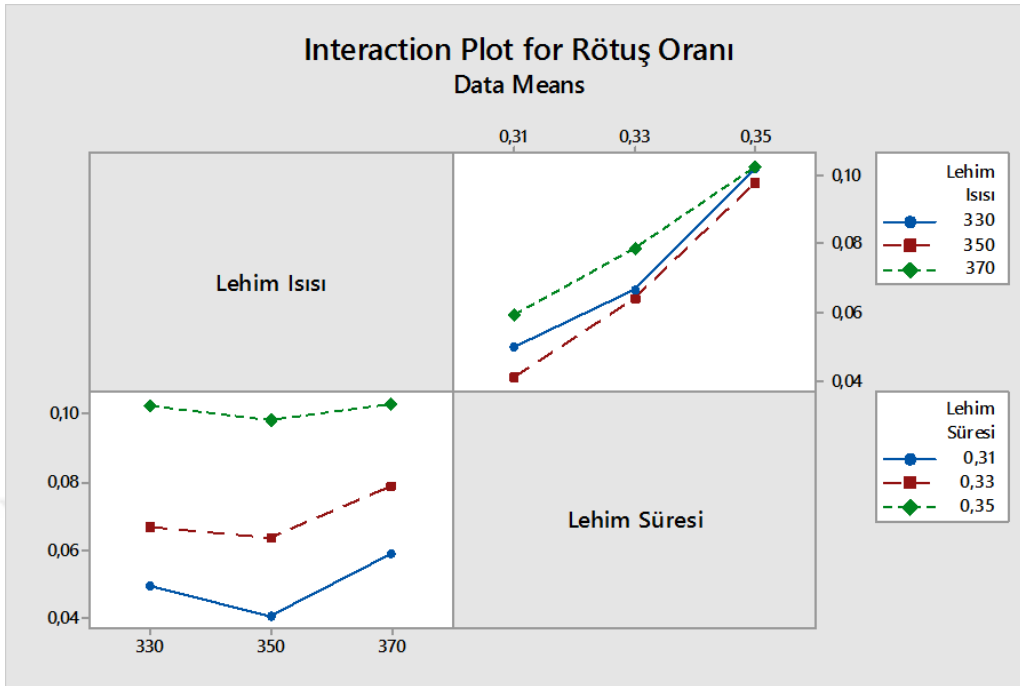
Lehim süresinin p değeri, 0,05'in altında ve lehim sıcaklığının p değeri 0,05'in üzerinde olduğu görülmektedir. Her iki faktörün optimal seviyelerini tespit etmek gerekmektedir. Parametreler arasındaki ilişkiyi göstermek amacı ile ana etkiler grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 81 Rötüş Oranı İçin Ana Etkiler Diyagramı

Şekil 81 üzerinde en uygun değerlerin lehim sıcaklığı için 330 derece ve üretim süresi için de 0,31 saniye olduğu görülmektedir. Ancak lehim sıcaklığı ve üretim süresi gibi parametrelerin birbirleri ile karşılıklı ilişki olasılıklarını da düşünerek etkileşim diyagramı

oluşturulmaktadır. Şekil 82 üzerinde lehim sıcaklık ve üretim süresinin karşılıklı ilişki diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 82 Karşılıklı İlişki Diyagramı

Karşılıklı ilişki diyagramında ana etkiler diyagramından farklı olarak lehim sıcaklığı için optimal değerin 350 derece ve üretim sürresinin de 0,31 saniye olduğu görülmektedir.

Bu durumda deneysel tasarımın sonuçlarına göre düşük rötüş oranı için en uygun değerler aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

Sıra	Süreç Parametreleri	En Uygun
1	Lehim Sıcaklığı	350
2	Üretim Süresi	0,31

Bu sonuçlar YAS ekibi ve yönetim ile tartışılmış ve yönetimden bu paramatiklerin denenmesi için onay alınmıştır.

Tablo 100 üzerinde deneysel tasarım sonucunda optimal değerlere göre üretim yapıldığı duruma ilişkin veriler yer almaktadır. 1 hafta süresince 5 iş gününde aynı saatlerde alınan üretim verileri ve rötüş miktarları ile oranları incelendiğinde rötüş oranlarındaki değerin gözle görülür şekilde azaldığı gözlemlenmektedir.

Tablo 100 Deneysel Tasarım Sonuçlarına Göre Yapılan Üretimin Sonuç Verileri

Günler	Sıra	Lehim Sıcaklığı	Üretim Süresi	Üretim Miktarı	Rötuş Miktarı	Rötuş Oranı
1. gün	1	350	0,31	994	55	5,51%
	2	350	0,31	976	59	6,07%
	3	350	0,31	958	64	6,66%
	4	350	0,31	940	50	5,34%
	5	350	0,31	921	55	5,94%
2. gün	6	350	0,31	933	54	5,77%
	7	350	0,31	910	53	5,81%
	8	350	0,31	967	55	5,69%
	9	350	0,31	948	51	5,38%
	10	350	0,31	930	54	5,80%
3. gün	11	350	0,31	920	55	5,98%
	12	350	0,31	994	48	4,86%
	13	350	0,31	976	32	3,27%
	14	350	0,31	1005	45	4,48%
	15	350	0,31	939	36	3,88%
4. gün	16	350	0,31	1014	36	3,60%
	17	350	0,31	987	44	4,44%
	18	350	0,31	915	55	5,98%
	19	350	0,31	886	54	6,09%
	20	350	0,31	848	43	5,07%
5. gün	21	350	0,31	830	46	5,49%
	22	350	0,31	911	36	4,00%
	23	350	0,31	963	32	3,31%
	24	350	0,31	902	43	4,77%
	25	350	0,31	909	33	3,63%

Tablo 100 üzerinde yer alan verilerin firmaya ne gibi bir değer kattığını parasal olarak tespit etmek için fayda maliyet analizi yapılmıştır.

3.2.4.3 Fayda Maliyet Analizi Yapılması

Analizde 1 haftalık bir karşılaştırma yapılmıştır. Haftalık yapılan değerlendirme sonucunda YAS proje öncesi ile sonrası arasındaki karşılaştırma ve bunun parasal değeri tablo 30 üzerinde gösterilmektedir.

İyileştirme öncesinde rötuşun 1 haftalık görünmeyen kayıp maliyeti 17.131 TL iken iyileştirme sonrasında bu rakam 9.496 TL olarak hesaplanmıştır. Yaklaşık olarak maliyetlerde %45 oranında tasarruf sağlanmıştır.

Rötuş nedenli kayıp maliyeti yıllık 861.591 TL iken iyileştirme sonrasında 397.021 TL (=9.496 TL * 52 hafta) olacağı öngörülmektedir. Aradaki fark, 380.278 TL'dir.

Yönetim iyileştirme öncesi kayıp maliyetini hesaplamadığı ve ölçmediği için sürecin akışını ve ortaya çıkan maliyeti normal olarak kabul etmekte ve kabullenmektedir.

Tablo 101 üzerimde İstasyon 5'in YAS projesi öncesi değerleri ile sonrası değerleri karşılaştırılmalı olarak gösterilmektedir.

Proje sayesinde getiri oranı %87,37'den %91,16'ya; yükselirken, Üretim Başına Hata oranı %12,63'den %7,84'e; Milyon Fırsatta Hata Oranı 126.306'dan 78.428'e gerilemiştir. Sürecin Sigma değeri de 2,644'den 2,916 seviyesine çıkmıştır. Sigma değerindeki bu artışın işletmeye saptadığı tasarruf haftalık, 7.635 TL ve yıllık ise, 397.021 TL olarak hesaplanmıştır (Tablo 102).

Tablo 101 İyileştirme Öncesi ve Sonrası Karşılaştırma

	Üretim Miktarı	Fire Miktarı	Rötuş Miktarı	Günlük Çalışma Süreleri	Ortalama Birim Üretim Süresi_dk	Toplam Üretim Süresi_saat	Kapasite	Kapasite Kullanım Oranı	Rötuş olmasaydı	Kapasite Kullanım Oranı	Kapasite Kullanımı Farkı	Toplam Sabit Maliyetler	Rötuşun Parasal Değeri
ÖNCE_1 HAFTALIK	23.164	918	2.008	21	13,98	323.727,11	327.600	98,82%	295.667,32	90,25%	8,57%	200.000	17.131
SONRA_1 HAFTALIK	23.476	653	1.188	21	13,09	307.306,60	327.600	93,81%	291.752,96	89,06%	4,75%	200.000	9.496

Tablo 102 İyileştirme Öncesi ve Sonrası Sürecin Ölçümü

	Üretim Miktarı	Fire	Rötuş	Getiri	ÜBH_%	MFHO	Süreç Sigma Değeri
ÖNCE_1 HAFTALIK	23.164	918	2.008	87,3691%	12,6309%	126.309	2,644
SONRA_1 HAFTALIK	23.476	653	1.188	92,1572%	7,8428%	78.428	2,916

3.2.4.4 Uygulama İçin Onay Alınması

YAS projesi kapsamında projede belirtilen işlemler sonucunda elde edilen sonuçların operasyonel ve finansal göstergeleri ortaya çıktığı zaman yönetim, yapılan ve daha ileri seviyede yapılması gerekenler konusunda uygulamaların devamlılığı konusunda karar verdi ve projeyi başarılı olarak kabul etmiştir.

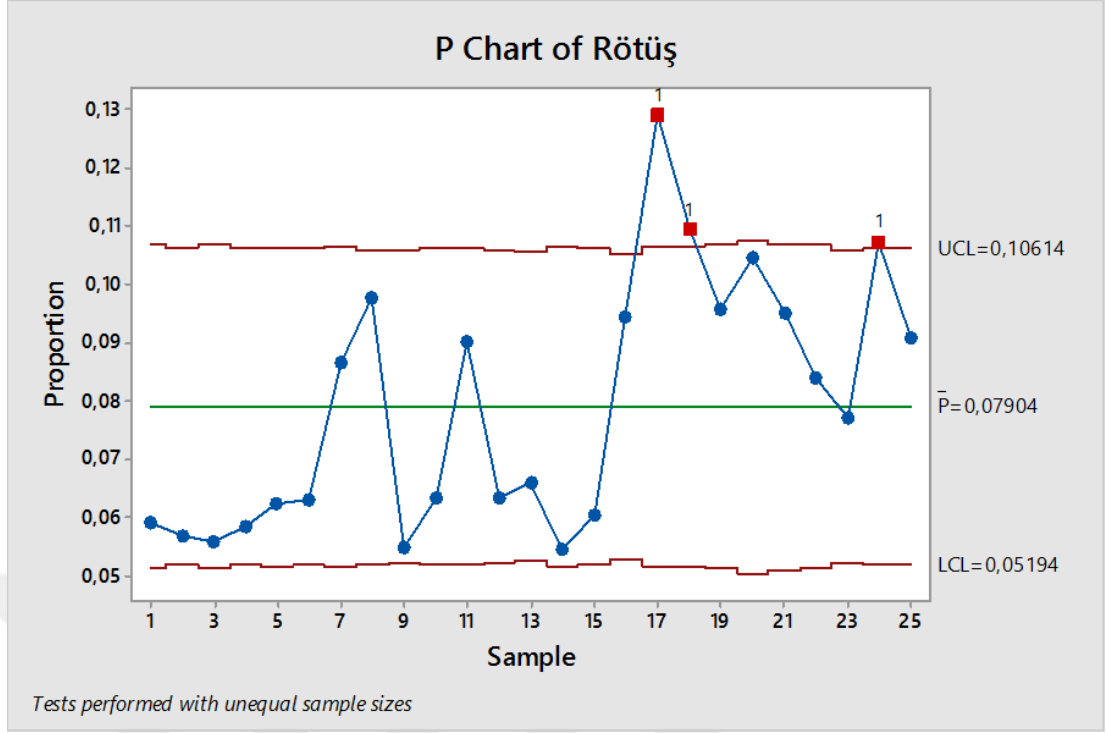
3.2.5 Kontrol Aşaması

YAS kontrol aşamasında iyileştirme sonrasında verilen kararların uygulanıp uygulanmadığı ve uygulanan kararların amaca uygun olup olmadığı için yapılması gerekenler aşağıda belirtilmektedir:

- Sonuçların ve Değişimin Yönetilmesi
- Göstergelerin Raporlanması ve Süreç Kontrol Planının Oluşturulması
- Yineleme Fırsatlarının Oluşturulması
- Gelecek Planlarının Oluşturulması

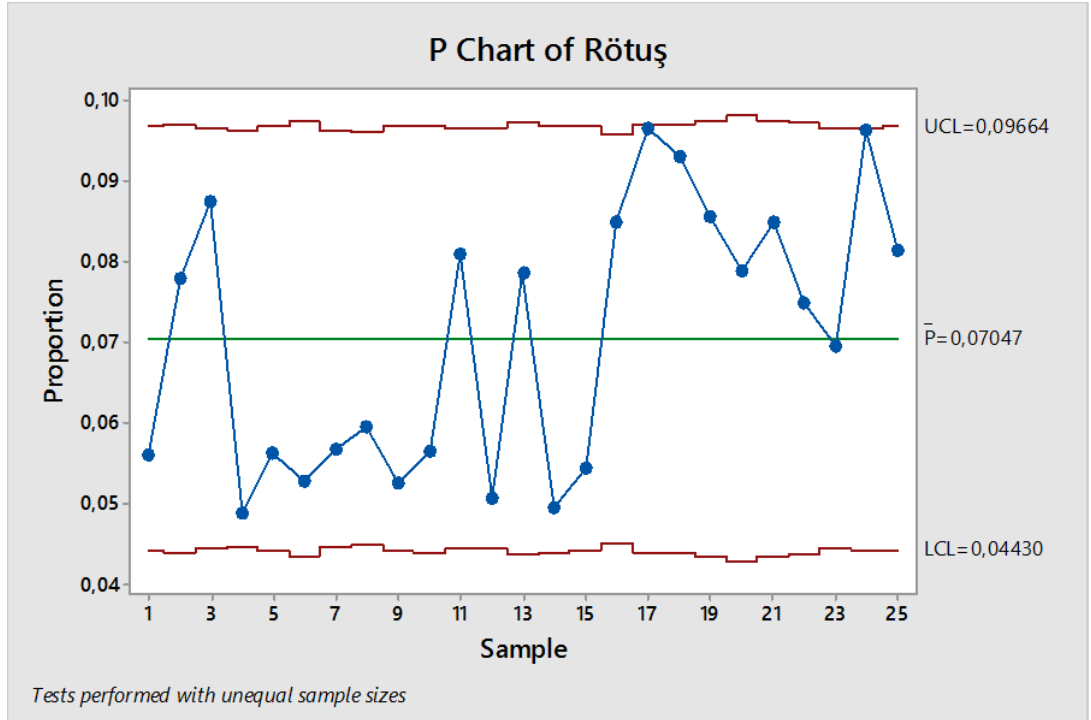
3.2.5.1 Sonuçların ve Değişimin Yönetilmesi

YAS projesinde iyileştirme çalışmalarının sonuçlarının tesadüfi olup olmadığını belirlemek için iyileştirme öncesinde toplanan veriler ile iyileştirme sonrasında toplanan veriler kontrol diyagramları kullanılarak izlenmektedir. Bu amaçla p diyagramları kullanılmasına karar verilmiştir. Deneysel tasarımdan önce üretimden alınan değerler ve deneysel tasarımdan sonra üretimden alınan değerler p diyagramı kullanılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 83 Deneysel Tasarım Öncesindeki Rötüşlerin p Diyagramı

Şekil 83 üzerinde deneysel tasarım öncesi durumu göstermek amacı ile p diyagramı oluşturulmuştur. Görüldüğü gibi 17, 18 ve 24. Örneklemin üst kontrol limitinin üzerinde yer aldığı görülmektedir.



Şekil 84 Deneysel Tasarım Öncesindeki Rötüşlerin p Diyagramı

Şekil 84 üzerinde deneysel tasarım sonrası deneysel tasarımda belirlenen kriterlere göre yapılan üretimden alınan örneklem kullanılarak p diyagramı çalıştırılmıştır. Daha önce limit dışında olan sürecin kontrol limitleri dahilinde olduğu görülmektedir.

3.2.5.2 Gelecek Planlarının Oluşturulması

YAS projesi sonuçlarına bakarak, bu tür çalışmaların firmanın bir kültürü olarak kabul görmesi, sürdürülebilir bir hale gelmesi ve elbette ve yönetimin devamlı destek vermesi gerektiği açıkça görülmektedir.

İyileştirme faaliyetleri bir kerelik ve bir heves olarak kalırsa, işletmeye uzun dönemde bir katkı sağlaması beklenemez. Bu projeler yönetim tarafından devam eden ve yaşayan bir faaliyet olarak kabul edilmelidir. İstasyon 5’de sorunların kısmen ortadan kaldırılması, başka sorunun olmayacağı anlamına gelmemelidir. İstasyon 5 dışında diğer istasyonlarda da benzer sorunların olacağı göz ardı edilmemelidir. İşletme maliyetlerini yönetmek ve azaltmak istiyorsa faaliyetlerini yönetmek ve etkinleştirmek zorundadır. Bunun için de en önemli unsurun faaliyetleri tanımak ve de faaliyetlerin etkinliğini ölçmek olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

3M, "3M Six Sigma DMAIC Guide Book," 2004-2005.

Abhishek Jain, Rajbir S. Bhatti ve Harwinder Singh, "OEE Enhancement in SMEs Through Mobile Maintenance: A TPM Concept", *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2015, Vol. 32, No.5.

Alan Larson, "Demystifying Six Sigma A Company Wide Approach to Continuous Improvement", U.S.A., Amacom, 2003.

Alasatair Muir, *Lean Six Sigma Statistics*, U.S.A., McGraw Hill, 2006.

Alessandro Laureani ve Jiju Anthony, "Lean Six Sigma in A Call Centre: A Case Study", *International Journal of Productivity of Performance Management*, Vol.59, No.8, 2010.

Alexander John, Renata Meran, Olin Roenpage ve Christian Staudter, (Editor: Stephan Lunau), *Six Sigma Lean Toolset*, U.S.A. Springer, 2008.

Alper Tazegün, "Toplam Verimli Bakım Ve Çimento Sektöründe Uygulamaları", Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 2009.

Andrea Chiarini, "Japanese Total Quality Control, TQM, Deming's System Of Profound Knowledge, BPR, Lean and Six Sigma", *International Journal of Six Sigma*, vol:2, no:4, 2013.

Aydın Ulucan, "Yöneylem Araştırması", Ankara, Siyasal Kitabevi, 2004.

Behrooz Ahadian, Abolfazl Gholipour Mehdi Abadi, "Six Sigma Pilot Project Selection Using MCDM Approach", *Management Science and Engineering*, Vol.6, No.1, 2012.

Betsi Harris Ehrlich, *Transactional Six Sigma And Lean Servicing, Levaraging Manufacturing Concepts to Achieve World-Class Service*, St Lucie Press, 2002.

Cecilia Mertienz Leon, Carmen Temblador ve Myrna Flores, "Integrating Lean and Six Sigma for a Holistic Process Performance Improvement", *Proceedings of the 2013 Industrial Sytems Engineering Research Conference*.

Çiğdem Sofyalıoğlu ve İlker Tunail, "Kano Modelinin Kalite Fonksiyon Göçerimi Planlama Matrisinde Kullanımı" *Ege Akademik Bakış*, C.12. S.1., 2012.

D.H. Stamatis, *Six Sigma For Financial Professionals*, U.S.A., John Wiley&Sons, 2003.

David M. Levine, *Statistics for Six Sigma Green Belts with Minitab and JMP*, PrenticeHall, USA, 2006.

Deepali Kishor Desai, *Six Sigma*, Himalaya Publishing, 2010.

Diego Fernando Manotas Duoqe ve Leonardo Rivera Cadavid, "Lean manufacturing Measurement: The Relationship Between Lean Activities and Lean Metrics", *Estudios Gerenciales*, Vol. 23, No.105.

Dodd Starbird, "Business Excellence: Six Sigma as a Management System", *Quality Congress, ASQ's Annual Quality Congress Proceedings*, 2002.

Donald P. Lynch ve Elanie T. Courtier, "5 Steps to Success", *Six Sigma Forum Magazine*, Feb.20003.

Douglas B. Relyea, *"The Practical Application of the Process Capability Study"*, U.S.A., CRC Press, 2011.

Douglas P. Mader, "How to Identify and Select Lean Six Sigma Projects", *Quality Progress*, July 2007.

Drew A. Locher, *"Value Stream Mapping for Lean Development"*, U.S.A., CRC Press, 2008.

E.V. Gijo Shreeranga ve Bhat N.A. Jnanesh, "Application of Six Sigma Methodology in a Small-Scale Foundry Industry", *International Journal of Lean Six Sigma*, 2014, Vol. 5 Iss. 2.

Edward D. Arnheiter ve John Maleyeff, "The Integration of Management and Six Sigma", *The TQM Magazine*, 2005, Vol. 17, No.1.

Elif Kılıç Delice ve Zülal Güngör, "Müşteri İsteklerinin Sınıflandırılmasında Kano Model Uygulaması", *Akademik Bilişim 2008 Konferansı*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2008.

Erick C. Jones, "Quality Management for Organziations Using Lean Six Sigma Techniques", U.S.A., CRC Press, 2014.

Frank Voehl vd. *The Six Sigma Black Belt Handbook, Tools and Methods For Process Acceleration*, CRC Press, USA, 2014.

Frank Voehl, H. Hames Harrington, Chuck Mignosa ve Rich Charron, *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook*, U.S.A., CRC Press, 2014.

Gabriele Arcidiacono, Claudio Calabrese ve Kai Yang, *Leading Processes To Lead Companies: Lean Six Sigma Kaizen Leader & Green Belt Handbook*, U.S.A., Springer, 2012.

George Eckes, *Six Sigma Team Dynamics* John Wiley&Sons, U.S.A, 2002.

George Schmelze, Rolf Geier ve T.E Buttross, "Target Costing at ITT Automotive", *Managament Accounting*, December-1996.

Gibbons Paul M. ve Burgess, Stuart C., "Introducing OEE as a Measure Of Lean Six Sigma Capability", *International Journal of Lean Six Sigma*, 2010, Vol. 1, No.2.

Greg Brue, *Six Sigma for Small Business*, U.S.A., Entrepreneur Press, 2006.

Gygi, Craig vd. "Six Sigma for Dummies", Wiley Publishing, 2005.

H. James Harrington, *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*, RR Donnelley and Sons, USA, 1991.

Henk de Koning, Ronald J.M.M. Does, Arjan Groen ve Benjamin P.H. Kemper,"Generic Lean Six Sigma Project Definitions in Publishing", *International Journal of Lean Six Sigma*, 2010, Vol.1, No.1.

Hirano Hiroyuki, *JIT Implementation Manual Volume* ,U.S.A, CRC Press, 2009.

Howard S Gitlow, *A Guide to Lean Six Sigma Management Skills*, CRC press, USA, 2009.

<http://www.tamsat.org.tr/tr/iyi-bir-lehim-nasil-yapilir> (erişim tarihi: 6 Eylül 2016)

Issa BAss ve Barbara Lawton, "*Lean Six Sigma: Using Six SgimaXL and Minitab*", U.S.A., McGraw-Hill, 2009.

İsmadil Efil, *Toplam Kalite Yönetimi*, 7. Baskı, Dora Yayınevi, Bursa, 2010.

James P. Womack ve Daniel T. Jones, *Yalın Düşünce*, (Çeviren: Oygur Yamak), İstanbul, Optimist Yayınları, 2007.

Javier Santos, Richard Wysk ve Jose Manuel Torres, *Improving Production with Lean Thinking*, U.S.A., John Wiley&Sons, 2006.

Jeffery K. Liker ve Micheasl Houses, *Toyota Kültürü- Toyota Tarzının Ruhu*, (Çeviren: Kıvanç Tanrıya), İstanbul, Optimist, 2010..

Jeroen de Mast ve Joran Lokkerbol, "An Analysis of the Six Sigma DMAIC Method From The Perspectice Of Problem Solving", *International. Journal of Production Economics*, 2012, Vol. 139.

Jeroen de Mast, "Integrating the Many Facets of Six Sigma", *Quality Engineering*, 2007, Vol.19, No.4.

Jesse T. Barfield, Caroline M. Fisher ve Jerry R. Goolsby, "Improving Competitiveness Through Non-Value-Added Activity Analysis", *Cost Management*, July/August–2004.

Jesús Salinas-Coronado, Julián Israel Aguilar-Duque, Diego Alfredo Tlapa-Mendoza ve Guillermo Amaya-Parra, *Lean Manufacturing in Production Process in the Automotive Industry*, (Editörler: Jorge Luis García-Alcaraz Aidé Aracely Maldonado-Macías Guillermo Cortes-Robles, *Lean Manufacturing in the Developing Worlds*), Springer, 2014.

Jiju Anthony ve R., Barnuelas, "A Strategy for Survival", *Manufacturing Engineering*, V.80; N.3; 2001.

Jiju Anthony, Jorge L. Escamilla ve Peter Caine, "Lean Sigma", *Manufacturing Engineer*, April, 2003.

Jiju Anthony, Micheal Hughes ve Mike Kaye, "Reducing Manufacturing Process Variability Using Experimental Design Technique: A Case Study", *Integrated Manufacturing Systems*, 10/3, 1999.

Jiju Antony, "Six Sigma vs Lean", *International Journal of Productivity and Performance Management* Vol. 60 No. 2, 2011.

John Morgan, "A Variation in Understanding", *The TQM Magazine*, V. 5 N.1, 1993, ss. 39-40.

John Teresko, "How to Organize For Lean/Six Sigma", *Industryweek*, Nov. 2008.

Jose Arturo Garza-Reyes, Steve Eldridge, Kevin D. Barber ve Horacio Soriano-Meier, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Process Capability (PC) Measures", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 No. 1, 2010.

Joseph C. Chen, Ye Li ve Brett D. Shady, "From Value Stream Mapping Toward A Lean/Sigma Continuous Improvement Process: An Industrial Case Study", *International Journal Of Production Research*, Vol.48, No,15, 2014.

Jostein Pettersen, "Defining Lean Production: Some Conceptual and Practical Issues", *The TQM Journal*, Vol:21, No:2, 2009.

Jung-Lnag Cheng, "DMAIC Integration Necessary for Success", *Six Sigma Forum Magazine*, Aug 2006, Vol.5, No.4.

Kadri Cemil Akyüz, Yasin Balaban ve İbrahim Yıldırım, "Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinin Gereksinimlerinin Kano Modeli Yardımıyla Sınıflandırılması", *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, C. 13, S.2.

Kiyoshi Suzaki, "İmalatta Mükemmellik Yolu", (Çeviren, mSaadet Özkal), İstanbul, Optimist, 2013, s.54.

Kumar, Maneesh vd., "Winning Customer Loyalty in an Automotive Company through Six Sigma : A Case Study", *Quality and Reliability Engineering International*, V. 23, 2007.

Larry R. Smith, "Back to the Future At Ford", *Quality Progress*, March 2005.

Lonnie Wilson, *How to Implement Lean Manufacturing*, U.S.A., Mc GrawHill, 2010.

Lynch, Donald P., Bertolino, Suzanne ve Cloutier, Elaine, "How to Sope DMAIC Projects", *Quality Progress*, Jan 2003, Vol. 36, No.1.

Lynne Hambleton, "Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools & Best Practices : A Desk Reference Book for Innovation And Growth", U.S.A., Prentice Hall, 2008.

M.P.J. Pepper and T.A. Spedding, "The Evolution of Lean Six Sigma", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 No. 2, 2010.

Mahir Nakip, "Pazarlama Araştırmaları Teknikler ve (SPSS) Destekli Uygulamalar", Ankara, Seçkin Yayınları, 2. Baskı, 2006.

Marcus Assarlind and Ida Gremyr, "Multi-Faceted Views on A Lean Six Sigma Application", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 30 No. 4, 2013, s.388.

Mark George, *The Lean Six Sigma Guide to Doing More With Less*, U.S.A, John Wiley&Sons, 2010.

Martin Löfgren ve Lars Wttell, "Kano's Theory of Attractive Quality and Packaging", *The Quality Management Journal*, Vol.12, No.3, 2005.

Martin Löfgren ve Lars Wttell, "Two Decades of Using Kano's Theory of Attractive Quality: A Literature Review", *The Quality Management Journal*, Vol.15, No.1, 2008.

Eava Maattanen, Tuuli Jhyla ve Seppo Junnila, "Applying KANO Model to Analyse the Valu of Green FM", *Property Management*, Vol, 12, No.4, 2014.

Micheal Bremeri, Brian McKibben ve Thomas McCarty, “Six Sigma Financial Tracking And Reporting”, U.S.A., McGraw-Hill, 2006.

Micheal C. Thomsett, *Getting Started In Six Sigma*, U.S.A, John Wiley&Sons, 2005.

Michiharu Sakurai, “Target Costing and How to Use It” Emerging Practices in Cost Management, (Editor: Barry J. BRINKER, Warren, Gorham ve Lamont), US.A.,1990.

Mike Rother ve John Shook, “Görmeyi Öğrenmek, Değer Yaratmak ve İsrafi Ortadan Kaldırmak İçin Değer Akış Haritalama”, (Çeviren: Ayşe Soydan), The Lean Management Institute, Massachusetts, USA, 1999.

Murat Bay ve Ercan Çiçek, “Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Hata Önleyiciler: Poka-Yokeler”, *Selçuk Üniversitesi, Karaman İ.İ.B.F. Dergisi, Yerel Yönetimler Özel Sayısı*, Mayıs-2007.

Mustafa Akkurt, “Kalite Kontrol, Excel Destekli”, İstanbul, Birsen Yayınevi, 2002.

Necmi Gürsakal, “Betimsel İstatistik”, Dora Yayınevi, 6. Baskı, 2012, Bursa.

Nitin Upadhye, S.G. Deshmukh ve Suresh Garg, “Lean Manufacturing for Sustainable Development”, *Global Business and Management Research: An International Journal*, Vol: 20, No:2, 2010.

Normand L. Frigon ve Harry K. Jackson, *Enterprise Excellence* , U.S.A., John Wiley&Sons, 2009.

Pauline Found and Richard Harrison, “Understanding the Lean Voice of The Customer”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 3 No. 3, 2012.

Peter S. Pande, Rober P. Neuman ve Roland R. Cavanagh, “The Six Sigma Way Team Fieldbook An Implementation Guide For Process Improvement Teams”, U.S.A., McGrawHill, 2012.

Peter S. Pande, Rober P. Neuman ve Roland R. Cavanagh, *Six Sigma Yolu, GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri*, (Çev., Nafiz Güder-Güneş Tokcan), İstanbul, Klan Yayınları, 2012.

Philip A. Gilberto, “The Road To Business Process Improvement –Can You Get There From Here?”, *Production And Inventory Management Journal*, Third Quarter, 1993.

R. Dan Reid, “FMEA-Something Old, Something New”, *Quality Progress*; May 2005; V.38, N.5.

R., Barnuelas ve J, Anthony, "Critical Success Factors for the Successful Implementation of Six Sigma Projects In Organisations", *The TQM Magazine*, V.140, N.2, 2002.

Richard Koch, "*80/20 İlkesi*", (çeviren: Kerem Özdemir), İstanbul, Varlık Yayınları, 1999.

Richard Luecke, *.Proje Yönetimi*, (Çeviren: Ümit Şensoy), İstanbul, İş Bankası Yayınları, 2010.

Robert A Gardner, "10 process Improvement Lessons For Leaders" *Quality Progress*, V.35, N.11, 2002.

Robert A.Gardner, "Resolving The Process Paradox", *Quality Progres*, V.34, N.3, 2001.

Robin Cooper ve Regine Slagmulder, "*Factors Influencing Target Costing Process : Lessons From Japanese Practice*", Manchester Business School, 1997.

Ron Basu, *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide Tools and Techniques*, Elseiver, UK, 2009.

Ronald D Snee, "Lean Six Sigma- Getting Better All The Time", *International Journal of Six Sigma*, Vol. 1, No.1, 2010.

Salman Taghizadegan, *Essentials Of Lean Six Sigma*, UK, Elsevier, 2006, s. 146.

Shankar Rama, *Process Improvement Using Six Sigma A DMAIC Guide*, U.S.A. ASQ Quality Press, 2009, s.3.

Shankar, Rama. "*Process Improvement Using Six Sigma : A DMAIC Guide*", Milwaukee, WI, USA: ASQ Quality Press, 2009, s.11.

Sharma, Sunil ve Chetiya, Anuradha R., "An Analysis of Critical Success Factors For Six Sigma Implementation", *Asian Journal on Quality*, N.13, V.3; 2012.

Souraj Salah, Abdur Rahim ve Juan A. Carretero, "The Integration of Six Sigma and Lean Management", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol.3; No.20;2010.

Steve Pollock, "Create A Simple Framework To Validate FMEA Performance", *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, Aug-2005; 4, 4.

Surendra P. Agrawal, Zabihollah Rezaee ve Hong S. Pak, "Continuous Improvement: An Activity Based Model", *Management Accounting Quarterly*, Spring-2005.

Şanslı Şenol, “İstatistiksel Kalite Kontrol”, Nobel Yayınevi, Ankara, 2012.

T.M Kubiak, *The Certified Six Sigma Master Black Belt Handbook*, U.S.A., ASQ Quality Press, 2012.

Thomas McCarty, Micheal Bremer, Lorraine Daniels ve Praveen Gupta, “*The Six Sigma Black Belt Handbook*”, U.S.A., McGraw Hill, 2004, s.457.

Thomas Pyzdek, *The Six Sigma Handbook*, U.S.A., McGraw-Hill, 2003, s. 721.

Tim Williams, Lisa Custer and Chris Kennedy, *Make Process Transparent to Expose Waste*, (The Lean Six Sigma Guide Doing More With Less, Mark O. George, John Wiley&Sons, 2010.

Tony Bendell, “A Review and Comparision Of Six Sigma And The Lean Organisations”, *The TQM Magazine*, Vol.18, No.3, 2006.

Uran Tiryakioğlu, Tayfun Utaş ve Hatice Savaş, “*5S Klavuzu*”, İstanbul Sanayi Odası Kalite ve Teknoloji İhtisas Kurulu ISO, İstanbul Sanayi Odası Yayın No: 2011/31, İstanbul 2011.


Uran Tiryakioğlu, Tayfun Utaş ve Hatice Savaş, “*Toplam Verimli Yönetim TPM*”, İstanbul Sanayi Odası Kalite ve Teknoloji İhtisas Kurulu ISO İstanbul Sanayi Odası Yayın No: 2011/27, İstanbul 2011.

Wang, George C.S., “What Should Know About Regression Based Forecasting”, *The Journal of Business Forecasting*, 12/4, 1993-1994.

William M. Feld, “*Lean Manufacturing. Tools, Techniques and How To Use Them*”, The CRC press Stories on Resoruce Management”, USA,2001.

Ying-Chin Co ve Ou-Chuan Chang Wen Bo Wang, “An Emprical Study of Key Success Factors for Six Sigma Green Belt Projects at an Asian MRO Company”, *Journal of Transport Management*, 2008, Vol. 14.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Yeşim Kaygusuz		
Doğum Yeri ve Yılı	Bursa, 02 şubrt 1979		
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce		
Eğitim Duruu	Başlama Yılı	Bitirme Yılı	Kurum Adı
Lise	1992	1995	Bursa Kız Lisesi
Lisans	1995	2000	Uludağ Üniversitesi
Yüksek Lisans	2006	2009	Uludağ Üniversitesi
Doktora	2010	2017	Uludağ Üniversitesi
Çalıştığı Kurumlar	Başlama Yılı	Bitirme Yılı	
1	2009		Uludağ Üniversitesi
Üye Olduğu Bilimsel ve Mesleki Kuruluşlar			
Katıldığı Proje ve Toplantılar			
Yayınlar			
	KAYGUSUZ YEŞİM, AY SEMA,YILDIRIR KESER HILAL, ARCAN YILMAZ GOZDE (2015). Vocational Education In Countries and Comparison with Countries. Annals of the Constantin Brancusi University of Targu Jiu, 1(2), 37-45. (Yayın No: 1895363)		
	KAYGUSUZ YESİM, KAYGUSUZ SAIT. "Süreç iyileştirmenin işletme performansına etkileri" Paradoks: Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, yıl. 2014, cilt10, sayı 2, sayfa 31-50,ISSN NO:1305-7979		
	KAYGUSUZ YESİM (2013) The Affects Of The Process Improvement To Business Performance.Economic and Social Development 2. International Scientific Conference.Paris		
	KAYGUSUZ YESİM, MADENLİ BERNA.(2012) Lojistik Faaliyetlerde Değer Analizi 1. International Interdisciplinary Social Inquiry Conference ,Bursa		
	KAYGUSUZ YEŞİM, AY SEMA,YILDIRIR KESER HILAL, ,(2012).Ekonomik Kalkınmada Lojistik Sektörünün Önemi ve Lojistik Kümelermeler Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi Konya		
Diğer			
İletişim	y.kaygusuz@uludag.edu.tr		
	Tarih	10 Temmuz 2017	
	İmza		
	Adı Soyadı	Yeşim Kaygusuz	