

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İMALAT SÜREÇLERİNİN KALİTESİNİN,  
VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASINA YÖNELİK  
SÜREKLİ İYİLEŞTİRİLMESİ**

Makine Müh. Özgür POYRAZ

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Numan DURAKBAŞA**

**İSTANBUL, 2010**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	vii
KISALTIMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xi
ÖNSÖZ .....	xii
ÖZET .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
1.1 Giriş .....	1
1.2 Amaç .....	2
2. ÜRÜN, ÜRETİM VE İMALAT SÜREÇLERİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR .....	3
2.1 Ürün .....	3
2.2 Üretim ve İmalat Süreçleri ve Esasları .....	3
2.2.1 Üretim ve imalat süreçlerinin ürün miktarına göre değerlendirilmeleri .....	4
2.3 İmalat Kavramı ve Çeşitlendirilmesi .....	6
2.3.1 Döküm yoluyla imalat.....	6
2.3.2 Talaşsız imalat .....	7
2.3.3 Birleştirme yoluyla imalat.....	8
2.3.4 Talaşlı imalat .....	9
3. VERİMLİLİK KAVRAMI VE ESASLARI .....	11
3.1 Verimlilik Kavramının Tanımı ve Çeşitlendirilmesi .....	11
3.1.1 Verimlilik çeşitleri .....	13
3.1.1.1 Kısmi verimlilik.....	14
3.1.1.2 Çok faktörlü verimlilik .....	15
3.1.1.3 Toplam verimlilik .....	16
3.1.1.4 Marjinal verimlilik.....	16
3.1.1.5 Statik verimlilik .....	17
3.1.1.6 Dinamik verimlilik.....	17
3.1.1.7 Fiziksel verimlilik.....	18
3.1.1.8 Parasal verimlilik .....	18
3.2 Verimliliğin ölçümü.....	19

3.2.1	Girdilerin ölçülmesi .....	19
3.2.2	Çıktıların ölçülmesi.....	20
3.3	Verimliliği Etkileyen Faktörler .....	21
3.4	Verimlilik Kavramı ile Karıştırılan Kavramlar .....	21
4.	KALİTE KAVRAMI, GELİŞİMİ VE ESASLARI.....	23
4.1	Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi.....	23
4.2	Kalite ile İlgili Genel Terim ve Tanımlamalar .....	24
4.2.1	Kalitenin tanımlanması .....	25
4.2.2	Kalite karakteristikleri .....	25
4.2.3	Kalitenin temel bileşenleri .....	26
4.2.3.1	Tasarım kalitesi .....	26
4.2.3.2	Uygunluk kalitesi.....	26
4.2.4	Kalitenin algılanmasında etkili fonksiyonlar .....	27
4.2.4.1	Özellikler.....	27
4.2.4.2	Performans .....	27
4.2.4.3	Dayanıklılık .....	28
4.2.4.4	Güvenilirlik .....	28
4.2.4.5	Estetik .....	28
4.2.4.6	Uygunluk.....	29
4.2.4.7	Algılanan kalite .....	29
4.2.5	Kalite kontrol.....	29
4.2.6	Kalite güvence.....	30
4.2.7	Toplam kalite kontrol.....	30
4.2.8	Toplam kalite yönetimi .....	31
5.	KALİTE SİSTEM STANDARTLARI .....	33
5.1	ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi Standartları .....	33
5.1.1	ISO 9001 içeriği.....	34
5.1.2	Belgelendirme.....	35
5.1.3	Belgelendirme.....	35
5.2	Dünyada Kullanılan Diğer Kalite Sistem Standartları.....	36
5.2.1	TickIT .....	36
5.2.2	AS 9000.....	37
5.2.3	PS 9000 .....	37
5.2.4	QS 9000.....	37
5.2.5	ISO/ TS 16949: 2009 .....	37
5.2.6	TL 9000.....	37
5.2.7	ISO 13485: 2003.....	38
5.2.8	ISO / TS 29001 .....	38
6.	İMALAT SÜREÇLERİNDE ÖLÇME VE MUAYENE.....	39
6.1	Metroloji.....	39
6.1.1	Endüstriyel metroloji .....	40
6.1.1.1	Ölçüm laboratuvarları .....	40
6.1.2	Geometrik ürün spesifikasyonları.....	41
6.1.2.1	Geometrik toleranslar.....	42

7.	SÜREKLİ İYİLEŞTİRME.....	44
7.1	Kalitenin Sürekli İyileştirilmesi .....	44
7.2	Kalitenin İyileştirme Süreci Adımları.....	46
7.3	Sürekli İyileştirmeyi Engelleyen Faktörler .....	47
7.4	Sürekli İyileştirme Sürecine Katılım .....	47
7.4.1	Sürekli iyileştirme sürecinde çalışma grupları .....	48
7.4.1.1	Kalite iyileştirme grupları (Kalite çemberleri).....	49
7.4.1.2	Süreç iyileştirme grupları.....	49
8.	KALİTENİN SÜREKLİ İYİLEŞTİRMESİNDE KULLANILAN TEKNİKLER	51
8.1	Verilerin Toplanması ve Analizinde Kullanılan Teknikler.....	51
8.1.1	Çetele tablosu .....	51
8.1.2	Kontrol kartları .....	52
8.1.3	Serpilme diyagramı.....	54
8.1.4	Katmanlara ayırma.....	56
8.1.5	Histogram.....	57
8.1.6	Pareto analizi .....	59
8.1.7	Deney tasarımı (DoE).....	61
8.1.8	Anket.....	65
8.1.9	Diğer grafik yöntemleri.....	66
8.2	Proseslerin Çözülmesi ve İyileştirilmesi için Kullanılan Teknikler .....	67
8.2.1	Akış diyagramı .....	67
8.2.2	Spagetti diyagramı .....	69
8.2.3	Poka - Yoke.....	70
8.2.4	Olası hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) .....	71
8.3	Sebepleri Analizi için Kullanılan Teknikler.....	74
8.3.1	Balık kılçığı diyagramı .....	74
8.3.2	Serpilme diyagramı.....	76
8.4	Fikir Oluşturma Amaçlı Kullanılan Teknikler .....	76
8.4.1	Kıyaslama (Benchmarking).....	76
8.4.2	Beyin fırtınası (Brainstorming) .....	77
8.4.3	İlişki diyagramı tekniği .....	80
8.4.4	Nominal grup tekniği .....	81
8.4.5	Kalite fonksiyonları açılımı (QFD).....	82
8.5	Proje Planlama ve Uygulama Amaçlı Kullanılan Teknikler.....	85
8.5.1	Gantt kartları tekniği .....	85
8.5.2	Deming döngüsü tekniği (PUKÖ-PDSA) .....	87
8.5.3	Altı Sigma .....	88
8.5.4	Kaizen .....	90
8.6	Potansiyel Problemlerin Oluşmasını Önlemek için Kullanılan Teknikler.....	91
8.6.1	Toplam verimli bakım tekniği (TPM) .....	91
8.6.2	Tam zamanında üretim tekniği (JIT) .....	92
8.6.3	Yalın üretim tekniği.....	92
8.7	Kalitenin 7 Aracı .....	93
8.8	Yönetim ve Planlama İçin Kullanılan 7 Yeni Teknik.....	93
8.8.1	İlişki diyagramı tekniği .....	94
8.8.2	Ağ diyagramı tekniği .....	94
8.8.3	Ağaç diyagramı tekniği.....	96

8.8.4	Matris diyagramı tekniği .....	98
8.8.5	Matris veri analizi tekniği .....	99
8.8.6	Ok diyagramı tekniği .....	99
8.8.7	Proses karar program tablosu tekniği (PDPC) .....	102
8.9	Kalitenin İyileştirilmesi için Kullanılan Tekniklerin Kıyaslanması.....	104
9.	KALİTE, VERİMLİLİK VE MALİYET İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ.....	105
9.1	Kalite-Maliyet Modelleri .....	105
9.1.1	Optimum kalite-maliyet modeli .....	105
9.1.2	Dawes kalite-maliyet modeli.....	107
9.1.3	Düşük kalite-maliyet modeli .....	108
9.1.4	Kalite kaybı fonksiyonu modeli (Taguchi) .....	108
9.2	Verimlilik-Kârlılık Modelleri.....	109
9.2.1	Adam-Hershauer-Ruch's Verimlilik-karlılık ilişkisi modeli.....	109
9.2.2	Sumanth Verimlilik-karlılık ilişkisi modeli .....	110
9.2.3	APC Verimlilik-karlılık ilişkisi modeli .....	110
9.3	Kalite-Verimlilik İlişkisi Modelleri.....	111
9.3.1	Adam-Hershauer-Ruch modeli.....	111
9.3.2	Deming modeli .....	111
9.3.3	Edosomwan modeli.....	112
9.3.4	Thor modeli .....	113
9.3.5	Sumanth ve Wardhana karlılık-verimlilik (QPP) modeli .....	113
9.4	Kalite-Verimlilik İlişkisi Modellerinin Sınırları ve Yetersizlikleri.....	113
10.	MAKİNE İMALATINDA SÜREKLİ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI .....	115
10.1	Uygulama Yapılan İşyerinin ve Faaliyet Alanının Tanımı .....	115
10.1.1	Kâğıt üretimi ile ilgili genel bilgiler .....	115
10.1.2	Kâğıt üretim tesisleri ve kâğıt makineleri .....	115
10.1.2.1	Islak kısım .....	116
10.1.2.2	Pres kısmı .....	116
10.1.2.3	Kurutma kısmı .....	116
10.1.2.4	Kalender kısmı.....	117
10.2	Uygulamanın Adımları .....	118
10.2.1	Uygulamanın amacı ve uygulama kararının alınması.....	118
10.2.2	Planla (Plan) .....	120
10.2.2.1	İyileştirme uygulaması yapılacak alanın tespit edilmesi.....	120
10.2.2.2	Sorunlu parçanın incelenmesi ve sorunun tespit edilmesi .....	125
10.2.2.3	İyileştirme planının yapılması .....	137
10.2.3	Uygula (Do).....	137
10.2.3.1	Parça tasarımında iyileştirmenin yapılması .....	137
10.2.3.2	Yüzey kalitesinde iyileştirmenin yapılması .....	139
10.2.4	Kontrol et (Study) .....	140
10.2.4.1	Yüzey kalitesinde iyileştirmenin yapılması .....	140
10.2.4.2	Takım değiştirme ve tasarruf uygulamaları .....	141
10.2.5	Harekete geç (Act).....	142
10.2.5.1	Takım değiştirme limitlerinin tespit edilmesi .....	142
10.2.5.2	Takım değiştirme ve takım tasarrufu yönünde iyileştirme .....	143
10.3	Uygulamanın Verimliliğe Etkileri Açısından İncelenmesi .....	144

10.3.1	Takım değiştirme ilişkisinin verimliliğe etkisi.....	145
11.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	149
11.1	Sonuçlar .....	149
11.2	Öneriler .....	151
	KAYNAKLAR.....	153
	ÖZGEÇMİŞ.....	156

## SİMGE LİSTESİ

°C	Santigrat derece
dak	Dakika
°F	Fahrenhayt derece
kPa	Kilo paskal
mm	Milimetre
N	Çevrim sayısı
psi	İngiliz basınç birimi
R	Değer aralığı
Ra	Aritmetik ortalama pürüzlülük
Ø	Çap değeri
μ	Ortalama değer
Σ	Genel toplam
σ	Standart sapma

## KISALTMA LİSTESİ

ANSI	American National Standards Institute
APQP	Advanced Product Quality Planning
AS	Aerospace Specific Standard
ASQ	American Society for Quality
ASQC	American Society for Quality Control
ASTM	American Society for Testing and Materials
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computed Numerically Controlled
DoE	Design of Experiment
EOQC	European Organization for Quality Control
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just in Time
JUSE	Union of Japanese Scientist and Engineers
KİG	Kalite İyileştirme Grupları
MIG/MAG	Metal Inert Gas/ Metal Active Gas
PDPC	Process Decision Program Chart
PDSA	Plan-Do-Study-Act
PUKÖ	Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al
QFD	Quality Function Deployment
RÖS	Risk Öncelik Sırası
Sİ	Sürekli İyileştirme
SİG	Sürekli İyileştirme Grupları
TC	Technical Committee
TIG/TAG	Tungsten Inert Gas/ Tungsten Active Gas
TKK	Toplam Kalite Kontrol
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
TPM	Total Productive Maintenance

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Üretimin, üretilen ürün sayısına göre sınıflandırılması (Akyüz, 2006) .....	5
Şekil 4.1 Kalite kavramlarının birbirleri ile olan ilişkileri (Kovancı, 2001).....	32
Şekil 5.1 ISO 9000 ailesi standartların temeli (Esin, 2002).....	34
Şekil 6.1 Geometrik Ürün Spesifikasyonları ve Verifikasyonu (Durakbaşa, 2003).....	41
Şekil 7.1 Kalitenin Sürekli İyileştirilmesi (Çay, 2006).....	46
Şekil 7.2 Kalite İyileştirme Grupları Organizasyon Yapısı .....	49
Şekil 8.1 Hatalı Parça Adedinin Zaman Dilimlerine Bağlı Değişimini Gösteren Kontrol Kartı Örneği.....	54
Şekil 8.2 Demir Miktarı ve Saflık İlişisini Gösteren Serpilme Diyagramı Örneği .....	56
Şekil 8.3 Serpilme Diyagramı için Katmanlara Ayırma Örneği .....	57
Şekil 8.4 Müşteri Şikâyet ve Sebepleri için Pareto Analizi Örneği.....	60
Şekil 8.5 Doküman Şikâyetleri için Yüzde Kümülatif Pareto Analizi Örneği.....	61
Şekil 8.6 Faktörlerin Üç Boyutlu Grafikle Kıyaslanması Örneği .....	64
Şekil 8.7 Faktörlerin Pareto Analizi Örneği.....	64
Şekil 8.8 Kutu-Bıyık Grafiği Örneği .....	67
Şekil 8.9 Balık Kılıcı Diyagramı Örneği (Tague, 2004).....	75
Şekil 8.10 Kalite Evi Örneği [8].....	84
Şekil 8.11 Gantt Kartları Örneği.....	87
Şekil 8.12 Deming Döngüsü.....	87
Şekil 8.13 İlişki Diyagramı Örneği (Stein, 1997).....	94
Şekil 8.14 Ağ Diyagramı Örneği (Bauer vd, 2006).....	96
Şekil 8.15 Ağaç Diyagramı Örneği (Pyzdek, 1991).....	98
Şekil 8.16 Matris Veri Analizi Örneği (Dahlgaard vd, 1998).....	99
Şekil 8.17 Ok Diyagramı Örneği (Borror vd, 2008).....	102
Şekil 8.18 PDPC Örneği (Kolarik, 1999).....	103
Şekil 9.1 Optimum Kalite- Maliyet Modeli (Juran, 1974).....	106
Şekil 9.2 Yeni Optimum Kalite- Maliyet Modeli (Juran, 1988) .....	107
Şekil 9.3 Dawes Kalite- Maliyet Modeli (Dawes, 1987).....	107
Şekil 9.4 Değişken Düşük Kalite Maliyetlerinin Etkileri (Harrington, 1987) .....	108
Şekil 9.5 Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu (Taguchi, 1985).....	109
Şekil 9.6 Girdi Maliyetleri ve Kâr Arasındaki İlişki (Sumanth vd., 1993).....	110
Şekil 9.7 Kalite ve verimliliğe bağlı zincirleme reaksiyon (Deming, 1986).....	112

Şekil 9.8 Kalite ve verimliliğe arasındaki ilişki çerçevesi (Edosomwan, 1988).....	112
Şekil 9.9 Proses kalitesi ve verimliliğin denkliği (Thor,1993).....	113
Şekil 10.1 Kâğıt Üretim Tesisi Şeması [11].....	118
Şekil 10.2 Sürekli İyileştirme Sürecinden Sorumlu Bölümler ve İlişkileri.....	119
Şekil 10.3 Hata Maliyetlerini Gösteren Pareto Analizi.....	121
Şekil 10.4 Kağıt Kurutma Kısmı İzometrik Görünüşleri.....	123
Şekil 10.5 Kurutma Kısmı Hata Adetleri Pareto Grafiği.....	125
Şekil 10.6 Kurutma Silindiri Grubu Patlatılmış Montaj Resmi.....	126
Şekil 10.7 Silindir Kapağı Teknik Resmi.....	128
Şekil 10.8 Kırılma Problemi için Sebep-Sonuç Diyagramı.....	130
Şekil 10.9 Silindir Kapağı Delik Detay Resmi.....	131
Şekil 10.10 Silindir Kapağı İmalat Akış Şeması.....	132
Şekil 10.11 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Düzeneği Temsili Resmi.....	133
Şekil 10.12 Delik İçi Yüzey Pürüzlülüğü Sebep-Sonuç Diyagramı.....	134
Şekil 10.13 Delik Delme İşlemi Parça Bağlama Düzeneği Resmi.....	135
Şekil 10.14 Yeni Tasarım Montaj Resmi.....	138
Şekil 10.15 Yeni Delik Tasarımı Detay Resmi.....	138
Şekil 10.16 Yeni Parça İmalat Resmi.....	139
Şekil 10.17 İlk Aşamada Kullanılan Takımlar.....	142
Şekil 10.18 İyileştirme Sonucunda Kullanılan Takımlar.....	143

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Önemli Bazı Verimlilik Tanımlarının Kronolojisi (Sumanth, 1984).....	12
Çizelge 3.2 Girdi ve Çıktı Çeşitleri .....	13
Çizelge 6.1 Metrolojinin Alanları [7] .....	40
Çizelge 6.2 Geometrik Toleranslar .....	43
Çizelge 7.1 Kronik ve Rastlantısal Hataların Karşılaştırılması (Kovancı, 2001).....	45
Çizelge 7.2 Sürekli İyileştirme Sürecine Katılım ve Sorumluluklar .....	48
Çizelge 8.1 Boya Hataları için Çetele Tablosu Örneği (Besterfield, 1994).....	52
Çizelge 8.2 Sık Karşılaşılan Histogram Çeşitleri .....	58
Çizelge 8.3 Deney Tasarımı Önem Matrisi Örneği .....	62
Çizelge 8.4 Deney Tasarımı Seviye Matrisi Örneği.....	63
Çizelge 8.5 Deney Tasarımı Değer Matrisi Örneği .....	63
Çizelge 8.6 Deney Tasarımı Önem Matrisi Örneği .....	64
Çizelge 8.7 Akış Diyagramlarında Kullanılan Semboller.....	69
Çizelge 8.8 Altı Sigma Adımları ve Kalite Teknikleri .....	90
Çizelge 8.9 Matris Çeşitleri.....	98
Çizelge 8.10 Hat Destek Aktivite ve Önlemleri (Borror vd, 2008).....	101
Çizelge 8.11 Kalite Tekniklerinin Kıyaslanması [10] .....	104
Çizelge 10.1 Yıllara Göre Problemleri Gösteren Çetele.....	121
Çizelge 10.2 Silindir ve Silindir Kapağı Çalışma Şartları .....	127
Çizelge 10.3 Silindir Kapağı için FMEA Tablosu.....	129
Çizelge 10.4 Silindir Kapağı İmalatı Yüzey Pürüzlülük Değerleri .....	133
Çizelge 10.5 Delik Delme Sayısı Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi.....	136
Çizelge 10.6 Farklı Takımlar için Delik Sayısı ve Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi Grafiği .....	141
Çizelge 10.7 İyileştirme Sonucunda Farklı Takımlar için Delik Sayısı ve Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi Grafiği .....	144
Çizelge 10.8 İşlem Parametreleri.....	146

## ÖNSÖZ

İçinde yaşamakta olduğumuz çağda, küresel rekabet şartlarında başarıya ulaşmak için birden çok etkeni göz önünde bulundurmak gereklidir. Bu etkenler arasında kalite ve verimlilik, yadsınamayacak öneme sahip iki etkendir. Yapılan tez çalışması ile bu etkenlerin iyileştirilmesinin imalat süreçlerine etkisi incelenmiştir.

Tamamladığım tez çalışmam ve bununla birlikte yüksek lisans eğitimimin her aşamasında benden desteğini esirgemeyen tez danışmanım ve değerli hocam Viyana Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. M. Numan DURAKBAŞA' YA teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yüksek lisans eğitimim süresince tez çalışmamı yapmamda bana faydalı olan ders ve seminerleri yürüten Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojileri Anabilim Dalı ve Viyana Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, İmalat Teknolojileri Enstitüsü öğretim üyelerinin tümüne teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmama ait yaptığım uygulamada tüm imkânları ve bilgi birikimleri ile bana destek olan Alıpsan Kâğıt Makineleri San. ve Ticaret A.Ş. çalışanlarına ve fabrika müdürü, Gemi Makineleri Müh. Sayın Atilla YURTSEVER'E teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Hayat boyu benden desteğini esirgemeyen aileme, kardeşime, arkadaşlarıma ve ayrıca bütün üniversite eğitimim süresince birlikte müzik yaparak hayatıma anlam kattığım grubum Second'a da teşekkür ederim.

## ÖZET

İçinde yaşamakta olduğumuz çağda günden güne artmakta olan rekabet şartları ve yükselen müşteri beklentileri, ürünlerin ve süreçlerin sürekli olarak iyileştirilmesini gerekli kılmaktadır. Artan kalite talebi, daralan toleranslar ve daha verimli bir üretime erişme amacı, birçok endüstriyel uygulamada kullanılması zorunlu olan farklı imalat yöntemlerinin tamamı için geçerli hale gelmiştir. Rekabet artışının etkisi ise ürünlerin fiyatlarının düşük olması ve buna bağlı olarak üretim maliyetlerinde tasarrufa gidilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Bir ürünün imalatında tüm süreçlerin iyileştirilmesi ve bu sayede hem süreç sonucu ortaya çıkacak ürünlerin kalitesinin artırılması hem de sürecin daha verimli sonuçlandırılması gerekmektedir. Kalitenin ve verimliliğin iyileştirilmesi hedefine ulaşmak için kullanılmak üzere çok çeşitli kalite teknikleri geliştirilmiştir ve bunlardan faydalanılmaktadır.

Yapılan tez çalışması ile amaçlanan ülkemiz sanayisinin bu konudaki bilgi birikimine katkıda bulunmak, kalite ve verimliliğin artırılmasına yönelik çeşitli teknikleri, sık kullanılan imalat yöntemleri için inceleyerek bu konuda detaylı bir literatür oluşturmaktır.

Edinilen bilgilerin teorik yaklaşımlardan daha ileri gidebilmesi için, çalışma içerisinde çeşitli iyileştirme araçlarının kullanıldığı bir uygulama, kâğıt makineleri üretimi yapmakta olan bir işletme bünyesinde icra edilmiştir.

Makine üretim sürecinde döküm yolu ile imal edilmiş yarı mamuller, talaşlı imalat, kaynak, montaj ve benzeri birçok işleme tabi tutulmaktadır. Bu denli çeşitli imalat yönteminin arasında en önemli iyileştirme alanlarının belirlenmesi için birden fazla iyileştirme tekniği gerektiğinde tekrarlanarak kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İmalat, Sürekli İyileştirme, Kalite Teknikleri, Toplam Kalite Yönetimi, Verimlilik

## **ABSTRACT**

Growing competitive conditions and rising customer expectations of our own age, requires continuous improvement of products and processes. Increasing demand for quality, tightening tolerances and the goal of reaching a much productive production has become effective for all different types of manufacturing techniques, which must be used in many industrial applications. The effect of increased competition has revealed the necessity for product prices to decrease and savings in production costs.

Improvement of all manufacturing processes for a product and by this, improvement of the quality of the products that will arise as a result of process and also productivity of the process is needed. A wide variety of quality techniques have been developed and are used to reach the goal of improving quality and productivity.

The main purpose of studying this thesis is to contribute the knowledge of our country on this subject, to analyze various techniques for improving quality and productivity of the commonly used methods for manufacturing and to create a detailed literature review.

In order to go forward for information obtained from theoretical approach, an application with a variety of improvement tools has been done within an enterprise that produces paper machines.

During the process of machinery production, semi-finished goods manufactured via casting are treated with many processes like machining, welding or assembly. More than one improvement techniques are used and repeated when necessary for the identification of the most important improvement areas among such a variety of manufacturing methods.

**Keywords:** Manufacturing, Continuous Improvement, Quality Techniques, Total Quality Management, Productivity

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

### 1.1 Giriş

Küresel düzeyde ekonomik ve ticari ilişkilerin hızlanması ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, rekabet şartları günden güne zorlaşmaktadır. 2007–2010 yılları arasında, tüm dünyayı etkileyen ekonomik krizde üretim ve imalatçı kuruluşlar zarar görmüş ve bu zararın boyutları yarım asırdan fazla süredir otomotiv ana sanayi olarak faaliyet göstermiş kuruluşların, yarım yıldan kısa bir süre içinde iflaslarını ilan etmelerine sebep olmuştur. Bu süreçte yaşanan gelişmeler sürekliliğin öneminin her açıdan daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Sürekliliğin sağlanması, faaliyet gösterilen pazarda sürekli bir yere sahip olmak ve bu yeri değişen her koşulda korumak ile mümkündür.

Değişen koşulları ve bunların gerektirdiği değişen talebi takip etmek, şirketlerin ürün ve hizmetlerinde de sürekli değişikliğe gitmelerini ve artan müşteri gereksinimlerini karşılamaya yönelik sürekli iyileştirmeler yapmalarını mecbur kılar. Kalite, yapısal özellikler takımının şartlarının yerine getirilme derecesidir (EN ISO 9000:2000). Bu ifade ile tanımlanmış kalite ve kalitenin ölçüsü de müşteri gereksinimleri ile birlikte sürekli bir gelişim göstermek zorundadır.

Bunların dışında, ekonomik değişimler karşısında ayakta kalmayı amaçlayan kuruluşlar her zaman kâr etmeseler bile zarar etmekten mutlak surette kaçınmalıdırlar. Zarar etmekten kaçınmanın ve daha da ileriye giderek kâr elde etmeye çalışmanın en önemli yollarından bir tanesi verimliliği sağlamaktır. Bu sayede kaynak kullanımı en az seviyede gerçekleşecek, üretim maliyetleri mümkün olan en düşük miktarlara inecek ve tüm bunların sonucunda düşük fiyatlı ürünler ilgili pazarlarda rekabet etmeye uygun hale gelecektir.

İşte müşteri gereksinimleri doğrultusunda kalitelerini sürekli geliştirme çabasında olan kuruluşlar, dolaylı yoldan verimliliklerini de artırmaktadırlar. Bu yaklaşım detaylı bir incelemede somut verilerle desteklenebilir. Kısaca sürekli iyileştirme felsefesi ile yola çıkmış kuruluşların kaliteyi iyileştirdiğini ve bu sayede hatalı üretimden kaynaklanan hurda, ek işçilik veya kalitesizliğin sonradan yansımaları olacak servis giderlerini azaltarak hammadde, enerji, işgücü ve zamandan tasarruf sağladığını ve de sonuçta verimliliği artırdığını ortaya koymaktadır.

## 1.2 Amaç

Kalite kontrol için önceleri benimsenmiş klasik yaklaşım incelendiği takdirde, limitleri önceden belirlenmiş süreçlerin seçilen değer aralıklarında tutulmaya çalışıldığı görülmektedir. Hatalar önceden kabul edilmiş oranlarda oluşmaya devam eder veya sabit bir performans seviyesi ile çalışılması normal olarak kabul görür.

Oysa gelişmişlik düzeyi dünya çapında yapılan bir kıyasta dahi kabul gören kuruluşlar da geliştirme ve iyileştirme ihtiyacına sahip olabilirler. Söz konusu geliştirme ve iyileştirmelere olan ihtiyaç, işletmelerin büyüklüklerinden, faaliyet gösterdikleri alanlardan ve bu faaliyetleri sürdürdükleri pazarlardan tamamen bağımsızdır. Bu durum eldeki verilerle değerlendirildiğinde aynı ihtiyaçlar, ülkemiz imalat sektörü için ve bu sektörde faaliyet göstermekte olan büyük, orta veya küçük ölçekli için de geçerli olmaktadır.

Ülkemiz kuruluşları içerisinde ana sanayi veya büyük ölçekli işletmeler ve bu işletmelere yan sanayi olarak hizmet veren orta ölçekli işletmelere yönelik sürekli iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmaların yürütülme imkânları ve kolaylığı, kimi zaman çalışmaların yapıldığı kuruluşların ekonomik göstergeleri ile açıklanmaktadır. Bu çalışmalar bazen kendi kalite politikaları ve araçlarından faydalanılarak, bazen danışman kuruluşlar yardımı ile bir kalite yönetim sistemine geçerek, bazen de belgelendirme faaliyetleri ile eş zamanlı gerçekleştirilmektedir. Bu doğrultuda ana sanayi kuruluşları ve bunların yan sanayisi olarak varlığını sürdüren kuruluşlar için iyileştirme çalışmaları, ülkemiz akademik literatürü içerisinde mevcuttur. Akademik alanda yapılan çalışmalarda, var olan ürünler için ideal geliştirme örnekleri, çeşitli kalite araçlarının kullanımı ile uygulanmıştır. Daha da ötesi söz konusu işletmelerin uygulayabilecekleri uluslar arası kalite yönetim sistem ve standartları yine akademik çalışmalar içinde incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında amaçlanan ise kalite iyileştirme faaliyetlerini icra etmek ve bunlar sonucunda verimliliği artırmak amaçlarına ulaşması daha zor görülen işletmelere faydalı olmaktır. Bahsi geçen işletmeler, kalite araçlarının sisteme entegrasyonu için kalifiye eleman sayısı yetersiz olan ve üretiminde daha temel imal usullerini kullanan işletmelerdir. Bu işletmeler için tüm süreci baştan sona iyileştirmek yerine, yerel anlamda da sürekli iyileştirme faaliyetlerinin mümkün olduğunu göstermek ve bu kuruluşlara sürekli iyileştirme araçları ve kullanımları hakkında başlangıç düzeyinde bilgi sağlamaktır.

## **2. ÜRÜN, ÜRETİM VE İMALAT SÜREÇLERİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR**

İmalat süreçlerinin kalitesinin ve verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışma ve yöntemlerin incelenmesinden önce üretim, imalat süreçleri ve bunların çıktısı şeklinde değerlendirilebilecek ürün kavramları ile ilgili temel esasların bilinmesinde, amaca ulaşma ve anlama kolaylığı sağlaması açısından büyük fayda bulunmaktadır.

### **2.1 Ürün**

Üretim ve imalat sistemleri ile ilgili kavramları daha iyi anlayabilmek için bu kavramların amacı olan ürün kavramını en basit şekli ile bilmekte yarar vardır.

Ürün çeşitli aktivite ve proseslerin çıktısıdır. Bir proses hizmet, donanım, işlenmiş malzeme, yazılım veya bunların kombinasyonlarını içerebilir.

Bir ürün somut (örneğin cihaz veya işlenmiş malzeme) veya soyut (örneğin bilgi veya konsept) olabilir. Ürünler istenen (örneğin müşteriye sunulan) veya istenmeyen (örneğin çevreye zararlı maddeler) ürünler olabilir (Osanna, 2004).

### **2.2 Üretim ve İmalat Süreçleri ve Esasları**

Ekonomistler üretimi fayda yaratmak olarak tanımlarken; mühendisler, fiziksel bir varlığın değerini artıracak değişiklikler yaparak, hammadde veya yarı mamulleri kullanılabilir bir ürüne dönüştürmeyi üretim olarak tanımlamaktadır (Kobu, 2003). Bu iki tanım, farklı meslek gruplarının üretim kavramına farklı yaklaşımlarını göstermektedir.

Üretim kavramı sistematik olarak sınıflandırılmak istendiğinde, üretim için kullanılan yöntem, ürünün cinsi, alınan ürün miktarı veya üretim akışı gibi özellikler doğrultusunda farklı sınıflandırmalar yapmak mümkündür. Üretim yöntemine göre birincil, analitik, sentetik, imalat ve montaj üretim; üretim miktarı ve akışına göre ise parti üretim, sürekli üretim ve siparişe göre üretim bu sınıflandırma yöntemlerine örnek olarak verilebilir.

Gerek İngilizce literatür kaynaklarında gerekse Türkçe kaynaklarda üretim (Production) terimi herhangi bir yöntem veya ürün için kullanılabilirken imalat (Manufacturing) terimi, üretimin daraltılmış ve özelleştirilmiş bir alt sistemini tanımlamaktadır. İmalat süresince, fiziksel veya kimyasal işlemler uygulanmak vasıtasıyla, başlangıçta elde olan hammadde veya yarı mamulün görünümü veya geometrisi değiştirilerek, amaçlanan ürün sürecin bir çıktısı

olarak elde edilir.

Bazı literatür veya sektörsel sınıflandırmalarda imalat alt sistemi daha da özelleştirilmekte ve fabrikasyon (Fabrication) adı ile bir alt sistem tanımlanmaktadır. Fabrikasyon ile tanımlanan alanda, imalat alanından farklı olarak talaşlı imalat ve döküm faaliyetleri kapsam dışında tutulmaktadır.

Diğer bir çeşit olan montaj üretimi, farklı geometri ve malzeme özelliklerine sahip parçaların, tasarım amacı doğrultusunda birleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Montaj üretimi amaçları doğrultusunda yapılan işlem çeşitleri arasında birleştirme, bağlama, uydurma ve alıştırma gibi örnekler sayılabilir.

Özellikle birleştirme fonksiyonu ile ilgili olan bu imalat türünde alıştırma/uydurma, bağlama gibi işlemlerle imalat gerçekleştirilmektedir. Proses imalatta ise alaşım, karışım, damıtma, fermantasyon, kaplama gibi işlemlerle kullanılan hammadde ve yarı mamullerin kimyasal karakteristikleri veya yapıları değiştirilerek farklı yada daha faydalı fonksiyona sahip ürünler üretilmektedir. Genellikle birincil (primer) hammaddeleri (demir, bakır, kömür gibi madenler, ham petrol, kil vb) kullanan bu imalat türünün diğer bir özelliği de kendi aralarında ayrılamayan “benzeri maddeleri” ve özel amaçlı araç gereçleri kullanmasıdır (Kuruüzüm, 1986).

Bu tez çalışması dâhilinde seçilen konu gereği, yapılacak iyileştirme uygulamaları imalat terimi ile sınırlandırılan alanlarda icra edilecektir. Proses ile tanımlanan faaliyet alanları kapsam dışında tutulacaktır.

### **2.2.1 Üretim ve imalat süreçlerinin ürün miktarına göre değerlendirilmeleri**

Üretim sistemlerinin sınıflandırılması gereği, sistemin islemesinde karşılaşılan önemli sorunların farklı sistemlerde farklı nitelikte olmasından kaynaklanır. Üretim sistemleri sürekli ve kesikli olarak adlandırılmaktadır (Yamak, 1993).

Sürekli üretim sistemlerinde makine ve tesisler yalnız belirli bir ürün için ayrılmıştır. Söz konusu ürüne yüksek bir talep mevcuttur ve bu yüzden üretim miktarları da çok yüksektir. Sürekli üretim kütle ve akış üretimi olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir.

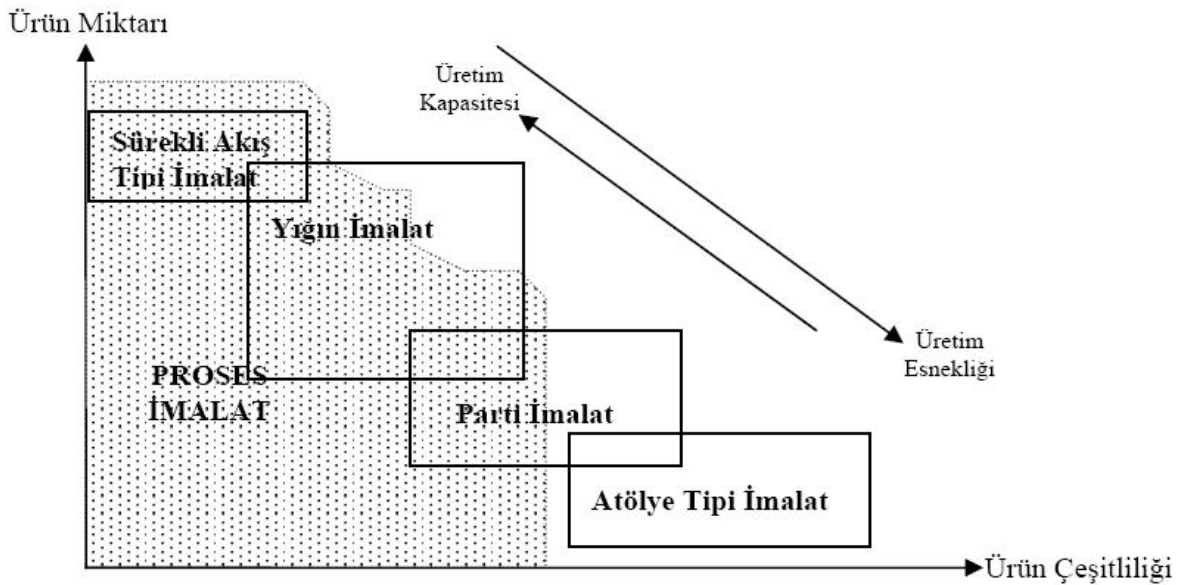
Kütle üretiminde, akış üretiminde de olduğu gibi bir üründen çok yüksek miktarlarda ve uzun sürede üretilmektedir. Fakat bu uzun süreli üretim sırasında gerektiğinde fabrika yerleşim düzeni, makineler ve makinelerde kullanılan kalıplar değiştirilerek farklı bir üretim yapmak

mümkündür.

Akış üretiminde ise yerleşim, makine ve tesise mahsus diğer unsurlar en baştan itibaren tek bir ürünün üretilmesi amaçlanarak tasarlanmıştır ve bu düzenin değiştirilmesi ya imkânsız ya da çok maliyetli ve zor olmaktadır.

Bir malın bir defa veya tekrarlanarak belirli aralıklarla üretilmesi kesikli üretim konusuna girer. Siparişe göre üretim ve parti üretimi de yine bu gruba girmektedir. Tekrarlanma, talep belirsiz olduğu takdirde belirsiz aralıklarda, talep belirli olduğu takdirde belirli bir süre içinde ve belirli miktarda gerçekleşir. Talep edilen miktar (sipariş) kadar üretim yapılırca üretim durur; başka bir malın üretimine geçilir veya aynı malın tekrar ayrı bir parti olarak üretimine devam edilir (Doğruer, 2005).

Fabrikalar dâhilinde ürün sayısına göre sınıflandırılmış üretim türlerin yalnızca bir tanesi bulunması zorunluluğu yoktur. Bu noktada seçim kistası, fabrikanın menfaatlerine göre belirlenerek, aynı işletme bünyesinde iki veya daha fazla çeşit üretim yöntemi uygulanabilmektedir. Aşağıdaki şekil, ürün sayısına göre sınıflandırılmış üretim yöntemlerinde ürün çeşitliliğinin nasıl etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 2.1 Üretim, üretilen ürün sayısına göre sınıflandırılması (Akyüz, 2006)

### 2.3 İmalat Kavramı ve Çeşitlendirilmesi

Üretim sürecindeki oluşuma göre çok çeşitli imalat yöntemleri kullanılır. İmalat; parça veya ürün elde etmek için verilen başlama maddesinin görünümünü, geometrisini, özelliklerini değiştirmek amacıyla, fiziksel ve kimyasal işlemlerin uygulanmasıdır (Şahin, 2000).

Ancak en genel anlamda CAD/CAM takım tezgâhlarında herhangi bir parçanın işlenmesi; kalite (şekil, boyut, yüzey), yüksek produktivite, düşük maliyet, esneklik gibi teknik ve ekonomik koşulların gerçekleştirilmesi için gerekir. Bu koşulları en iyi şekilde gerçekleştiren otomasyon olgusudur (Akkurt, 1996).

İmalat süreçlerinde, farklı çeşitler hammaddeler veya yarı mamuller kullanılarak, daha farklı yarı mamul veya bitmiş ürünler elde edilebilir. Bu amaçla farklı imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler en genel haliyle döküm yoluyla, birleştirme yoluyla, talaşsız şekillendirme ve talaşlı şekillendirme ile beraber toplamda dört kümeye ayrılabilir.

#### 2.3.1 Döküm yoluyla imalat

Döküm yöntemi ergitilerek sıvı ve akıcı hale getirilmiş metallerin, kalıplara dökülerek şekillendirilmesi ilkesi ile yapılan bir imalat yöntemidir. Bu imalat çeşidi için kullanılan kalıplar, üretilmek istenen parçanın şekline sahip boşluklar içermektedir. Kalıba dökülen metaller soğuduktan ve katılaştıktan sonra kalıptan çıkartılarak üretim tamamlanmış olur. Kalıptan çıkarma işlemi, kalıbın türüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Eğer kalıcı bir kalıp kullanıldıysa ürün kalıp açılıp çıkartılır, fakat geçici bir kalıp kullanıldıysa ürün kalıp kırılarak veya bozularak çıkartılır.

Döküm yolu ile imalat yönteminin diğer yöntemlere göre üstünlükleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Her hangi bir gereksinimden bağımsız olarak, iç ve dış konturların tasarlanması mümkündür.
- Dinamik gerilimler altında rijitlik, aşınma ve korozyon dayanımı gereken yerlerde kullanılacak metal parçalar bu yöntemle üretilirler.
- Seri üretim için uygun bir yöntemdir.
- Karmaşık geometriye sahip tasarımlar, tek bir işlemle ve tek parça olarak imal edilebilirler (Stefanescu vd., 1998).

Döküm yönteminin imalatta kullanılmasını sınırlandıran etkenler aşağıda sıralanmaktadır:

- Az sayıda parça üretimi için ekonomik bir yöntem değildir.
- Geometrik olarak çok ince kesitlere sahip tasarımların imal edilmesi için uygun bir yöntem değildir.
- Aynı malzemeden oluşan fakat plastik şekil verme ile üretilmiş ürünler, döküm yöntemi ile üretilmiş ürünlere kıyasla daha iyi dayanım özelliklerine sahiptirler.

Kalıp malzemeleri, kalıplama yöntemleri, ergitme ocakları, döküm malzemeleri gibi alanlarda sürekli geliştirilen döküm teknolojisi, günümüzde yaygın olarak kullanılan bir üretim yöntemi haline gelmiştir. Döküm yoluyla biçimlendirilen metallerin en önemlileri kır dökme demir, temper dökme demir, beyaz dökme demir, çelik ve bakır alaşımlardır. Günümüzün dökümhaneleri mekanizasyon ve otomasyon yöntemlerinin yaygın olarak kullanıldığı modern üretim tesisleridir (Cerit, 1996).

### 2.3.2 Talaşsız imalat

Metaller için talaşsız şekil verme veya diğer adıyla plastik şekil verme, metal bir yarı mamul veya kütüğün, çeşitli kalıp ve araçlar ile şekillendirilmesi prosesini içerir (Semiatin vd., 1996). Bu imalat yöntemi ile şekli değiştirilen katı cisimlerin birçoğunda kütle ve bileşim değişikliği yaşanmaz. Bu yöntem için kullanılan yarı mamuller çoğunlukla kütük (takoz) veya sac metal formunda temin edilmektedir.

Kütük mamullere şekil verme işlemleri aşağıda sıralanan ayırt edici özelliklere sahiptir (Altan, 1983):

- Üretime tabi olan malzeme veya iş parçası, şekil veya kesitinde değişiklikle sonuçlanan, kalıcı bir plastik deformasyona uğrar.
- İş parçasının plastik deformasyona uğrayana kısmı elastik deformasyona uğrayan kısımdan genellikle çok daha büyüktür, bu nedenle deformasyon sonrası elastik kurtarma göz ardı edilebilir.

Sac metal üretiminin karakteristikleri aşağıda sıralandığı gibidir (Altan, 1983):

- İş parçası bir sac metal veya sac metalden üretilmiş bir yarı mamuldür.
- Deformasyon çoğunlukla şekilde büyük değişikliklere yol açmasına rağmen, kesitte

çok fazla değişikli yaşanmaz.

- Bazı durumlarda plastik ve elastik deformasyon büyüklükleri birbirine yakındır ve bu nedenle elastik kurtarma veya geri yaylanma görülebilir.

Karbonlu ve alaşımlı çelikler (paslanmaz ve ısıya dayanıklı çelikler dahil), alüminyum, çinko, bakır ve bunların alaşımları gibi demir dışı malzemeler plastik şekil verme yöntemleri ile işlenebilmektedir. Ayrıca, uzay ve reaktör teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda, titanyum alaşımları, nikel esaslı ısıya dayanıklı malzemeler, tungsten, molibden, zirkonyum ve bunların alaşımlarıyla benzeri malzemelere de, giderek artan talep nedeniyle, plastik şekil verme işlemleri uygulanmıştır (Cerit, 1996).

Ayrıca talaşsız şekillendirmeyele sağlanan yüksek dayanım özelliklerine diğer imalat usulleri ile ulaşabilmek, bugüne kadar mümkün olmamıştır (Yurci, 2003). En sık kullanılan talaşsız imalat yöntemleri şunlardır:

- Dövme ve Basma
- Haddeleme
- Ekstrüzyon
- Çekme
- Bükme ve Burma

### 2.3.3 Birleştirme yoluyla imalat

Birleştirme ve kaynak yolu ile üretim işlemleri, üretilen hemen her ürünün geliştirilmesinde temel teşkil eder (Olson vd., 1993). İki veya daha fazla iş parçası veya yarı mamulün, dolgu malzemesi kullanarak veya kullanmayarak birleştirilmesi, birleştirme yoluyla imalat yönteminin genel ilkesidir.

Birleştirme yöntemleri, çeşitli imalat süreçlerinde veya günlük hayatta kullanılan irili ufaklı montajlar için uygulanır. Birleştirme yolu ile imalat için kullanılan yöntemler genel olarak 4 ana başlık altında toplanabilir. Bu başlıklar aşağıda sıralanmaktadır:

- Kaynak ile birleştirme
- Lehimleme

- Perçinleme
- Yapıştırma

Birleştirme yolu ile imalat oldukça fazla malzeme çeşitliliği sunar, fakat birleştirme yolu ile imalatta malzeme seçimine çok dikkat edilmelidir.. Bir yapı hizmete alınmadan önce, yapı konstrüksiyonunun malzeme özellikleri, amaçlanan performansı sağlamak için yeterli olmalıdır. Yapının bileşenleri, uygulanacak yükleri karşılamak için yeterli güçte olmalıdır (Olson vd., 1993). Bu ilkeler doğrultusunda oluşturulacak bir birleştirmede genel yapı çelikleri, düşük karbonlu çelikler, paslanmaz çelikler, demir dışı metaller ve farklı alaşımlar kullanılabilir.

#### **2.3.4 Talaşlı imalat**

Talaşlı imalat birçok farklı imalat prosesini kapsar ve bir iş parçasından istenmeyen malzemeyi, genellikle talaş formunda uzaklaştırır. Talaşlı imalat döküm, dövme ya da önceden oluşturulmuş metal kütüklerini, tasarım gereksinimlerini yerine getirmek üzere hassas bir şekilde bitirerek, istenilen şekilleri oluşturur (Black vd., 1997). Hemen hemen her imal edilmiş ürünün, hassas bir şekilde işlenmesi gereken bir veya daha fazla unsuru bulunmaktadır.

Metal kesme işlemindeki temel mekanizma, takımın kesici kenarının, hemen önündeki malzemede kesme, şekil değiştirmesi (deformasyon) oluşturmasıdır.

Kesme sırasındaki takım ve iş parçası arasındaki bağıl hareket takım önündeki malzemeyi sıkıştırır ve bu da talaş şekillendiren kesme sekil hareketini oluşturur. Talaş takım üzerindeki kayması ve kesmeden dolayı üst kesme yüzeyinden geçerken ek bir şekil değiştirmesine uğrar (Cerit, 1996).

Talaşlı imalat yöntemleri, işlenecek parça malzemesi, tezgah veya takım türü yönünden farklılaştırılabilir. Buna rağmen literatürde geçen sabit talaşlı imalat yöntemleri bulunmaktadır. Talaşlı imalat yöntemlerinden en yaygın olanlar aşağıda sıralanmıştır:

- Tornalama
- Frezeleme
- Delik Delme
- Raybalama

- Broşlama
- Planyalama (Vargelleme)
- Testere ile Kesme
- Taşlama
- Honlama

### 3. VERİMLİLİK KAVRAMI VE ESASLARI

Günümüz ekonomik düzen ve sistemi içerisinde, maddi sorunların çözümünde ve gerek mikro gerekse makro boyutta, gerek kuruluş gerekse toplumsal olarak kalkınmanın temelinde bulunan önemli etkenlerden bir tanesi verimliliktir. Global olarak yaşanan bir ekonomik krizin etkilerinin silinmeye çalışıldığı günümüz dünyasında verimlilik, geçici sorunlar ve krizlerin etkisi ile zarar görmeyecek ekonomik bir yapının ve de dolayısı ile bir üretim ve imalat endüstrisinin mutlaka sahip olması gereken bir özelliktir.

Resmi anlamda, verimlilik kelimesinden ilk kez 1766 yılında bir makalede, Quesnay tarafından bahsedilmiştir. Bir yüzyıldan fazla bir süre sonra, 1883’ te Litre, verimliliği “Üretim gücü” olarak tanımlamıştır (Sumanth, 1987).

Verimlilik, üretim ve imalat sistemlerinin performanslarının değerlendirilmesinde en sık kullanılan göstergedir. Nihai amaçları ekonomik varlıklarını sürdürebilmek olan her büyüklükteki işletmelerde devam eden üretim ve imalat süreçlerinde kullanılan işgücü, hammadde veya yarı mamul, yer, yapısal imkânlar, makine parkı, teknolojik donanım, zaman ve enerji gibi kaynakların ne kadar etkin kullanıldığını belirlemekte en önemli gösterge olarak verimlilik düzeyi incelenmektedir.

Verimlilik makro bir bakış açısından incelendiği takdirde dünya ekonomik düzeninde kalıcı bir yere sahip olmak isteyen ve bu yönüyle gelişmekte olan ülkelerin tüm kaynaklarını iyi kullanması ve bu sayede tüm ürün ve hizmetlerde düşük maliyetlere ulaşması anlamına gelmektedir. Bu seviyeye ulaşmış bir ülke, aynı veya daha yüksek kalitede ürün veya hizmetleri küresel pazarlarda daha düşük fiyatlarla satarak geniş bir pazar payı, ölçülebilir bir karlılık artışı ve devam eden bir talep yaratma şansına sahip olabilir. Tüm bu önemli noktaları ve maddi yönleri ile değerlendirildiğinde verimliliğin iyi bilinmesi ve anlaşılması gerekmektedir.

#### 3.1 Verimlilik Kavramının Tanımı ve Çeşitlendirilmesi

Verimlilik kavramı sanayi devriminden itibaren birçok değişik bilim ve anabilim dalları, endüstriler ve işletmeler tarafından ayrı ayrı tanımlanmış, en doğru tanıma ulaşılmaya çalışılmış fakat bunların denenmesi sırasında bazen tam tersine doğru tanımdan uzaklaşmıştır.

Günümüzde de en doğru şekilde tanımlanmaya çalışılan verimlilik aynı işletme, aynı departmanda çalışan ve fakat görevleri birbirlerinden farklı olan iki çalışan tarafından dahi aynı şekilde tanımlanmayabilir. Örneğin makine mühendisliği biliminde kullanılan mekanik verim, sistemden elde edilen işin sisteme girerek harcanan enerjiye oranı olarak belirlenmekte ve termodinamik kanunları gereği hiçbir zaman 1'den büyük olamamaktadır. Oysa hedefi kar etmek olan bir işletmede, ekonomik göstergeler ışığında hesaplanmış genel verimliliğin 1'den küçük olması o işletmenin zarar etmekte olduğunu gösterir ki, bu sürecin devamı sonucunda işletme iflas tehlikesi ile karşı karşıya kalabilir.

Sanayi devriminin başladığı zamanlardan günümüze kadar geçen süre içinde verim ve verimlilik ile ilgili, endüstri ve bilim dünyasının bazı önemli şahsiyetleri tarafından yapılmış olan tanımlamalar aşağıdaki çizelgede gösterilmektedir:

Çizelge 3.1 Önemli Bazı Verimlilik Tanımlarının Kronolojisi (Sumanth, 1984)

18. yy	QUESNAY	1766	Verimlilik kelimesinin ilk kullanıldığı tarih
19. yy	LITTRE	1883	Üretim becerisi
20. yy	İlk Yıllar	1900	Çıktı ile çıktıyı üretmek için kullanılan araçlar arasındaki ilişki
	F. W. TAYLOR		İsraf ve kayıplara yol açan sebepleri, rasyonelleştirici tedbirler olarak ortadan kaldırmak
	OEEC	1950	Çıktının üretim faktörlerine bölümünden elde edilen sonuç
	DAVIS	1955	Tüketilen kaynaklara göre elde edilen çıktıdaki değişim
	FABRICANT	1962	Daima çıktının girdiye oranı
	KENDRICK VE CREAMER	1965	Kısmi, toplam faktör ve toplam verimlilik için fonksiyonel tanımlar
	SIEGAL	1976	Çıktı/ Girdi oranlar grubu
	SUMANTH	1979	Toplam verimlilik, somut çıktının somut girdiye oranı

Çok değişik eğitim kurumu ve işletmeleri temsil eden bu bilim adamları ve mühendislerin, verimlilik hakkında yaptıkları tanım ve tanımlamalar günümüzde daha basit ve tüm sektörleri kapsayacak şekilde yapılabilmektedir.

Bu doğrultuda tanımlama yapmak gerekirse verim, bir üretim veya hizmet faaliyetinin gerçekleştirildiği bir sürecin belirli bir zaman aralığında, faaliyetler sonucunda ulaşılan çıktıların, faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan girdilere oranıdır. Aşağıda, genel verimliliğin hesaplanmasında kullanılan matematiksel ifade verilmektedir:

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (3.1)$$

Matematiksel olarak ifade edilmiş bu tanımda kullanılan girdi ve çıktı değerlerinin nitelediği büyüklükler aşağıdaki çizelgede gösterilmektedir:

Çizelge 3.2 Girdi ve Çıktı Çeşitleri

GİRDİ	ÇIKTI
İşçilik veya harcanan işgücü	Adetsel göstergeler olarak, ürün adedi, lot,...vb.
Sermaye ve/veya sistemin kurulması ve işletilmesinde diğer girdi sınıfları hariç yapılan ekonomik harcamalar	Fiziksel göstergeler olarak ton, metre, galon,...vb.
Malzeme, hammadde, yarı mamul	Ekonomik göstergeler olarak firma düzeyinde satışlar, toplam kar, kazanç,...vb.
Harcanılan yakıt ve/veya enerji	
Dışarıdan satın alınan fayda veya hizmetler	
Diğer girdiler	

Verimliliğin hesaplandığı süreç sonunda çıktı verileri yerine katma değer ve girdi verisine sahip bir işletme için, verimliliğin matematiksel ifadesi aşağıdaki şekilde olmaktadır:

$$\text{Verimlilik} = \text{Katma değer} / \text{Girdi} + 1 \quad (3.2)$$

Bu aşamaya kadar farklı tanımlamaları yapılmış olan ve yine farklı matematiksel ifadelerle verilmiş olan verimlilik, verimliliğin en genel ifadesi olup bunun tanım ve formüllerini detaylandırılması, daha iyi hesaplanmasında yararlı olacaktır.

### 3.1.1 Verimlilik çeşitleri

İster işgücü, ister sermaye, ister hammadde verimliliği söz konusu olsun, birinci planda göz önünde bulundurulması gereken nokta işgücü, sermaye, hammadde, enerji vb. faktörlerin malın bünyesinde hangi oranda yer aldığıın belirlenmesi olmaktadır.

Verimliliğin, pek çok farklı amaca yönelik olarak uygulanabilecek çeşitleri mevcuttur. Verimliliğin çeşitlendirilmesi, genel verimlilik tanımında bulunan girdi ve çıktı değerlerinin farklı yönlerden ele alınması ile olmaktadır. Bu girdi ve çıktı değerleri bazı sistemlerde birbirlerinden ayrılarak değerlendirilmekte ve verimliliğin çeşitlendirilmesi buna göre yapılmaktadır.

Yine bu girdi ve çıktıların değişiminin ve bu değişimin verimliliğe etkisinin zamana göre izlenmesi istendiğinde, verimliliğin çeşitlendirilmesi zamana göre yapılmaktadır.

Verimlilik göstergesi olarak girdi ve çıktıların türleri veya birimleri önem kazandığında verimliliğin çeşitlendirilmesi bu verilere göre yapılabilir.

Bu bilgiler ışığında verimliliğin çeşitlendirilmesinin üç farklı şekilde yapılabileceği anlaşılmaktadır.

Verimliliğe etki eden faktörlerin incelenmesi amaçlandığında verimlilik şu şekilde çeşitlendirilebilir:

- Kısmi verimlilik
- Çok faktörlü verimlilik
- Toplam verimlilik
- Marjinal verimlilik

Verimliliğin ana parametreleri olan girdi ve çıktıların, verimliliğe zamana bağlı olarak etkileri incelenmek istendiğinde verimlilik şu şekilde çeşitlendirilebilir:

- Statik verimlilik
- Dinamik verimlilik

Verimliliği etkileyen girdi ve çıktıların türlerine bağlı olarak göstergeler incelenmek istendiğinde verimlilik şu şekilde çeşitlendirilebilir:

- Fiziksel verimlilik oranları
- Parasal verimlilik oranları

Verimliliğin çeşitlendirilmesi, takip edilmesi amaçlanan göstergelerin sağlıklı ve doğru bir şekilde takip edilebilmesi açısından büyük öneme sahiptir ve bu çeşitlerin gerek tanım gerekse matematiksel ifadelerinin iyi bilinmesi, bu değerlerle profesyonel veya akademik olarak ilgilenen çalışanlar açısından faydalı olacaktır.

### **3.1.1.1 Kısmi verimlilik**

Kısmi verimlilik üretim faaliyeti sonunda elde edilen toplam veya net çıktı miktarının, üretim faaliyetine giren girdilerden herhangi birine oranlanması ile elde edilen verimlilik çeşididir.

Kısmi verimlilik, analize konu olan girdi türüne göre hesaplanır ve genel matematiksel ifadesi şu şekilde verilebilir:

$$\text{Kısmi verimlilik} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimde kullanılan herhangi bir üretim faktörü}} \quad (3.3)$$

Kısmi verimlilik çoğunlukla genel matematiksel ifadesi ile değil, hesaplamaya konu olan girdinin türü ile anılmaktadır. Bu şekilde, girdi türünün sistem içerisindeki verimi hesaplanmış ve izlenmiş olacaktır. Buna örnek verilmek gerekirse sermaye verimliliği veya işgücü verimliliği verilebilir.

$$\text{İşgücü verimliliği} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimde kullanılan toplam işgücü}} \quad (3.4)$$

$$\text{Sermaye verimliliği} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimde kullanılan toplam}} \quad (3.5)$$

$$\text{Malzeme verimliliği} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimde kullanılan toplam malzeme}} \quad (3.6)$$

$$\text{Enerji verimliliği} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimde kullanılan toplam enerji}} \quad (3.7)$$

Kısmi verimlilikte izlenecek gösterge ve bu göstergenin temsil ettiği girdi, o süreçteki miktarı ve oranı diğer girdilere kıyasla en büyük olan girdi olarak seçilmesi tercih edilir. Bunun sebebi miktarı en büyük olan girdinin, sürece etkisinin en güçlü olması ve bunun dışındaki girdilerde kıyasla verimlilik hesaplamalarını fazla şekilde etkilemesidir.

### 3.1.1.2 Çok faktörlü verimlilik

Kısmi verimlilik çeşidinin hesaplanmasında çıktı sonuçlarına etki eden bir girdinin etkisi incelenmekte iken, çok faktörlü verimlilik çeşidinde iki veya daha fazla girdinin etkisi gözlemlenmektedir ve bu iki veya daha fazla girdinin verimi hesaplanmaktadır.

Çok faktörlü verimlilik çeşidinde gözlemlenecek girdi çeşitlerine örnek verilecek olursa, işgücü ve sermaye iki girdili, işgücü-malzeme ve enerji üç girdili örnekler olarak verilebilir. Çok faktörlü verimliliğin genel ve örnek matematiksel ifadeleri aşağıda sırası ile verilmektedir:

$$\text{Çok faktörlü verimlilik} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimdeki iki veya daha fazla faktörün toplamı}} \quad (3.8)$$

$$\text{Çok faktörlü verimlilik} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimdeki işgücü, malzeme ve enerji toplamı}} \quad (3.9)$$

$$\text{Çok faktörlü verimlilik} = \frac{\text{Toplam üretim miktarı}}{\text{Üretimdeki işgücü ve sermayenin toplamı}} \quad (3.10)$$

Çok faktörlü verimlilik çeşidine ihtiyaç duyulmasının sebebi, sürecin sonunda çıktıyı etkileyen önemli girdilerin bir çeşitten fazla olmasıdır. Örnek olarak bir üretim sürecinin girdileri arasında işgücü ve malzeme girdilerinin birbirlerine yakın değerlerde etki etmesi ve oranlarının diğer girdilerle kıyaslanamayacak kadar baskın olması gösterilebilir.

### 3.1.1.3 Toplam verimlilik

Kısmi verimlilikte bir girdi, çok faktörlü verimlilikte ise iki veya daha fazla girdinin üretim sürecinin sonucuna ve verimliliğe etkileri incelenirken, toplam verimlilik çeşidinde tüm girdilerin etkileri incelenmektedir. Bu verimlilik çeşidinde her faktörün sonuca önemli bir ölçüde etki ettiği ve hatta bu faktörlerin etkilerinin birbirlerine yakın olduğu varsayımı, tüm faktörlerin verimlilik hesabına katılmasını zorunlu kılmaktadır.

Kısmi verimlilik çeşidinde bir girdinin etkisi, çok faktörlü verimlilikte ise iki veya daha fazla girdinin etkisi incelenirken bu girdi türlerinin birimlerinin aynı veya birbirine çevrilebilir olması, verimlilik biriminin tayininde serbestlik yaratmaktadır. Oysa toplam verimlilik çeşidinde çok farklı birimlere sahip girdi türlerinin varlığı, verimlilik birimini ortak bir paydada toplamayı zorunlu kılabilir. Bu ve benzeri durumlarda birinci önceliği ekonomik fayda olan işletmeler, toplam verimliliği parasal değer üzerinden hesaplamaktadır.

$$\text{Toplam verimlilik} = \frac{\text{Toplam üretim değeri}}{\text{Üretimde kullanılan bütün girdilerin toplam değeri}} \quad (3.11)$$

Toplam verimlilik çeşidinde tüm girdilerin hesaba katılması, işletmenin herhangi bir girdinin etkisi atlanmadan değerlendirilebilmesine olanak tanır ve bu sebeple benzer işletmeler arası verimlilik değerlerinin kıyaslanmasında tercih edilir.

### 3.1.1.4 Marjinal verimlilik

Bu verimlilik çeşidinde amaç üretime girdi olarak etkileyen faktörlerde, değişimin süreç sonucu elde edilen çıktıya etkisini belirlemektir. Marjinal verimlilik oranının hesaplanmasında üretim faktörlerinde meydana gelen bir birimlik değişme esas alınır.

$$\text{Marjinal verimlilik} = \frac{\text{Toplam çıktıda meydana gelen değişme}}{\text{Üretim faktörlerinde meydana gelen değişme}} \quad (3.12)$$

Eğer süreç içindeki faktörlerden yalnızca bir tanesinin değişiminin sonuca etkisi incelenmek istenirse, bu durumda kısmi marjinal verimlilik adı verilen değer hesaplanmalıdır. Kısmi marjinal verimlilik değerinin matematiksel ifadesi aşağıda verilmektedir:

$$\text{Kısmi marjinal verimlilik} = \frac{\text{Toplam çıktıda meydana gelen değişme}}{\text{Üretim faktörlerinin herhangi birindeki değişme}} \quad (3.13)$$

Süreci etkileyen girdilerden bir tanesindeki değişimin verimliliğe etkisini gösteren kısmi marjinal verimlilik, söz konusu girdinin etkinlik derecesini belirlemek açısından önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Küçük işletmelerdeki önemli girdilerin belirlenmesinde sıklıkla kullanılır.

### 3.1.1.5 Statik verimlilik

Verimlilik oranlarında girdilerin etkilerinden çok zamanı gözlemlemeye yönelik bir sınıflandırma yapıldığında, ilk verimlilik çeşidi statik verimlilik olarak adlandırılır. Statik verimlilik, sürecin sınırlı bir zaman dilimindeki verimlilik değerini hesaplamada kullanılmaktadır.

İsminde bulunan “statik” sıfatı ile nitelendirilmesinin sebebi, söz konusu zaman diliminin durağan, tek başına ve süregelen zamandan bağımsızmış gibi hesaplanmasını sağlar. Statik verimlilik çeşidinin matematiksel olarak ifade edilişi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Statik verimlilik} = \frac{\text{Belirli bir dönemde üretilen çıktı düzeyi}}{\text{Belirli bir dönemde kullanılan üretim faktörleri miktarı}} \quad (3.14)$$

### 3.1.1.6 Dinamik verimlilik

Dinamik verimlilik, zamanı gözlemlemeye yönelik sınıflandırmada yer alan ikinci verimlilik çeşididir. Adının dinamik verimlilik olmasının sebebi, statik verimlilikten farklı olarak süreç içindeki sınırlandırılmış bir zamanı tek başına almamasından, aksine kendinden önceki sınırlandırılmış zamanla kıyaslamasından kaynaklanır.

Dinamik verimlilikte, direk olarak verimlilik oranı yerine iki verimlilik değerinin birbirlerine oranı elde edilir. Daha detaylı bir şekilde ifade etmek gerekirse sınırlandırılmış bir zaman diliminin verimlilik oranı, kendinden önceki sınırlandırılmış zaman diliminin verimlilik oranına bölünür.

Verimlilik indeksi olarak da adlandırılan bu değerin matematiksel ifadesi aşağıda verilmektedir.

$$\text{Dinamik verimlilik} = \frac{\text{Belirli bir dönem için verimlilik oranı}}{\text{Baz , bir önceki, dönem için verimlilik oranı}} \quad (3.15)$$

### 3.1.1.7 Fiziksel verimlilik

Bu verimlilik çeşidi daha çok süreç içinde yer alan girdi ve süreç sonucunda oluşan çıktılardan, fiziksel değer ve büyüklükler incelenmek istendiğinde kullanılmalıdır. Burada amaç, parasal veya işgücü gibi faktörlerin takibinden daha çok süreç sonucundaki fiziksel çıktıların takibini gerçekleştirmektir. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\text{Fiziksel verimlilik} = \frac{\text{çıktı [kg. , m. , adet , ... vb.]}}{\text{Girdi [kg. , m. , gün , saat , enerji , çalışan işçi sayısı , ... vb.]}} \quad (3.16)$$

Bu verimlilik değerinin hesaplanmasında bazı güçlüklerle karşılaşılabilmektedir. Bu güçlüklerin en temel nedeni, süreç içerisinde yer alan çıktı ve girdilerin neredeyse tamamının farklı birim ve büyüklüklere sahip olmasıdır. Fiziksel büyüklükler, bu zorluklar nedeniyle, çoğunlukla tek bir faktörün etkisinin hesaplanması amaçlanan kısmi verimlilik hesaplarında kullanılır.

### 3.1.1.8 Parasal verimlilik

ıktı ve girdilerdeki büyüklüklerin tamamen parasal değere çevrilerek hesaplandığı verimlilik çeşididir. Matematiksel olarak ifade edilmesi aşağıdaki şekilde olur:

$$\text{Parasal verimlilik} = \frac{\text{ıktı [Parasal değeri]}}{\text{Girdi [Parasal değeri]}} \quad (3.17)$$

Nihai amaı kar etmek ve bu sayede ekonomik faaliyetlerine devam etmek olan her türdeki ve büyüklükteki işletmenin kullanması ve bu sayede ekonomik göstergeleri izlemeye imkan tanınması açısından önemli bir verimlilik çeşididir.

Bu konu başlığı altında incelenmiş olan verimlilik eşitleri, tercih edilme sıklıkları ve kullanım alanları burada söz konusu olmamış verimlilik çeşitlerine kıyasla nispeten daha fazla olan verimlilik çeşitleridir. Fakat nadiren de olsa farklı alanlarda çok farklı verimlilik eşitleri kullanılabilir ve hatta işletmeler kendi ihtiyaçlarına göre başka çeşitler tretebilirler.

### 3.2 Verimliliğin ölçümü

Ölçme işleminin hem sosyal hem de iş hayatı süreçlerindeki önemi iyi bir şekilde bilinmektedir. Ölçme işlemi, öğrenilmek istenen büyüklüklerin kesin değerlerinin elde edilmesi dışında, bir değişimin gözlemlenmesini sağlayan ve bu konuda belirleyici göstergeler ortaya koyan bir işlemdir.

İşletmeler, işlerin ne kadar iyi yapıldığını, beklenen sonuçlara ne düzeyde ulaşıldığını tespit etmek için ölçüm yaparlar. Dolayısıyla işletmeler ölçüm ile gerçekleştirilen işlerin amaçlara katkı düzeyini belirlemek, bu işlerin örgüt performansına olan etkisini ortaya çıkarmak, hedef ve stratejilere uygunluk durumunu gözden geçirmek, temel ilkelerden sapma olup olmadığını ve doğru yönde ilerleme kaydedilip edilmediğini tespit etmek amacıyla performans ölçümleri yaparlar ve kararlarında bu ölçümlerden yararlanırlar (Akal, 2002).

Ekonomik varlıklarını devam ettirebilmek için fayda sağlamak zorunda olan her türlü işletmede mutlaka ölçülmesi gereken değerlerden bir tanesi de verimlilik değeridir. Verimlilik ölçüldüğü sürece işletmeler kendi bünyelerinde işleyen süreçlerin ne kadar doğru işleyip işlemediğini takip edebilirler.

Verimliliğin ölçülmesi çok çeşitli amaçlarla yapılabilmektedir. Ulaşılacak istenen bu çok çeşitli amaçlara ulaşmak ve onların göstergelerini takip edebilmek için bazen bir verimlilik çeşidi yetmemekte ve amaçlar doğrultusunda iki veya daha fazla verimlilik değeri veya indeksi hesaplanmaktadır.

Hesaplanması gereken bu çeşitli verimlilik değeri veya indekslerine göre ölçülmesi gereken girdi ve/ veya çıktı faktörlerinin büyüklükleri ve çeşitleri de değişim göstermektedir.

Verimliliğin ölçülmesi sırasında işletmedeki neredeyse tüm süreçlerin gözden geçirilmesi ve ölçülmesi, şirketin anlık durumunu iyi bir şekilde kavranması açısından yöneticilere büyük fayda sağlamaktadır. Bununla birlikte zamana bağlı ve değişken verimlilik değerlerinin ölçümü, işletmenin geçmiş ve o anki durumunu gösterecek ve geleceği ile ilgili yapılacak değerlendirmelere ışık tutacaktır.

#### 3.2.1 Girdilerin ölçülmesi

Verimlilik değerinin hesaplanmasında kullanılacak ve her alan ve boyuttaki işletme için en önemli iki girdi çeşidi, işgücü ve sermaye girdileridir.

İşgücü miktarı, her türlü işletmede fiziksel olarak çalışılan toplam zaman ve çalışan toplam

işçi sayısı ile ifade edilebilir. Fakat mühim olan, verimlilik değerini amaca en uygun şekilde hesaplayabilmek ve bu sebeple doğru girdileri kullanmaktır. İşgücü maddi bir ölçüdür ve çalışma zamanı çıktıların üretimini doğrudan etkilediğinden, işgücü girdisi için en uygun büyüklük çalışma zamanı olarak mevcuttur. Buna rağmen işgücü girdisinin ölçülmesinde bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bu problemlerden en önemlisi dolaylı ve dolaysız işgücünün ayrılma zorluğudur. Dolaysız işgücü üretim ile doğrudan ilişkili imalat, montaj ve bitirme gibi işlerde alet, makine veya elle çalışan işgücü olarak tanımlanır. Dolaylı işgücü ise bakım, onarım, lojistik görevler, temizlik ve denetim işlemleri gibi görevleri kapsar.

Sermaye girdisi, tüm ekonomik ve parasal girdilerin toplamı olarak düşünülebilir. Fakat unutulmamalıdır ki, fiziksel girdiler de sermayenin ölçülmesinde önemli paylara sahiptirler. Parasal girdiler, sürecin gerçekleştirilmesinde kullanılan ve çeşitli fonlardan elde edilmiş parasal miktarlardır. Fiziksel girdiler ise daha somut olarak karşımıza çıkan iş yeri arazisi, bina ve yapılar, makineler ve teknik donanımdan oluşabilir.

İşte, sermaye girdisinin ölçülmesinde tüm bu parasal ve fiziksel girdiler hesaba katılmalıdır ve bu durum sermaye girdisinin ölçülmesini zorlaştıran bir durumdur.

### 3.2.2 Çıktıların ölçülmesi

Çıktı en genel anlamda herhangi bir işletmenin faaliyet gösterdiği bir sürecin sonunda elde edilen sonuçtur. Bu kelimenin tanımını üretim veya imalat için daraltmak istersek, çıktının fiziksel olarak var olan ürünler olması gerekmektedir. Aynı amaçla verimliliğin ölçümü yapılmak istendiğinde, ölçülecek çıktı da fiziksel büyüklüklerle ifade edilebilmelidir. Bu anlamda bir çıktıya örnek olarak üretilen ürün sayısı verilebilir.

Verimliliğin söz konusu şekilde doğru bir ölçümünün yapılmasında kullanılacak çıktı kavramları, belli bir dönem içinde satılan mal ve hizmet ve bunların fiyatlandırılmasından bağımsız olmalıdır.

Eğer parasal bir verimlilik değerinin ölçülmesi ve hesaplanması hedefleniyorsa, çıktılar fiziksel büyüklüklerinden parasal değerleri hesaplanarak kullanılırlar. Bu şekilde kullanılmaları, direk parasal çıktıların kullanılmasından daha sağlıklı olacaktır. Bunun sebebi, diğer parasal değerlerden hesaplanacak çıktıların ölçümünde, süreçle tamamen ilgisiz parasal büyüklüklerin karışıklığa neden olma ihtimalidir. Bu konuya örnek vermek gerekirse, çıktıyı kar olarak hesaplamak veya ölçmek isteyen bir işletme, karı oluşturan satış değerlerini temel alacak ve aslında süreç sonucunda çok daha fazla üretilmiş, fakat o anda halen satılamamış fiziksel büyüklükleri görmezden gelmiş olacaktır.

### 3.3 Verimliliği Etkileyen Faktörler

Verimlilik kavramı, girdi ve çıktılarının oranından oluşmaktadır ve bu sebeple girdi veya çıktı miktar veya değerlerini etkileyecek her faktör, dolaylı yoldan verimliliği de etkilemiş olacaktır.

Özellikle üretim veya imalat alanlarında faaliyet gösteren işletmelerin verimliliği etkileyen faktörleri bilmeleri ve bunları doğru bir şekilde analiz etmeleri gerekir. Bu faktörler arasından verimlilik üzerindeki etkinliği en fazla olanlar aşağıda sıralanmıştır:

- Tasarım
- Malzeme yönetimi
- Malzeme temini
- Üretim planlama
- Üretim süreci
- Üretim teknolojileri
- İşgücü kalitesi
- Eğitim
- Kalite politikası

### 3.4 Verimlilik Kavramı ile Karıştırılan Kavramlar

Son dönemlere kadar daha çok iktisadi ve idari bilimler tarafından inceleme konusu olarak ele alınmış, fakat öneminin günden güne daha iyi anlaşılması ile diğer bilim dalları tarafından da incelenmeye başlanmış verimlilik kavramı iyi anlaşılmalıdır. Başka kavramlar verimlilik kavramı ile karıştırılmakta veya onun yerine ikame edilmektedirler (Lenger, 1997).

Verimlilikle karıştırılması muhtemel olan kavramların bazıları isim, bazıları ise anlam olarak verimlilik kavramına yakın bir çizgide bulunmaktadır. Bu ve benzeri nedenlerden dolayı, verimlilik kavramı ile bilimsel veya profesyonel anlamda ilgilenmekte olan kişilerin, bu kavramların adlarını bilmeleri, hesaplamalarda yanlışlıkla göz önünde bulundurulmalarını engelleyecektir. Verimlilikle (İngilizce karşılığı Productivity) karıştırılan kavramlardan, sıklıkla karşılaşılabilecek olanların isimleri ve İngilizce karşılıkları aşağıda sıralanmıştır:

- Etkililik (Effectiveness)
- Etkenlik (Efficiency)
- Ekonomiklik (Economy)
- Kârlılık (Profitability)
- Üretkenlik (Reproductivity)
- Rasyonellik (Rationality)

#### 4. KALİTE KAVRAMI, GELİŞİMİ VE ESASLARI

Kalitenin sürekli iyileştirilmesi süreci ve felsefesi ile yakından ilgilenmek isteyen, akademik veya profesyonel alanda çalışmalar yapacak teknik personelin, öncelikle kalite kavramına ait esasları ve kalite kavramının gelişimindeki ana hatları bilmesi büyük faydalar sağlayacaktır. Bu bilgiler ışığında çalışmalarını yönlendirecek bir kişi veya kurum, yanlış tanımlamaların gösterdiği imkânsız hedeflere ulaşmaya çabalayarak vakit kaybetmeyecek ve aynı zamanda kalite kavramının gelişimi boyunca sıklıkla yapılmış hataları bir kez daha tekrarlamayacaktır. Kalite kavramının gelişim süreci, bu sürecin ana hatları ve kilometre taşları öğrenildiği takdirde, kazanılan bilgiler yapılacak çalışmalara ilham kaynağı olacaktır.

##### 4.1 Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi

Kalite kavramının tarihi şüphesiz ki endüstri tarihi kadar eski olmalıdır. Fakat kökleri ortaçağ Avrupa'sına, zanaatkârların "lonca" adı verilen birliklerle organize olduğu 13. yy sonlarına kadar izlenebilmiştir [1]. Söz konusu loncalar, ürün ve hizmet kalitesi için sıkı kurallar geliştirmekten sorumlu idiler. Teftiş kurulları, kusursuz ürünleri özel bir sembol veya işaretle markalayarak kuralları uygulamışlardır [2].

Sonrasında yaşanan önemli gelişmeler arasında 16, 17 ve 18. yüzyıllar standart ve kalite iyileştirme adına yeni buluşlara sahne olmuş, matbaa, Vernier Skalası (kumpas) ve ilk mikrometrenin bulunması bu döneme rastlamıştır (Küçük, 2004).

Sonrasında yaşanan gelişmeler 19. yüzyıl başlarına rastlamıştır. 19. yüzyıl başlarında "Western Elektrik Şirketi"nde, "Bell İletişim Şirketi"ni destekleme üzere bir kontrol departmanı kurulmuştur (Osanna, 2004).

Bu gelişmeden sonra 1924 yılında, "Bell Telefon Laboratuvarları"nda W. A. Shewhart, ürün değişkenlerinin kontrol edilmesi için istatistiksel bir grafik geliştirmiştir. Bu istatistiksel kontrolün başlangıcı olarak kabul edilir (Besterfield, 1994).

1950'li yıllarda tanınmış olan, Amerika'lı iki danışman Joseph JURAN ve W. Edward DEMING, istatistiksel kalite kontrol tekniklerini Japonya'ya tanıtmışlardır (Osanna, 2004). Bu gelişmenin sonrasında 1960'lı yıllarda, kalite iyileştirme amaçlı ilk kalite kontrol çemberleri kurulmuştur. Bu sayede, Japon işçileri basit istatistiksel teknikleri öğrenmiş ve uygulamaya başlamıştır (Besterfield, 2004).

ABD’li yöneticiler 1970’li yılların sonlarında ve 1980’li yılların başlarında Japon mucizesini öğrenmek üzere Japonya’ya çok sık seyahatler gerçekleştirmişlerdir. Bu sayede ABD ürün ve hizmetlerinde bir kalite evrimi yaşanmaya başlamıştır.

1980’li yılların sonlarında, ABD otomotiv endüstrisi istatistiksel proses kontrol teknikleri üzerinde durmuş ve gerek ana sanayi gerekse yan sanayi bu teknikleri kullanmaya yöreklendirilmişlerdir. Bu sürece savunma sanayi ve diğer sanayi kolları da zamanla katılmıştır. Buna ek olarak toplam kalite yönetimi uygulamalarını gerekli kılacak sürekli kalite geliştirme felsefesi uygulanmaya başlamıştır.

Bu zamandan sonra kalite biliminin gelişim merkezi tekrar ABD olacak şekilde değişmiş ve eş zamanlı olarak Genechi Taguchi yeni bir kalite geliştirme tekniği olarak deney tasarımı ve bunu destekleyen parametre ve tolerans tasarımı geliştirmiştir (Besterfield, 2004).

Ülkemizde bazı işletmeler, 1990’lı yılların başından itibaren Toplam Kalite Yönetim modelini uygulamaya başlamışlardır. TKY’ yi ülkemizdeki ilk uygulamalarından çok daha önce deneyen, fakat umulan başarı seviyesine ulaşamayan diğer ülkelerdeki uygulamalardan edinilen izlenimlere göre, başarının gecikmesinde ya da elde edilememesinde TKY felsefesinin gereklerinin yeterince ciddi bir şekilde algılanmadan, yüzeysel öğrenimlerin hemen ardından yönetimin uygulamaya geçiş kararını vermiş olmasının yattığı gözlenmiştir (Kovancı, 2001). Bu uygulamadan önceki öğrenim aşamasının yanında, söz konusu işletmelerin organizasyon alt yapılarını da bu felsefe için hazırlamaları, kendi işletmelerinde hangi tekniklerin uygun ve faydalı olacağını analiz etmeleri ve bu doğrultuda uygulamaya başlamaları gerekmektedir.

#### **4.2 Kalite ile İlgili Genel Terim ve Tanımlamalar**

Kalite kavramı söz konusu olduğunda, genellikle beklentileri karşılayan ve hatta beklentilerin üstüne çıkan mükemmel ürün veya hizmet akla gelmektedir. Kalite geliştirme ve iyileştirmeyi hedefleyen herhangi bir kuruluşun, böyle bir tanımla temellendirilmiş kalite kavramı ile yola çıkması bazı sorunlar yaşamasına yol açabilir, bu tip bir tanımlama kaliteyi mükemmellik veya lüks olarak vurgulayabilir. Mükemmeli yakalamak imkânsızdır; çünkü her insan her unsuru farklı değerlendirir. Aynı şey lüks için de geçerlidir (Kovancı, 2001).

Oysa kalite, en genel anlamda şartların yerine getirilmesi olarak tanımlandığı takdirde doğru ve abartısız bir tanım yapılmış olur. Bu doğru ve basit tanım temel alındığında, bir ürün veya hizmetin kalitesinden yeterli, yetersiz veya kötü olarak bahsedilemez. Çünkü şartlar ya yerine getiriliyordur ya da getirilmiyordur, yani ya kaliteye ulaşılabilmiştir ya da ulaşılammıştır.

#### **4.2.1 Kalitenin tanımlanması**

Kalite kavramının tanımlanması, dünya çapında faaliyetlerini gerçekleştiren bazı önemli organizasyonlar tarafından yapılmaktadır. Birbirlerinden çok az farklara sahip bu tanımlamaların hepsini bilmek, söz konusu organizasyonun faaliyet gösterdiği bölge için kalitenin anlamını bilmeye ve oraya götürülecek ürün veya hizmetlerde bunu dikkate almaya yarayacaktır.

Gerek dünya gerekse bölgemiz için en geçerli organizasyon olan ISO organizasyonuna göre, ISO 9000: 2000 standartlar serisinde “Kalite, yapısal özellikler takımının şartlarının yerine getirilme derecesidir.” şeklinde bir ifade yer almaktadır (EN ISO 9000: 2000).

Yine bölgemizde yetkinlik sahibi bir başka organizasyon olan Avrupa Kalite Kontrol Birliği (EOQC) tarafından “Kalite, bir mal veya hizmetin belirli bir ihtiyacı karşılayabilme yeterliliklerini ortaya koyan özelliklerin tümüdür.” tanımlaması yapılmıştır.

Etki alanı farklı organizasyonlar olan ANSI/ ASQC tarafından “Kalite, bir ürün veya hizmetin tüm unsur ve özelliklerinin, talep veya ilan edilmiş ihtiyaçları karşılama yeteneğidir.” şeklinde yapılmış bir tanımlanma mevcuttur.

İlan edilmiş ihtiyaçlar anlaşma ile tanımlanırken, talep edilen ihtiyaçlar ise pazar tarafından oluşturulmaktadır ve mutlaka araştırılmalı ve tanımlanmalıdır. Zamanla değişebilecek bu ihtiyaçların, periyodik olarak tanımlarının yeniden yapılması kalite ihtiyaçlarının güncel olarak bilinmesini sağlamaktadır. Sürekli belirlenmeye ve araştırılmaya devam eden bu ihtiyaçlar, ürün veya hizmet karakteristiklerinin tasarlanmasında kullanılırlar. Bu ihtiyaçlar çok çeşitli olabilir ve bunlara performans özellikleri, çevresel özellikler, kullanım kolaylığı, güvenilirlik, ekonomik veya estetik ihtiyaçlar örnek verilebilir.

#### **4.2.2 Kalite karakteristikleri**

Kalite karakteristikleri iki grup altında incelenmektedir. Nicel olarak adlandırılan kalite karakteristiklerini ölçmek veya sayısal olarak ifade etmek mümkündür. Bu yönleri itibari ile sürekli değiştikleri için değişken olarak da adlandırılabilirler. Buna örnek olarak bir deliğin iç çapı verilebilir.

İkinci grupta incelenebilecek kalite karakteristikleri nitel olarak adlandırılırlar. Nitel karakteristiği ile incelenen ürünler sayısal olarak ifade edilmezler, bunun yerine uygun olan veya uygun olmayan şeklinde ifade edilirler. Buna örnek olarak bir araç kaportasının boyasının uygun olup olmaması verilebilir.

Nicel ve nitel karakteristikler kıyaslandıklarında nicel karakteristiklerin sonsuz değişkenlik imkânı, bunların takip edilmesini zorlaştırabilmektedir. Bu sebepten ötürü nicel karakteristikler, alt ve üst limit değerlerin arasında uygun olarak tanımlanıp nitel karakteristiklere benzer şekilde takip edilebilirler.

### **4.2.3 Kalitenin temel bileşenleri**

Kaliteden söz ederken, kalitenin her çeşit ürün ve hizmet için geçerli olduğu tanımlardan çıkarılabilir bir yorumdur. İlgili ürün ve hizmetlerin ihtiyaçlarının karşılanması ise kalite tanımının temelini oluşturmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanması ürün veya hizmet üretiminin belirli alanlarında olmaktadır ve son kalitenin şekillenmesinde etkili olan bu alanlar kalitenin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Kaliteyi aşağıda sıralanmış iki temel bileşenle ifade etmek mümkündür:

- Tasarım Kalitesi
- Uygunluk Kalitesi

#### **4.2.3.1 Tasarım kalitesi**

Bir ürünün veya hizmetin, istenilen özelliklere sahip olma derecesi o ürünün tasarım kalitesi ile ilgilidir (Kovancı, 2001). Tasarım kalitesi kavramı, pazar araştırmaları ve müşteri ziyaretleri ile başlar ve bu süreç sonunda hedeflenen müşteriye tatmin edecek bir ürün konseptinin belirlenmesi ile devam eder. Bu yönü ile hedeflenmiş kalite olarak adlandırmak da mümkündür.

Hedeflenen müşteri grubuna bağlı olarak beklentilerin artması, ürün tasarımını ve dolayısı ile de maliyetleri etkileyecektir.

Kalite politikası olarak sürekli iyileştirme hedeflendiği takdirde, tasarım kalitesi de belirli zamanlarda yapılacak müşteri araştırmaları ile sürekli iyileştirilmelidir.

#### **4.2.3.2 Uygunluk kalitesi**

Üretilen her ürünün, tasarım kalitesi ile belirlenen seviyeye uygun olması gereklidir. Bu doğrultuda uygunluk kalitesi, üretilmiş olan ürünün yapılan tasarıma ne kadar uyum sağladığı ile ölçülebilir.

Uygunluk kalitesinin tasarım kalitesinde belirlenen değerleri sağlayamaması durumu, üretim

sürecinde bir sorun olduğunun göstergesidir ve üretimdeki sorun üretimi durdurmak pahasına olsa bile araştırılmalıdır.

Bazı durumlarda, uygunluk kalitesinin tasarım kalitesi seviyesine çıkması mümkün olmamaktadır ve böyle bir durum oluştuğunda kuruluşun teknolojik olanakları, kullandığı malzeme, üretim imkânları, işgücü ve teknik bilgi gibi unsurlarından bir tanesinde eksiklik olduğu değerlendirilmelidir.

#### **4.2.4 Kalitenin algılanmasında etkili fonksiyonlar**

Kalite kavramı, kalite karakteristikleri ve kalitenin temel bileşenleri, yapılan literatür taraması doğrultusunda ideal tanımlarla açıklanmaya ve örneklendirilmeye çalışılmıştır ve çalışmanın sonraki bölümlerinde, detaylı olarak incelenecektir. Fakat bilimsel olarak idealize edilmiş bu yaklaşımların tamamında unutulmaması gereken bir müşteri etkisi mevcuttur. Aynı ürünün kalitesine yönelik, iki farklı müşteri iki farklı görüşe sahip olabilmektedir.

Müşteri ihtiyaçlarının en uygun şekilde karşılanması gerekmektedir. Fakat uygunluk kavramının soyut bir kavram olması, uygunluk kavramının tanımlanması ve kalitenin bu kavramdan yola çıkılarak elde edilmesini zorlaştırmaktadır.

Teknik standartlar dâhilinde belirlenen ürün veya hizmet, kavram olarak sayısal veya ölçülebilen özelliklere sahiptir. Buna karşılık kalite, sayısal boyutlardan çok farklı şekillerde algılanabilmektedir. Kalitenin müşteri tarafından yorumlanmasında etkili olan unsurlar kalite fonksiyonları olarak anılmaktadır ve kalite hedeflerine doğru yürünecek yolda bilinmeleri faydalı olacaktır.

##### **4.2.4.1 Özellikler**

Özellik kelimesi çoğu yerde ürünlerin temel işlevlerini tanımlamak amacı ile kullanılmaktadır. Kalitenin özellik fonksiyonu, müşteri isteklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Özellikler genelde ölçülebilen değerlere sahip olmazlar. Özelliklerin değişkenliği ürün kalitesini etkilemez. Bir özelliğin var olması ürünü kaliteli yapmayacağı gibi, olmaması da ürün kalitesiz yorumlarına yol açmaz.

##### **4.2.4.2 Performans**

Kalite fonksiyonları içerisinde çoğu zaman ölçülebilir bir fonksiyon olan performans, bir ürünün temel işlev özelliklerini belirtmektedir. Ölçülebilir bir fonksiyon olması nedeni ile

performans, benzer ürünler arasında kıyaslama yapmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Performans, ürün kalitesinde olduğu gibi hizmet kalitesinde de kullanılabilir. Buna örnek olarak, hizmet sektöründe servis hızı veya bekleme zamanı azlığı verilebilir.

#### **4.2.4.3 Dayanıklılık**

Dayanıklılık bir ürün veya hizmetin, işlevlerini eksiksiz olarak yerine getirebildiği sürenin tamamı veya kısaca ömrünün uzunluğu olarak değerlendirilebilir.

Ürünler yalnızca üretildikleri koşullarda değil, farklı durumlarda da kullanılabilir.

Dayanıklılık, ürünün alışık olunmayan koşullar altında kendinden beklenen işlevi ne ölçüde gerçekleştirdiğidir. Şok, vibrasyon, sıcak, soğuk vb. özellikler dayanıklılığı etkilemektedir [3].

#### **4.2.4.4 Güvenilirlik**

Ürünlerin tasarlanma aşamasında, dayanıklı olarak işlev görmeleri amaçlanan süre belirlenir. Güvenilirlik fonksiyonu, ürünlerin önceden belirlenmiş bu süre içinde arıza yapmadan çalışmasıdır. Güvenilirlik fonksiyonu ölçülmek istendiğinde, ürünlerin ilk bozulma zamanı, iki bozulma zamanı arasındaki süre veya kullanım ömrü boyunca ortalama arıza miktarı verileri ölçüm için kullanılabilir.

#### **4.2.4.5 Estetik**

Estetik kelimesi, geçmişte görsel güzellik ve ilgili sanat dalları tarafından kullanılmıştır. Fakat bir ürünün kalite fonksiyonu olan estetik yalnızca görme duyusunda değil, beş duyunun tamamı ile ilgili yapılan tanımlamalarda kullanılabilir.

Estetik özellikler, ürünün işlevlerini etkilememekle birlikte önemli bir müşteri ihtiyacı olarak kalitenin algılanmasında rol alırlar. Ürünlerin algılanmasını etkileyen estetik fonksiyonlarına örnek olarak bir otomobilin rengi, bir kumaşın dokusu, bir parfümün kokusu, bir yiyeceğin tadı vb. verilebilir.

Estetik fonksiyonundan tamamen farklı olmakla birlikte, estetiği tamamlayan bir kavram ise konfordur. Konfor kavramı, ürünlerin ergonomi işlevlerini yerine getirmeleri ile bağdaştırılabilir. Bir ürünün estetik açıdan beğenilmesi, o ürünün konforlu olması anlamına gelmez. Fakat hem estetik hem konfor özellikleri iyi olan bir ürünün müşteri memnuniyeti yüksek olacaktır.

#### 4.2.4.6 Uygunluk

Aynı zamanda kalitenin temel bileşenlerinden birisi olan uygunluk, bir ürünün ilk kullanılmaya başladığı anda amacına hizmet edip etmediği ile ilgilidir. Uygunluk, ürün tasarımında hedeflenen işleyiş özelliklerine ulaşıp ulaşılmadığını gösterir.

#### 4.2.4.7 Algılanan kalite

Tüketiciler, her zaman ürünün tüm özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi sahibi değildirler ve böyle durumlarda dolaylı bir takım ölçütler karar vermelerinde önemli rol oynamaktadır. Reklâm faaliyetlerinde yaratılan ürün imajı, marka imajı gibi faktörler ürün kalitesinin tüketici tarafından olumlu veya olumsuz algılanmasında oldukça önemlidir.

Daha önceden ürettiği ürünler kaliteli olan bir firmanın, çıkaracağı yeni ürünün özelliklerine bakılmadan “kalitelidir” diye addedilmesi, algılanan kalitenin bir sonucudur (Öz, 2006).

#### 4.2.5 Kalite kontrol

Kalite felsefesinin bir kuruluş tarafından benimsenmesi ve kuruluşa fayda sağlaması için, kalite kavramının o işletmede ulaşılması hedeflenen bir amaç olması, bu doğrultuda somutlaştırılması ve verilerin somut ifade edilebilmesi için kontrol edilmesi gerekmektedir. Söz konusu kontrol faaliyetleri, yalnızca kusurlu ürün ve hizmetleri ortaya çıkarma amaçlı faaliyetler olarak anlaşılmalı, işletmedeki bütün süreçlerin denetimi ve yönlendirilmesi, amaçların başarılması, başarıların sürekli kılınması olarak anlaşılmalıdır. Buradaki fikirlerin özeti olarak kalite güvenliği amaçlanmalıdır.

Düzenli işleyen bir kalite kontrol sisteminde kurallar ve standartlar öznel değildir ve kişilere, tedarikçilere, alıcılara, üreticilere, servislere ve müşteriye göre değişmez. Bu yönleri ile kalite, son üründe ulaşılması hedeflenen bir sonuç değil, üretimin her aşamasında adım adım oluşan ve kontrol edilmesi gereken özelliklerin bütünüdür.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) kalite kontrolünü “Kaliteyi oluşturmak, korumak, geliştirmek ve üretimi, müşteriye tatmin edecek en ekonomik seviyede sürdürmek için üretici tarafından uygulanan işlemler dizisidir.” şeklinde tanımlanmaktadır.

Kalite kontrol süreci, üretim performansı ile ilgili plan ve özelliklerin belirlenmesi, standartlardan sapmaların hesaplanması, olumsuz sapmaların düzeltilmesi ve etkilerinin azaltılmasını sağlayacak düzeltici eylemleri ve standartların iyileştirilip, standartlar arası uyumun sağlanmasını öngörür (Kovancı, 2001).

Kalite kontrol; belirlenen özelliklere uygun olarak üretim yapan ve bunu gerçekleştirebilmek için hataları saptamak ve eğilimleri görmek amacıyla yürütülen eylemler ve bu eylemlerde kullanılan teknikler ve araçlardır (Zairi, 1993).

#### **4.2.6 Kalite güvence**

Kalite güvence Uluslararası Standartlar Organizasyonu tarafından ISO 9000: 2000 revizyonunda “Genellikle ima edilen veya zorunlu olarak beyan edilen ihtiyaç veya beklentiler olan kalite şartlarının yerine getirileceğine dair güvence sağlamaya odaklanan bir kuruluşun, kalite bakımından idare ve kontrolü için koordine edilmiş faaliyetleri olarak nitelendirilen kalite yönetiminin bir parçasıdır.” şeklinde tanımlanmaktadır.

Kalite güvencenin tam olarak sağlandığını söyleyebilmek için, müşteri ihtiyaçlarının eksiksiz olarak belirlediği kalite hedeflerine sürekli olarak ulaşılması ve değişen zamanın dinamiklerine uygun olarak sürekli iyileştirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde işletmelerin ulaştıkları kalite hedefleri, güncel değerlerini koruyamaz ve işletmelerin varlıklarını sürdürdükleri bütün süre zarfında kalite güvenceden bahsedilmesi imkânsız olur.

Kalite güvencesi, kalite sisteminin etkinliğini belirleyen, mevcut kaliteyi artıran, kalite ile ilgili mevcut veya potansiyel problem alanlarını saptayan ve bu problem alanlarının ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi için yardımcı olan bir süreçtir (Miller, 1993).

#### **4.2.7 Toplam kalite kontrol**

Etkili bir kalite yönetimi bütün işletmelerde şirketin tamamının, ürünlerin mühendislik çalışmaları, prosesler ve yöntemlerin uygulanması süresince, kaçınılmaz olarak ortaya çıkabilecek sorunların belirlenmesi, problemlerin çözülmesi ve kalite performansının sürekli iyileştirilmesi amacı ile çaba sarf etmesidir (Osanna, 2004).

Toplam kalite kontrol, işletmedeki her aşamada, her çalışan tarafından kalitenin denetlenmesini amaçlar. Söz konusu denetim yalnızca ölçüsel değişkenler veya niteliklerden oluşmamalıdır. Amaçlandığı şekilde gerçekleştirilecek bir TKK uygulaması, şirket içinde yalnızca denetim görevine sahip ayrı bir departmana olan ihtiyacı azaltırken, bütün işletmenin denetimini yalnız başına yapmakla görevli bir kontrol departmanının yapacağı hataları en az seviyeye düşürecektir.

#### 4.2.8 Toplam kalite yönetimi

Toplam kalite yönetimi (TKY) işletmelerin izleyeceği, yeni geliştirilmiş bir yol olarak değerlendirilebilir. İşletmelerin bu teknik yardımı ile yönetilmesi, dünya çapında rekabet ortamında büyük başarıların kazanılmasını sağlamıştır ve bu durumun çok sayıda örneği bulunmaktadır. Sadece yönetimin kararlarında yapılacak değişikliklerle tüm kuruluşun kültür ve iş yapma bilinci değiştirilebilir.

Toplam kalite yönetimi, sürekli gelişen bir organizasyonun temellerini teşkil eden bir felsefe ve işletmeye yön gösteren bir prensipler takımıdır. Bu prensipler sayısal yöntemler ve işgücü yönetimi ile organizasyondaki tüm süreçleri geliştirerek, müşteri ihtiyaçlarının hem o anda hem de gelecekte karşılanabilmesini sağlar.

Toplam kalite yönetimi, kararlı bir tavırda yönetim usullerinin temellerini, var olan geliştirme çabalarını ve yeni kalite araçlarını birbirine uyumlu şekilde birleştirir.

Toplam kalite yönetiminin temel prensipleri aşağıda sıralanmıştır (Osanna, 2004):

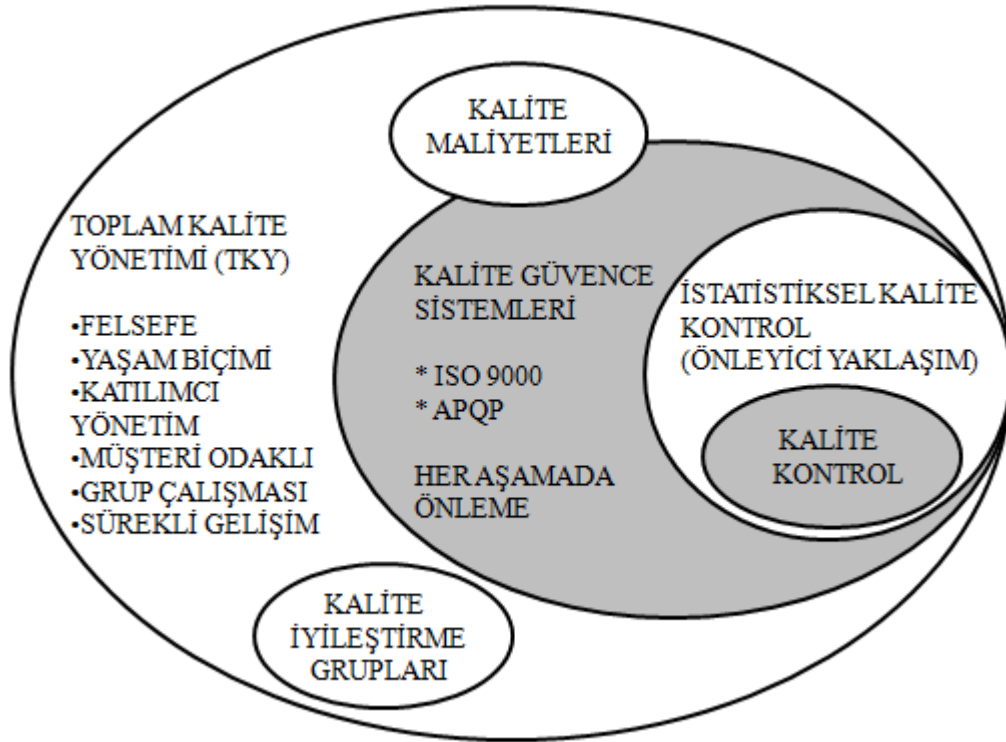
- İşletmelerde ancak müşteri ihtiyaçlarını anlayarak ve karşılayarak başarıya ulaşılabilir.
- Kalite süreçlerinde liderlik tepe yönetimin sorumluluğundadır.
- İstatistiksel araştırmalar ve güncel bilgilerin temini, sorunların çözümü ve sürekli iyileştirmede temel teşkil eder.
- Bir işletmenin her seviyesindeki her fonksiyon, kuruluş için fayda sağlamaya yönelik olarak sürekli iyileştirmeye odaklanmalıdır.
- Sorunların çözülmesi ve süreçlerin iyileştirilmesi, en iyi olarak çok fonksiyonlu çalışma takımları tarafından icra edilebilir.
- Sürekli öğrenme, alıştırma ve eğitim işletmedeki her bireyin sorumluluğundadır.

Toplam kalite yönetiminin temel prensiplerini bilmek kadar, toplam kalite yönetimi ile ilgili yanlış anlaşılımları bilmek de bu sürecin içinde yer alan her çalışana fayda sağlayacaktır. Toplam kalite yönetiminin nelerle karıştırılmaması gerektiği aşağıda sıralanmaktadır (Peker, 2000):

- TKY moda bir yönetim uygulaması, geçici bir heves değildir.
- Japonlara özgü bir yönetim felsefesi değildir.

- Felsefesi Türk toplumuna, özel yönetime, kamu yönetimine, farklı sektörlere göre aykırı ve uygulanamaz değildir.
- ISO 9000, ISO 14000, SA 8000 vb. sistem standartları değildir.
- Tepe yönetim tarafından alt kademelere devredilebilecek bir uygulama değildir.
- Tepeden verilen kararların direktiflere dönüştürülerek, kökten bir değişim yapılması demek değildir.
- Kalite çemberleri, beyin fırtınası, balıkçığı diyagramı vb. araçlardan yalnızca bir tanesi değildir.
- Temeli 1950'lere dayanan eskimiş bir anlayış değildir.
- İşletmelerde oluşturulacak kalite koordinatörlüğü, kalite yürütme kurulu vb. organların sorumluluğuna bırakılacak bir uygulama değildir.

Esasları açıklanmış olan bu kalite kavramlarının esaslarının bilinmesi kadar, bu kavramların birbirleri ile olan ilişkilerinin de anlaşılması önemli olacaktır. Aşağıda, söz konusu kavramların birbirleri ile ilişkilerini gösteren bir şekil verilmektedir:



Şekil 4.1 Kalite kavramlarının birbirleri ile olan ilişkileri (Kovancı, 2001)

## 5. KALİTE SİSTEM STANDARTLARI

Standartlaşma hedefi birçok bilim, iş ve teknik alanlarda ulaşılmaya çalışılan bir hedef olduğu gibi kalite ve kalite sistemlerinde de bu yöndeki çalışmalar sürmektedir.

Kalite ve kalite sistemlerinde standartlaşma, dünya çapındaki şirketlere farklı faydalar sağlamaktadır. Bu faydaların en büyüğü, şüphesiz ki küresel pazarlarda faaliyet gösteren kuruluşların birbirleri ile uyumunun sağlanmasıdır. Bu doğrultuda herhangi bir ülkede faaliyet gösteren bir OEM (Ana Sanayi), ürünlerini satın almakta olduğu diğer kuruluşlar ve yan sanayisinden kaliteli mallar satın almak istemektedir. Bu süreçte, karmaşık ürünlerin kalite sorumluluğunu taşıyan ana sanayi kuruluşları, ürünlerini tedarik eden tüm firmaları denetleme imkânına sahip olmamaktadır. Bunun yerine tedarikçilerinden uluslar arası yetkili kuruluşların denetimlerinden başarı ile geçip, uluslararası düzeyde geçerli kalite belgelerinden edinmelerini beklemektedir. Bu noktada farklı ülkelerdeki farklı kuruluşların, sistem ve işleyişlerinin uyumunun sağlanması, kalite sistem standartları sayesinde mümkün olabilmektedir.

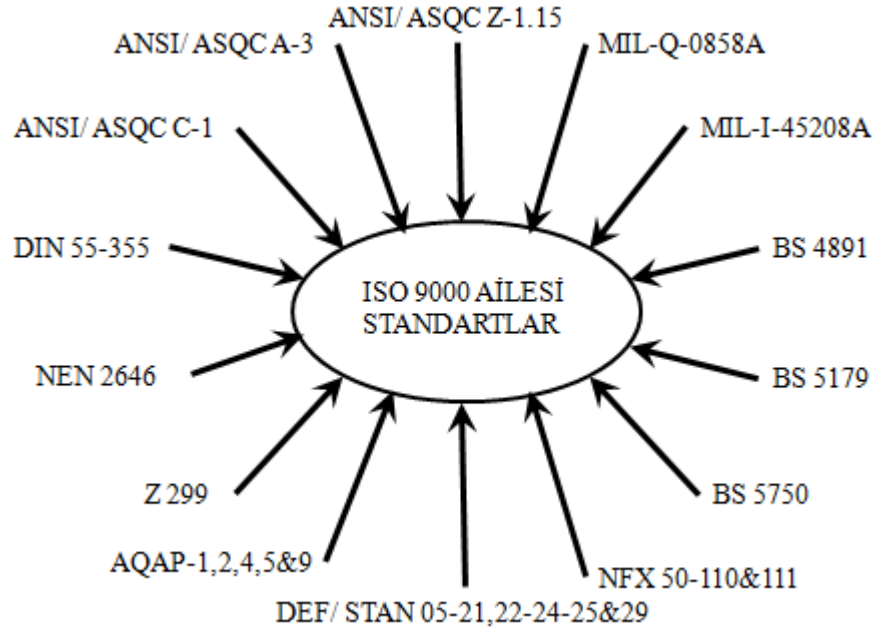
Bu sistemler arasında dünyada en yaygın olarak kullanılan sistem ISO 9000 kalite yönetim sistemidir.

### 5.1 ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi Standartları

ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu), 1947 yılında Cenevre’de kurulmuş olup bugünkü üye sayısı 100’lü rakamlarla ifade edilebilmektedir. ISO, teşkilat, madde, mamul, ürün, usul, hizmet ve deneylerle ilgili standartlar hazırlayarak yayınlamaktadır. Bugüne kadar 16.000’den fazla standart yayınlamıştır.

ISO kuruluşu, 1987 yılına kadar sadece ürün standardı yayınlarken, bu yıldan başlayarak sistem standardı hazırlayarak yayınlamaya başlamış ve ISO 9000 Kalite Güvence ve Yönetim Sistemleri Standartları gerçekleştirilmiştir.

ISO 9000, kalite yönetim sistemleri için kullanılan bir standartlar ailesidir. ISO 9000 standartlar ailesi belirtilen tarihten sonra geliştirilirken aşağıdaki şekilde gösterilen birçok ülkeye ait standartlardan ilkeler derlemiştir:



Şekil 5.1 ISO 9000 ailesi standartların temeli (Esin, 2002)

### 5.1.1 ISO 9001 içeriği

ISO 9001: 2008 Kalite Yönetim Sistemleri-Gereksinimler dokümanı, 30 sayfa civarında bir uzunluğa sahiptir ve içeriğinde bulunan ana başlıklar aşağıda sıralanmaktadır.

- Önsöz
- Bölüm 0: Giriş
- Bölüm 1: Kapsam
- Bölüm 2: Nominatif Referans
- Bölüm 3: Terimler ve Tanımlar
- Bölüm 4: Kalite Yönetim Sistemi
- Bölüm 5: Yönetimin Sorumlulukları
- Bölüm 6: Kaynak Yönetimi
- Bölüm 7: Ürün Gerçekleştirme
- Bölüm 8: Ölçüm, Analiz ve İyileştirme
- Kaynakça

### 5.1.2 Belgelendirme

ISO 9001 standartları, aşağıda verilmiş olan altı farklı kategoride belgelendirmeyi zorunlu kılar.

- Belgelerin Kontrolü
- Kayıtların Kontrolü
- İç Denetimler
- Kusurlu Ürün/ Hizmetlerin Kontrolü
- Düzeltici Faaliyetler
- Önleyici Faaliyetler

ISO 9001: 2008 yukarıda verilmiş belgelere ek olarak bir Kalite Politikası ve Kalite El Kitabı ( Bu yukarıdaki belgeleri içerebilir veya içermeyebilir.) gerektirir.

### 5.1.3 Belgelendirme

ISO 9001: 2008 standardı, tüm ISO standartları olduğu gibi, ISO üyesi ülkelerden kendi dillerinde temin edilebilmektedir. Bu konuda detaylı bilgi edinmenin en sağlıklı yolu ilgili standardın temin edilmesinden geçer. Fakat kalitenin geliştirilmesinin araştırıldığı bu tez çalışmasında, dünyadaki kullanımı en sık olan bu kalite sistem standardı ile ilgili özet bilgiler, maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Kalite politikası, iş ve pazarlama planlarına ve de müşteri ihtiyaçlarına yakından bağlı olarak, yönetim tarafından resmi olarak ilan edilir. Kalite politikası, her seviyedeki her çalışan tarafından anlaşılır ve takip edilir.
- Kalite sistemi hakkındaki kararlar, kaydedilen verilere ve düzenli olarak denetlenerek, güvenilirlik ve etkinlik için yapılan değerlendirmelere göre verilir.
- Kayıtlar, ürün ve sorunların kaynağına kadar takip edilebilmesi için, hammadde ve ürünlerin nerede ve nasıl işlendiğini göstermelidir.
- Müşteri ihtiyaçları belirlenmeli ve müşterilerle ürün bilgisi, sözleşme, sipariş, geri bildirim ve şikâyetler hakkında sağlıklı iletişim kurabilmek için sistemler oluşturulmalıdır.

- Yeni ürünler geliştirilirken, her aşamada uygun testler olacak şekilde geliştirme aşamaları planlanmalıdır. Ürünlerin tasarım hedeflerini, regülasyon kurallarını ve müşteri ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığını belirlemek için testler yapılmalı ve bunlar belgelendirilmelidir.
- Performans, iç denetim ve toplantılarla düzenli olarak gözden geçirilmelidir. Kalite sisteminin çalışıp çalışmadığı ve ne gibi geliştirmeler yapılabileceği belirlenmelidir. Var olan ve ortaya çıkabilecek sorunlar üzerinde çalışılmalıdır. Bu faaliyetlerin ve çıkan kararların kayıtları tutulmalı, etkinlikleri izlenmelidir.
- Güncel ve potansiyel sorunlarla başa çıkılırken belgelendirilmiş prosedürlere ihtiyaç vardır. Kimsenin kötü ürün kullanmadığından emin olunmalı, kötü ürünlerle ne yapılacağı belirlenmeli, sorunların ana kaynağı üzerinde çalışılarak, bunları geliştirmede araç olarak kullanma amaçlı kayıtlar tutulmalıdır.

## 5.2 Dünyada Kullanılan Diğer Kalite Sistem Standartları

ISO 9001 standardı genel bilgiler içermektedir ve detay konular hakkında bilgi vermez. Bölümleri belirli bir işletmede kullanılmak üzere dikkatlice yorumlanmalıdır. Bu kalite yönetim sisteminin, birçok farklı sektörde hizmet veren farklı işletmeler tarafından kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Örnek olarak ABD’de polis departmanları, Meksika’da futbol takımları ve İngiltere’de şehir konseyleri ISO 9001: 2008 sistemini başarı ile uygulamışlardır.

Zaman içinde çeşitli sektörler, kendi ürün pazarlarındaki ihtiyaçlarına cevap verebilecek standartlar geliştirmek istemişlerdir. Bu durum, kendi ISO 9000 versiyonlarının kendi ihtiyaçlarına cevap verdiğinden emin olmak ve doğru bir şekilde eğitilmiş ve tecrübe edinmiş güvenilir denetçilerin görev almasını sağlamak için gerekli olmuştur.

Farklı sektörlerin kullandığı kalite sistem standartları sırası ile, özet maddeler halinde açıklanmıştır [4]:

### 5.2.1 TickIT

İngiltere Ticaret Bakanlığı, ISO 9000 kuralları ve prensiplerini bilgi teknolojileri endüstrisine ve de özellikle yazılım geliştirme süreçlerine göre yorumlayarak, TickIT standartlarını geliştirmiştir.

### **5.2.2 AS 9000**

Hava-uzay sanayinde faaliyet gösteren büyük üreticiler tarafından geliştirilmiş temel bir hava-uzay kalite sistem standardıdır. Söz konusu büyük üreticiler AlliedSignal, Allison Engine, Boeing, General Electric Aircraft Engines, Lockheed-Martin, McDonnell Douglas, Northrop Grumman, Pratt & Whitney, Rockwell-Collins, Sikorsky Aircraft ve Sundstrand olarak sıralanabilir. Bu standardın güncel versiyonu AS9100 adı ile kullanılmaktadır.

### **5.2.3 PS 9000**

Bu standart, ilaç ambalaj malzemeleri sektöründe kullanılmaktadır. Kalite Güvence Enstitüsü(IQA) İlaç Ambalajı Kalite Grubu(PQG) tarafından PS 9000: 2001 geliştirilmiştir. İlaç ambalaj sanayi ve tedarikçilerinde en iyi uygulanabilecek, geniş anlamda kabul gören bir prensipler çerçevesi sunmayı amaçlar.

### **5.2.4 QS 9000**

Bu standart ABD'li büyük otomotiv üreticileri GM, Ford ve Chrysler tarafından ortak kabul gören yorumları içermektedir. FMEA ve APQP gibi kalite araçları ve teknik tanımlamalara yer verir. Kullanımı günden güne azalmakta olan bu standart yerini ISO/ TS 16949 standardına bırakmaktadır.

### **5.2.5 ISO/ TS 16949: 2009**

Avrupa ve Amerika bölgelerinde faaliyet gösteren büyük otomotiv üreticileri tarafından mutabık kalınan yorumları içermektedir. Son versiyonu ISO 9001: 2008 temellerine dayanır. Süreç yaklaşımına vurgu, ISO 9001: 2008 standardındakinden daha fazladır. ISO/ TS 16949: 2009 standardı tüm ISO 9001: 2008 tanımlarının yanında, otomotiv sektörüne özel tanım ve terimleri de içermektedir.

### **5.2.6 TL 9000**

Bu bir telekomünikasyon kalite yönetimi ve ölçme sistem standardıdır ve telekomünikasyon konsorsiyumu QuEST Forum tarafından kabul edilen yorumları içerir. Geçerli sürümü olan 4.0 ISO 9001 ve diğer tüm sektörel sistem standartlarından farklı olarak kıyaslanabilir, standart ürün ölçümlerini içerir. 1998 yılında, tüm dünyada faaliyet göstermekte olan telekomünikasyon endüstrisinin tedarik zinciri kalite ihtiyaçlarını karşılamak üzere geliştirilmiştir.

**5.2.7 ISO 13485: 2003**

Bu standart, ISO 9001: 2000 standardının tıbbi sektör eşdeğeridir. ISO 9001 ve ISO 9002 standartlarının medikal cihazlara uygulanması ile ilgili yorumları içermektedir. Tek başına bir standart olan ISO 13485: 2003 kurallarının sağlanması, mutlaka ISO 9001: 2000 ile uyumlu olunacağı anlamına gelmez.

**5.2.8 ISO / TS 29001**

Petrol, petrokimya ve doğalgaz endüstrilerindeki ürünler için tasarım, geliştirme, üretim, kurulum ve servis ihtiyaçlarını belirleyen bir kalite yönetim sistemidir.

## 6. İMALAT SÜREÇLERİNDE ÖLÇME VE MUAYENE

İmalat süreçlerinde yapılacak ölçme ve muayene işlemleri sonucunda elde edilecek bilgiler, imal edilmiş ürün veya parçaların uygunluk kalitesini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Ölçme ve muayene sayesinde, ortaya çıkan ürünün uygunluk kalitesi, yani tasarım amaçlarında hedeflenen ölçülere ulaşıp ulaşılamadığı belirlenmektedir. Yapılan bu belirleme sonucunda ulaşılabilecek uygun ve kusurlu parça miktarları referans alınarak kararlar verilip, önleyici faaliyetlere başlanabilir. Bu faaliyetler, kaliteyi geliştirmeye yönelik faaliyetlerdir ve işletmeler için yüksek fayda sağlarlar.

### 6.1 Metroloji

Metroloji eski Yunancada metron (ölçme) ve logos (çalışma) kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur ve anlam olarak “Ölçme Bilimi” şeklinde ifade edilebilir. Metroloji ölçme ile ilgili bütün teorik ve pratik uygulamaları kapsamaktadır [5].

Metroloji Uluslararası Ağırlık ve Ölçüler Bürosu( BIPM) tarafından “Bilim ve teknolojinin her alanında, bütün belirsizlik düzeylerinde, hem deneysel hem teorik olarak yapılan değerlendirmeleri kucaklayan ölçme bilimidir.” şeklinde tanımlanmaktadır [6].

Metrolojinin öneminin mükemmel bir açıklaması, yüzyıldan fazla bir süre önce Sir William Thomson, Lord Kelvin( 1824- 1907) tarafından yapılmıştır. “Eğer bahsettiğiniz şeyi ölçebiliyorsunuz ve onu numaralarla ifade edebiliyorsanız, onun hakkında bir şeyler biliyorsunuz demektir; fakat eğer onu ölçemiyorsanız, numaralarla ifade edemiyorsanız bilginiz yetersizdir.”

Ve Alman bilim adamı Georg Simon OHM( 1787- 1854) kabaca “Ölçmek bilmektir.” olarak çevrilebilecek “Messen ist Wissen.” ifadesini kullanmıştır (Osanna, 2004).

Ölçmenin öneminin yanında bir tanımının bilinmesi faydalı olacaktır. Ölçme, bir objenin kalite değerlerinin belirlenmesi için yapılan işlemler takımınıdır, şeklinde tanımlanır.

Ölçümü yapılan cisme birçok kaynaktan iş parçası denmektedir.

Geniş bir alana sahip metroloji, üç alt başlıkta incelenebilir. Aşağıda bu durum ve tanımlamalarını içeren bir çizelge verilmiştir.

Çizelge 6.1 Metrolojinin Alanları [7]

ALAN	TANIM
Bilimsel veya temel metroloji	Sayı sistemleri, ölçme sistemleri, ölçme birimleri, yeni ölçme yöntemlerinin geliştirilmesi, ölçme standartlarının gerçekleştirilmesi vb. konularla ilgilenir.
Uygulamalı veya endüstriyel metroloji	Ölçme biliminin imalat ve diğer proseslere uygulanması ve işletmelerdeki kullanım alanları ile ilgilenir. Bunu yaparken ölçme aletlerinin uygunluğunu, kalibrasyonunu ve ölçme işleminin kalitesini temin eder.
Yasal metroloji	Ölçümleri ve ölçme aletlerinin kurallara uygun olmasını ve sağlık, toplum güvenliği, çevre vb. konulardaki regülasyonları ile ilgilenir.

### 6.1.1 Endüstriyel metroloji

İmalat süreçlerinin kalitesinin geliştirilmesi amaçlandığı takdirde, kalite geliştirmenin en önemli adımlarından biri olan kalitenin ölçülmesi, test ve muayene faaliyetleri takımı unutulmamalıdır. İmalat sonucu ortaya çıkan ürünlerin ölçülmesi ile metrolojinin bir alt dalı olan endüstriyel metroloji veya uygulamalı metroloji ilgilenir.

Endüstriyel metroloji dalının ilgi alanlarına giren ölçme haricindeki en önemli konu kalibrasyondur. Kalibrasyon işlemi, esas itibarıyla bir ölçme işlemidir. Ölçmenin olduğu her yerde ölçüm sonucunun bir değerlendirmeye tabi tutulması gerektiği aşîkârdır.

Kalite kontrol aşamalarında yapılan ölçümlerin sonucunda kabul/ ret, uygun/ uygun değil veya şartlı kabul gibi değerlendirmeler yapılmakta, ölçme aletlerinin kalibrasyonunda ise kullanılır/ kullanılmaz/ şartlı kullanılır şeklinde kararlar verilmektedir. Bu değerlendirmelerin sağlıklı yapılabilmesi için şu ifadelerin iyi özümlemesi gerekmektedir: tolerans, doğruluk, ölçme belirsizliği (Turgay D., 2003).

#### 6.1.1.1 Ölçüm laboratuvarları

Kalibrasyon faaliyetleri standart ölçme faaliyetlerden daha farklı şartlarda yapılmalıdır. Aynı şartlarda yapılması gereken diğer faaliyet çeşitleri de yüksek hassasiyet gerektiren ölçüm faaliyetleridir. Bu doğrultuda kalibrasyon faaliyetlerinin yürütüldüğü laboratuvarlara kalibrasyon laboratuvarları adı verilir. Kalibrasyon laboratuvarlarında sadece kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilir. Hem kalibrasyon hem de diğer hassas ölçümlerin gerçekleştirildiği laboratuvarlar ise metroloji laboratuvarı olarak adlandırılır.

Her iki laboratuvar tipinde de ölçülmesi amaçlanan iş parçası ve ölçümde kullanılacak ölçü aletleri, ölçüm sonucunu değiştirebilecek dış etkilere yalıtılmalıdır. Bu etkiler arasında sıcaklık, nem, toz, duman, radyasyon hem iş parçasını hem de ölçü aletini etkileyebilecek değerlerdir. Elektrik gücü değişkenliği ise ölçü aletlerine büyük zararlar verebilir.

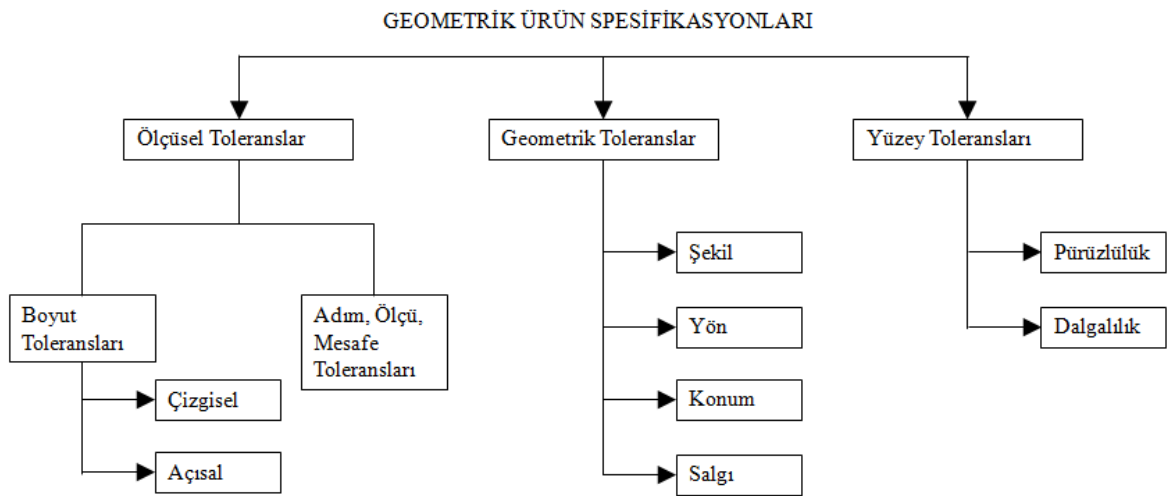
Ayarlanmış koşullarda faaliyetler yapılan bu laboratuvarların çalışanları da hassasiyeti etkilememek üzere bazı önlemler almalıdırlar. Bu önlemlere örnek olarak iş parçası ile çalışan arasında oluşabilecek ısı transferini engellemek için giyilen eldivenler verilebilir.

### 6.1.2 Geometrik ürün spesifikasyonları

Eğer ürünler tasarım hedefleri doğrultusunda, birebir ölçü ve özelliklerde üretilebilselerdi, “Uygunluk Kalitesi” kalite bileşenlerinin arasında gerekli olmazdı. Müşteri ihtiyaçları temel alınarak yapılan yüksek kaliteli tasarımlara imalat süreçleri sonucunda tamamen ulaşmak mümkün değildir. Bunun sebebi, imalat süreçleri sonunda tasarımda hedeflenen nominal şekillerden ve ideal ölçülerden sapmalardır. Bu sebeplerden ötürü, imal edilmiş olan iş parçaları ile tasarım özelliklerinin kıyaslanması amaçlı ölçme işlemleri yapılır.

Bir iş parçasının (iş parçalarının veya montajın) geometrisi hakkındaki gereksinimler kümesi “Geometrik Ürün Spesifikasyonları ve Verifikasyonu” olarak bilinir, boyut, ölçü, geometrik tolerans ve yüzey geometrik özelliklerinin gereksinimlerini kapsar (Durakbaşı, 2003).

Geometrik ürün spesifikasyonlarının belirttiği özellikler ve alanlar, verilen şekilde özetlenmektedir.



Şekil 6.1 Geometrik Ürün Spesifikasyonları ve Verifikasyonu (Durakbaşı, 2003)

### 6.1.2.1 Geometrik toleranslar

İmalat süreçleri sonucunda çeşitli sapmalar gösteren iş parçalarının, izin verilen sapma miktarları toleranslar verilerek belirtilmektedir. Söz konusu bu tolerans değerleri ölçüsel, geometrik ve yüzey toleransları olarak üç şekilde belirtilebilirler.

İmal edilecek iş parçalarına ait teknik resimlerde ifade edilmekte olan bu tolerans çeşitlerinden ölçüsel ve yüzey toleranslarının ifadelerinde rakamsal değer ve birimlerin belirtilmesi yeterli olmaktadır. Bu çeşitler arasından geometrik toleranslar ise sadece rakamsal değer ve birimlerden değil, aynı zamanda toleransın anlamını ifade eden şekillerden oluşurlar.

Geometrik toleranslardan bazıları kendi başlarına bir özellik ifade edebilirken, bazıları ise kendisinden başka yardımcı bir geometriye göre bir özellik ifade edebilir. Bunların dışında iki şekilde de kullanılabilen tolerans çeşitleri mevcuttur.

Geometrik toleranslar ifade ettikleri özelliklere göre dört ana grupta incelenebilirler. Geometrik tolerans çeşitleri aşağıda sıralanmıştır:

- Şekil Toleransları
- Yön Toleransları
- Konum Toleransları
- Salgı Toleransları

Geometrik tolerans çeşitlerinden bağımsız olarak, bu özellikleri ifade eden sembollerin bilinmesi, tasarım kalitesi ile uygunluk kalitesinin kıyaslanması sırasında faydalı olacaktır. Aşağıda verilmiş çizelgede ISO 1101 standartlarına göre geometrik toleranslar ve sembolleri verilmektedir.

Çizelge 6.2 Geometrik Toleranslar

Tanımlanma Gereksinimi	Kullanılan Sembol	Tanımlanan Özellik	Tolerans Çeşidi
Tek başına tanımlanır		Doğrusallık	Şekil
		Düzlemsellik	Şekil
		Dairesellik	Şekil
		Silindiriklik	Şekil
Tek başına veya ilişkili tanımlanır		Çizgi Profili	Şekil
		Yüzey Profili	Şekil
İlişkili tanımlanır		Konum	Konum
		Koaksiyellik	Konum
		Simetri	Konum
		Açı	Yön
		Paralellik	Yön
		Diklik	Yön
		Dairesel Salgı	Salgı
		Toplam Salgı	Salgı

## 7. SÜREKLİ İYİLEŞTİRME

Güncel durumunun yeterince iyi olduğunu düşünen ve herhangi bir konuda gelişmek için çaba sarf etmeyen bir işletme, az bir zaman geçtikten sonra kendini yerinde sayarken bulacak ve gerek yöresel gerekse küresel rekabet ortamında kendilerini geliştirmiş rakipleri ile başa çıkamayacaktır. 1950’li yıllara kadar Amerika ve Avrupa’nın ürünlerini taklit etmek ve çürük mallar üretmekle bilinen Japonya’nın kısa bir süre içinde batılı rakiplerini geçmesi, sürekli iyileştirme felsefesi için verilebilecek en güzel somut örnektir.

Çok yüksek standartlarda faaliyetlerini yürütmekte olan işletmelerin bile gelişmeye ihtiyaçları vardır. Başarılı işletmeler, başarılarını gelişime ihtiyaç duydukları alanları isabetli bir şekilde tespit ederek devam ettirmektedirler. Bu alanlar hiç şüphesiz ki müşteriler için önemli olmalıdır. Sürekli iyileştirme faaliyetlerinin genel felsefesi mevcut durumla yetinmemek, küçük küçük de olsa iyileştirmeler yapmaya devam etmektir.

Sürekli iyileştirme felsefesini başarı ile uygulama ve bundan fayda sağlamak isteyen işletmeler, bu felsefeden herhangi bir kişi veya bir grubun sorumlu tutulamayacağını kavramak zorundadır. Sürekli iyileştirme faaliyetleri tepe yönetim, müdürler, uzmanlar ve alt kademe çalışanlar olmak üzere herkesin çaba sarf etmesini gerektirir.

İşletme çapındaki tüm çalışanların bu felsefeyi daha iyi anlayabilmeleri ve desteklemeleri için, tepe yönetim tarafından gereken liderlik ve motivasyon sağlanmalıdır. Söz konusu bu destek sadece ödüllerden ibaret kalmamalı, çalışanların eğitilmesi ve fikirlerini söylemeye yüreklendirilmesi gereklidir.

### 7.1 Kalitenin Sürekli İyileştirilmesi

Kalitenin sürekli iyileştirilmesi en genel anlamda “Standart kaliteden daha iyisini yapmanın yollarını aramak ve bulmaktır.” şeklinde açıklanabilir (Kovancı, 2001). Bu açıklamada anlaşılması gereken en önemli nokta yeni yolların aranması ve bulunmasıdır. Sürekli iyileştirmenin bu yönüyle sonuçlardan çok süreçlerle ilgilendiği dikkati çekmektedir.

Kalitenin sürekli iyileştirilmesi, yöntemlerin basitleştirilmesi, üründe standardizasyon, verimliliğin artması, maliyetlerin düşmesi ve en alt kademede çalışan kişilerin yaptığı işlerden gurur duyması gibi olumlu sonuçlar yaratmaktadır (Kovancı,2001).

İşletmeler genel olarak iki çeşit kalite sorunu ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu sorun çeşitlerinden ilki çok çabuk fark edilebilecek ve ani olumsuz durumlar şeklinde ortaya çıkan

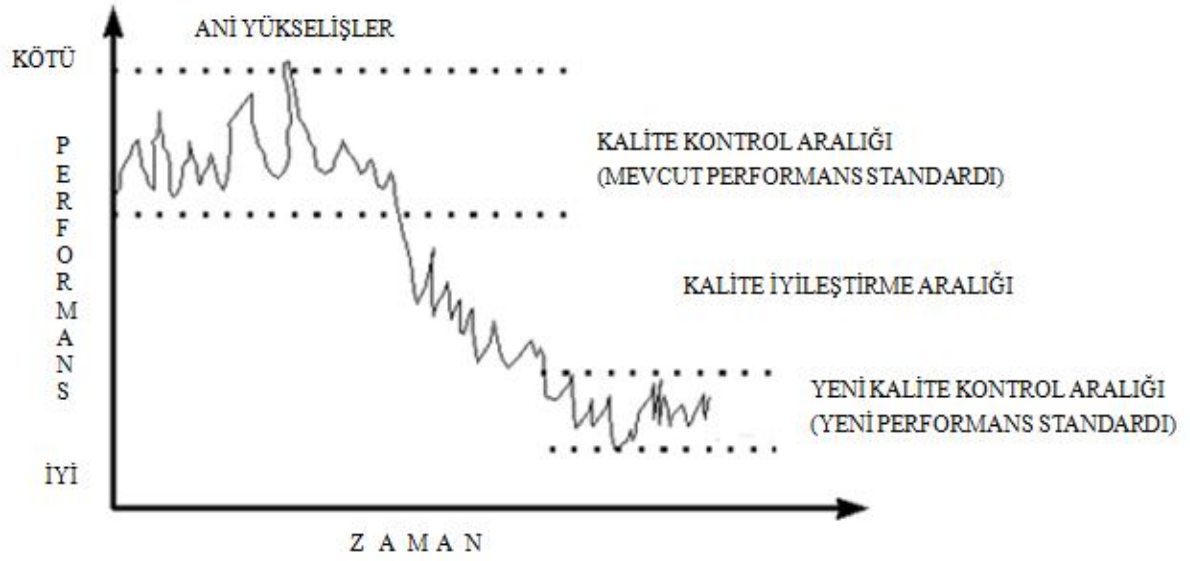
sorunlardır. Bu sorunlar aslında temel sorunlar olmayıp, anlık aksaklıklar şeklinde cereyan ederler. Buna rağmen kolay görülen bu büyük aksaklıklar, hemen her çalışan tarafından fark edilebilir ve çözümleri için yöneticiler tarafından büyük bir destek görürler. Bu sorunlar hızlı bir şekilde çözülmesi önemli olan sorunlar olmalarına rağmen, kalitenin sürekli geliştirilmesi felsefesinin hedefinde değildirler.

Kalitenin sürekli iyileştirilmesinde çözülmesi amaçlanan sorunlar, süreklilik arz eden veya tekrar eden, küçük görüldüğü için dikkat çekmeyen veya kabullenilmiş sorunlardır. Bazı işletmelerde %10 seviyelerine kadar kalitesizlik maliyetleri kabul görmektedir ve söz konusu işletmeler yıllarca aynı zararlarla çalışmaya devam etmektedir. Oysa sürekli iyileştirmede amaç, %100 başarıya ulaşana kadar iyileştirme faaliyetlerine devam etmektir. Tekrar eden ve rastlantısal olarak ortaya çıkan hataların kıyaslandığı bir çizelge aşağıda verilmektedir:

Çizelge 7.1 Kronik ve Rastlantısal Hataların Karşılaştırılması (Kovancı, 2001)

	Rastlantısal Hatalar	Tekrar Eden Hatalar
Veri	Az miktarda veri gerektirir.	Çok miktarda veri gerektirir.
Sebepler	Basit sebeplerden kaynaklanır.	Karmaşık sebepler olabilir.
Analist	İşin sorumlusu sorunu tanımlar.	İyileştirme grupları sorunu tanımlar.
Düzeltilme	Bölgesel düzeltme yapılabilir.	Geniş alanlarda çalışmayı gerektirir.
Düzeltilici	İşin sorumlusu düzeltebilir	Kurumsal iyileştirmelere ihtiyaç duyar.

Kalitenin sürekli iyileştirilmesi, ilk açıklamada da belirtildiği üzere imalat süreçlerinde yapılacak küçük iyileştirmelerle sağlanacaktır. Yapılan bu iyileştirmelerin kararlı bir şekilde uygulanması ile hedeflenen kalite standardında büyük başarılar elde edilebilir ve hatta bazı durumlarda bu başarılar %100 seviyesine ulaşabilir. Böyle bir durum yaşandığı takdirde iyileştirme faaliyetleri durdurulmamalıdır. Bunun yerine ulaşılmış olan kalite performans standardı iyileştirilerek yeni hedef olarak belirlenmeli ve bu doğrultuda sürekli iyileştirme faaliyetleri devam etmelidir. Bu durum aşağıda verilen şekille görsel olarak ifade edilmektedir.



Şekil 7.1 Kalitenin Sürekli İyileştirilmesi (Çay, 2006)

## 7.2 Kalitenin İyileştirme Süreci Adımları

Kalite iyileştirme sürecinin nasıl olması ve neleri barındırması gerektiği, farklı zamanlarda farklı bilim adamları tarafından ele alınmış ve açıklanmaya çalışılmıştır. Bu yöntemlerden bazıları bugün kalite geliştirme araçları arasında sınıflandırılmaktadır. Bu araçlar genel özellikleri ile basit ve detaysız olarak sunulurlar. İyileştirme sürecinin nasıl olması gerektiğinin maddeler halinde detaylı bir açıklaması Juran tarafından yapılmıştır. Kalite iyileştirme süreci Juran tarafından, adım adım aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır:

- Herkes, sürekli iyileşmenin bir gereksinim olduğuna ikna edilmelidir.
- Kaliteden sorumlu olanlar, mevcut kalite düzeyinde bir değişikliğin yapılabilir olduğuna ikna edilmelidir.
- En önemli birkaç proje ve en önemli kalite sorun alanları belirlenmelidir.
- Bilgide sürekli iyileşme için organize olunmalı ve işletmedeki eksik bilgilere erişilmesi için yöntemler geliştirilmelidir.
- Sorunların nedenlerini teşhis etmek üzere analizler yapılmalı ve çözümler önerilmelidir.
- Önerilen değişikliklerin etkileri belirlenmelidir.
- Değişikliklere karşı olası direnmeleri ortadan kaldırma yolları aranmalıdır.

- Değişiklikler kurumsallaştırılmalıdır.
- Yeni kalite düzeyini sürdürmek için değerlendirme noktaları belirlenmelidir.

### 7.3 Sürekli İyileştirmeyi Engelleyen Faktörler

Her seviyedeki her çalışanın sorumlu olması amaçlanan kalitenin sürekli iyileştirilmesi süreci ve felsefesi bazı etkenler tarafından engellenebilmektedir. Ishikawa tarafından detaylı olarak açıklanmış etkenlerden bazıları aşağıda verilmektedir:

- Yöneticilerin ilgisizliği ve sorumluluk almaktan kaçmaları
- Her şeyin mükemmel olduğunu ve hiçbir sorunun bulunmadığını sanan kişiler
- Kendi işletmesinin büyük bir farkla en iyi olduğunu düşünenler
- İşleri yapmanın en iyi ve en kolay yolunun kendi bildikleri yol olduğunu zanneden kişiler
- Sadece kendi çalıştığı bölümü düşünenler
- Diğer kişilerin düşüncelerine kulak tıkayanlar
- Sadece kendisini düşünüp üstünlük için mücadele edenler
- Umutsuzluk, kıskançlık ve çekememezlik gibi duyguları sıklıkla yaşayanlar
- Kendi yakın çevreleri dışında neler olduğundan habersiz olanlar
- Yalnızca işle uğraşan, sağduyudan yoksun kişiler

### 7.4 Sürekli İyileştirme Sürecine Katılım

Ürün kalitesinin sürekli iyileştirilmesi, imalat süreçlerinin geliştirilmesine, imalat süreçlerinin geliştirilmesi ise ardışık birçok bölümde çalışan insan gücüne bağlıdır. Kalite hedeflerine yönelik motive edilen ve eğitim faaliyetleri ile desteklenen çalışanlar, geliştirdikleri yeteneklerini farklı görev ve sorumluluklarda kullanmalıdırlar.

Kalite iyileştirme sürecine beklenen katılım bireysel bir katılım değil, her seviyedeki her çalışan tarafından katılımdır. Bu katılımın hangi seviyelerde ve nasıl olması gerektiğini gösteren bir çizelge aşağıda verilmektedir:

Çizelge 7.2 Sürekli İyileştirme Sürecine Katılım ve Sorumluluklar

TEPE YÖNETİM	ORTA DÜZEY YÖNETİCİLER	AMİRLER VE BÖLÜM ŞEFLERİ	ALT KADEME ÇALIŞANLAR
Sİ' yi bir şirket stratejisi olarak başlatma kararlılığındadır.	Sİ hedeflerini üst yönetim tarafından belirlenen politika yayılımı ve fonksiyonlar arası faaliyetler ile yayar ve yürütür.	Fonksiyonel rollerde Sİ' yi kullanır.	Öneri sistemi ve küçük grup aktiviteleri ile Sİ' ye katılır.
Kaynak sağlayarak Sİ' ye destek ve yön verir.	Fonksiyonel faaliyetlerde Sİ' yi kullanır.	Sİ için planlar hazırlar ve işçilere rehberlik eder.	İşyerinde disipline uyar.
Sİ için politikayı ve fonksiyonlar arası hedefleri oluşturur	Standartları oluşturur, korur ve iyileştirir.	Çalışanlarla iletişimi güçlendirir ve yüksek moral sağlar.	Problemleri daha iyi çözebilmek amacıyla kendisini sürekli geliştirir.
Sİ hedeflerine ulaşmak için politika yayılımı ve denetlemeler gerçekleştirir.	Eğitim programları ile çalışanlara Sİ bilinci aşılar.	Kalite çemberleri gibi küçük grup çalışmalarını ve bireysel öneri sistemlerini destekler.	Çapraz eğitim faaliyetleri ile yetenek ve tecrübesini geliştirir.
Sİ' ye yönelik sistemler, işlemler ve yapılar kurar.	Yetenekleri ve problem çözme araçlarını geliştirmede çalışanlara yardım eder.	İşyerinde disiplin sağlar. Sİ önerileri oluşturur.	

#### 7.4.1 Sürekli iyileştirme sürecinde çalışma grupları

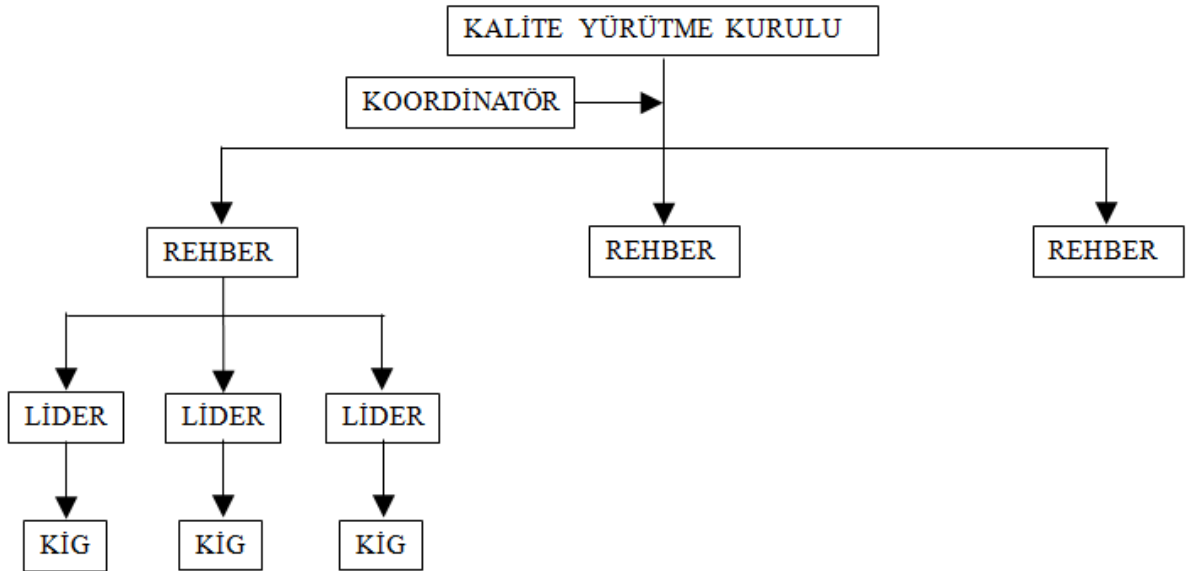
Sürekli iyileştirme felsefesi gereğince, işletmelerde çalışan herkes kendi sorumluluk alanının dışında sürekli iyileştirme faaliyetlerine katılmalı ve bu felsefeyi benimsemelidir. Buna rağmen kendilerine ait temel sorumlulukları olan çalışanlar, tüm zamanlarını sürekli iyileştirme faaliyetlerine ayıramamakta ve aynı zamanda kendilerinden farklı bölümlerle sağlıklı bir iletişim ve etkileşimi sağlayamamaktadır. Bu nedenle içlerinde bazen tek sorumluluğu kalite olan görevlilerin de bulunduğu iyileştirme gruplarına ihtiyaç duyulmaktadır.

#### 7.4.1.1 Kalite iyileştirme grupları (Kalite çemberleri)

Kalite iyileştirme grupları aynı iş yerlerinde, aynı veya benzer işleri yapan, belirli bir sayıda çalışandan meydana gelirler. Bu grupların görevleri işlere yönelik kalite, verimlilik, performans ve maliyet gibi konularda teşhisler yapmak, durumları analiz etmek, çözüm yolları üretmek ve bunları yönetime bildirmek şeklinde özetlenebilir. Aynı zamanda kendilerini ve diğer çalışanları eğiterek geliştirmek, motivasyonu artırmak ve farklı bölümler arası iletişimi sağlamak gibi faaliyetler de bu gruplar tarafından icra edilir.

Çoğunlukla resmi olarak yetki ve sorumlulukları bulunmayan bu gruplar, gönüllü oluşumlar olarak karşımıza çıkar. Resmi bir yapıda olmayan bu gruplar içinde kesin bir hiyerarşik düzen olmayabilir. Bu duruma örnek olarak grup içinde aynı seviyede hem bir üst yönetici hem de alt kademe bir çalışan olması verilebilir.

Resmi bir yapısı bulunmamasına rağmen, üst yönetim tarafından oluşturulmuş kalite yürütme kurullarına bağlı hareket edebilmektedirler. Bu şekilde bir yapılanma olduğunda, bir grubun içerisinde veya birkaç grupta ortak çalışacak rehber olarak nitelendirilen çalışanlar bulunabilmektedir. Rehberler profesyonel olarak istihdam edilen ve tam zamanlı olarak iyileştirme konularının organizasyonunda çalışan kişilerdir. İşletme içinde bu şekilde bir yapılanmanın organizasyon şeması örneği aşağıdaki şekilde verilmektedir:



Şekil 7.2 Kalite İyileştirme Grupları Organizasyon Yapısı

#### 7.4.1.2 Süreç iyileştirme grupları

“Kalitenin kontrol edilmez, üretilir.” sloganı ile yola çıkan gruplardır.

En genel anlamda bir girdiyi alarak, üstüne değer ekleyen ve takiben çıktıyı üreten süreçlerin her seviye ve bölüm için geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu prensiple hareket eden süreç iyileştirme grupları pazar araştırma, tasarım, planlama, satın alma, üretim, kalite kontrol, satış ve servis süreçlerinin hepsi ile ilgili projeler üretebilirler.

Süreç iyileştirme gruplarının temel faaliyetleri, aşağıda beş madde halinde özetlenmektedir:

- SİG (Süreç iyileştirme grupları) üzerinde çalışılacak süreci tanımlarlar.
- SİG, süreçte yapılacak iyileştirmelere sonucunda kazanılabilecek faydaları belirlerler.
- SİG, iyileştirme sürecinin yürütülmesi ile ilgili görev dağılımını belirlerler.
- SİG, görevli çalışanlara verilen yetki ve sorumlulukları ilan ederler.
- SİG, çalışanlara ihtiyaç duydukları kaynakları sağlamayı denerler.
- SİG, iyileştirme faaliyetlerinin biteceği tahmini süreyi hesaplarlar.

## 8. KALİTENİN SÜREKLİ İYİLEŞTİRMESİNDE KULLANILAN TEKNİKLER

Kalitenin iyileştirilmesinde kullanılan teknikler, birbirini tamamlayan, süreç ve sonucu etkileyen, yöneticiler ve diğer tüm çalışanlar için performans iyileşmesini sağlayan faaliyetlerin bütünüdür. Her işletme kendi konusunda kendi tekniği geliştirebilme olasılığına sahiptir. Fakat söz konusu faaliyetin genel geçer olabilmesi ve literatürde yer alabilmesi için hem mikro hem de makro ölçekteki işletmelere uygulanabilmesi gereklidir.

Sürekli iyileştirme ile ilgili bu tez çalışmasında, daha önce sıkça incelenmiş teknikler özet bilgilerle verilecek, incelenmemiş olanlar ise daha detaylı açıklamalarla anlatılmaya çalışılacaktır. Tekniklerin matematiksel ifadeleri, gerek duyulduğunda örnek uygulamalarla pekiştirilecektir.

### 8.1 Verilerin Toplanması ve Analizinde Kullanılan Teknikler

#### 8.1.1 Çetele tablosu

Çetele tablolarının esas amacı, verilerin çalışanlar tarafından dikkatli ve hassas bir şekilde toplanmasını sağlamaktır (Besterfield, 1994). Çetele tabloları veri toplamak ve toplanan verileri analiz etmek için kullanılan yapılardır. Bu yapılar birçok uygulamada kullanılmak için uygundur.

Çetele tablosu tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Söz konusu veriler aynı kişi tarafından veya aynı yerde, tekrarlı olarak gözlemlenebiliyor ve biriktirilmesi isteniyor ise çetele tablosu kullanılabilir.
- Söz konusu veriler ilgili olay, sorun, hata, hata yeri veya hata sebebinin bir seri veya frekans dağılımı olarak ortaya çıktığı zaman çetele tablosu kullanılabilir.
- Üretim süreçlerinin çıktı verileri toplanmak istendiğinde çetele tablosu kullanılabilir.

Çetele tablosu oluşturulmasında kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle hangi olay veya sorunun gözlemleneceğine karar verilmelidir. Veri toplama işlemleri tanımlanmalıdır.
- Verilerin ne zaman ve ne kadar süre uzunluğunca toplanacağına karar verilmelidir.
- Çetele tablosunun şekli tasarlanmalıdır. Şekil tasarımı eğitimsiz çalışanların dahi basitçe kullanabileceği gibi olmalıdır ve bu doğrultuda “☑”, “X” vb. işaretler ile



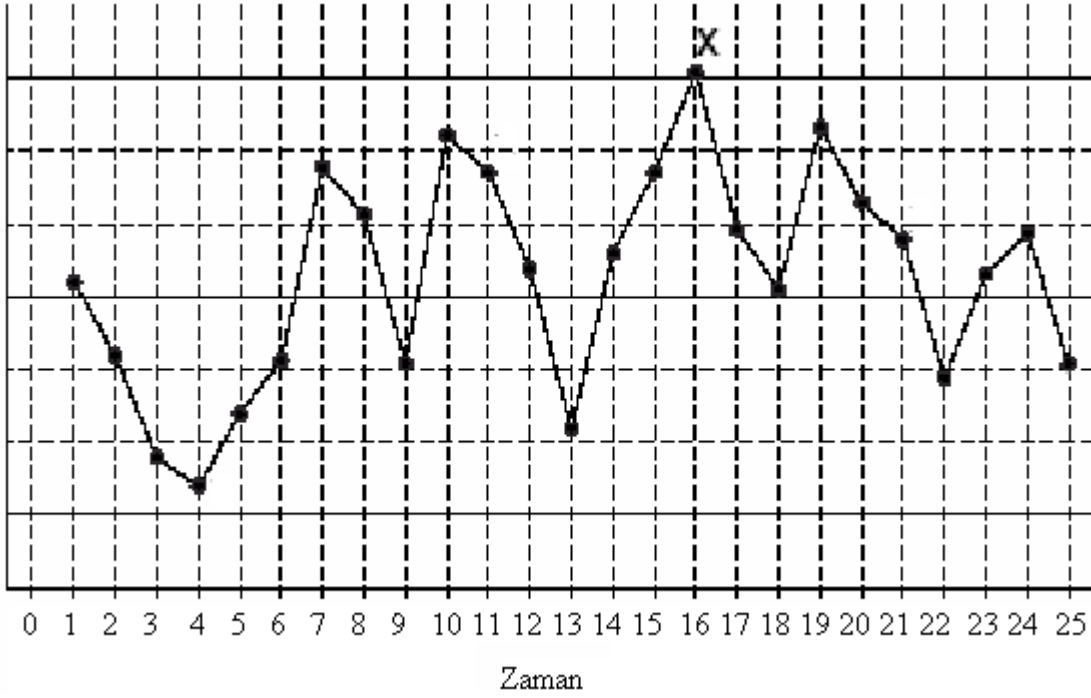
kullanılabilir.

- Bir prosesin kararlı olup olmadığı tespit edilmek istendiğinde kontrol kartları kullanılabilir.
- Proseslerin özel sebepler veya kronik sebeplerden ötürü değişimi izlenmek istendiğinde kontrol kartları kullanılabilir.
- Sürdürülen kalite geliştirme projesinin yalnızca belirli bir nedeni önlemeye yönelik mi yoksa sistemde temel bir değişim yapmaya yönelik mi olduğu anlaşılacak istendiğinde kontrol kartları kullanılabilir.

Kontrol kartları oluşturulmasında dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Gözlemlenmek istenen veriler için doğru kontrol kart çeşidi belirlenmelidir.
- Verilerin toplanması ve kart oluşturulması için en uygun zaman seçilmelidir.
- Veriler toplanmalı, bunlardan istenen grafikler çizilmeli ve analiz bundan sonra yapılmalıdır.
- Eğer varsa, kontrol dışı durumlar grafikte belirlenmelidir. Belirlenen nokta kart üzerinde işaretlenmeli ve sebebi araştırılmalıdır. Kartın nasıl oluşturulduğu, karttan hangi bilgiler elde edildiği ve sebepleri hakkında rapor tutulmalıdır.

Hatalı parça dilimlerinin zamana bağlı değişimini gösteren bir kontrol kartı örneği aşağıdaki şekilde verilmektedir:



Şekil 8.1 Hatalı Parça Adedinin Zaman Dilimlerine Bağlı Değişimini Gösteren Kontrol Kartı Örneği

### 8.1.3 Serpilme diyagramı

Bir serpilme diyagramı her ekseninde bir değişken barındıran bir grafik çeşididir. Eğer değişkenler birbirleri ile orantılı bir ilişkiye sahipse, grafikteki noktalar bir çizgi veya eğri şeklinde sıralanacaktır. İlişki kuvvetlendikçe tüm noktalar söz konusu eğrilere daha da yaklaşacaktır.

Serpilme diyagramı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Çift olarak bulunan sayısal veriler olduğunda serpilme diyagramı kullanılabilir.
- Bağlı değişken, bağımsız değişkenin her değeri için birden fazla değer aldığı anda serpilme diyagramı kullanılabilir.
- İki değişken bağlantılı olup olmadığı aşağıdaki nedenlerden herhangi birisi için araştırıldığında serpilme diyagramı kullanılabilir.
  - Sorunların muhtemel nedenleri belirlenmek istendiğinde
  - Balık kılıçığı diyagramı kullanılarak, beyin fırtınası yapıldıktan sonra tahmin edilen nedenler doğrulanmak istendiğinde
  - Bir kontrol kartı oluşturmadan önce kendi kendine oluşan ilişkiler

belirlemek istendiğinde

Serpilme diyagramı oluşturulmasında kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle bir ilişkileri olduğundan şüphe edilen veri çiftleri toplanır.
- Bağımsız değişkenin yatay, bağlı değişkenin ise dikey ekseninde bulunduğu bir grafik çizilir. Bu grafikte her çakışan değer çifti için bir nokta oluşturulur. (Üst üste çakışan iki nokta görme kolaylığı sağlaması açısından yan yana konulabilir.)
- Nokta serileri arasında açık bir ilişki olup olmadığı kontrol edilir. Eğer nokta serileri bir çizgi veya eğriye yaklaşıyorsa verilerin yerleştirilmesi son bulur. Eğer değilse sırada verilen adımlar uygulanır.

- Grafikteki noktası kümesinin tam ortasından olmak üzere grafik bir yatay bir de dikey çizgi yardımı ile dörde bölünür.
- Çizgilerin üzerine gelecek noktalar dışında, her bölümdeki nokta sayısı sayılır.
- Aşağıdaki değerler hesaplanır.

$$A = \text{Sol üst bölge nokta sayısı} + \text{Sağ alt bölge nokta sayısı} \quad (8.1)$$

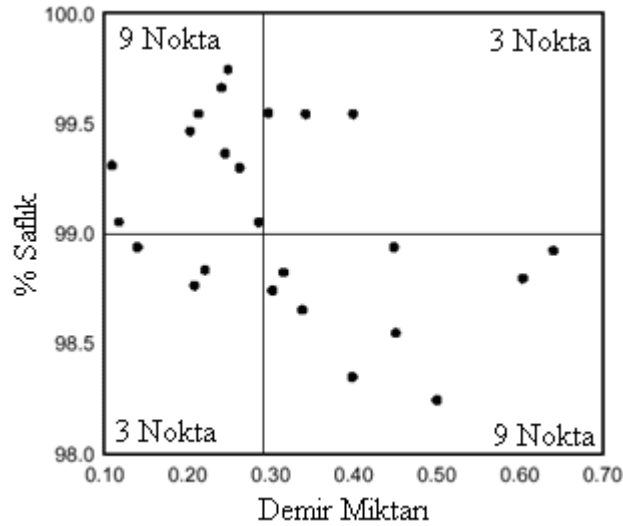
$$B = \text{Sağ üst bölge nokta sayısı} + \text{Sol alt bölge nokta sayısı} \quad (8.2)$$

$$Q = A \text{ veya } B \text{ değerlerinden küçük olanı} \quad (8.3)$$

$$N = A + B \quad (8.4)$$

- N değerinin belirli periyotlardaki limitleri incelenir. Eğer Q değeri limit değerinden küçükse değişkenler ilişkilidir, eğer büyük veya eşitse değişkenler şans eseri birbirlerini etkilemiş olabilir.

Aşağıda bir döküm parça üreticisinin demir miktarının alaşım saflığına etkisini incelemek üzere oluşturduğu bir serpilme diyagramı örneği verilmektedir:



Şekil 8.2 Demir Miktarı ve Safılık İlişisini Gösteren Serpilme Diyagramı Örneği

#### 8.1.4 Katmanlara ayırma

Bu teknik, verilerin analiz edilmesinde kullanılan diğer tekniklerle birlikte uygulanır ve onları kullanıcı açısından daha anlaşılır kılar. Farklı kaynakların veya bölümlerin çıktıları aynı veri havuzunda toplandığında, bunların anlatabileceği sonuçları görmek mümkün olmamaktadır. Bu teknik sayesinde veriler katman veya gruplara ayrılabilir.

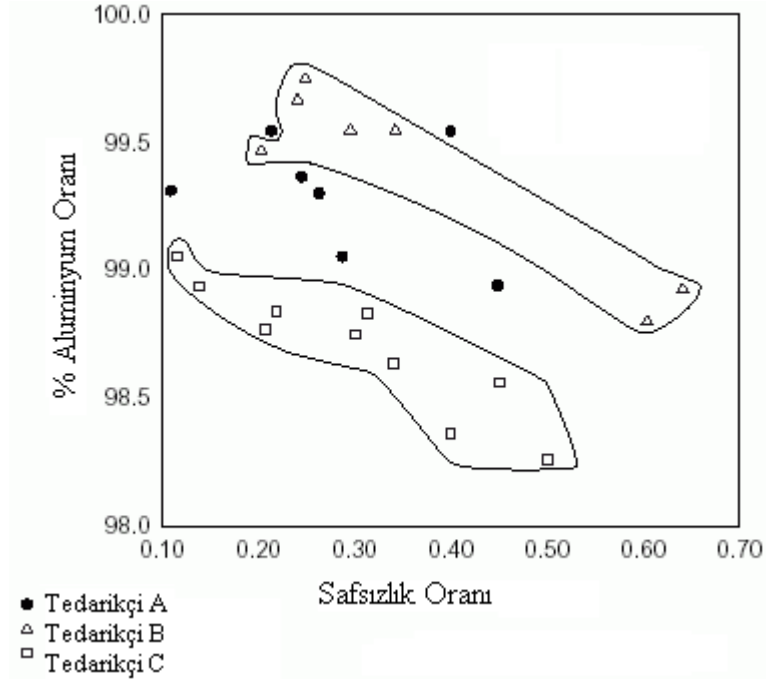
Katmanlara ayırma tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Veriler henüz toplanmadan önce katmanlara ayrıştırılabilir.
- Veriler farklı kaynaklardan geldiğinde ayrıştırılabilir. Bu kaynaklara örnek olarak farklı koşullar, farklı vardiyalar, farklı iş günleri, farklı tedarikçiler vb. verilebilir.
- Veri analiz araçları ile elde edilen grafiklerde farklı sıçrama görüntüleri oluştuğunda veriler katmanlara ayrıştırılabilir.

Katmanlara ayırma işleminde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Veriler toplanmadan önce, veri kaynakları ile ilgili hangi özelliklerin sonucu farklı etkileyebileceği araştırılmalıdır. Toplanan verilerle ilgili dokümanlarda araştırılan bu özelliklere de yer verilmelidir.
- Toplanan veriler serpilme diyagramları, kontrol kartları, histogram veya diğer analiz teknikleri için kullanıldığında, ilgili analiz aracında, farklı kaynaklardan gelen veriler farklı işaret veya renklerle temsil edilmelidir.

Aşağıda bir otomotiv ana sanayinin farklı tedarikçilerinden gelen alüminyum enjeksiyon parça grupları için, alaşım miktarları ve safsızlık oranlarını gösteren bir serpilme diyagramı örnek olarak verilmiştir. Bu örnekte mevcut olan noktalar, kaynak tedarikçiye göre katmanlara ayrılmış ve görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 8.3 Serpilme Diyagramı için Katmanlara Ayırma Örneği

### 8.1.5 Histogram

Bir histogram, çetele tablosu veya benzeri tekniklerle toplanmış bilgilerin sonuçlarını ve bu sonuçların frekanslarının dağılımını gözlemlemek için faydalıdır.

Histogram tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:







- Veriler sayısal olduğunda kullanılabilir.
- Verilerin dağılımının şekli gözlemlenmek istendiğinde ve bir proses çıktısının normale yakın dağılıp dağılmadığı belirlenmek istendiğinde kullanılır.
- Bir prosesin müşteri ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığı belirlenmek istendiğinde kullanılır.
- Bir tedarikçinin proses çıktılarının sonuçlarının, gereksinimleri ne ölçüde karşıladığı belirlenmek istendiğinde kullanılır.
- İki zaman dilimi arasında bir proses değişimi olup olmadığını görüntülemek için

kullanılır.

- İki veya daha fazla benzer prosesin çıktıları arasındaki farklılıklar belirlenmek istendiğinde kullanılır.

Kullanılan Histogram grafiklerinin amaçlarına en iyi şekilde ulaşabilmesi için en doğru yöntemle yorumlanmaları gerekmektedir. Dağılım grafikleri sahip oldukları şekillere göre verilerle ilgili önemli sonuçlar barındırırlar. Karşılaştırılması muhtemel histogram şekilleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir:

Çizelge 8.2 Sık Karşılaşılan Histogram Çeşitleri

<p>Normal: Normal dağılım olarak da adlandırılan bu Histogram şekli bir çan şeklini andırmaktadır. Bu şekilde bir merkez eksenin iki yanında simetri mevcuttur.</p>	
<p>Eğik: Eğik Histogram şekli asimetriktir çünkü bir taraftaki doğal limit, oradaki sonuçları sınırlandırmaktadır. Doğal limite örnek olarak bir deliğin çapının en küçük değerinin matkabın çapı ile sınırlandırılması verilebilir.</p>	
<p>Bimodal (Çift Tepeli): Bu tür Histogram şekli bir devenin hörgüçlerini andırmaktadır. İki prosesin sonuçları, farklı dağılımlar oluşturarak bir veri grubunda toplanmıştır. Buna örnek sebep olarak çift vardiya çalışılan bir yerde iki farklı dağılım oluşması verilebilir.</p>	
<p>Plato: Gerçekten ikiden fazla tepe değerinden oluşmuş bu histogram çeşidinde ikiden fazla proses bulunma ihtimali vardır. Tepe yerleri birbirine yaklaşık konumlarda bulunduğu için dağılımın üst tarafı bir platoyu andırır</p>	
<p>Kesik: Bu Histogram normal Histogram şeklinin uçları kesilmiş halidir. Bu şeklin oluşmasına örnek olarak normal üretim yapan ve standart dışı mamuller hurdaya çıkarılan bir tedarikçinin ürünlerinin analizi olarak verilebilir.</p>	
<p>Ayrık: Bu Histogram çeşidinde ortalama değer yakın sonuçlar eksiktir. Buna örnek olarak kesik Histogramı oluşturan ürünlerin hurdaya çıkarılmış ıskartaları verilebilir.</p>	

### 8.1.6 Pareto analizi

Pareto Kartı veya Pareto Grafiği olarak da adlandırılan bu teknik, bar grafik yöntemi ile hazırlanan görsel bir sunum aracıdır. Söz konusu bar veya çubukların yüksekliği hataların meydana gelme sıklığını ve sebep olduğu maddi veya fiziksel kayıpları temsil etmektedir. Görsel sunum şekli gereği en yüksek bar veya çubuk sol tarafa yerleştirilir ve sonrasında kısalan bir sıra ile sağa doğru diğer bar veya çubuklar dağıtılır. Bu sayede en fazla önemsel niceliğe sahip sorunlar kolaylıkla ayırt edilebilir.

Pareto analizi tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

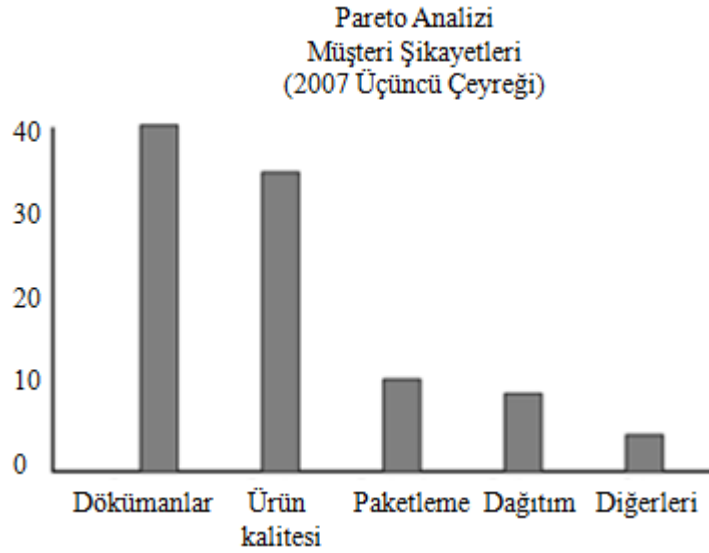
- Bir proses içindeki sorunlar veya sebepleri, frekanslarına göre çözümlenmek istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Birçok sorun veya sebep içerisinden yalnızca en önemli bir tanesine odaklanmak istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Geniş bir alana yayılmış sebeplerden en spesifik olanı belirlenmek istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Farklı kişi ve çalışanlarla, toplamış olduğunuz veriler hakkında iletişim kurmak için bu teknik kullanılabilir.

Pareto analizi tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle öğelerin gruplanmasında hangi kategorilerin kullanılacağına karar verilir.
- Hangi birimlerin ölçek olarak kullanılacağına karar verilir. Çoğunlukla kullanılan birimler frekans, adet, maliyet veya zaman birimleridir.
- Yapılacak Pareto Analizi'nin ne kadar bir zaman periyodunu kapsayacağına karar verilir. Buna örnek olarak bir vardiya, bir tam iş günü veya bir hafta verilebilir.
- Veriler toplanarak ve kategorilerine ayrılmak şartı ile kaydedilirler.
- Her kategori için kaydedilmiş olan nicel veriler kendi içlerinde toplanırlar ve toplam değerler dikkate alınır.
- Çizilecek grafiğin dikey ekseninde kullanılmak üzere uygun bir ölçek belirlenir.
- Her kategori için elde edilmiş toplam nicel değerler esas alınarak bar grafiği oluşturulur. Elde edilen toplam değerlerden en yüksek olanına ait bar, grafiğin en sol

tarafına yerleştirilir. Sonrasında gelen kategoriler soldan sağa, büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu aşamada bazı kategoriler diğerlerine kıyasla aşırı düşük değerlerde kalıyorsa bu düşük değerleri kategoriler kendi aralarında toplanır ve bunların toplamı “Diğerleri” isminde yeni bir kategori oluşturur.

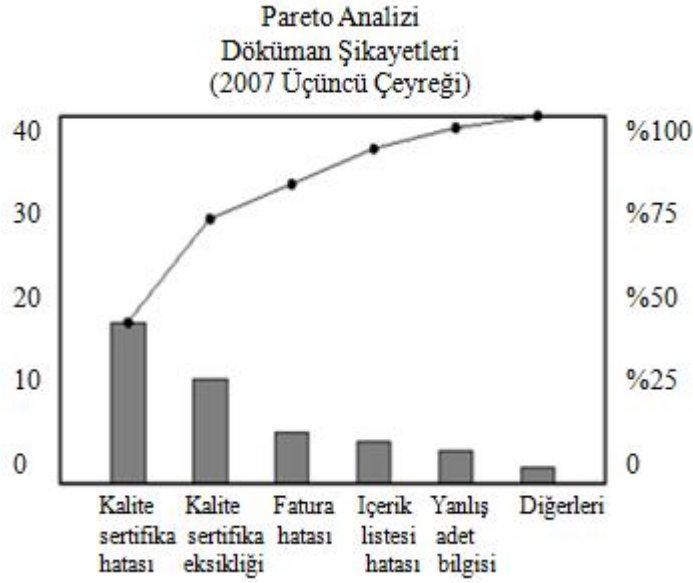
Aşağıdaki şekilde müşteri şikâyetlerini analiz etmek için hazırlanmış bir Pareto grafiği örneği verilmektedir.



Şekil 8.4 Müşteri Şikâyet ve Sebepleri için Pareto Analizi Örneği

Pareto analizi için kullanılan daha detaylı bir grafik çeşidi daha mevcuttur. Kategori toplamlarını yüzde oranlarına göre veren Yüzde Kümülatif Pareto Analizi daha detaylı bir grafik sunmaktadır. Bu grafik çeşidinin temel olandan farkı, grafiğin sağ tarafına yerleştirilmiş bir % değer eksenini ve barlardan çıkan, %değer toplamı olarak artarak devam eden bir eğridir. Bu tip bir grafiğin kullanılmasının faydası, hatalarda belirlenen bir %değer toplamını oluşturan kategorileri ayırt edebilmektir.

Aşağıdaki şekilde dokümanlarla ilgili müşteri şikâyetlerini analiz etmek için hazırlanmış bir Pareto grafiği örneği verilmektedir:



Şekil 8.5 Doküman Şikâyetleri için Yüzde Kümülatif Pareto Analizi Örneği

### 8.1.7 Deney tasarımı (DoE)

İstatistik biliminin bir alt dalı olarak değerlendirilebilecek deney tasarımı, sonuç parametrelerini etkileyebilecek faktörleri araştırmak üzere deneylerin planlanması, yönetilmesi, çözümlenmesi ve yorumlanması ile ilgilenir.

Stratejik olarak planlanmış ve gerçekleştirilmiş bir deney, sonuç parametrelerine etki eden bir veya daha fazla faktör hakkında çok detaylı bilgiler verebilir. Birçok deney sırasında kesin değere sahip etkenler sabit tutulurken, araştırılması istenen etkenler değiştirilebilir. Bilgiyi işlemek için kullanılan aynı anda tek etken inceleme yöntemi, etkenleri rasgele değiştiren yöntemle göre yetersiz kalmaktadır.

Deneyleri tasarlamak için güncel olarak kullanılan istatistik yöntemlerin birçoğu R. A. Fisher'in çalışmalarından türetilmiştir. Fisher, denemelerden önceki zamanda yapılan ciddi tasarım ve yürütme çalışmalarının, analiz sonuçlarındaki hataları engellemeye yardımcı olduğunu göstermiştir.

Tasarlanmış bir deneyin oluşturulmasındaki üç anahtar teknik engelleme, rasgele dağıtma ve kopyalamadır.

Rasgele dağıtılmak istenen bir etkenin dağıtılması mümkün olmadığında veya maliyeti çok yüksek olduğunda engelleme yapılır. Bu işlemde söz konusu etken diğer etkenlerle birlikte rasgele dağıtılmaz, bunun yerine değişiklikler bilinçli olarak yapılır.

Rasgele dağıtma işlemi sayesinde, denemeler içerisinde bulunan kontrol edilemeyen

değişkenlerin bilinmeyen etkileri anlaşılabilir.

Kopyalama, deneme işleminin tekrar edilmesi olarak açıklanabilir.

Deney tasarımı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Proses içindeki önemli etkenleri belirlemek için deney tasarımı kullanılabilir.
- Prosesin kabul edilebilir bir performans değerine ulaşması için hangi ayarların kullanılması gerektiğini belirlemede deney tasarımı kullanılabilir.
- Proses içinde birbirini etkileyen faktörleri belirlemek için deney tasarımı kullanılabilir.
- Prosesin hangi ayarlar ile değişkenliğinin azaldığını belirlemek için deney tasarımı kullanılabilir.

Deney tasarımı tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle proses girdi ve çıktılarının tam olarak anlaşılması gerekmektedir. Proses akış diyagramı veya proses haritası bu konuda yardımcı olabilmektedir. Bunlar da yeterli olmadığı takdirde konu ile ilgili uzmanlardan yardım alınabilir.
- Çıktılar için en uygun ölçümler belirlenir. Değişken bir ölçüm türü tercih edilmelidir ve nitel ölçümlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Bu adımdan sonra ölçümlerin istikrarlı olduğu doğrulanmalıdır.
- Araştırılacak etkenler için bir matris oluşturulmalıdır. Bu tasarım matrisi, her girdi etkeni için hem düşük hem yüksek seviye etkileri hem de bunların kombinasyonunu göstermelidir. Söz konusu matriste önem seviyelerini belirtmek için +1 ve -1 gibi dereceler kullanılabilir. Bu durum dikkate alındığında 2 etkenli bir deneyin 4 kere tekrarlanması gerektiği anlaşılmaktadır.

Aşağıdaki çizelgede örnek bir matris verilmektedir:

Çizelge 8.3 Deney Tasarımı Önem Matrisi Örneği

	Girdi (A seviyesi)	Girdi (B Seviyesi)
Birinci Deney	-1	-1
İkinci Deney	-1	+1
Üçüncü Deney	+1	-1
Dördüncü Deney	+1	+1

- Her deney için, araştırılması istenen gerçekçi fakat aşırı yüksek ve düşük seviyeler belirlenir. Bazı durumlarda aşırı seviyeler güncel olarak kullanılan değerlerin biraz üzerinde olabilir.

Aşağıdaki çizelgede, bu duruma örnek bir matris verilmektedir:

Çizelge 8.4 Deney Tasarımı Seviye Matrisi Örneği

	-1 Seviyesi	+1 Seviyesi
Sıcaklık	100 <sup>0</sup> F	200 <sup>0</sup> F
Basınç	50 psi	100 psi

- Her deney yapılarak, tasarım matrisine tüm etkenler ve seviyeleri girilir.

Aşağıdaki çizelgede, bu duruma örnek bir matris verilmektedir:

Çizelge 8.5 Deney Tasarımı Değer Matrisi Örneği

	Sıcaklık ( <sup>0</sup> F)	Basınç (psi)	Güç (lbs)
Birinci Deney	100	50	21
İkinci Deney	100	100	42
Üçüncü Deney	200	50	51
Dördüncü Deney	200	100	57

- Yüksek seviyede toplanan verilerin ortalamasından düşük seviyede toplanan verilerin ortalaması çıkartılarak, o faktörün etkisi hesaplanır.

Aşağıda bu duruma örnek hesaplamalar verilmektedir.

Sıcaklığın güce etkisinin hesabı:

$$(51 + 57) \text{ lbs}/2 - (21 + 42) \text{ lbs} = 22.5 \text{ lbs} \quad (8.5)$$

Basıncın güce etkisinin hesabı:

$$(42 + 57) \text{ lbs}/2 - (21 + 51) \text{ lbs} = 13.5 \text{ lbs} \quad (8.6)$$

- Daha sonra iki etken arasında etkileşim hesaplanır. Bu hesaplamada -1 ve +1 değerlerinden oluşan tasarım matrisi kullanılır. Tasarım matrisine yeni bir kolon eklenir ve bu kolon diğer kolonlardaki değerlerin çarpımı ile doldurulur.

Aşağıdaki çizelgede, bu duruma örnek bir matris verilmektedir:

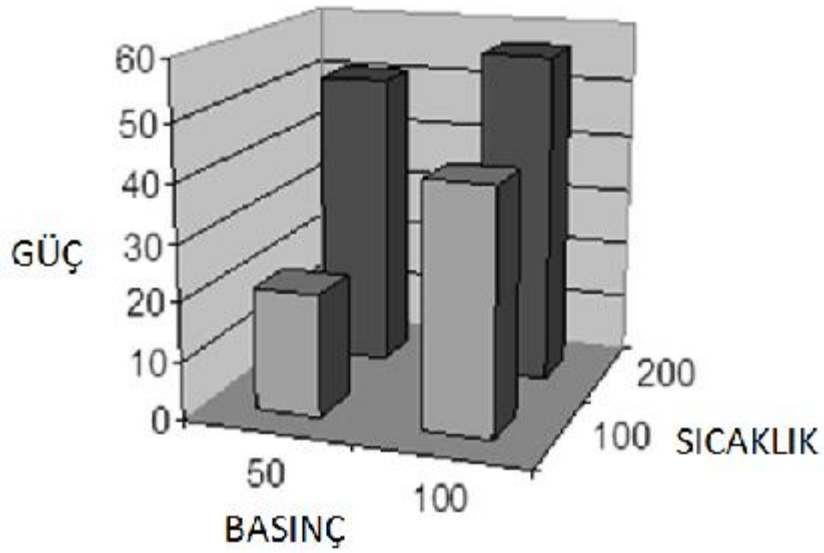
Çizelge 8.6 Deneysel Tasarımın Öneme Matrisi Örneği

	Girdi (A seviyesi)	Girdi (B Seviyesi)	Etkileşim
Birinci Deneysel	-1	-1	+1
İkinci Deneysel	-1	+1	-1
Üçüncü Deneysel	+1	-1	-1
Dördüncü Deneysel	+1	+1	+1

- Etkileşim değerinin güce etkisi daha önceki hesaplama yöntemleri ile hesaplanır.

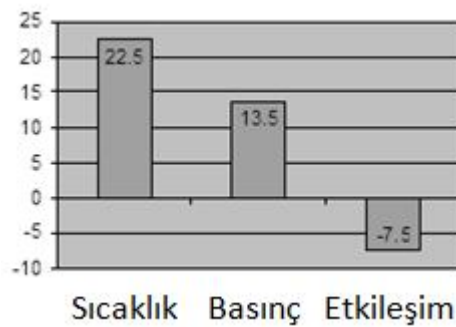
$$(21 + 57) \text{ lbs}/2 - (42 + 51) \text{ lbs} = -7.5 \text{ lbs} \quad (8.7)$$

- Elde edilen iki farklı faktörün etkisi üç boyutlu bir grafikte gösterilebilir.



Şekil 8.6 Faktörlerin Üç Boyutlu Grafikte Kıyaslanması Örneği

- Yalnızca iki faktörün değil, bunların etkileşiminin de araştırılan parametrede yaptığı değişikliği göstermek için Pareto grafikleri kullanılabilir.



Şekil 8.7 Faktörlerin Pareto Analizi Örneği

### 8.1.8 Anket

Anket, hedeflenen bir grup kişiden fikirleri, yaklaşımları ve bilgileri hakkında veri toplamak amaçlı yapılır. Anketler özellikle müşteri veya çalışan grupları ile yapılır ve bu sayede gereksinimlerin belirlenmesi sağlanır.

Anket tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Müşteri gereksinimleri veya tercihleri belirlenmek istendiğinde anket yapılır.
- Müşteri veya çalışan memnuniyetleri araştırılmak istendiğinde anket yapılır.
- Önerilmiş değişiklikler değerlendirilmek istendiğinde anket yapılır.
- Yapılan bir değişikliğin nasıl algılandığı belirlenmek istendiğinde anket yapılır.
- Müşterilerin düşünceleri, periyodik olarak takip edilmek istendiğinde anket yapılır.

Anket tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle anket sayesinde ne öğrenilmek istendiği ve elde edilen sonuçların nasıl kullanılacağı belirlenmelidir.
- Anketin hangi grup kişiler üzerinde uygulanmak istendiği belirlenir. Eğer hedef kitle çok fazla kişiden oluşuyorsa, nasıl bir örnekleme yapılacağı seçilir.
- En uygun anket çeşidine karar verilir.
- Anket cevaplarının sayısal değerlerden mi, evet-hayır sorularından mı, çok seçmeli sorulardan mı veya tüm bunların karışımından mı oluşması gerektiğine karar verilir.
- Sorular ve cevapları hakkında beyin fırtınası yapılır. Mutlaka öğrenilmesi istenen bilgiler doğrultusunda soru listesi daraltılarak mümkün olan en aza indirgenir.
- İlgili anket seçilen yöntemle yayınlanır.
- Yayınlanan anket uygulanmadan önce küçük bir grupta test edilerek aşağıda sıralanmış sorulara cevaplar aranır.
  - Hangi sorular kafa karıştırıcı?
  - Gereksiz olan sorular var mı?
  - Cevap verenler mevcut konu başlıkları dışında da bilgi vermek isterler mi?

- Anketin ortalama cevaplandırma süresi ne kadar?
- Anket içerisinde herhangi bir yazım hatası veya yanlış anlatım var mı?

### 8.1.9 Diğer grafik yöntemleri

Daha önce açıklanmış veri toplama ve analiz yöntemlerinden başka yöntemler de kullanılmaktadır. Daha seyrek kullanılan diğer yöntemlerden bir örnek burada açıklanacaktır.

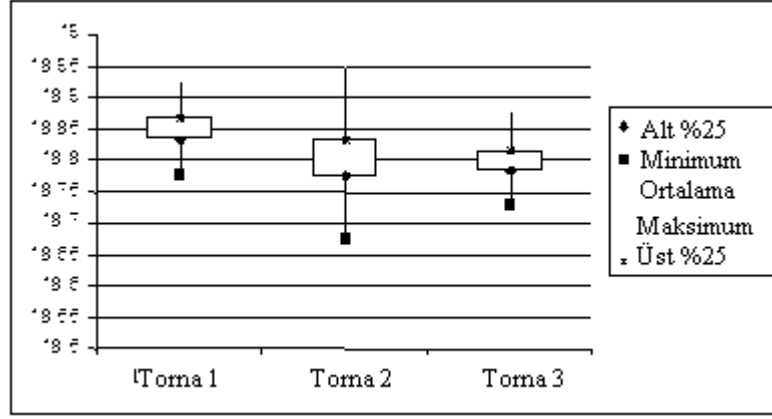
Kutu-bıyık grafikleri, histogram grafiklerinde yeterli detaylar gösterilemediğinde kullanılmaktadır. Bu grafikler oldukça etkili ve okunması kolay grafiklerdir. Farklı kaynaklardan gelen verilerin özeti tek bir kutu-bıyık grafiğinde gösterilebilir.

Kutu-bıyık grafiği tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Verilerden minimum değeri belirlenir.
- Verilerden alttan %25 oranında olan verileri belirlenir.
- Verilerin ortalama değerini belirlenir.
- Verilerden üstten %75 oranında olan veriler belirlenir.
- Verilerden maksimum olan değer belirlenir.
- Bu değerler kutu-bıyık grafiğinde gösterilir. Bıyık çizgilerinin alt ve üst uçlarına minimum ve maksimum değerler gelmelidir.

Aşağıdaki şekilde bir kutu bıyık grafiği örneği ve bunun yorumu verilmektedir:

Verilen örnekte kaba tornalama yapılmış bir milin ölçüm değerleri verilmektedir. Üç farklı tornada işlenmiş bu millerin tasarım şartları  $18.85 \pm 1.0$  mm olarak verilmektedir. Minimum ve maksimum değerler bıyıkların alt ve üst noktalarında, ortalama değer ise kutuların tam ortasında verilmiştir.



Şekil 8.8 Kutu-Bıyık Grafiği Örneği

Torna 1 istasyonunda işlenen parçalar uygundur ve tasarım tolerans sınırları içinde yer almaktadır.

Torna 2 istasyonunda işlenen parçalar geniş varyasyona sahiptir ve minimum değerleri alt tolerans limitinden daha düşüktür.

Torna 3 istasyonunda işlenen parçalar torna 1 ile aynı varyasyon genişliğine sahiptir. Buna rağmen ortalama değeri daha düşüktür ve minimum değeri alt tolerans limitinden daha düşüktür.

## 8.2 Proseslerin Çözülmesi ve İyileştirilmesi için Kullanılan Teknikler

### 8.2.1 Akış diyagramı

Bir akış diyagramı, bir prosesin farklı etaplarını ardışık olarak gösteren bir resimdir.

Bir akış diyagramı işlem sıralarını, kullanılan malzemeleri, işleme giren veya çıkan hizmetleri, verilmesi gereken kararları, sorumlu çalışanları, harcanan zamanı ve proses ölçümlerini içerebilir.

Söz konusu proses imalat, planlama, hizmet ve hatta yönetim prosesi olabilir. Bu diyagram çeşidi birçok değişik amaç için kullanılacak genel bir tekniktir.

Akış diyagramı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Bir prosesin nasıl yapıldığının eksiksiz bir biçimde anlaşılması için akış diyagramları kullanılabilir.
- Bir prosesin geliştirilme çalışmaları için akış diyagramları kullanılabilir.
- Başkalarına söz konusu prosesin nasıl yapıldığını doğru olarak anlatmak için akış

diyagramları kullanılabilir.

- Aynı proses için çalışan farklı kişilerin birbirlerini daha iyi anlamaları için akış diyagramları kullanılabilir.
- Bir prosesi belgelendirmek için akış diyagramları kullanılabilir.
- Bir projenin planlanması aşamasında akış diyagramları kullanılabilir.

Akış diyagramı tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

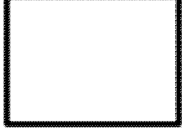

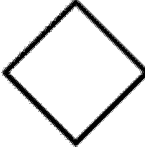
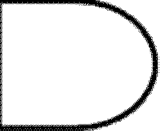
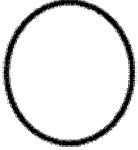



- Akış diyagramı yapılacak prosese karar verilir ve prosesin başlığı diyagramın tepesine yazılır.
- Prosesin sınırları üzerinde dikkatle düşünülerek, bu sınırlar doğru bir şekilde belirlenir. Söz konusu proses ne zaman ve nerede başlar? Ne zaman ve nerede biter? Aynı şekilde diyagramın ne kadar detay içereceğine karar verilir.
- Proses içinde yer alan faaliyetler hakkında beyin fırtınası yapılır ve bu faaliyetlerin listesi çıkarılır. Bu listede sıra önemli değildir, önemli olan tüm faaliyetlerin listede yer almasıdır.
- Listesi yapılan faaliyetler doğru sırada dizilir.
- Tüm faaliyetler listede yer aldıktan ve doğru bir şekilde sıralandıktan sonra, akış yönü ok işaretleri yardımı ile daha kuvvetli ifade edilir.
- Yapılan akış diyagramı, proses sürecinde yer alan işçiler, uzmanlar, tedarikçiler ve müşterilerle gözden geçirilir ve doğru çizilip çizilmediği ile ilgili fikirleri alınır.

Akış diyagramı oluşturulmasında dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Akış diyagramı çizimi için verilen kurallar kesinmiş gibi değerlendirilmemelidir. Sonuçta önemli olan prosesin iyi anlaşılmasıdır.
- Diyagramın çizilmesinde, proste yer alan her gruptan katılımcı olmalıdır.
- Akış diyagramı çizimi işini dışarıdan gelen bir teknik uzmana yaptırmak doğru değildir. Bu işi bu süreçlerde yer alan kişilerden biri yaparsa daha gerçekçi sonuçlara ulaşılabilecektir.

Akış diyagramlarında sıklıkla kullanılan lojik semboller aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 8.7 Akış Diyagramlarında Kullanılan Semboller

Sembol	Anlamı
	Proseste bir adımı ifade eder ve adım ismi sembolün içine yazılır. Çoğunlukla bir adet ok girişi ve çıkışı mevcuttur.
	Bir adım veya bir kararın akış yönünü gösterir.
	Bir soru ile ilgili verilmesi gereken kararı ifade eder. Soru şeklin içine yazılır. Birden fazla ok çıkışı olabilir.
	Gecikme veya beklemeyi ifade eder.
	Başka bir sayfa veya akış diyagramına bağlantıyı ifade eder. Diğer diyagramda da başlangıç bağlantısı anlamına gelir.
	Giriş veya çıkışı ifade eder.
	Belgeyi ifade eder.
	Alternatif olarak kullanılan semboldür.

### 8.2.2 Spagetti diyagramı

Bir spagetti diyagramı, bir proses boyunca bir öge veya faaliyetin izini, sürekli akış çizgileri ile takip eden görsel bir sunumdur. Sürekli akış çizgileri, proses takımının iş akışındaki fazlalıkları belirlemesini ve proses akışını hızlandırmalarını sağlar.

### 8.2.3 Poka - Yoke

Japoncada kısaca “hatalardan korunma” anlamına gelen Poka-Yoke yönteminde, otomatik bir cihaz veya yöntem yardımı ile hataların oluşmasını imkansız hale getirmek veya oluşur oluşmaz fark edilmelerini sağlamak esastır.

Poka - Yoke tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Özellikle işçilerin dikkat, yetenek veya tecrübesini gerektiren, insan kaynaklı hataların oluşma imkanı olan bir proses adımı yaratılmak istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Müşteri hatalarının, çıktıları etkileyebileceği hizmet işlerinde bu teknik kullanılabilir.
- Çıktıların veya hizmet sektörü için müşterilerin, diğer bir çalışana aktarılacağı ardışık proseslerde bu teknik kullanılabilir.
- Bir prosesin ilk adımlarında meydana gelen küçük hatalar, ileriki adımlarda büyük problemlere yol açtığında bu teknik kullanılabilir.
- Bir hata, sonuçları açısından çok pahalı veya çok tehlikeli olduğunda bu teknik kullanılabilir.

Poka - Yoke tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Proses için bir akış diyagramı hazırlanır. Her adım, insan hatalarının nerede ve ne zaman oluşacağı ile ilgili gözden geçirilir.
- Her olası hata için proses geriye doğru incelenerek kaynağı araştırılır.
- Her hata için, o hatanın oluşmasını imkânsız hale getirecek yöntemler araştırılır. Bu yöntemler hatayı yaratacak olası proses adımının iptal edilmesi, hataya sebebiyet vermeyecek başka bir adımla değiştirilmesi veya doğru hareketin hatalı hareketten daha kolay yapılması sağlanır.
- Eğer hatanın oluşması imkânsız hale getirilemiyorsa, söz konusu hatanın hemen fark edilmesi ve etkilerinin azaltılması üzerine yoğunlaşılır. Bu amaçla kontrol yöntemi, kurulum fonksiyonu veya standartlar gözden geçirilir.
- Her hata için en doğru hatadan korunma yöntemi veya cihazı seçilir. Seçilen cihaz veya yöntem önce test edilir sonra işletmeye alınır.

Üç adet kontrol yöntemi ile hızlı sonuç almak mümkündür:

- Başarılı bir kontrol, bir procesten hemen sonraki adımda, ardışık prosesin işçisi tarafından yapılabilir.
- Özdenetim, işçilerin kendi yaptıkları işi bitirdikten hemen sonra kontrol edilmesi ile yapılabilir.
- Kaynak denetim yöntemi ile proses başlamadan önce koşulların uygunluğu kontrol edilebilir. Çoğunlukla bu yöntem otomatik olarak gerçekleşir ve tüm koşullar sağlanana kadar prosesin başlamasını engeller.

Kurulum fonksiyonları bir proses parametresinin veya ürün niteliğinin olası hatalara karşı kontrol edilmesi için kullanılan yöntemlerdir.

- Kontak ya da fiziksel kontrol, bir durum ile ilgili fiziksel özellikleri (çap, sıcaklık, nem vb.) çoğunlukla bir sensor kullanarak kontrol eder.
- Hareket adımları veya sıralama yöntemi, bir prosesin adımlarının uygulanma sırasının doğruluğunu kontrol eder.
- Sabit değer veya gruplama ve hesaplama yöntemi, tekrarları veya parçaları sayar veya öğelerin bütünlüğünü kontrol eder.
- Bilgi donanımı, bazen dördüncü bir kurulum fonksiyonu olarak eklenir. Bu fonksiyon bilgilerin ne zaman ve nerede gerekli olursa ulaşılabilir olmasını sağlar.

Düzenleyici fonksiyonlar bir hatanın oluşumu ile ilgili işçileri alarm durumuna geçiren sinyallerdir.

- Uyarı fonksiyonları ziller, sirenler, ışıklar ve diğer sensörik sinyallerdir. Renk kodlaması, şekiller, semboller ve ayırt edici sesler de bu fonksiyon için yardımcı öğeler olarak düşünülebilir.
- Kontrol fonksiyonları şartların bütünlüğü sağlanana veya eğer çoktan hatalı bir durum oluşmuşsa, bu hata düzeltilene kadar prosesin başlamasını engelleyen fonksiyonlardır.

#### **8.2.4 Olası hata türleri ve etkileri analizi (FMEA)**

Olası hata türleri ve etkileri analiz tekniği tasarım, üretim ve montaj süreçlerinde, ürünlerde veya hizmetlerde ortaya çıkma ihtimali olan bütün hataları belirlemeye yarayan, adım adım

ilerleyen bir yaklaşımdır.

Bu yöntemle araştırılan hatalar, özellikle müşterileri etkileyebilecek, mevcut veya potansiyel sebeplerle oluşabilirler.

Etki analizleri ise söz konusu hataların neticelerinin araştırılması anlamına gelmektedir.

Hatalar neticelerinin ciddiyetine, ortaya çıkma sıklıklarına ve ne kadar kolay fark edilebileceklerine göre öncelik sırasına sahiptirler. Bu tekniğin amacı ise ortaya çıkabilecek olası hataları yok etmek veya en aza indirmektir.

Bu teknik ayrıca hata riskleri ile ilgili güncel bilgileri, sürekli iyileştirmede kullanılmak üzere belgelendirmektedir. Bu tekniğin uygulaması tasarım öncesi konsept geliştirme faaliyetlerinden başlayarak ürün yaşam çevrimi boyunca devam eder.

Bu teknik aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Kalite fonksiyon açılımı (QFD) müteakip bir süreç, ürün veya servis tasarlanırken veya geliştirilirken bu teknik kullanılabilir.
- Var olan bir proses, ürün veya servis farklı bir yol ile uygulanacağı zaman bu teknik kullanılabilir.
- Yeni değiştirilmiş bir proses için kontrol planları geliştirirken bu teknik kullanılabilir.
- Var olan bir proses, ürün veya servis için iyileştirme hedefleri planlanırken bu teknik kullanılabilir.
- Var olan bir proses, ürün veya servisin mevcut durumdaki sorunları analiz edilirken bu teknik kullanılabilir.
- Proses, ürün veya servisin yaşam çevrimi boyunca belirli periyotlarla bu teknik kullanılabilir.

FMEA tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Bu teknik için bir form hazırlanır ve bu formda tanımlayıcı bilgiler bulunmaktadır.
- Amaca ulaşılacak istenen fonksiyonel alan seçilmelidir. Bu fonksiyon anlaşılır bir biçimde isimlendirilir. Çoğunlukla daha iyi anlaşılması için farklı alt sistemlere, bölümlere, parçalara veya adımlara ayırmak tercih edilir.

- Seçilen her fonksiyon için her hata ve oluşabileceği her yol belirlenir. Bunlar olası hata etkileridir. Eğer gerekirse hata etkilerinin zararını daha detaylı tanımlayabilmek için seçilen fonksiyon ismi değiştirilip detaylandırılır.
- Her olası hatanın sistem, ilişkili sistemler, proses, ilişkili prosesler, ürün, hizmet, müşteri ve regülasyonlar üzerindeki sonuçları araştırılır.
- Olası her hatanın ciddiyeti belirlenir. Bu önem derecesi olarak adlandırılabilir. Önem derecesi 1-10 arası notlandırılır ve 1 neredeyse önemsiz durum niteliğine sahip iken 10 facia olarak değerlendirilebilir. Eğer olası hata birden fazla durumu etkiliyorsa tabloya önem derecesi en yüksek olan durum yazılır. (Bu “S” ile gösterilebilir.)
- Her olası hata için potansiyel kök nedenleri araştırılır. Bu araştırmada uygun olursa farklı iyileştirme ve istatistiksel proses kontrol tekniklerinden faydalanılabilir.
- Her sebep için meydana gelme derecesi araştırılır. Bu derece hatanın meydana gelme olasılığının derecesi olarak açıklanabilir. Bu derece de yine 1-10 arası notlandırılır ve 1 neredeyse imkansız niteliğine sahip iken 10 kaçınılmaz olarak değerlendirilebilir. (Bu “O” ile gösterilebilir.)
- Her sebep için güncel proses kontrol yöntemleri araştırılır. Bunlar hataların müşteriye ulaşmasına engel olmak için yapılan testler, prosedürler veya mekanizmalardır. Bu prosesler sebebin meydana gelmesini engelleyecek, meydana gelirse fark edilmesini sağlayacak veya müşterinin etkilenmesine engel olacak işlemleri kapsar.
- Her kontrol için fark edilme derecesi araştırılır. Bu kontroller gerek sebepleri gerekse hata etkilerini, hatalar oluştuğundan fakat müşteriye ulaşmadan önce belirleyebilirler. Bu derece de yine 1-10 arası notlandırılır ve 1 notu almış kontrol söz konusu sorunu kesin olarak belirleyebilirken 10 notu almış kontrol söz konusu sorunu hiç fark etmeyebilir ve hatta bir kontrol olmadığından söz edilebilir. (Bu “D” ile gösterilebilir.)
- Risk öncelik sırası “SXOXD” formülü yardımı ile hesaplanır. Ayrıca kritiklik ölçüsü “SXO” formülü ile hesaplanabilir. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler olası hatalar arasında derecelendirmeye yardımcı olur.
- Tavsiye edilen çözüm yöntemleri belirlenir. Bu yöntemler hataların etkisini veya oluşma sıklığını azaltmaya yönelik yapılan tasarım veya proses değişiklikleridir. Bunlara ek olarak hataların fark edilmesini iyileştirmek için yeni kontroller ve

yöntemler devreye alınabilir. Ayrıca çözüm yöntemleri üzerinde çalışacak kişiler atanır ve uygulamanın tamamlanması için bir süre öngörülür.

- Çözüm yöntemlerinin uygulanması bittikten sonra, elde edilen sonuçlar ve tamamlanma süresi not edilir. Bunun dışında risk öncelik sırası, ilgili formülle tekrar hesaplanır.

### 8.3 Sebepleri Analizi için Kullanılan Teknikler

#### 8.3.1 Balık kılıcı diyagramı

Aynı zamanda Ishikawa veya Sebep-Sonuç Diyagramı olarak da adlandırılabilen bu teknik, bir etki veya problemin olası çeşitli sebeplerinin araştırılmasında kullanılır. Bir beyin fırtınası seansının görsel olarak yapılandırılmasında kullanılabilir. Fikirleri çok hızlı bir şekilde sınıflandırmayı sağlar.

Balık kılıcı diyagramı teknik aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

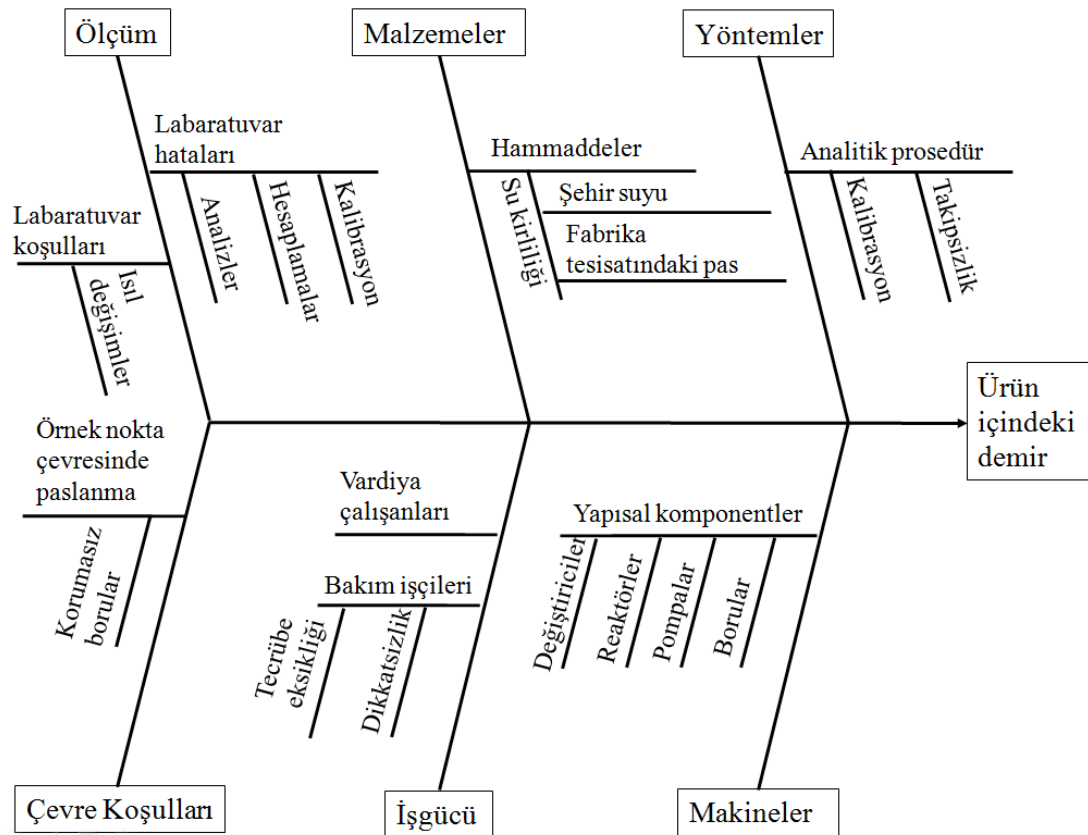
- Bir sorunun olası hatalarını belirlemek için bu teknik kullanılabilir.
- Özellikle bir takımın yaptığı düşünsel faaliyetleri ve hataları görsel olarak ifade etmek için bu teknik kullanılabilir.

Balık kılıcı tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle bir sorun tanımlanır ve bunun üzerinde hemfikir olunur. Bu sorun bir kartın veya yazı tahtasının sağ orta bölgesine yazılır. Bu sorun kelimesinin etrafına bir kutucuk çizilir ve sol yatay doğrultudan gelerek bu kutucuğa dokunan bir ok çizilir.
- Söz konusu probleme sebep olabilecek ana kategoriler belirlenir. Eğer bu zor ise şu başlıklardan faydalanılabilir:
  - Yöntemler
  - Makineler (Donanım)
  - Kişiler (İşgücü)
  - Malzemeler
  - Ölçüm

- Çevre koşulları
- Belirlenen bu kategoriler, önceden çizilmiş ok işaretinden dallar çıkartılarak bunların üzerine yazılır.
- Sorunu yaratabilecek tüm sebepler üzerine beyin fırtınası yapılır. Sorunun neden olduğu sorusuna cevap aranır. Seansı yöneten kişi belirtilen her fikri ilgili ana kategori dalından bir yan dal çizerek bunun üzerine yazar. Eğer belirtilen sebepler birden fazla kategoriye giriyorsa birden fazla kategori ana dalına yazılabilir.
- Sorunun neden olduğu sorusuna tekrar ve detaylı bir cevap aranır. Cevap olarak gelen sebepler, daha önceden çizilen yan dalların budakları çizilerek buralara yazılır. Bu detaylandırma işlemi herkesin fikirleri bitene kadar devam eder.
- Çalışma grubundan gelen fikir beyanları bittiğinde, son olarak az detaylandırılmış kategorilere yoğunlaşılır.

Aşağıda bir kalite geliştirme grubu tarafından, kronik demir kirlenmesinin kaynağını araştırmak için çizilen bir balık kılıçığı diyagramı görülmektedir.



Şekil 8.9 Balık Kılıçığı Diyagramı Örneği (Tague, 2004)

### 8.3.2 Serpilme diyagramı

Verilerin toplanması ve analiz edilmesi için kullanılan Serpilme Grafikleri aynı zamanda sebeplerin analiz edilmesi için de kullanılabilir.

Bu teknik ile ilgili detaylı bilgi “8.1.3 Serpilme Diyagramı” başlığı altında verilmiştir.

## 8.4 Fikir Oluşturma Amaçlı Kullanılan Teknikler

### 8.4.1 Kıyaslama (Benchmarking)

Kıyaslama tekniği bir kuruluşun, kendi faaliyet alanlarına en yakın iş uygulamalarına sahip diğer bir kuruluş ile kendi yapılarını karşılaştırmasıdır. Bu karşılaştırma süreci sonunda eksik ve atlanmış yönler varsa bunlar ortaya çıkar ve bu sayede sürekli gelişim için fikirler oluşmuş, gelişme yönleri seçilmiş olur.

Kıyaslama tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle kıyaslama sürecinin planlaması yapılmalıdır. Bu planlama sonucunda hangi konunun, hangi rakip kuruluşla, nasıl kıyaslanacağı belirlenir.
  - Kıyaslaması yapılacak konu nedir sorusuna cevap aranır. Bir kuruluş içerisindeki her bölüm veya fonksiyon kendine göre bir çıktı oluşturur. Kıyaslama tekniği her proses veya çıktı için uygun bir araçtır.
  - Kim veya ne ile kıyaslama yapılacağı sorusuna cevap aranır. Aynı faaliyet alanına sahip ana rakip kuruluşlar kıyaslama aracı için en iyi adaylardır. Fakat tek hedef olarak görülmeleri uygulama alanını daraltabilir.
  - Verilerin nasıl toplanacağı sorusuna cevap aranır. Verileri toplamanın birçok yolu vardır ve toplamak isteyebileceğiniz bazı veriler zaten yayınlanmış veya kamu ile paylaşılmış olabilir.
- Verilerin çözümlenmesi, kıyaslama tekniğinin önemli adımlarından bir diğeridir. Çözümleme adımı uygulayan kuruluş hem kendi hem de rakip kuruluşun uygulamakta olduğu güncel proses ve faaliyetleri iyi anlamalıdır. Bu adımda ayrıca aşağıda verilen sorulara doğru cevaplar aranmalıdır.
  - Rakip kuruluş daha iyi midir?
  - Rakip kuruluşun iyi olmasının sebepleri nelerdir?

- Rakip kuruluş ne derece üstündür?
- Rakip kuruluş, güncel olarak hangi faaliyetleri en iyi şekilde uygulamaktadır?
- Rakip kuruluşun uygulamaları, kıyaslama yapan kuruluşa en iyi şekilde nasıl adapte edilebilir?

Bu soruların cevapları araştırıldıkça performans eksikliği, olumsuz, eşit veya olumlu yönleri ortaya çıkarılacaktır. Belirlenen eksik veya olumsuz yönler bir kuruluş amaçları için temel teşkil etme şansına sahiptirler.

- Kıyaslama tekniğinde uygulanması gereken sıradaki adım entegrasyon adıdır. Entegrasyon, kıyaslama bulgularının değişim amaçlı işlemsel hedeflere dönüştürülmesidir. Proses süreçlerinde uygulanacak yeni yöntemlerin, mevcut organizasyona dâhil edilme sürecinin dikkatli bir şekilde planlamasını içerir. Bu adım ayrıca aşağıda verilen maddeleri de içermektedir:
  - Kıyaslama bulgularının operasyon ve yönetim fonksiyonları tarafından kabul görmesi sağlanmalıdır. Bulguların doğru ve kapsamlı verilere dayalı olduğu açıkça belirtilmeli ve ilgili bölümler ikna edilmelidir.
  - Eylem planları geliştirilmelidir.
  - Bulgular tüm organizasyonla paylaşılır ve onların desteği, bağlılığı ve sahiplenmesi kazanılmaya çalışılır.
- Kıyaslama tekniğinin bir sonraki adımı bulguların ve bunlara dayalı proses prensiplerinin eyleme dönüştürülmesi için çalışmaktır. Bunun için periyodik bir ölçüm ve başarı amacı belirlenmelidir. Bulguların prosese nasıl dâhil edileceğini belirlemek için, o proseste gerçekten çalışan kişilerin fikirlerinden yararlanılabilir.
- Değişim amaçlı her plan, aynı zamanda kıyaslama bulgularını güncelleme amaçlı zaman sınırları içermelidir. Bu sınırlar dâhilinde güncellenen bulgular, ilk elde edilen bulgular gibi tüm çalışanlarla paylaşılır.

#### **8.4.2 Beyin fırtınası (Brainstorming)**

Beyin fırtınası genel olarak, oldukça fazla sayıda fikrin kısa bir zaman dilimi içerisinde oluşturulması yöntemi olarak tanımlanabilir. Uygulayan takım veya kuruluş tarafından

formatı rahatlıkla değiştirilebilecek ve çeşitlendirilebilecek bu faydalı teknik, aslında basit temeller üzerine kuruludur.

Beyin fırtınası tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Geniş seçenekler dâhilinde fikirlerin oluşturulması istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Yaratıcı ve özgün fikirler elde edilmek istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Tüm çalışma grubu personelinin katılımının sağlanması istendiğinde bu teknik kullanılabilir.

Beyin fırtınası tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle yapılacak beyin fırtınası seansının kuralları tüm grup katılımcıları tarafından gözden geçirilmelidir. Aşağıda örnek kurallar verilmektedir:
  - En başta fikirlerle alakalı eleştiri, değerlendirme ve tartişma yapılamaz.
  - Hiçbir fikir kötü olarak ilan edilemez. Uçuk fikirler de dikkate alınmalıdır.
  - Oluşturulan tüm fikirler kaydedilmelidir.
  - Belirtilen fikirler sonradan birleştirilebilir, değiştirilebilir, geliştirilebilir veya genişletilebilir.
- Üzerinde çalışılacak başlık veya sorun gözden geçirilir. Çalışması yapılacak konu başlığının çoğunlukla “Ne, Neden, Nasıl” soruları ile desteklenmesi tavsiye edilir. Bu çalışma yapılırken, çalışma grubu içindeki tüm katılımcıların amacı tamamen anlağından emin olunmalıdır.
- Her sorudan sonra birkaç dakika sessizlik sağlanarak, her katılımcıya sağlıklı düşünebilmesi için bir imkân ve zaman tanınmış olur.
- Katılımcılar her türlü fikirlerini açıklamaya davet ve teşvik edilir. Ortaya atılan her fikir, mümkün olduğu kadar yaratıcısının söylemine yakın şekilde kaydedilir. Herhangi bir tartişma veya eleştirinin başlaması engellenir.
- Bu adımlar, artık yeni fikirler türetilmeye kadar başa dönerek tekrar etmelidir. Yeni fikirler türetilmediği anda seansı sonlandırmak mümkündür.

Beyin fırtınası seansı oluşturulmasında dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Yaratıcılık ve yargı aynı anda aynı yerde uyumlu olmayacak iki özelliktir. Bu yüzden eleştiri veya değerlendirme yapılmaması yönünde kurallar konulmaktadır.
- Gülme, homurdanma veya fisıldanma gibi ses ve mimikler de eleştiri olarak algılanabilir. Bunların devam etmesi katılımcıların fikir oluştursalar bile bunları belirtmelerini engelleyecektir. Bunun sonucunda daha az fikir türetilmiş olur ve yaratıcı fikirler gizlenebilir.
- Olumlu yorumlar da eleştiridir ve bunlardan da kaçınmak gerekir. Örneğin bir fikre yapılan aşırı övgü, hiç övgü görmemiş diğer fikirlerin kötü olduğu hissini yaratabilir.
- Fikirlerin sayısının fazla olması olumludur. Örneğin bir seans süresince türetilen fikirlerin onda biri faydalı olsun. Eğer toplam on fikir türetilmişse bir adet faydalı fikir, otuz fikir türetilmişse üç adet faydalı fikir olacaktır.
- Uçuk fikirler olumlu olarak kabul edilmelidir. Kişiler düşüncelerine sınır koymamalıdır. Uçuk fikirler çoğunlukla farklı bakış açılarını yansıtır ve genel geçer bir düşünce şeklinin farkına varamayacağı durumları ortaya koyarlar.
- Uçuk fikirler, başkalarının geliştirmesi veya kafalarında başka kıvılcımları oluşturması sayesinde, mükemmel ve ender çözümleri sağlayabilirler.
- Her katılımcının birbirinin fikri üzerinde değişim ve gelişim yapma hakkı bulunmalıdır.
- Katılımcı sayısının çok fazla olduğu beyin fırtınası seanslarında, seansı yöneten ve fikirleri kaydeden iki farklı kişi bulunmalıdır. Yönetici, katılımcılar ve kayıt tutan kişinin ahenkle çalışmasını sağlamalı, gerektiğinde tüm fikirlerin kayıt edilebilmesi için fikir akışının hızı kayıt tutan kişinin hızına göre ayarlamalıdır.
- Kayıt tutan kişi fikirleri farklı anlatımlarla kaydetmemelidir. Eğer bir fikir beyanı kafa karıştırıcı ise, kayıt tutan kişi fikrin yaratıcısından farklı bir ifade kullanmasını talep edebilir. Aynı kural uzun fikirler için de uygulanmalıdır. Kayıt tutan kişi kısaltma işlemini kendisi yapmamalı, bunu fikir yaratıcısından talep etmelidir. Değişik kaydedilen her fikir, yaratıcısı tarafından doğru kaydedildiği onayını almalıdır.
- Seans boyunca tüm fikir kayıtlarının görünürlüğü tesis edilmelidir. Eğer bir yazı

tahtası yerine kâğıt kullanılıyorsa ve yazılan sayfa bitmişse, yeni sayfaya geçildiğinde dahi dolu sayfa görünür bir yerde bırakılmalıdır.

### 8.4.3 İlişki diyagramı tekniği

İlişki diyagramı çok sayıdaki fikri, kendi doğal ilişkileri içerisinde düzenlemeye yardımcı olur. Bu yöntem bir takımın yaratıcılığını ve sezgisini destekler.

İlişki diyagramı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Çeşitli sayıda fikir ve etkenin oluşturduğu açık bir kargaşa durumu ile karşı karşıya kalındığında bu teknik kullanılabilir.
- Sorunlar, kavramak için çok büyük ve karmaşık görüldüğünde bu teknik kullanılabilir.
- Grup içerisinde fikir birliği gerekli olduğu zaman bu teknik kullanılabilir.

İlişki diyagramı tekniğinin uygulama zamanı için tipik durumlar aşağıda sıralanmıştır:

- Beyin fırtınası seanslarından sonra bu teknik kullanılabilir.
- Anket sonuçları gibi sözlü verilerin çözümlenmesinde bu teknik kullanılabilir.

İlişki diyagramı tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Beyin fırtınası seansı sırasında, türetilen fikirlerden oluşturulmuş listedeki her fikir ayrı kâğıtlara yazılarak, kâğıtlar bir masa veya platform üzerine rasgele serpilir. Burada her kâğıdın görünür olması önemlidir. Sonrasında tüm ekip, kâğıtların çevresinde toplanmalı ve sıradaki gerekli adımları gerçekleştirmelidir.
- Bu adım sırasında kimsenin konuşmaması önemlidir. Bir şekilde ilişkilymiş gibi görünen fikirler araştırılır ve bunların üzerinde yazılı olduğu kâğıtlar yan yana toplanır. Bu adım tüm kâğıtların gruplanması bitene kadar tekrar edilir. Gruplandırma sırasında iki farklı kişi, aynı fikri, iki farklı gruba dâhil etmek isteyebilir. Böyle bir durum oluşursa aynı fikir yeni bir kâğıdın üzerine daha yazılarak, iki farklı grupta kullanılır.
- Bu noktadan sonra konuşmak serbesttir. Artık katılımcılar grupların yapısını, şaşırtıcı durumları ve fikirlerin doğru grup içinde bulunup bulunmadığını tartışabilirler. Önceden yapılmış düzenlemelerde değişiklikler uygulanabilir. Eğer gruplandırma son

halini almışsa her grup için başlık belirlenir. Belirlenen bu başlık mümkünse farklı bir renk veya belirteçle yazılarak, grubun diğer kâğıtlarının en üstüne yerleştirilir.

- Eğer uygunsa ana gruplar belirlenerek, oluşturulmuş farklı gruplar bu ana grupların altına yerleştirilebilir.

İlişki diyagramı tekniğinde dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- İlişki diyagramı oluşturma süreci, bir grubu alışılmış düşünce ve önyargılı kategori oluşturma adetlerinin ötesine taşır. Bu teknik büyük bir bilgi akışını ve içimizde yer alan sezgileri harekete geçirmede faydalı olur.
- Fikirlerin yazılı olduğu kâğıtlar, bir kişi tarafından önceden sıralanmamalı, belirli başlıklar altında toplanmamalı veya kategorize edilmemelidir.
- Ekip tarafından ilişkilendirme işlemi süresince yeterli zaman tanınmalıdır.

#### **8.4.4 Nominal grup tekniği**

Nominal grup tekniği, herkesin katkılarını teşvik eden, grup şeklinde beyin fırtınası seansıdır.

Nominal grup tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Bazı katılımcıların diğerlerinden daha konuşkan olduğu durumlarda bu teknik kullanılabilir.
- Bazı katılımcılar sessiz ortamlarda daha rahat düşünebiliyorlarsa bu teknik kullanılabilir.
- Bazı katılımcıların, verimli çalışmadıkları konusunda bir sorun olduğunda bu teknik kullanılabilir.
- Söz konusu grubun kolayca fikirler türetmediği durumlarda bu teknik kullanılabilir.
- Grup içerisine yeni katılmış üyeler olduğunda bu teknik kullanılabilir.
- Konu tartışmalı ise veya ortada sıcak çatışma varsa bu teknik kullanılabilir.

Nominal grup tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Beyin fırtınası seansının amacı ilan edilir. Bu amaç herkesin tamamen anlayacağı şekilde açıklanır.

- Her katılımcı beş ile on dakikalık süre boyunca sessizce düşünür ve kendi önündeki kâğıda fikirlerini yazar.
- Her katılımcı, her turda bir fikrini dile getirir. Seansı yöneten kişi bu fikirleri kaydeder.
  - Tartışmalara izin verilmemelidir. Açıklık getirmek için sorulacak fazladan sorular bile olumsuz etki yaratabilir.
  - Verilecek fikirlerin mutlaka katılımcı tarafından hazırlanmış liste içinden seçilmesine gerek yoktur.
  - Katılımcılar kendi sıralarını atlama ve fikirlerini daha sonra beyan etme hakkına sahiptirler.
- Sonraki aşamalarda her fikir sırası ile tartışılır. Kelime ve terimler ancak fikrin yaratıcısının izni ile değiştirilebilir. Fikirler, oluşturulan listeden ancak oybirliği ile karar alınarak çıkartılabilir. Tartışmalar anlama açıklık getirme, mantığı ortaya koyma, çözümlenme, soru yöneltme veya cevaplama, anlaşma veya anlaşmama belirtebilir.
- Fikirlerin öncelik sıraları oylama veya listeden eleme yöntemleri ile belirlenir.

Nominal grup tekniğinde dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Tartışma tüm fikirlerle ilgili dengeli olarak yürütülmelidir. Seansı yöneten kişi, tartışmaların olumsuz bir yöne gitmesini engellemelidir. Tartışmanın esas amacı durumlara açıklık getirmektir.
- Tüm fikirler göz önünde tutulmalıdır. Bu konuda görsel öğelerin dikkatli kullanılmasına özen gösterilmelidir.

#### **8.4.5 Kalite fonksiyonları açılımı (QFD)**

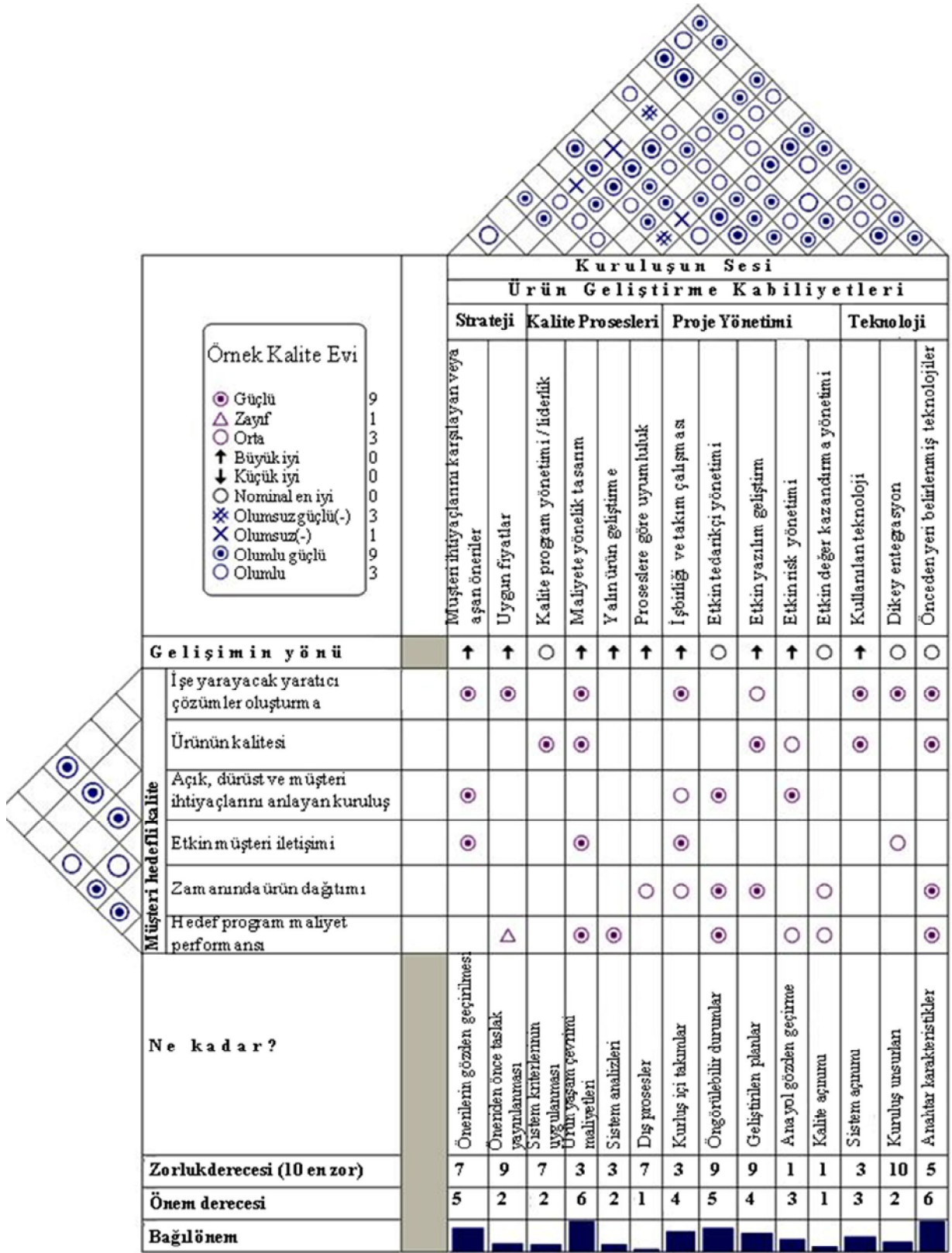
Kalite fonksiyonları açılımı, müşteri istek ve ihtiyaçlarını tasarım kalitesine dönüştürmek, kaliteyi oluşturan fonksiyonları yaymak ve bu açılımı daha da ileri götürerek tasarım kalitesine ulaşmak için gerekli yöntem, alt sistem ve bileşenleri ve de bunlara ulaşabilmek için üretim özelliklerini belirlemeye yarar.

Kalite fonksiyonları açılımı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Müşteri ihtiyaçları doğrultusunda ürün özelliklerinin belirlenmesinde bu teknik kullanılabilir.
- Pazarlama stratejileri ve rekabet şartlarının belirlenmesinde ve belgelenmesinde bu teknik kullanılabilir.
- Belirlenen ürün özelliklerine ulaşmayı sağlayacak üretim yöntemlerinin tayin edilmesinde bu teknik kullanılabilir.

Kalite fonksiyonları açınımi tekniği temelinde “Kalite Evi” oluşturulabilir. Kalite evi müşteri istekleri ve kuruluş veya ürün kabiliyetleri arasındaki ilişkileri göstermeye yarayan bir grafik aracıdır. Bu sayede müşteri istekleri ve ilgili kuruluşun o isteklere nasıl ulaşabileceğini gösteren bir matris meydana gelmiş olur. Söz konusu ev, ilişkilerin belirlendiği bir çatı altında müşteri istekleri ve ürün özellikleri temelindedir.

Aşağıda ilgili teknik kullanılarak oluşturulmuş bir grafik verilmektedir:



Şekil 8.10 Kalite Evi Örneği [8]

## 8.5 Proje Planlama ve Uygulama Amaçlı Kullanılan Teknikler

### 8.5.1 Gantt kartları tekniği

Kilometre taşı kartları, proje kartları veya faaliyet kartları gibi isimlerle de anılan bu teknik, bir proje sürecindeki faaliyetleri oluşma zamanı ve toplam süresi ile ifade etmeye yarayan görsel araçlardır. Projedeki faaliyetler tamamlandıkça çubuklar bu durumu belirtecek şekilde koyu renkle boyanırlar. Her faaliyet için atanan kişiler de yine temsil edilebilirler.

Gantt kartları tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Bir proje sürecindeki faaliyetleri planlamak veya takip etmek için bu teknik kullanılabilir.
- Bir projenin planları veya durumu hakkında iletişime yardımcı olması için bu teknik kullanılabilir.
- Bir proje veya prosesin adımları, sırası ve süreleri bilinmek istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Yapılacak faaliyetler bir öncekine bağlı değilse bu teknik kullanılabilir.

Gantt kartları tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle görevler belirlenmelidir.
  - Projenin tamamlanması için gerekli olan görevler belirlenir.
  - Beyin fırtınası seansı yapılarak proje için büyük öneme sahip kilometre taşları belirlenir. Bir akış diyagramı bu amaçla yardımcı olabilir.
  - Her görev için gereken en az süre belirlenir.
  - Görevlerin gerçekleştirilme sırası belirlenir. Hangi görev bir sonraki başlamadan önce bitirilmelidir? Hangi görev rasgele sırlarda gerçekleştirilebilir? Hangi görev kilometre taşlarından önce bitirilmelidir?
- Kartın oluşturulacağı sayfanın alt veya üst kısmına yatay olarak bir zaman eksenini çizilir. Çizilen bu eksen uygun zaman birimi yardımı ile bölünür.
- Kartın en sol tarafına projenin tamamlanması için gerekli olan her görev veya kilometre taşı sırası ile yazılır. Bir kere gerçekleşecek olaylar için, kart üzerinde uygun

zamanın altına, o olay için bir karo çizilir. Bir süre boyunca devam edecek olan faaliyetler için, kart üzerine yatay bir bar çizilir. Bu bar söz konusu faaliyetin başlaması gereken zamandan başlamalı ve bitmesi gereken zamanda bitmelidir. Hem karo hem de bar sadece çerçeve olarak çizilmeli, içleri boş bırakılmalıdır.

- Proje süresince yapılacak her faaliyetin kart üzerinde olup olmadığı kontrol edilir.
- Olaylar gerçekleştikçe veya faaliyetler tamamlandıkça, ilgili karo veya barların içleri doldurularak o görevin ne durumda olduğu gösterilir.
- Zaman ve görevlerin kesişimlerinin belirtilmesi için her zaman biriminden aşağıya doğru kesikli dikey çizgiler çizilir.

Gantt kartları oluşturulmasında dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Gantt kartları gerektiği takdirde görevlerde kullanılacak sarf malzemelerin temin süreleri, görevleri gerçekleştirebilecek kişilerin yetenek ve tecrübe gereksinimlerini gösteren kolonlar eklenebilir.
- Gözden geçirme veya kabullerin gerçek olaylar gibi belirtilmemesine dikkat edilmelidir.
- Gantt kartlarının oluşturulma sürecinde grup üyelerinin düşünceleri sağlanır ve görevlerin tamamlanabilmesi için ne gerektiğini tekrar görmelerini sağlar. Faaliyetler tamamlandıkça kartların güncellenmesi, durumun farkında olunmasını sağlar.
- Kart üzerindeki önemli noktalara koyu renk veya kontrast renklerle dikkat çekilmelidir.
- Gantt kartlarını hızlı bir şekilde oluşturabilecek bilgisayar yazılımların kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Aşağıda şekilde örnek bir Gantt kartı gösterilmektedir:

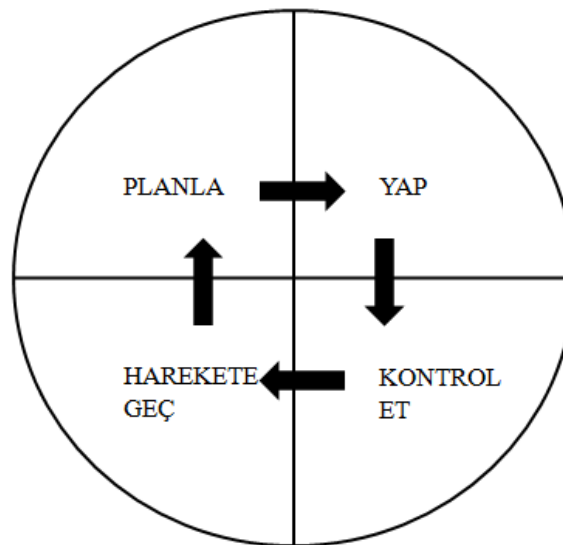
Milestones/ Aylar	Nisan				Mayıs				Haziran				Temmuz			
Günler	7	14	21	30	7	14	21	31	7	14	21	30	7	14	21	31
Proje Teklifi	12 Nisan															
Ara Ürün Planlaması																
Veri Modelleme																
Analiz					10 Mayıs											
Veri Tasarımı																
Kullanıcı arayüzü tasarımı																
Tasarım									31 Mayıs							
Gerçekleştirim													21 Haziran			
Test													28 Haziran			
Sunum													11 Temmuz			

Şekil 8.11 Gantt Kartları Örneği

### 8.5.2 Deming döngüsü tekniği (PUKÖ-PDSA)

Deming döngüsü olarak bilinen bu teknik İngilizce Plan (Planla), Do (Yap), Check (Kontrol et) ve Act (Harekete geç) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Fakat son yıllarda Check (Kontrol et) basamağı, bazı kaynaklar tarafından Study (Çalış) olarak değiştirilmiştir ve bu yüzden söz konusu kaynaklarda tekniği adı PDSA döngüsü olarak değiştirilmiştir. Dört aşamadan oluşan bu döngü, birçok kaynakta dört farklı bölümden oluşan sonsuz döngü imgesi ile temsil edilmektedir.

Aşağıda bu durumu temsil eden bir şekil verilmiştir:



Şekil 8.12 Deming Döngüsü

Deming döngüsü tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Bir sürekli iyileştirme modeli olarak bu teknik kullanılabilir.
- Yeni bir iyileştirme projesine başlanırken bu teknik kullanılabilir.
- Bir ürün, proses veya hizmet yeni geliştirilirken veya iyileştirilirken bu teknik kullanılabilir.
- Tekrar eden bir iş prosesi tanımlanırken bu teknik kullanılabilir.
- Problemleri veya sebepleri doğrulamak veya öncelik sırasına koymak için veri toplama ve çözümleme sırasında bu teknik kullanılabilir.
- Bir değişiklik devreye alınırken bu teknik kullanılabilir.

Deming döngüsü tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Planla aşamasında adından da anlaşılacağı gibi yeni bir tasarım, devreye alma veya iyileştirme işlemi veya süreci planlanır.
- Uygula aşamasında küçük ölçekte bir çalışma yapılarak, planlanan süreç için deneme uygulamaları yapılır.
- Kontrol et aşamasında yapılan deneme gözden geçirilir, sonuçlar çözümlenir ve öğrenilen bilgiler ilan edilir.
- Harekete geç aşamasında ise kontrol et aşamasında öğrenilen bilgiler doğrultusunda hareket edilir. Eğer değişikli iyi sonuç getirmemişse döngünün en başına dönülerek baştan başlanır. Bu sebeple ilk aşamada farklı bir plan yapılabilir. Eğer iyi sonuçlar elde edilmişse, kontrol et adımıdaki bilgiler daha detaylı çözümlenerek daha fazla iyileştirme için döngünün en başına dönülür.

Buradan da görüldüğü gibi bu teknik hem olumlu hem de olumsuz durumda sonsuz bir döngü olarak devam eder.

### **8.5.3 Altı Sigma**

Altı Sigma tekniği, kalite iyileştirme projelerinin planlanmasından başlayarak, tüm uygulama sürecinde kullanılan ve birden fazla kalite aracını içinde barındıran bir iyileştirme tekniğidir. Altı sigma tekniğinde müşteri ihtiyaçlarının kusursuza yakın karşılanması hedeflenmektedir. Bu yönü ile altı sigma iş başarısını sağlamak, sürdürmek ve en iyi duruma getirmek için

kullanılabilecek esnek ve kapsamlı bir sistemdir.

Altı Sigma tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- alışan herkese bir performans hedefi sağlamak için altı sigma tekniği kullanılabilir. Bir işletmedeki herkesin tek bir noktaya odaklanması ve aynı yönde faaliyet göstermesi, başarının en önemli şartlarından biridir.
- Müşteriye sunulan değeri artırmak için Altı Sigma tekniği kullanılabilir. Altı Sigma'nın özünde var olan müşteriye odaklanmanın anlamı, değerin müşteriler için ne anlama geldiğini öğrenmek ve bu değerin onlara karlı biçimde nasıl sunulacağını planlamaya yarar.
- rn veya süreç kalitesindeki iyileştirme hızını artırmak için Altı Sigma tekniği kullanılabilir. Altı sigma içinde kullanılan alt teknikler sayesinde, ürün ve süreç dışında organizasyon yapısında da iyileşmeler sağlanabilir.
- Sağlanan başarıyı kalıcı kılmak için Altı Sigma tekniği kullanılabilir. Tekrar eden döngüsü sayesinde, sürekli gelişmeyi sağlayan yetenek ve örgüt kültürü oluşacaktır.
- ğrenme ve bilgi alışverişini artırmak için Altı Sigma tekniği kullanılabilir.
- Stratejik değişimi kolaylaştırmak için Altı Sigma tekniği kullanılabilir.

Bu tekniğin uygulanmasında kullanılacak yöntem adımları ve bu adımlarda kullanılabilecek alt kalite teknikleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir:

Çizelge 8.8 Altı Sigma Adımları ve Kalite Teknikleri

Yöntem Adımı	Kullanılabilecek Teknikler	Ulaşılabilecek Sonuçlar
Tanımlama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beyin fırtınası</li> <li>• Balık kılçığı diyagramı</li> <li>• Anket</li> <li>• Akış diyagramı</li> <li>• FMEA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi</li> <li>• Proje ekibinin oluşturulması</li> <li>• Proje çizelgesinin oluşturulması</li> </ul>
Ölçme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matris diyagramı</li> <li>• FMEA</li> <li>• İlişki diyagramı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yeteneklerin tayin edilmesi</li> <li>• Ölçüm sisteminde eksikliklerin belirlenmesi</li> </ul>
Analiz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pareto analizi</li> <li>• Serpilme diyagramı</li> <li>• Kalite fonksiyonları açılımı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorunlar ve kök nedenlerinin belirlenmesi</li> <li>• İyileştirmede öncelikli hedeflerin belirlenmesi</li> </ul>
İyileştirme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deney tasarımı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yeni süreçlerin tasarlanması</li> </ul>
Kontrol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İstatistiksel süreç kontrolü</li> <li>• Toplam verimli bakım tekniği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrol grafiklerinin elde edilmesi</li> <li>• Yapılan iyileştirmeyi koruyacak önlemler</li> <li>• Yeni iyileştirme alanlarının tayini</li> </ul>

#### 8.5.4 Kaizen

Japoncadan doğrudan alınarak kullanılan Kaizen, kelime anlamı olarak “İyileştirme” karşılığı ile çevrilebilir. Kaizen, imalattan pazarlamaya tüm süreçlerin sürekli iyileştirilmesine yönelik bir felsefe ve aynı zamanda planlama tekniği olarak uygulanan bir yaklaşımdır.

Kaizen tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Hurdaların azaltılması veya etkinliğin artırılması için bu teknik kullanılabilir.
- İçinde barındırdığı 5S formülünde tanımlanan beş adet niteliğe ulaşmak için bu teknik kullanılabilir. 5S formülü içinde yer alan nitelikler aşağıda sıralanmıştır:
  - Seiri: Çalışma ortamının düzenli olması
  - Seiton: Çalışma şeklinin düzenli olması
  - Seiso: Çalışma ortamının temiz olması
  - Seiketsu: Çalışma ve ürünlerde standardizasyonun sağlanması
  - Shitsuke: Disiplinin sağlanması

Dünyada Kaizen felsefesi ve tekniğini en iyi uygulamış kuruluşlardan birisi Toyota firmasıdır.

Toyota firmasının uygulamaları temel alınacak olursa bu tekniğin uygulanmasında kullanılacak yöntem adımları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Seçilen bir operasyon standartlaştırılır.
- Standardize edilmiş operasyon gözlemlenir ve ölçülerek çevrim zamanı, gerekli donanımlar veya çalışan yetenekleri gibi parametreler belirlenir.
- Ölçüm sonuçları kalite gereksinimleri ile kıyaslanır.
- Gereksinimlerin karşılanması ve verimliliğin artırılması için yaratıcı çözümler aranır.
- Bulunan çözümler doğrultusunda geliştirilen operasyonlar da standardize edilir.
- Döngüde en başa gelinerek devam edilir.

## **8.6 Potansiyel Problemlerin Oluşmasını Önlemek için Kullanılan Teknikler**

### **8.6.1 Toplam verimli bakım tekniği (TPM)**

Toplam verimli bakım sistemi tekniği, adından da anlaşılacağı gibi genel olarak bakım uygulamalarını içeren ve büyük ölçüde üretim, mühendislik ve bakım fonksiyonlarında çalışan kişileri ilgilendiren bir sistemdir.

Bu sistem içerisinde planlı ve acil bakım faaliyetleri, bakım kolaylaştırma, bakım azaltma ve operatör hatalarını azaltmaya yönelik faaliyetler yapılabilir. Bu sistemde makine ve donanım etkinliğinin, ürün kalitesi ve süreç performansı değerlerini artırması yönünde çalışmalar yürütülmektedir.

Toplam verimli bakım tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Makine, donanım ve binalara yapılan yatırımın korunması istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Duruşları en aza indirgeyip üretkenliği artırmak için bu teknik kullanılabilir.
- Makine ve donanımın kullanma performansını artırmak ve buna paralel olarak ürün kalitesi iyileştirilmek istendiğinde bu teknik kullanılabilir.

Toplam verimli bakım tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Bakım bölümü planlı bakım faaliyetlerini yürütmelidir.

- Üretim bölümü kullanıcı veya operatör bakımı faaliyetlerini yürütmelidir.
- Mühendislik bölümü, önleyici mühendislik faaliyetlerini planlamalıdır.
- Tasarım bölümü, tasarımı yapılan ürünlerde imalatın kolaylığını göz ardı etmemelidir.
- Gerekli teknik eğitim ve danışmanlık desteği temin edilmelidir.

### 8.6.2 Tam zamanında üretim tekniği (JIT)

Bu teknik üretimi, ürün kalitesini ve verimliliği artırmaya yönelik bir gelişim stratejisi ve envanter uygulamasıdır.

Bu tekniğin temel prensibi hassas bir lojistik planlama süreci sonunda, stok maliyetlerini azaltmak, siparişe göre üretim yapmak gibi amaçları içermektedir. Tedarik zinciri planlaması üretilecek ürün için gerekli ve yeterli malzemeleri temin etmesi sayesinde, ürün içinde gereksiz veya yanlış komponentlerin kullanımını engelleyerek kalitenin dolaylı artışını da sağlamış olur.

### 8.6.3 Yalın üretim tekniği

Yalın üretim tekniği, üretime fazladan yük getiren tüm israflardan arınmayı hedef alır. Yalın üretim, tüm üretim süreci içindeki operasyonlar, iş gücü ve diğer girdilerin maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlar.

Yalın üretimin bir ileriki aşaması “Yalın” felsefesi ile adlandırılmıştır. Henry Ford bu felsefeyi bir cümlede açıklamıştır : “Kuruluşumuza gereksiz olan hiçbir şeyi yerleştirmeyeceğiz.” [9]

Yalın felsefesi, yalın üretim felsefesinin temelini üretim dışındaki tüm süreçlere uygulamayı öngörür. Bu felsefe doğrultusunda en yalın fabrika bile, yalın olmayan tedarikçilerle çalışıyorsa tüm potansiyeline erişemeyecektir.

Yalın felsefesini engelleyen ve kuruluş için gereksiz olan değerler aşağıda sıralanmaktadır:

- Fazla üretim
- Bekleme veya gecikmelerle harcanan zamanlar
- Kargo ve taşıma zamanları
- Değer katmayan prosesler

- Gereksiz yatırımlar
- Hurda, yeniden işleme ve denetim kaynaklı kalite maliyetleri

### **8.7 Kalitenin 7 Aracı**

Kalite konusu ile ilgili kaynaklarda “Kalitenin 7 Temel Aracı”, “Kalitenin Eski 7 Aracı”, “Kalitenin İlk 7 Aracı” vb. isimleri ile de adlandırılabilen bu sınıflandırmada daha önceki maddeler içerisinde anlatılmış yedi teknik kapsamaktadır.

İlk başlarda kalite çemberlerinin yaratıcısı olarak bilinen Tokyo Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Karou Ishikawa tarafından uygulanarak yaygınlaşmıştır. Bu sınıflandırmaya giren kalite teknikleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Çetele tablosu
- Kontrol kartları
- Serpilme diyagramı
- Histogram
- Balık kılıcı diyagramı
- Pareto analizi
- Akış diyagramı

### **8.8 Yönetim ve Planlama İçin Kullanılan 7 Yeni Teknik**

1976 yılında Japon Bilim Adamları ve Mühendisleri (JUSE) birliği, ana projelerin planlanması, iş yeri iletişiminin güçlendirilmesi ve yaratıcılığın cesaretlendirilmesi için yeni araçların gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Bu amaçla kurulan bir ekip kalitenin iyileştirilmesi için kullanılacak teknikler araştırmış ve bunun sonucunda yedi yeni teknik doğmuştur. Bu tekniklerin hepsi yeni olmamakla birlikte bunların birlikte kullanılması yenilik olarak algılanmalarını sağlamıştır.

Yeni geliştirilen veya bir arada kullanılmaya başlanan teknikler sırası ile açıklanmaktadır.

### 8.8.1 İlişki diyagramı tekniği

Bu teknik pek çok sayıda farklı fikri, doğal ilişkilerine göre organize etmektedir. Aşağıdaki şekilde bu teknik kullanılarak oluşturulmuş bir grafik verilmektedir.



Şekil 8.13 İlişki Diyagramı Örneği (Stein, 1997)

Bu teknik ile ilgili detaylı bilgi “8.4.3 İlişki Diyagramı Tekniği” başlığı altında verilmiştir.

### 8.8.2 Ağ diyagramı tekniği

Ağ diyagramı tekniği sebep sonuç ilişkilerini gösteren ve ağa benzeyen bir grafik oluşturulan, görsel sunum tekniğidir. Ağ diyagramı tekniğini kullanmanın önemli diğer bir yanı da, ağ diyagramı oluşturma sürecinin, bir ekibin karmaşık bir durumun farklı cepheleri arasındaki doğal bağlantıları çözümlemesine yardım etmesidir.

Ağ diyagramı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

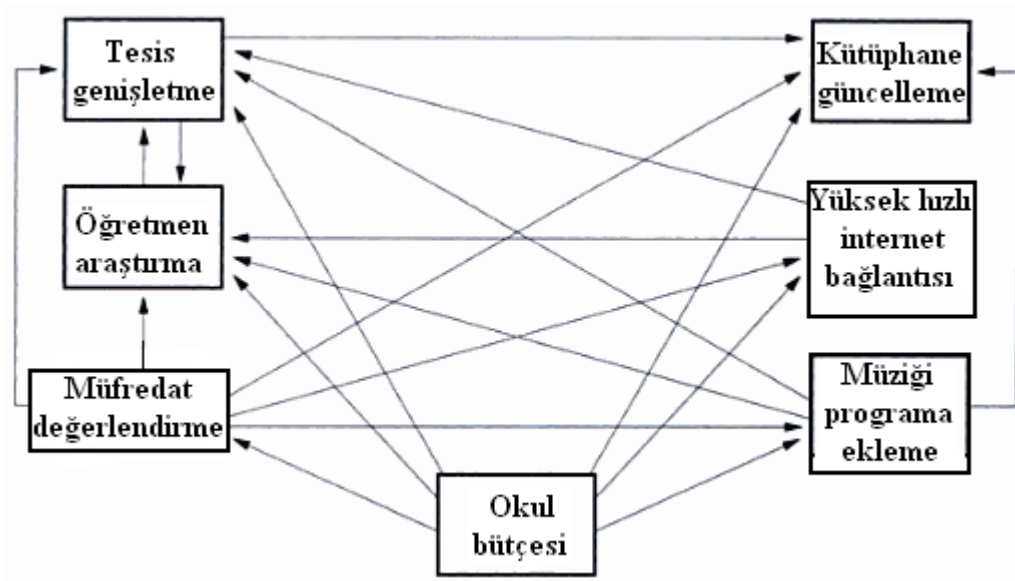
- Fikirler veya sebep-sonuç ilişkileri arasındaki bağlantıları anlamak için bu teknik kullanılabilir. Buna örnek olarak iyileştirme için çok etkili bir alanın tayin edilmesi verilebilir.
- Karmaşık bir durum, sebepleri açısından analiz edilmeye çalışılırken bu teknik kullanılabilir.
- Karmaşık bir çözüm uygulanmaktayken bu teknik kullanılabilir.
- Bir İlişki Diyagramı veya Balık Kılıçığı Diyagramı oluşturulduktan sonra gereken

detaylar görülememişse bu teknik kullanılabilir.

Ağ diyagramı tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Ağ diyagramı vasıtası ile çözümlenmek istenen sorun belirlenir ve yazılır. Bu küçük bir not kâğıdı veya yapışkan kâğıdın üzerine yazılır ve çalışma alanının en yukarisına yapıştırılır.
- Konu hakkında beyin fırtınası yapılır ve türetilen fikirler küçük kâğıtlara yazılır.
- Çalışma düzlemi üzerine her anda bir fikir yazılı kâğıt konulur ve “Bu fikir diğerleri ile ilişkili mi?” sorusu sorulur. İlişkili olduğuna karar verilen fikirlerin yazılı olduğu kâğıtlar bu ilk kâğıda yakın konulur ve tüm kâğıtlar konulduktan sonra aralarına ok işaretleri çizilmesi için yeterli boşluklar bırakılır.
- Yerleştirilen her fikrin etkilediği diğer fikirler araştırılır ve onlara doğru ok işaretleri çizilir. Bu süreç bittiğinde ağ diyagramının oluşturulması bitmiş olur.
- Diyagramın analiz edilmesi için aşağıdaki adımlar uygulanır:
  - Her fikre giren ve o fikirden çıkan ok işaretleri sayılır. Elde edilen sayılar yazılır. En fazla ok işareti olanlar anahtar fikirlerdir.
  - En çok çıkan ok işareti olan fikirler belirlenir. Bunlar kök nedenleri oluşturmaktadırlar.
  - En fazla giren ok işareti olan fikirleri belirlenir. Bunlar oluşan final etkilerdir ve incelenmeleri açısından kritik önem taşırlar.

Aşağıdaki şekilde bir ağ diyagramı örneği verilmektedir.



Şekil 8.14 Ağ Diyagramı Örneği (Bauer vd, 2006)

### 8.8.3 Ağ diyagramı tekniği

Hiyerarşi diyagramı, sistematik diyagram veya ağaç analizi olarak da kaynaklarda yer alan ağaç diyagramı tekniği, bir öge ile başlar ve sonrasında o öge iki veya daha fazla bileşene ayrılır ve böylelikle yeni öğeler elde edilmiş olur. Yeni öğeler de kendi içlerinde bileşene ayrılır ve diyagramın oluşumu bu yöntem üzerinden devam eder.

Bir ağaç diyagramı sebep-sonuç diyagramına benzer olarak istenen etkiyi buna yol açan aktörlere bağlı olarak resmedebilir (Ryan, 2000).

Ana kategorileri ince veya çok ince detaylarına bölmek için kullanılır. Bu diyagramın hazırlanma sürecinde genel durumlardan belirleyici özelliklere adım adım bir değerlendirme yapılmış olur.

Ağaç diyagramı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

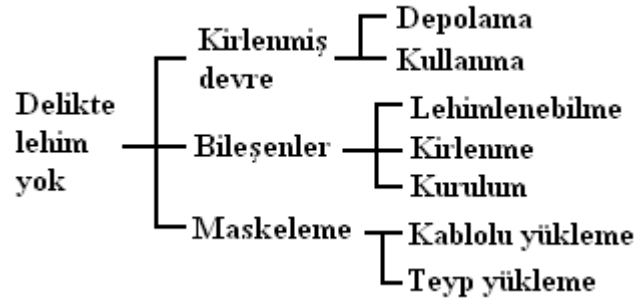
- Genel hatları ile bilinen bir konunun belirleyici ayrıntılarına ulaşılacak istendiğinde bu teknik kullanılabilir.
- Bir çözüm veya plana yönelik uygulamalar geliştirilirken bu teknik kullanılabilir.
- Prosesler detaylı olarak inceleneceği zaman bu teknik kullanılabilir.
- Bir sorunun kök nedenlerine inilmek istendiğinde bu teknik kullanılabilir.

- Uygulama sorunlarına ait potansiyel çözüm yöntemleri değerlendirilirken bu teknik kullanılabilir.
- Bir ilişki diyagramı veya ağ diyagramı ile anahtar konular belirlendikten sonra bu teknik kullanılarak detaylar elde edilebilir.
- Belirgin detayların nelere ait olduğu konusunda başkaları ile iletişim kurmak için bu teknik kullanılabilir.

Ağaç diyagramı tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle üzerinde çalışılacak amaç, proje veya plan ilan edilmelidir. Bu ilanda açıklanan konu başlığı çalışmanın kaydedileceği dokümanın en tepesine yazılır.
- Ana başlığı bir sonraki aşamanın detaylarına götürecek bir soru yöneltilir. Örnek soru şekilleri aşağıda verilmektedir:
  - Örneğin bir hedef veya proje için; “Bu görevi tamamlamak için neler yapılmalı?” sorusu sorulabilir.
  - Kök nedenleri analiz etmek için; “Buna ne sebep oluyor?” veya “ Bu nasıl meydana gelir?” soruları sorulabilir.
  - Bir sistemi analiz etmek için; “Temel bileşenler nelerdir?” sorusu yöneltilir.
- Verilen örnek soruları cevaplandırmak için beyin fırtınası seansları yapılır.
- Sıradaki adımda gereklilik ve yeterlilik kontrol edilir. Seçilen seviyedeki tüm öğelerin bir önceki seviyedeki öğeler için gerekli olup olmadığı sorusuna cevap aranır. Ayrıca seçilen seviyedeki öğelerin hepsinin uygun olması bir önceki seviyeyi oluşturmak için yeterli midir, araştırılır.
- Bu aşamadan sonra ilan edilen her yeni fikir konu başlığı olarak seçilebilir. Bu seviyede elde edilen fikirler de bir sonraki seviye için gerekli başlıkları oluşturur ve bu döngü aynı şekilde devam eder.
- Ulaşılan her seviyedeki her öğe veya fikir için gereklilik ve yeterlilik kontrolü yapılması unutulmamalıdır.

Aşağıdaki şekilde bir ağaç diyagramı örneği verilmektedir.



Şekil 8.15 Ağaç Diyagramı Örneği (Pyzdek, 1991)

#### 8.8.4 Matris diyagramı tekniği

Matris diyagramları iki, üç veya dört çeşit bilgi grubu arasındaki ilişkileri göstermeye yarar. Ayrıca mevcut bilgileri verilen öğelerin nicelikleri de, birimlerini belirtmek vasıtası ile diyagramda yer alabilir.

Altı farklı çeşitte matris diyagramı mevcuttur.

- L Şekilli Matris: İki öğe grubu arasındaki ilişkileri sergiler.
- T Şekilli Matris: Üç öğe grubu arasındaki ilişkileri sergiler.
- Y Şekilli Matris: Üç öğe grubu arasındaki ilişkileri sergiler.
- C Şekilli Matris: Üç öğe grubu arasındaki ilişkileri sergiler.
- X Şekilli Matris: Dört öğe grubu arasındaki ilişkileri sergiler.
- Çatı Şekilli Matris: Bir öğe grubunun kendi içindeki ilişkileri sergiler.

Aşağıda matris çeşitleri ile ilgili bir çizelge verilmektedir.

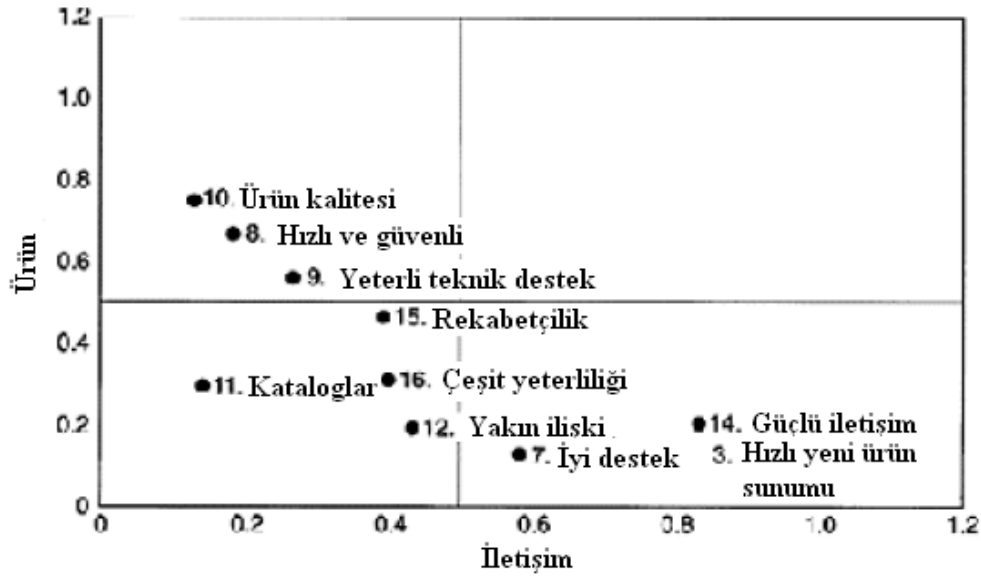
Çizelge 8.9 Matris Çeşitleri

L Şekilli	2 Grup	$A \Leftrightarrow B$ (veya $A \Leftrightarrow A$ )
T Şekilli	3 Grup	$B \Leftrightarrow A \Leftrightarrow C$ fakat $B \Leftrightarrow C$ değil
Y Şekilli	3 Grup	$A \Leftrightarrow B \Leftrightarrow C \Leftrightarrow A$
C Şekilli	3 Grup	Tüm öğeler birbiri ile rasgele ilişkilidir.
X Şekilli	4 Grup	$A \Leftrightarrow B \Leftrightarrow C \Leftrightarrow D \Leftrightarrow A$ fakat $A \Leftrightarrow C$ veya $B \Leftrightarrow D$ değil
Çatı Şekilli	1 Grup	$A \Leftrightarrow A$

### 8.8.5 Matris veri analizi tekniği

Matris veri analizleri, matrislerin çözümlenmesinde kullanılan karmaşık bir matematiksel tekniktir. Çoğunlukla matris diyagramı tekniği içinde kullanılan L Şekilli Matris çeşidinin öncelik sırasına dizilmesi ve çözülmesi ile elde edilir.

Aşağıdaki şekilde bu teknikte oluşturulmuş örnek bir çizelge verilmektedir. Şekil müşteri memnuniyetinin iki farklı parametreye (ürün ve iletişim) bağlı değişimini gösteren bir matristir.



Şekil 8.16 Matris Veri Analizi Örneği (Dahlgaard vd, 1998)

### 8.8.6 Ok diyagramı tekniği

Bir ok diyagramı, bir proses veya proje içerisindeki görevleri, söz konusu proje için en uygun takvimi, potansiyel takvim ve kaynak problemlerini ve bu problemlerin çözüm yollarını gösterir.

Ok diyagramı proje için kritik yolu belirlemeye yardımcı olur. Bu kritik yol, ertelemelerin tüm projeyi geciktireceği veya kaynak katkılarının tüm projeyi hızlandıracağı bir yoldur.

Ok diyagramı tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

- Karmaşık bir proje veya proses içerisindeki görevler ile bunlara bağlantılı alt görev ve durumlar için bir takvim hazırlama amaçlı bu teknik kullanılabilir.
- Proje veya prosesin adımları, bu adımların gerektirdiği süreler ve oluşum sıraları bilindiğinde ve düzenlenmek istendiğinde bu teknik kullanılabilir.

- Proje takvimi acil olduğunda ve hem projeyi geciktirecek hem de projeyi hızlandıracak durumlar ihtimal dâhilinde olduğunda bu teknik kullanılabilir.

Ok diyagramı tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle proje veya proses için gerekli olan tüm görevler listelenir. Uygun yöntemlerden bir tanesi her görevi bir kart veya not kâğıdının üst yarısına yazmaktır. Yazılı bu kâğıdın orta kısmından sağa doğru yatay olarak uzanan bir ok işareti çizilir.
- Görevlerin doğru sırası aşağıda verilen üç soruya cevap aranarak belirlenir.
  - Seçilen görev başlamadan hangi görevlerin tamamlanmış olması gereklidir?
  - Hangi iki görev aynı anda yapılabilir?
  - Hangi olaylar seçilen görev tamamlanır tamamlanmaz gerçekleşmek zorundadır?
- Görev ağlarını gösteren bir diyagram çizilir ve bunun için yazılı kağıtlar başka büyük bir kağıt üzerinde zaman sırasına göre düzenlenebilir. Zaman soldan sağa doğru akmalı ve aynı anda gerçekleşen görevler düşey olarak hizalı olmalıdır. Kâğıtlar arasında biraz boşluk bırakılmalıdır.
- Her iki görev arasına olayları belirtmek için daireler çizilir. Bu sayede her daire bir görevin başlangıç ve bitişini de belirtmiş olur. Olaylar görevleri ayıran zaman noktaları şeklinde düşünmek anlamayı kolaylaştıracaktır.
- Üç ortak hata durumu araştırılır ve bunlar görsel olarak ifade edilir. Bu görsel ifadelerde gerçek görevleri belirtmeyen ok işaretleri kullanılır ve bu oklar kesikli çizgilerle ayırt edilir.
- Diyagram tamamlanmadan önce tüm olaylar, dairelerin içine sıra numaraları yazılarak etiketlenir.
- Söz konusu her görev için tahmini tamamlanma süreleri belirlenir. Tutarlılık açısından her görev süresi için saat, gün veya hafta gibi ölçü birimleri kullanılır. Her görevin ok işareti üzerine tahmini tamamlanma zamanı yazılır.

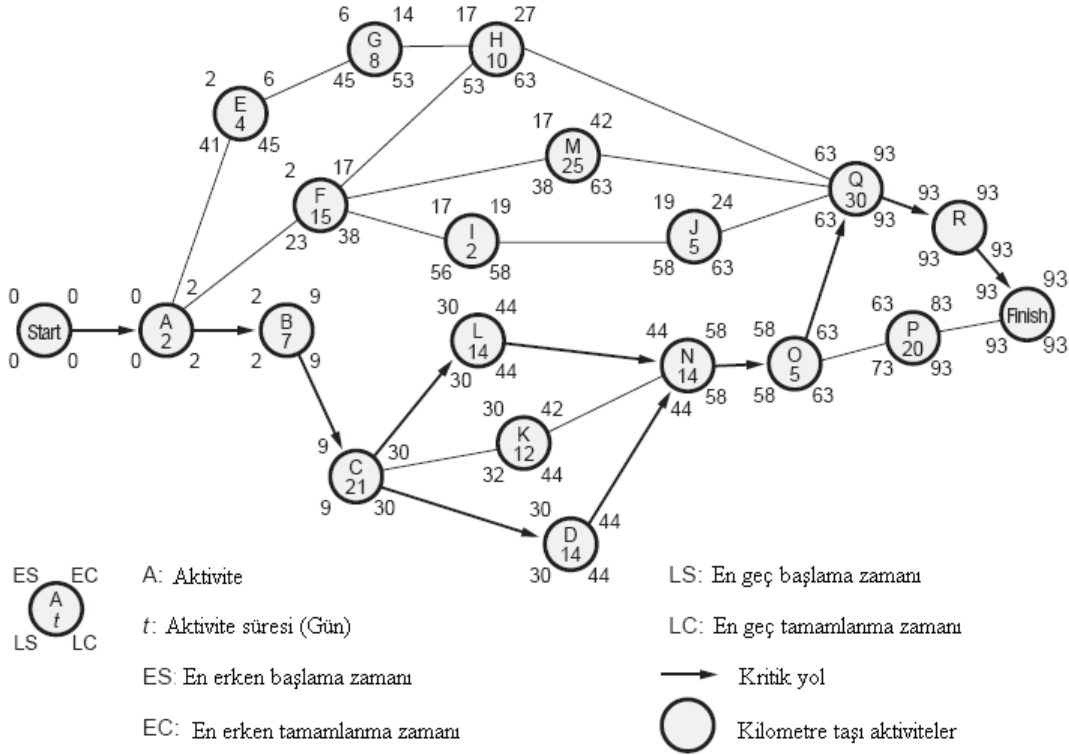
- Projenin başlangıcından bitimine kadar toplam en uzun süreyi veren kritik yol belirlenir. Bu yol daha koyu veya farklı bir renkle belirtilir. Bu kritik yolun kesin süresi detaylı olarak hesaplanmalıdır.
- Her görev için başlama ve bitirme arasında mümkün olan en kısa süreler belirlenir.
- Tek başına görevler için belirlenen kısa yollar sonuca doğru birleştirilerek yöneltilmeye çalışılır ve bu esnada kritik yol ile kesişme olmamasına dikkat edilir.

Aşağıda Ok diyagramı oluşturulmasında kullanılacak değerleri içeren bir çizelge verilmektedir.

Çizelge 8.10 Hat Destek Aktivite ve Önlemleri (Borror vd, 2008)

Aktivite Tanımı	Aktivite Sembölü	Aktivite Süresi (Gün)
Etkilenen bölgelerde değişiklik/ plan açıklanması	A	2
Rafta/ kutuda saklanabilir nesnelerin belirlenmesi	B	7
Raf/ kutu/ depo imkânlarının tasarlanması	C	21
Raf/ kutuların yapılması/ denenmesi	D	14
Etkilenen tedarikçilerin belirlenmesi/ bilgilendirilmesi	E	4
Tedarikçi eğitim/ sertifikalandırma malzemelerinin hazırlanması	F	15
Tedarikçilerle işbirliğinin sağlanması	G	8
Tedarikçilerin eğitilmesi/ sertifikalandırılması	H	10
Çalışan ihtiyaçlarının belirlenmesi	I	2
Çalışanların eğitilmesi	J	5
Yerleştirme imkânlarının geliştirilmesi	K	12
Giriş/ çıkış işlemlerinin geliştirilmesi	L	14
Tedarikçi çizelgelerinin geliştirilmesi	M	25
Raf/ kutu envanterinin çıkartılması	N	14
Raf/ kutuların hatlara yerleştirilmesi	O	5
Eski depo alanından hurdaların temizlenmesi	P	20
Düşük ölçekte işlem/ ayar yapılması	Q	30
Tam ölçekte işlem	R	-

Aşağıda mevcut parametreler doğrultusunda çizilmiş bir ok diyagramını gösteren örnek şekil verilmektedir.



Şekil 8.17 Ok Diyagramı Örneği (Borror vd, 2008)

### 8.8.7 Proses karar program tablosu tekniği (PDPC)

Bir proses karar program tablosu, istenmeyen olaylar ve bunlara karşı alınan eylem planlarının listesidir (Ryan, 2000).

Bu teknik, geliştirilmekte olan bir plan sürecinde neyin yanlış gidebileceğini sistematik olarak belirtir. Problemleri önlemek veya ötelemek için karşı önlemler geliştirilir. Bu teknik sayesinde problemleri önlemek veya bir problemle karşılaşıldığında en iyi tepkiyi vermeye hazır olmak mümkündür.

Proses karar program tablosu tekniği aşağıda sıralanmış durumlardan herhangi biri için kullanılabilir:

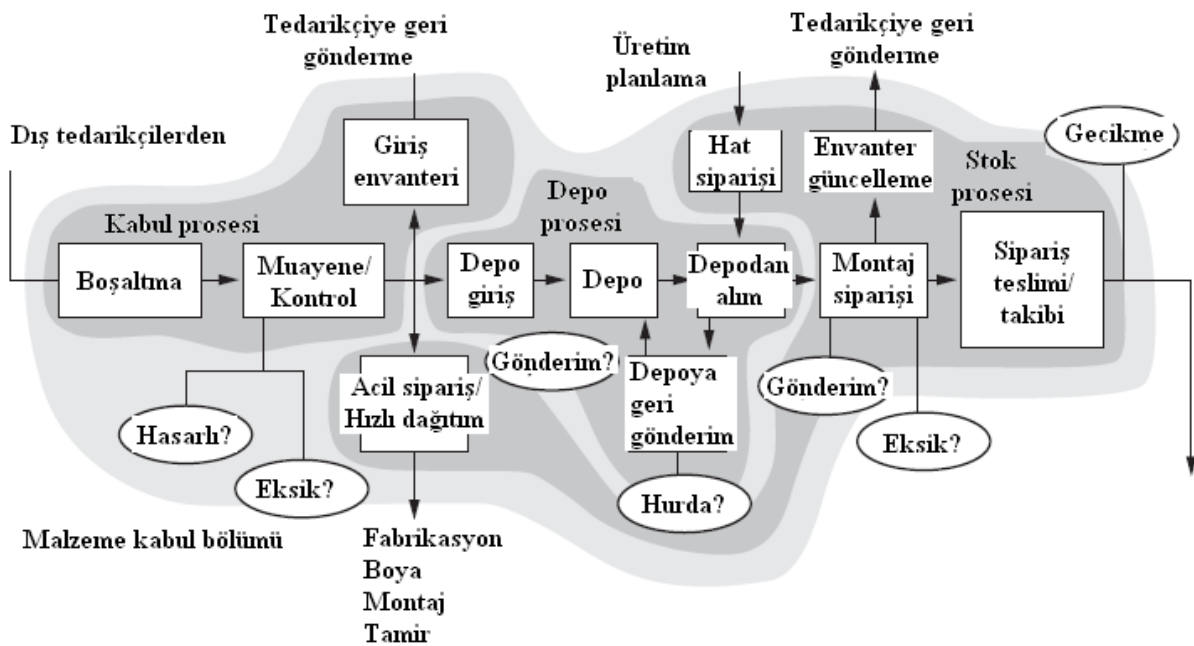
- Bir plan, özellikle geniş ve karmaşıksa, uygulamaya konmadan önce bu teknik uygulanabilir.
- Bir plan, takvimine uygun olarak ilerletilmek isteniyorsa bu teknik kullanılabilir.

- Hata maliyetleri çok yüksek olduğunda bu teknik kullanılabilir.

Proses karar program tablosu tekniğinde kullanılacak yöntem adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Öncelikle teklif edilen bir plan için bir ağaç diyagramı çizilmesi veya geliştirilmesi gereklidir. Bu diyagramda üst seviye olarak amaçlar gösterilmeli, ikinci seviye olarak ana faaliyetler ve üçüncü seviye olarak ana faaliyetleri tamamlamak için gerekli yardımcı detaylar gösterilmelidir.
- Üçüncü seviyede bulunan her görev için neyin yanlış gidebileceğinin araştırıldığı beyin fırtınası seansları yapılır.
- Tüm potansiyel problemler gözden geçirilir ve imkânsız veya sonuçları önemsiz olacak problemler elenir. Elde kalan problemler, görevlere bağlantılı olarak dördüncü seviyede temsil edilir.
- Her potansiyel problem için karşı önlemleri bulma amaçlı beyin fırtınası yapılır. Bu karşı önlemler, plan içinde problemleri engelleyebilecek uygulama veya değişikliklerdir. Bu karşı önlemler diyagramın beşinci seviyesinde temsil edilirler.
- Her önlemin ne kadar uygulanabilir olduğu değerlendirilir. Bu değerlendirme için maliyet, gerekli zaman, uygulama kolaylığı veya etkinlik kriterleri kullanılabilir. Bu eleme sonunda uygulamaya müsait olan önlemler için hareket geçilir.

Aşağıda bu durumu örnekleyen bir şekil verilmektedir.



Şekil 8.18 PDPC Örneği (Kolarik, 1999)

## 8.9 Kalitenin İyileştirilmesi için Kullanılan Tekniklerin Kıyaslanması

Çizelge 8.11 Kalite Tekniklerinin Kıyaslanması [10]

Sırası	1	2	3	4					5	6	7		
				ANALİZ									
TEKNİK	PROSEDÜR	Bir tema seçilmesi	Mevcut durumun anlaşılması	Hedeflerin belirlenmesi	Bir hareket planı oluşturulması	Sebepler ve sonuçlar	Geçmiş ve güncel durum	Katmanlara ayırma	Değişimlerin izlenmesi	İlişkilerin incelenmesi	Planların uygulamaya konması	Etkinliğin doğrulanması	Kontrolün standartlaştırılması
KALİTENİN 7 ARACI	Pareto analizi	○	●	●			●	●		●		●	
	Balık kılıcı diyagramı	●	●			○		●			○		
	Akış diyagramı	●	○	○	○		○	●	●	●	●	●	●
	Çetele tablosu	●	●				○	●				●	○
	Histogram	●	●	●			○	○				○	●
	Serpilme diyagramı					●		○		○			
	Kontrol kartları	●	●	●			○	○	○			○	○
KALİTENİN 7 YENİ ARACI	Ağ diyagramı	●	●			●				●			
	İlişki diyagramı	●									●		
	Ağaç diyagramı					○					○		
	Matris diyagramı					●		●		●	●		
	Matris veri analizi							●		●			
	Ok diyagramı				○						●		
	Proses karar program tablosu										○		
●: Etkili teknikleri belirtir.													
○: Kısmen etkili teknikleri belirtir.													

## 9. KALİTE, VERİMLİLİK VE MALİYET İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Kalite ve verimlilik ilişkisinin bağlantısı, incelenmek istenen iki büyüklüğün değerlerinin ölçülebilmesi ile mümkün olacaktır. Bununla birlikte kalite ve verimlilik değerlerinin farklı birimlerle ifade edilmesi, bu iki kavramın kıyaslanabilmesi zorlaştırmaktadır. Bu sebeple, bu iki kavramı ölçülebilir tek bir birime dönüştürme gerekliliği duyulmuştur. Birçok literatür kaynağında ortak birim olarak, ticari işletmelerin varlıklarını devam ettirme amacı olan kârlılık veya maliyet seçilmiştir.

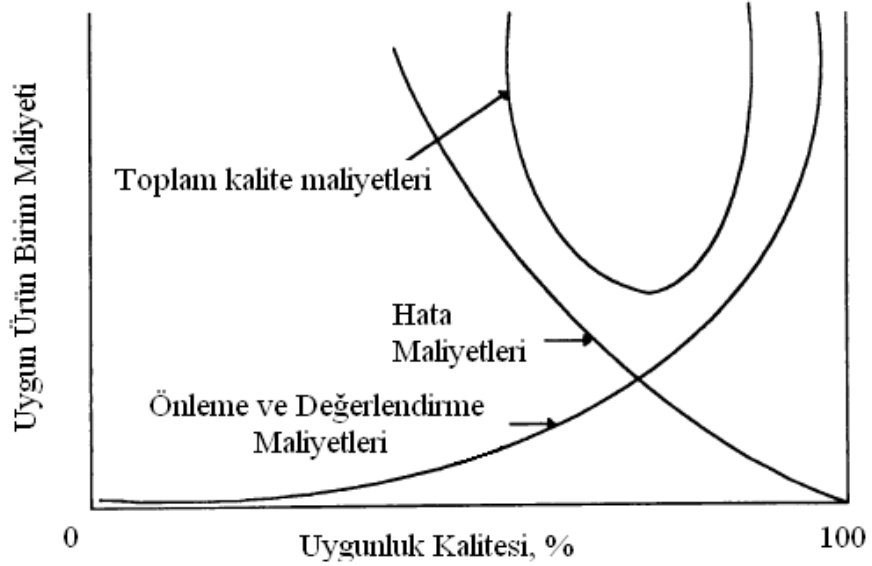
Bu amaçla çalışmanın bu bölümünde kalite, verimlilik ve kârlılık arasındaki ilişkilere ait bir literatür araştırması yapılması uygun görülmüştür. Günceli literatürde verimlilik- kârlılık modelleri mevcut iken, doğrudan bir kalite- kârlılık modeli bulunmamaktadır ve bundan dolayı kârlılığa yakın diğer bir konu olarak maliyet seçilmiştir. Üç ana bölümden oluşacak çalışmada kalite-maliyet ve verimlilik- kârlılık modelleri üzerine yoğunlaşılacak ve buradan hareketle kalite-verimlilik ilişkileri için oluşturulan modeller incelenecektir.

### 9.1 Kalite-Maliyet Modelleri

Genel geçer söylemlerden, daha yüksek kalitenin, daha yüksek kâr getireceği anlamı çıkartılabilmektedir. Fakat güncel olarak kullanılan bilimsel modeller arasında kaliteyi kârlılığa doğrudan bağlayan bir ilişki veya fonksiyondan bahsedilmemektedir. Bu ilişkiye yakın kabul edilebilecek modeller, ilişkiye maliyet açısından yaklaşmaktadırlar.

#### 9.1.1 Optimum kalite-maliyet modeli

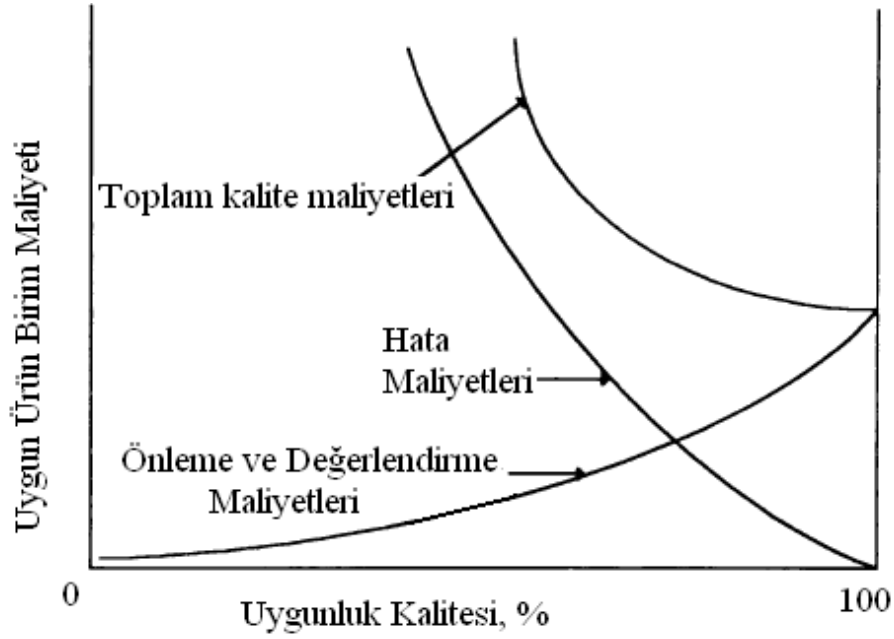
Juran tarafından oluşturulan bu modelde, toplam kalite maliyetleri hata, değerlendirme ve önleme maliyetlerini kapsamaktadır. Bu sayede optimum kalite seviyesi, en düşük toplam kalite maliyetlerine ulaşılan seviye olarak belirlenir. Optimum kalite seviyesinde üretilen bir ürün, yalnızca müşteri gereksinimlerine uymakla kalmaz aynı zamanda mümkün olan en düşük maliyete sahip olur. Maliyeti düşen bir ürünün satış fiyatı sabit kaldığında ise kârlılık artmış olacaktır. Aşağıdaki şekilde modeli temsil eden grafik verilmektedir.



Şekil 9.1 Optimum Kalite- Maliyet Modeli (Juran, 1974)

Juran, daha sonra geliştirdiği modelinde bazı farklılıklar ortaya koymuştur. Bunun sebebi Juran tarafından geliştirilen ilk modelde optimum kalite seviyesinin hiçbir zaman %100 uygunluk değerinde elde edilememesidir.

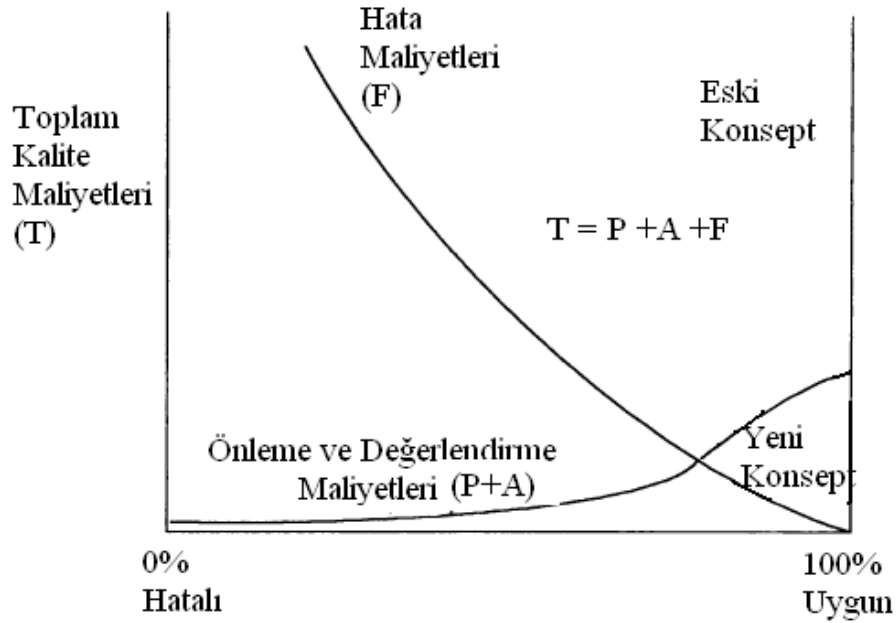
Geliştirdiği yeni modelinde önleme maliyetleri üzerinde duran ve değerlendirme için ileri ölçme teknikleri ve ekipmanından yararlanan Juran, hata maliyetlerinin sıfıra indirilebileceğini öngörmüştür. Bu sayede %100 uygunluk düzeyi için, toplam kalite maliyetleri optimum seviyeyi yakalamıştır. Aynı optimum kalite seviyesi için daha fazla uygunluk düzeyi yakalandığı göz önüne alınırsa, karlılığın artacağı görülebilir. Aşağıdaki şekilde modeli temsil eden grafik verilmektedir.



Şekil 9.2 Yeni Optimum Kalite- Maliyet Modeli (Juran, 1988)

### 9.1.2 Dawes kalite-maliyet modeli

Haydon firmasının kalite müdürü olan Dawes tarafından geliştirilen bu model, Juran tarafından geliştirilmiş modeli esas alır. Kendi tecrübelerini temel alarak oluşturduğu modelde, kalite maliyetlerindeki iyileştirmenin sona ermemesi gerektiğini savunmaktadır. Bu yönü ile sürekli iyileştirmenin amacı olan mükemmellik için devam eden bir döngü desteklenmiş olur. Aşağıdaki şekilde modeli temsil eden grafik verilmektedir.



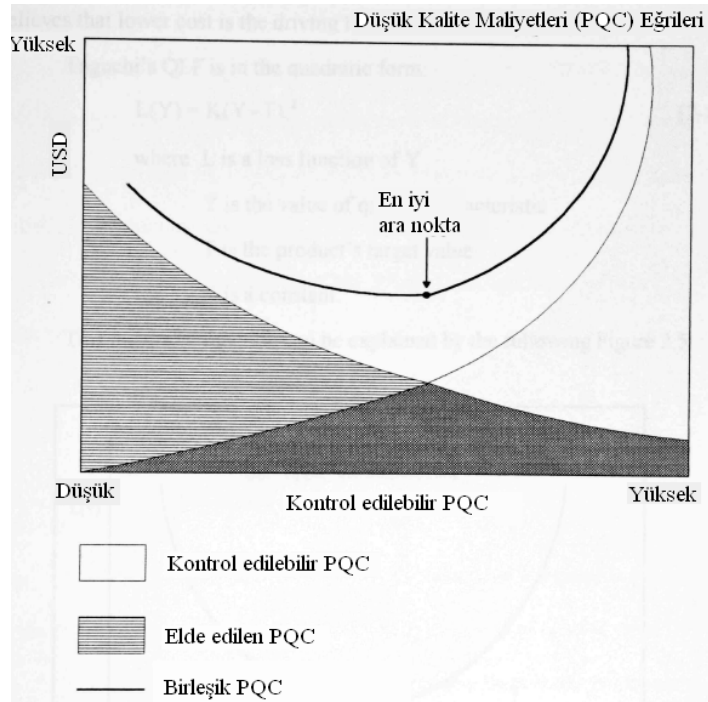
Şekil 9.3 Dawes Kalite- Maliyet Modeli (Dawes, 1987)

### 9.1.3 Düşük kalite-maliyet modeli

Harrington tarafından tanımlanan düşük kalite maliyetleri, çalışanlara işlerini her seferinde doğru yapmaları için verilen yardım, çıktının uygunluğunu kontrol etmek için harcanan çaba ve çıktıların spesifikasyon veya müşteri için uygun olmaması durumundaki maliyetlerin tamamını kapsar.

Düşük kalite-maliyet modelinin diğer modellerden en büyük farkı, kaliteye sahip olamamaktan kaynaklanan maliyetlerle ilgili olmasıdır. Düşük kalite maliyetleri, kontrol edilebilir düşük kalite maliyetleri, ortaya çıkan düşük kalite maliyetleri ve ekipman düşük kalite maliyetleri bileşenlerinin toplamından meydana gelir.

Model doğrultusunda başarılı bir kalite sistemi, aşağıdaki şekilde verilen “en iyi ara nokta” yerinde işleri devam ettirebilmelidir.



Şekil 9.4 Değişken Düşük Kalite Maliyetlerinin Etkileri (Harrington, 1987)

### 9.1.4 Kalite kaybı fonksiyonu modeli (Taguchi)

Modele göre örneklenen bir ürün aşındığında, kırıldığında, tamir edilmesi veya değiştirilmesi gerektiğinde bir zarar meydana gelmiş olur. Bu zarar ürün sevk edildikten sonra topluma mal olacaktır.

Matematiksel bir model olan kalite kaybı aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$L(Y) = K(Y-T)^2 \quad (9.1)$$

Yukarıda verilen formül için ;

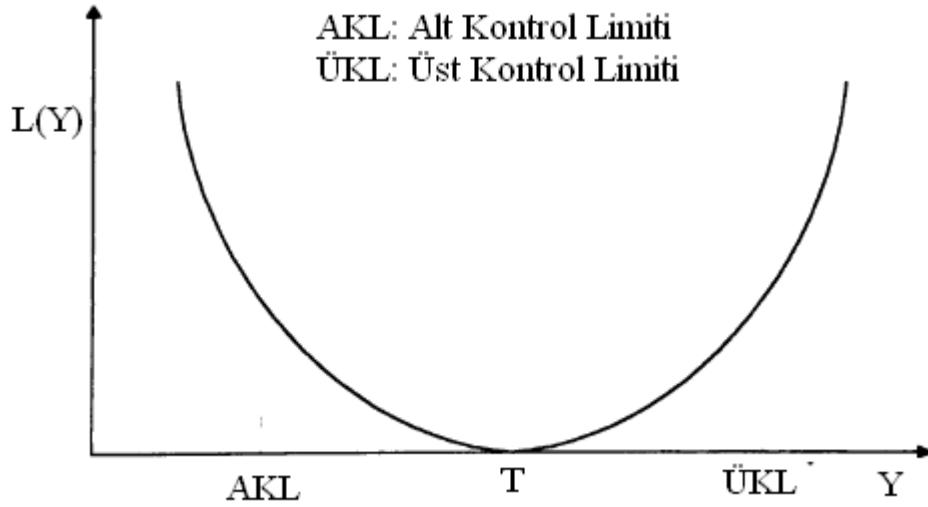
Y: kalite karakteristiği değeri

L: kayıp (zarar) fonksiyonu

T: ürün için hedef değer

K: eşitlik sabiti olarak ifade edilmektedir.

Formülde verilen fonksiyonun eğrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 9.5 Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu (Taguchi, 1985)

## 9.2 Verimlilik-Kârlılık Modelleri

Genel ve kaba bir ifade ile değerlendirildiğinde, verimliliğin artışının karlılığı da artırdığı gerçeği farklı sektörlerin tamamı tarafından kabul görmektedir. Bununla birlikte bu ilişkiyi tam olarak ifade eden evrensel bir model bulunmamaktadır. Bu sebeple bu bölümde farklı model yaklaşımları incelenecektir.

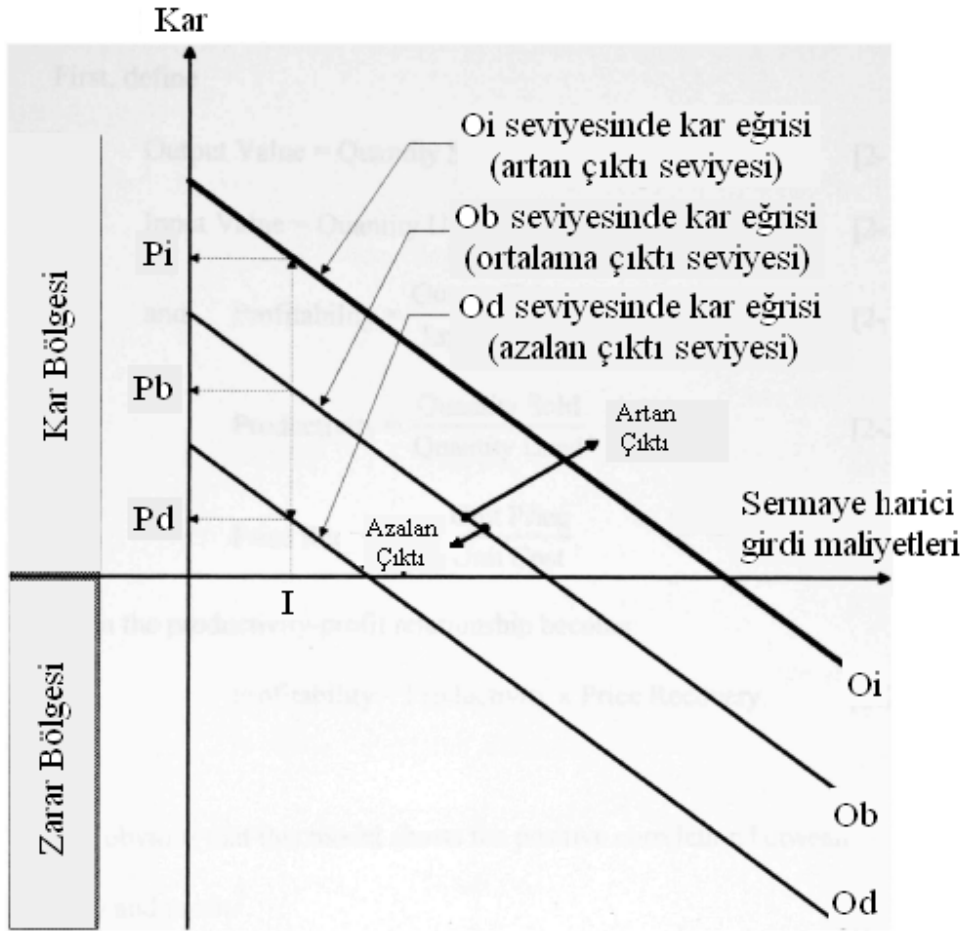
### 9.2.1 Adam-Hershauer-Ruch's Verimlilik-karlılık ilişkisi modeli

Bu modelde verimlilik-karlılık arasındaki ilişkinin açıklanması için karlılık, satışların maliyetlere oranı olarak tanımlanmıştır. Satışlar, çıktılar ve satış fiyatları, maliyetler ise girdiler ve birim fiyatların çarpımı şeklinde tanımlandığında, satışların maliyetlere oranı içinde verimliliğin tamamı olan formül doğrudan elde edilmektedir.

### 9.2.2 Sumanth Verimlilik-karlılık ilişkisi modeli

Sumanth tarafından geliştirilen model, toplam verimlilik ve karlılık arasında doğru orantıya yakın bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Modele göre bir prosesin girdileri sabitken, çıktılarının artması veya çıktıları sabitken girdilerinin azalması karlılığı doğrudan etkilemektedir.

Aşağıdaki şekilde modeli temsil eden grafik verilmektedir.



Şekil 9.6 Girdi Maliyetleri ve Kâr Arasındaki İlişki (Sumanth vd., 1993)

### 9.2.3 APC Verimlilik-karlılık ilişkisi modeli

APC (Amerika Verimlilik Merkezi) verimlilik ve kârlılık arasında pozitif orantılı bir ilişki olduğunu oluşturdukları model ile ilan etmiştir. Model aşağıda sıralanan formüller dizisi ile ifade edilebilir.

$$\text{Çıktı değeri} = \text{Satış adedi} \times \text{Birim fiyat} \quad (9.2)$$

$$Girdi \ değeri = Kullanılan \ adet \times Birim \ fiyat \quad (9.3)$$

$$Kârlılık = \frac{Çıktı \ değeri}{Girdi \ değeri} \quad (9.4)$$

$$Kârlılık = \frac{Satış \ adedi \times Birim \ fiyat}{Kullanılan \ adet \times Birim \ fiyat} \quad (9.5)$$

$$Kârlılık = Verimlilik \times Fiyat \ Amortismanı \quad (9.6)$$

### 9.3 Kalite-Verimlilik İlişkisi Modelleri

Kalite ve verimlilik arasındaki ilişkileri inceleyen modeller kalite-maliyet ve verimlilik-karlılık ilişkilerini inceleyen modellerin birleştirilmeleri ile türetilmiştir. Bunlardan bazıları orijinal modellerin sahibi bilim adamları tarafından, bazıları ise farklı bilim adamları tarafından yapılmıştır. Bu ilişkiyi inceleyen modeller arasından, çoğu çevrelerde kabul edilen modeller bu çalışmada yer bulacaktır.

#### 9.3.1 Adam-Hershauer-Ruch modeli

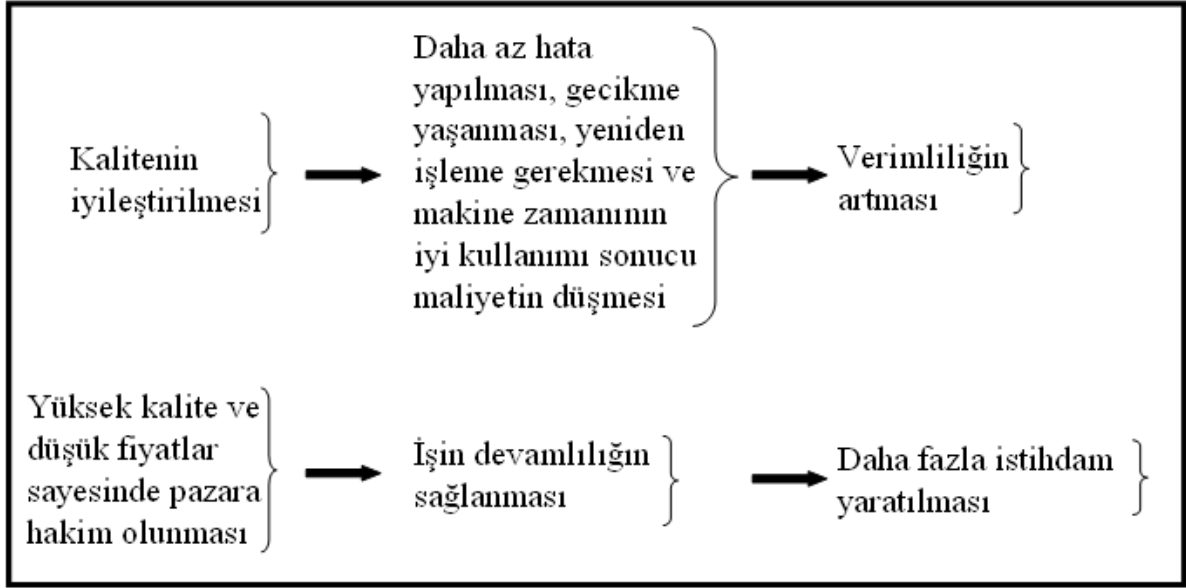
Geliştirilen bu modelde kalite iyileştirme faaliyetlerinin etkinliğini ve faydasını ölçmek için kalite-verimlilik oranları (QPR) geliştirilmiştir.

Geliştirilen bu oranlar uygun olan çıktıların, toplam girdilerin maliyetlerine bölünmesi ile elde edilmektedir. Toplam girdiler ise uygun çıktıların ve uygun olmayan çıktıların oluşturulmalarında ve de aynı zamanda uygun olmayan çıktıları uygun çıktılara çevirmede kullanılan girdilerdir.

#### 9.3.2 Deming modeli

Kalite ve verimliliğin ilişkisini açıklamakta kullanılan bu modelde zincirleme reaksiyon konsepti geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin ana fikri kalitenin iyileşmesinin, genellikle verimliliğin iyileşmesine de yol açtığını belirtir.

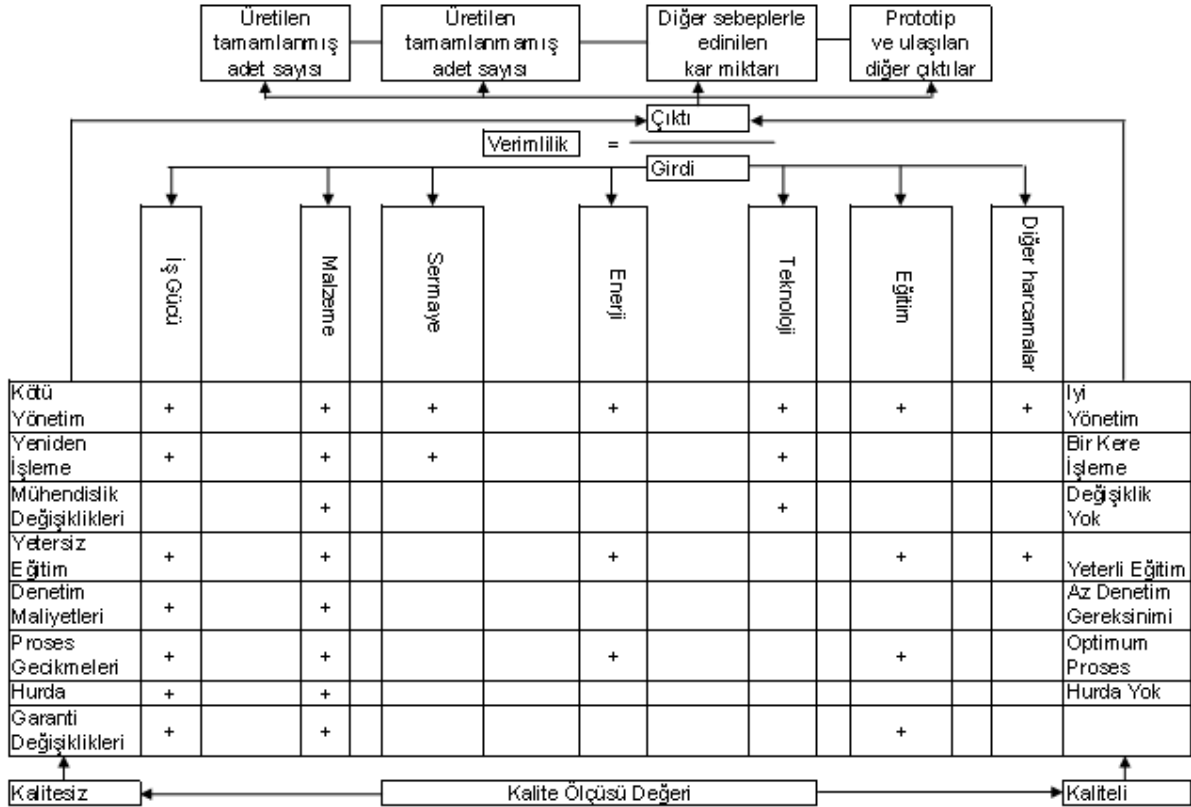
Aşağıdaki şekilde modeli temsil eden grafik verilmektedir.



Şekil 9.7 Kalite ve verimliliğe bağlı zincirleme reaksiyon (Deming, 1986)

### 9.3.3 Edosomwan modeli

Bu modelde, kalite ve verimlilik arasındaki ilişki ve bağlantının doğru bir şekilde anlaşılabilmesi için bir çerçeve geliştirilmiştir. Aşağıdaki şekilde modeli temsil eden grafik verilmektedir.

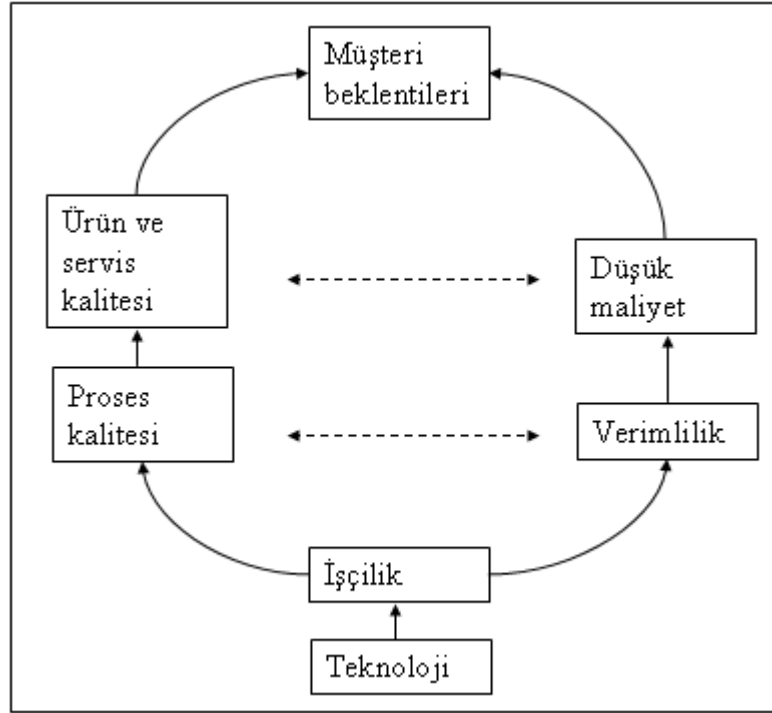


Şekil 9.8 Kalite ve verimliliğe arasındaki ilişki çerçevesi (Edosomwan, 1988)

Bu çerçevenin temel aldığı felsefe, kalite ve verimliliğin sürekli olarak dengeli ve mümkün olan en yüksek seviyede tutulması gerektiğidir.

### 9.3.4 Thor modeli

Geliştirilen bu modelde kalite ve verimliliğin aslında aynı temele dayandığı savunulmaktadır. Modelde savunulan kalite ve verimlilik arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde daha iyi anlaşılabilir. Aşağıdaki şekilde modeli temsil eden grafik verilmektedir.



Şekil 9.9 Proses kalitesi ve verimliliğin denklığı (Thor,1993)

### 9.3.5 Sumanth ve Wardhana karlılık-verimlilik (QPP) modeli

Geliştirilen bu modelde uygunluk kalitesi, karlılık ve toplam verimlilik arasındaki ilişki belirtilmektedir. Bu model kalite-karlılık ilişkisini, toplam verimlilik etkisi vasıtasıyla incelemektedir.

Bu model kullanıldığı takdirde, değişen bir çıktının toplam verimlilik ve karlılığa olan etkisi, sabit bir uygunluk kalitesi seviyesi için ölçülebilir.

## 9.4 Kalite-Verimlilik İlişkisi Modellerinin Sınırları ve Yetersizlikleri

- Deming modelinde kalite ve verimlilik için yeterli tanımlar bulunmamaktadır. Model her ne kadar kalite artışının verimliliği artırdığına da yoğunlaşsa da, tanım ve tariflerin yetersizliği kalite-verimlilik ilişkisinin sorgulanmasına neden olmaktadır.

- Thor modelin kalite ve verimliliğin temelde aynı şey olduğu ifade edilirken, ilişkilerinin incelenmesi bu ifadenin inandırıcılığını zedelemektedir. Kalite ve verimlilik birbirleri ile alakalı olsa da, bu ilişkinin derecesi farklı görev ve fonksiyonlar için değişebilmektedir. Bu sebeple, temel olarak aynı şey olduklarının söylenmesi her durum için doğru olmayacaktır.
- Adam-Hershauer-Ruch modelinde, kalite ve verimlilik arasındaki ilişki maliyet bakış açısından incelenmektedir. Bu model kabul edilirken üç nokta dikkate alınmalıdır.
  - İmalat maliyetleri ve düzeltme maliyetleri, reddedilen birim sayısı ile değiştiği için kalite-verimlilik oranı yanıltıcı olabilir.
  - Geçmiş bilgiler ışığında öngörülen maliyet güncel maliyeti yansıtmayabilir.
  - Modelde reddedilen ürünlerin, süreç içerisinde tamir edilip edilmediği ve bu sayede kabul edilebilir hale gelip gelmediği anlaşılamamaktadır.
- Edosomwan modelinde, kalite ve verimlilik ilişkisine daha geniş bir açıdan yaklaşmaktadır. Diğer modellerden daha detaylı bu modelde, kalite ve verimlilik ilişkisi istatistiksel yöntemlerle desteklenmektedir.
- Sumanth ve Wardhana modeli de salt bir maliyet bakış açısına sahip olması nedeni ile çok yeterli olarak değerlendirilememektedir.

## 10. MAKİNE İMALATINDA SÜREKLİ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

### 10.1 Uygulama Yapılan İşyerinin ve Faaliyet Alanının Tanımı

Alipsan Kâğıt Makineleri San. ve Tic. A.Ş 1989 yılında Bilkent Holding içerisinde faaliyet gösteren Meteksan Kağıt ve Matbaacılık grubu altında kurulmuş bir şirkettir. Şirketin faaliyet alanı en genel tanımı ile makine ve parça imalatı üzerinedir fakat bulunduğu grubunun kâğıt, defter üretimi ve matbaacılık üzerine çalışması dolayısı ile kâğıt makinelerine özelleşme sağlanmıştır.

1989 yılında Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nde kurulmuş olan Alipsan, aşağıda verilen ürün yelpazesi ve benzeri tesislere yönelik parça imalatı, makine tasarım ve montajı, makine bakım ve onarımı faaliyetlerini yürütmektedir.

- Kâğıt makineleri
- Pulper
- Deflaker
- Vakum pompaları
- Hamur vanaları

#### 10.1.1 Kâğıt üretimi ile ilgili genel bilgiler

Kâğıt yapımında, suda seyreltik süspansiyonda çözünmüş lifler bir elekten geçirilir ve bu sayede lifler arası bir dokuma ve bağ ortaya konulmuş olur. Liflerin dokunması ile elde edilen bu örgü yapıdan, presleme ve kurutma yöntemleri ile su tamamen uzaklaştırılır.

Çoğu kâğıt çeşidi ahşap hamuru kullanılarak yapılır, fakat bundan başka pamuk ve tekstil gibi diğer lifli hammaddeler de kullanılabilir.

Kâğıt üretimi, dünyada 2000 yıla yakın bir tarihi temele dayanmaktadır. Fakat bugün kâğıt ihtiyacımızı gidermek için yapılmakta olan endüstriyel kâğıt üretimi, sanayi devrimi ile başlamıştır.

#### 10.1.2 Kâğıt üretim tesisleri ve kâğıt makineleri

Sanayi devrimi ile başlayan endüstriyel kâğıt üretimi, kâğıt fabrikalarında yapılmaktadır. Kâğıt üretimini yapan kâğıt makinesi aslında tüm kâğıt üretim tesisini veya fabrikayı temsil etmekte olup birbirinden ayrı kullanılamayacak bir ilişkiler zinciri ile bağlı kısımlardan

oluşmaktadır. Bu kısımlar Islak Kısım, Pres Kısımı, Kurutma Kısımı ve Kalender Kısımı olarak dört ana başlıkta incelenebilir.

#### **10.1.2.1 Islak kısım**

Bir kağıt tesisin ilk kısmını oluşturan ve ıslak kısım olarak anılan bölümde kağıt hamurunun hammaddeden eldesi ile başlayan ve pres kısmına ileten tesisler mevcuttur. Hammaddeler ahşap formunda olabileceği gibi geri dönüştürülecek kâğıtlar formunda da olur ve hamur oluşana kadar su ve liflerin bir karışımı şeklinde tesis içerisinde ilerler.

Kâğıt hamurunun ıslak kısımda ilerlemesi sırasında hamur yıkanır, arıtmaya ve ağartmaya tabi tutularak beyaz renge eldesi sağlanmış olur. Eğer renkli bir üretim hedefleniyorsa ağartmanın sonrasında renklendirici ve diğer maddeler hamura katılabilir.

Islak kısım sonunda boru tesisatı ile aktarılan kâğıt hamuru Fourdrinier makinesi denen makinede akıtılarak ve suyunun bir kısmı süzülerek Pres Kısımı'na ilerler.

#### **10.1.2.2 Pres kısmı**

Kâğıt fabrikası tesisini oluşturan ikinci kısımda, hamur içinde bulunan suyun büyük oranda bir bölümü, silindirik preslerden oluşan bir hat boyunca sıkıştırılarak süzülecektir. Bu prensip, çarşaf şeklinde ilerleyen kâğıt hamurunun sudan arındırılmasında kullanılan en etkili yöntemdir ve mekanik temellere dayalı olması oluşabilecek olası hataları azaltmaktadır. Pres silindirlerini kaplayan keçeler daha önceleri pamuk malzemeden üretilmekte iken, git gide sentetik kumaş kullanımı artmaktadır.

Konvansiyonel pres kısımlarına sahip tesislerde, rulo preslerinden bir tanesi sabit pozisyonunu korurken bunun eşi olan diğer rulo presi buna karşı bir yükleme ile bastırılır ve arada kalan boşluktan çarşaf şeklindeki kağıt hamuru ilerler. İki eş rulo presi arasındaki boşluk pres kısmı boyunca adım adım azalarak, hamurun suyunun sıkılmasında ve inceltmesinde önemli rol oynar.

#### **10.1.2.3 Kurutma kısmı**

Kurutma kısmı, adından da anlaşılacağı gibi çarşaf formundaki kâğıt hamurunun kurutulmasında görev alan kısımdır. Kâğıt hamuru kurutma kısmında, buharla ısıtılan bir dizi silindirin arasından geçirilerek nemi alınır ve kurutulmuş olur.

Boyut ve dokunun ayarlanması için kullanılan fazladan kontroller de bu kısımda sürece

katılabilir. Bu kontroller arasında reçine, yapıştırıcı veya nişasta içeren katkı maddeleri olabilir. Bu kontroller kâğıdın su direncini artırarak tüylenme ihtimalini düşürür ve yüzey kalitesinde de etkilidir.

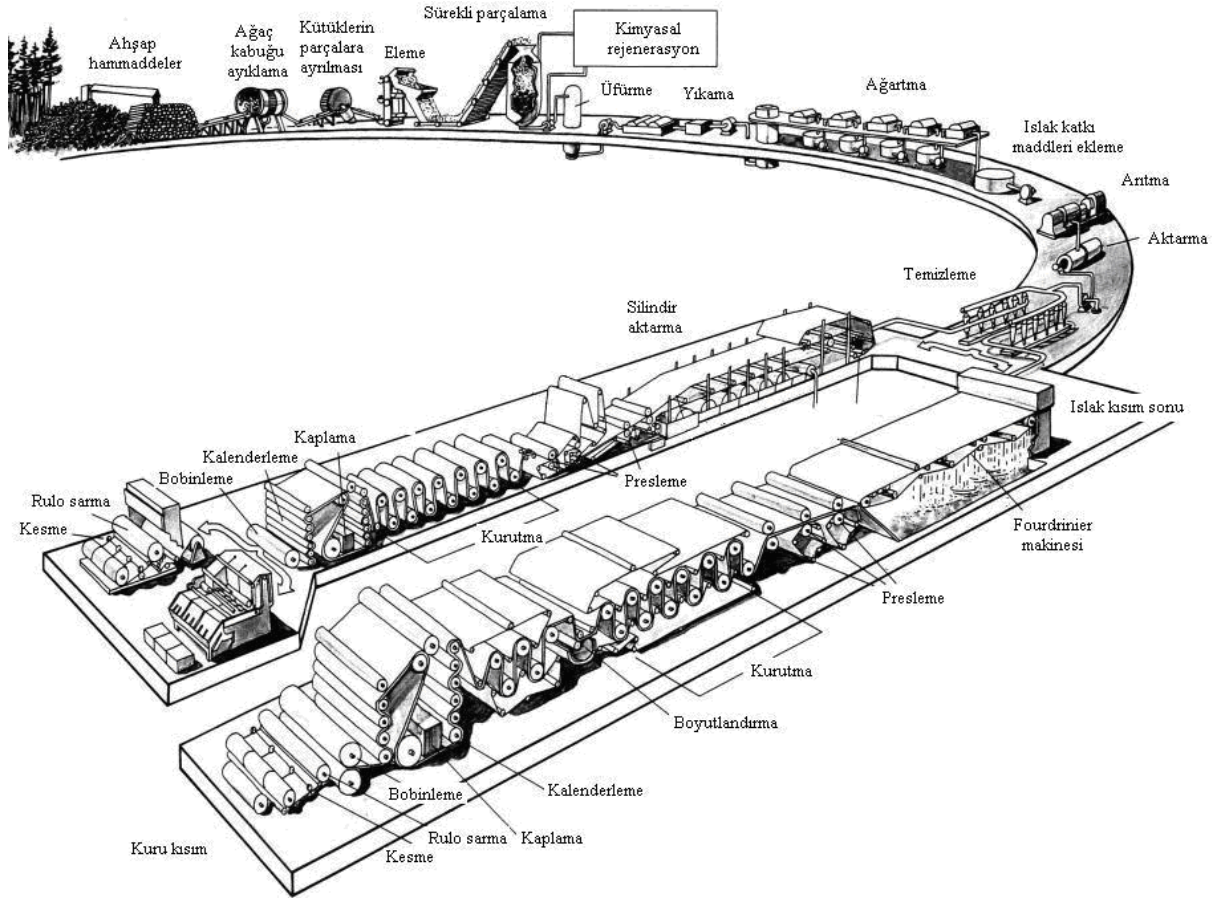
#### **10.1.2.4 Kalender kısmı**

Kalender kısmı, kâğıt yüzeyini pürüzsüz yapan ve ayrıca kağıda sabit kalınlık kazandıran bir dizi silindir rulosu sisteminden oluşur. Bu silindir rulolarının baskı gücü ve hamurun burada geçtiği aralık kâğıdın çeşidine göre, kâğıda son karakteristik özelliklerini kazandırır.

Hali hazırda kurutma kısmında neminin büyük bir bölümü alınmış olan kâğıt, kalender kısmından çıktıktan sonra %6 oranında neme sahiptir ve bu nemle birlikte rulo yapılır ve sonrasında kesim işlemi uygulanır.

Rulo yapılırken genişliği boyutlandırılmış ve sonunda kesilmiş kağıt, sonrasında defter, kitap veya matbaa işlemi görmek üzere gerekli yerlere kargo edilir.

Bu dört kısımdan oluşan ve alt fonksiyonları yerine getiren makineleri içeren bir kâğıt üretim tesisine ait şematik resim aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.1 Kâğıt Üretim Tesisi Şeması [11]

Alipsan firması, yukarıdaki resimde gösterilen bir kâğıt fabrikası içerisinde yıkama prosesinden başlayarak kesme prosesi ile sonlanan bölümlerdeki tüm makine, aparat ve parçaları üretme yeteneğine sahiptir. Yıkama prosesinden önceki aşamalarda kullanılan makinelerin üretim yelpazesine dahil edilmemesinin sebebi, aynı makinelerin orman endüstrisi tarafından da üretiliyor olmasıdır.

Kâğıt makineleri ve parçalarının üretiminde faaliyet gösteren Alipsan firması 4000 m<sup>2</sup> kapalı alanda 2000 mm çapında ve 10000 mm uzunluğunda yatay silindirik tornalama ve taşlama, balans, frezeleme, yatay delik delme, CNC dik işleme, CNC plazma kesme, TIG/TAG, MIG/MAG, oksijen-yakıt ve nokta kaynak uygulamalarına sahiptir.

## 10.2 Uygulamanın Adımları

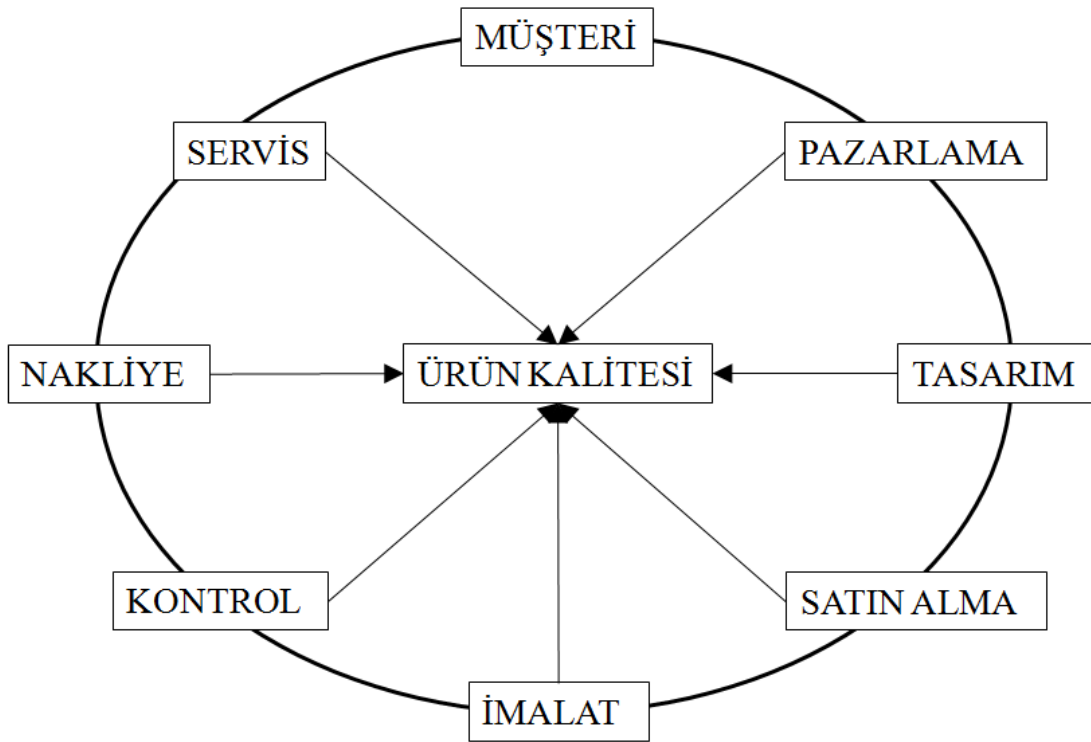
### 10.2.1 Uygulamanın amacı ve uygulama kararının alınması

Uygulama yapılan firma, kendi faaliyet gösterdiği kâğıt makineleri sektöründe otuz yıl boyunca tecrübe edinmiş ve kâğıt makineleri sektörü ile alakalı teknolojik gelişmeleri takip ederek, günümüzde dünyanın çeşitli ülkelerinde kullanılan tesis ve mekanik aksamaların

tamamını imal edebilecek yetenekler geliştirmiş, bu doğrultuda yatırımlar yapmıştır.

Bilgi teknolojilerinin gelişmesi, uzak doğudaki rakip ülkelerin ticaret kısıtlamalarının kaldırılması ile kâğıt makineleri sektöründe faaliyet gösteren tüm şirketler her pazara ulaşabilir olmuş ve rekabet artmıştır. Görünürde aynı özelliklere sahip ürünlerin farklı fiyatlarla pazara sunulması ve uzak doğuda bulunan üreticilerin çok düşük fiyatlarla ürünlerini arz etmesi rekabet ortamını daha da zor bir hale getirmiştir.

Alipsan firması, uzak doğu merkezli firmaların düşük işçilik fiyatları ile rekabet edebilmenin tek yolunun, görünürde aynı özelliklere sahip ürünlerin kalitesini artırmak olduğunu görmüş ve bu sürekli iyileştirme uygulaması fırsatını değerlendirmek istemiştir. Sürekli iyileştirmeyi, zaman içinde yerleşik bir kurum felsefesi haline dönüştürmeyi hedefleyen şirket ilk olarak bir sorumluluk haritası oluşturmuştur. Kuruluş içerisindeki bölümler ve müşteri ilişkilerinin takip edilebileceği bu sorumluluk haritası aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.2 Sürekli İyileştirme Sürecinden Sorumlu Bölümler ve İlişkileri

Yönetim yukarıdaki kapalı şekilde verilen her alanda sorumluluk almış ve süreçteki liderlik görevlerini üstlenmiştir. Yönetimin sürekli iyileştirmede doğrudan alacağı görevler, kalite iyileştirme gruplarının oluşturulması, sürekli iyileştirme alanına karar verilmesi ve iyileştirme faaliyetlerinin düzenli olarak takip edilmesi olarak özetlenebilir.

Sürekli iyileştirme faaliyetlerini uygulamaya ilk kez başlayacak olan ve beyaz yaka

çalışanlarının sayısı az olan firma, uygulamanın iskeletini oluşturmak amacı ile PUKÖ tekniğinin kullanılmasını uygun görmüştür. Seçilen teknik hem sürekli iyileştirme felsefesi için uygun sonsuz bir döngüye sahiptir, hem de sürekli iyileştirme konusunda henüz bilgi birikimi oluşturmaya başlamış firma açısından uygulaması kolay bir yöntemdir.

## **10.2.2 Planla (Plan)**

### **10.2.2.1 İyileştirme uygulaması yapılacak alanın tespit edilmesi**

Kâğıt makineleri tasarımı, montajı, makine parçaları imalatı, tesis bakım ve onarımı yapılmakta olan firmada hedeflenen sürekli iyileştirme uygulaması için en önemli ilk adım uygun bir iyileştirme alanının tespit edilmesidir.

Dünyadaki farklı kâğıt firmalarına, farklı makine, sistem veya parça temin etmiş olan Alipsan, iyileştirme için en uygun alanın belirlenmesinde de yalnızca ülkemiz içindeki, dünyadaki tüm müşterilerinden geri bildirim almayı hedeflemiştir.

Kâğıt Makineleri her kâğıt işletmesinin ürün çeşitlerine, yer ve enerji imkânlarına, üretim hızı ve kalite hedeflerine bağlı olarak gerek boyut, gerek sistem ve gerekse malzeme özelliklerinde farklılık gösterebilir. Kâğıt makineleri hakkında en uygun iyileştirme alanının belirlenmesi için geçmişte meydana gelmiş sorunlar dikkate alınmalı ve bunların arasından etkisi büyük ve gizli kalmış hata türleri belirlenmelidir.

Firmanın kuruluşundan beri faaliyet gösterdiği sürenin otuz yılı aşkın olması ve geriye dönük takibinin imkânsız olması nedeni ile araştırmanın yapılacağı bir zaman aralığı seçilmiştir. Belirlenen zaman aralığı faaliyet kayıtlarının eksiksiz tutulmuş olduğu en yakın zaman aralığı olan 2004–2008 arası beş yıllık dönem seçilmiştir.

Kâğıt tesislerinin birçok ana makine, alt montaj ve bileşenlerden oluşması sebebi ile sorunların belirlenmesinin tümden gelim yöntemi ile yapılması kararlaştırılmıştır. Bu amaçla, öncelikle seçilen zaman diliminde yaşanan sorunların adedinin, tesisin ana kısımlarına göre değişimini gösteren bir çetele tablosu doldurulmuştur.

Yapılan çetele tablosu aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

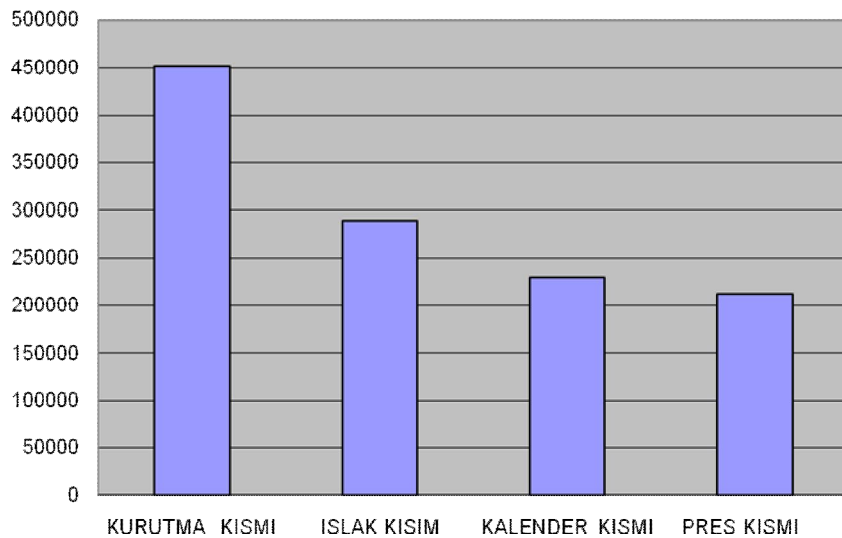
Çizelge 10.1 Yıllara Göre Problemleri Gösteren Çetele

YILLAR \ KISIMLAR	ISLAK KISIM	PRES KISMI	KURUTMA KISMI	KALENDERLEME KISMI
2004	//////	////	//////////	////
2005	////////	////	////////	////
2006	//////	//////	//////////	////
2007	//////	//////	//////////	////////
2008	////////	//////	//////////	////
TOPLAM	34	25	44	27

Geçmiş bakım kayıtları incelenerek yapılan çetele tablosu, seçilen zaman diliminde en çok müdahale gerektiren sorunun kurutma kısmı tesisi içerisinde meydana geldiğini göstermektedir. En az sorun görülen kısım ise pres kısmı olarak ortaya çıkmıştır.

Yaşanan sorun ve hata, bu hatalara yapılan müdahaleler ve değişen parçalarla ilgili muhasebe kayıtları incelenmiştir. Söz konusu kısımların konstrüksiyonu oluşturan komponentlerin fiyatları arasında büyük farklar görülmesi, bazı sorunların çözüm maliyetleri, yedek parça giderleri düşükken bazı komponentler içinse çok yüksek olmaktadır. Bu nedenle oluşturulan çetele tablosunun ortaya koyduğu bilgilerin yetersiz olduğuna karar verilmiş ve bunun yerine daha detaylı bilgilere ulaşılabilecek bir Pareto analizi yapılmasına karar verilmiştir.

Yapılan Pareto analizi sonucunda ortaya çıkan grafik aşağıda verilmektedir. Aşağıda verilen Pareto grafiğinin sol sütununda sorun maliyetleri USD cinsinden verilmektedir.



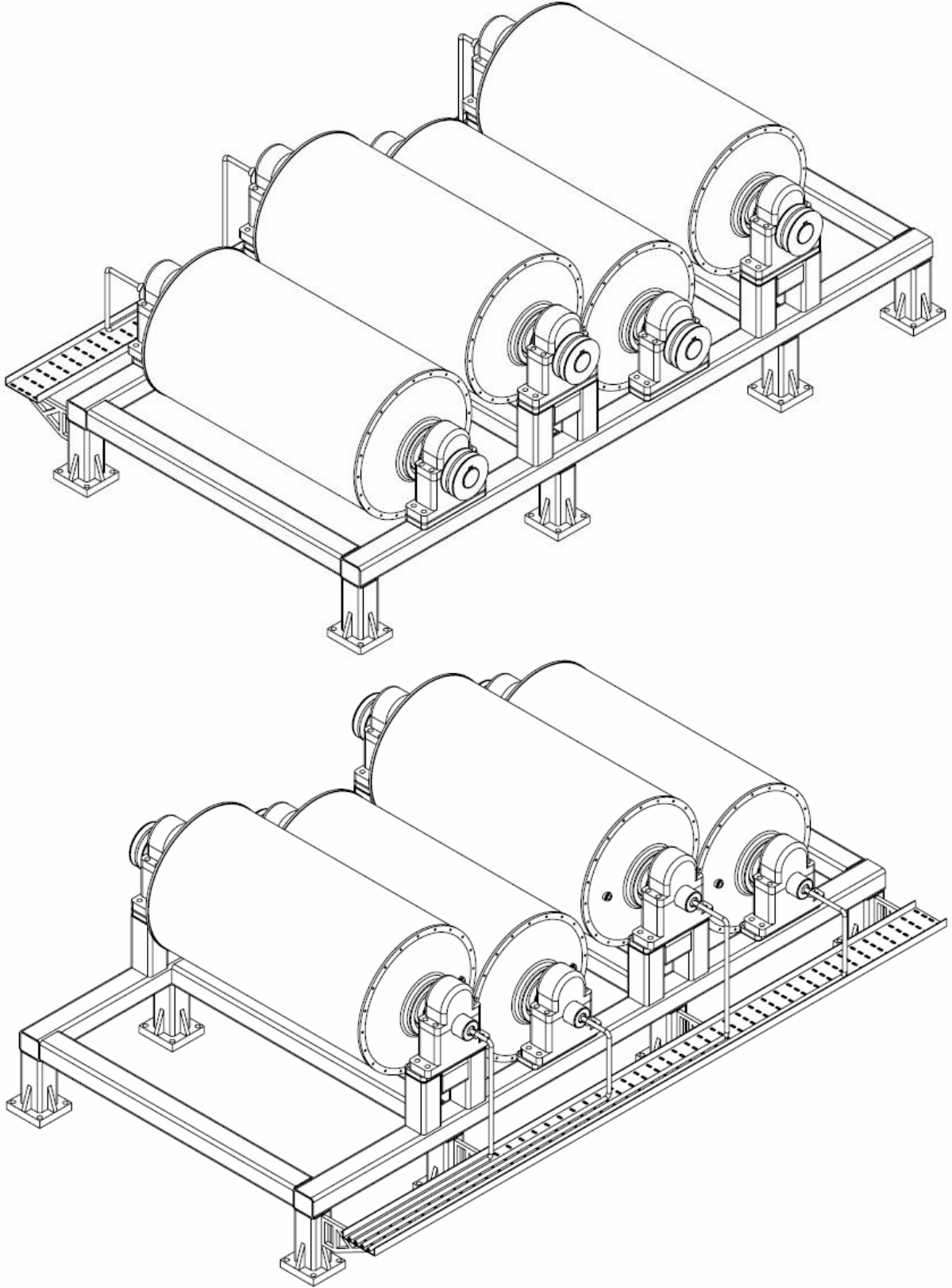
Şekil 10.3 Hata Maliyetlerini Gösteren Pareto Analizi

Yapılan Pareto analizi doğrultusunda elde edilen ve yukarıda görülmekte olan tablo, çetele tablosuna kıyasla daha detaylı bilgiler vermektedir. Elde edilen Pareto grafiğinden görüldüğü gibi belirlenen zaman diliminden en büyük maliyetli problemler 450000\$ ile kurutma kısmında ortaya çıkmıştır ve neredeyse en yakın diğer iki kategorinin toplamı kadar maliyete sahiptir.

Elde edilen ilk analiz sonuçlarından sonra kurutma kısmındaki sorunların diğerlerine kıyasla çok daha yüksek maliyetli olduğu tespit edilmiş ve bu sebepten ötürü kurutma kısmındaki komponentlerin kendi aralarında daha detaylı ikinci bir Pareto analizine tabi tutulmalarına karar verilmiştir.

Yapılacak analizden sağlıklı sonuçlar alınması, kurutma kısmının bileşenlerinin iyi tanınması ve bu bileşenler ilgili toplanan bilgilerin ve analiz sonucunun dikkatli bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır.

Ortalama toplam kırk adet, farklı boyutlardaki kurutma silindirinden oluşan kurutma kısmının, kurutmanın en önemli adımının gerçekleştiği en yüksek sıcaklık değerlerine çıkılan bölümüne ait, farklı bakış açılarını gösteren iki izometrik resim aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.4 Kağıt Kurutma Kısım İzometrik Görünüşleri

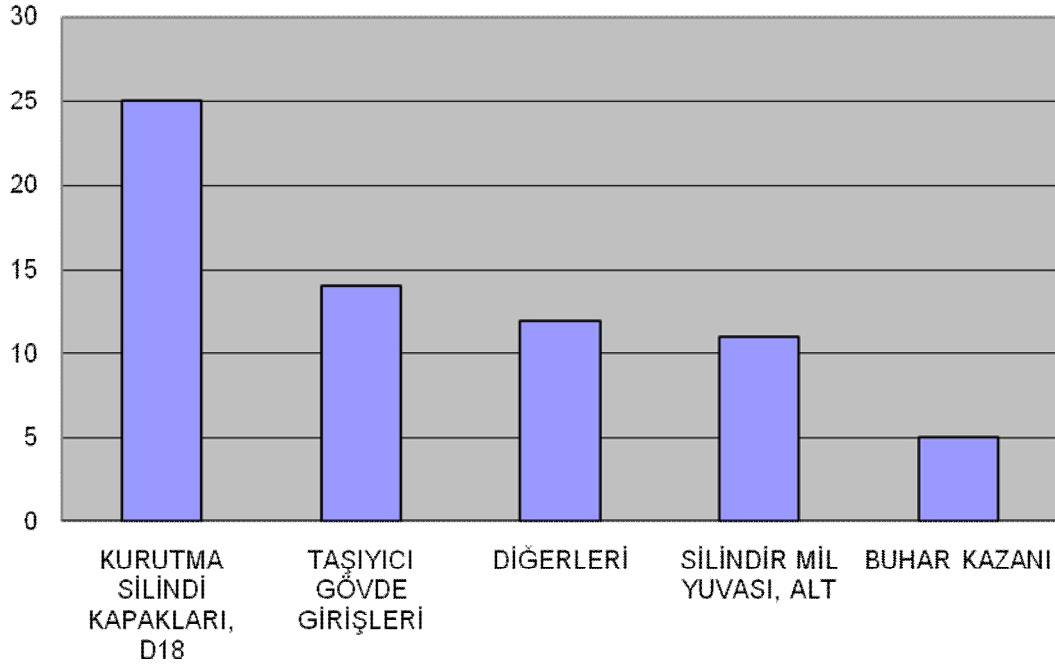
Seçilen zaman dilimi sürecince en çok hata maliyetlerinin meydana geldiği kısım olan kurutma kısmına ait detayları bir miktar daha daraltmak ve daha alt katmanlara inmek gereği

duyulmuştur. İmalat kalitesini geliştirmeyi hedefleyen firma, öncelikle kendi imal ettiği ve imalat süresi veya kullanılan malzeme açısından yüksek girdisi olan parçaları belirlemeyi gerekli görmüştür. İlgili parça isimleri aşağıda listelenmektedir:

- Buhar Kazanı
- Taşıyıcı Gövde (Giriş Bölümü)
- Taşıyıcı Gövde (Orta Bölüm)
- Taşıyıcı Gövde (Çıkış Bölümü)
- Taşıyıcı Gövde Kirişleri
- Kurutma Silindiri, D18
- Kurutma Silindiri, D12
- Kurutma Silindiri, D8
- Kurutma Silindiri Kapakları, D18
- Kurutma Silindiri Kapakları, D12
- Kurutma Silindiri Kapakları, D8
- Silindir Mil Yuvası, Alt
- Silindir Mil Yuvası, Üst
- Kurutma Silindiri Tahrik Kasnağı
- Motor Tahrik İletim Kasnağı
- Motor Taşıyıcı Gövdesi
- Buhar Boru Tesisatı ve Tesisat Elemanları
- Boru Tavası

Belirlenen parçalar içerisinde, kurutma kısmındaki yüksek maliyetli sorunları yaratan parçayı bulma amacıyla, mevcut bakım kayıtları esas alınarak ikinci bir Pareto analizi yapılmıştır. İlk Pareto analizi ile en önemli sorunların çıktığı yer tespit edilmişken, bu ikinci analizle de söz konusu yerde çalışan ve önemli sorunlar yaratan ürün veya parçanın bulunması

hedeflenmektedir. Yapılan Pareto analizi sonucu elde edilen grafik aşağıda verilmiştir. Verilen grafikte, genele oranı az tutan sınıflandırmaların toplam değeri “Diğerleri” ismi ile temsil edilmiştir.

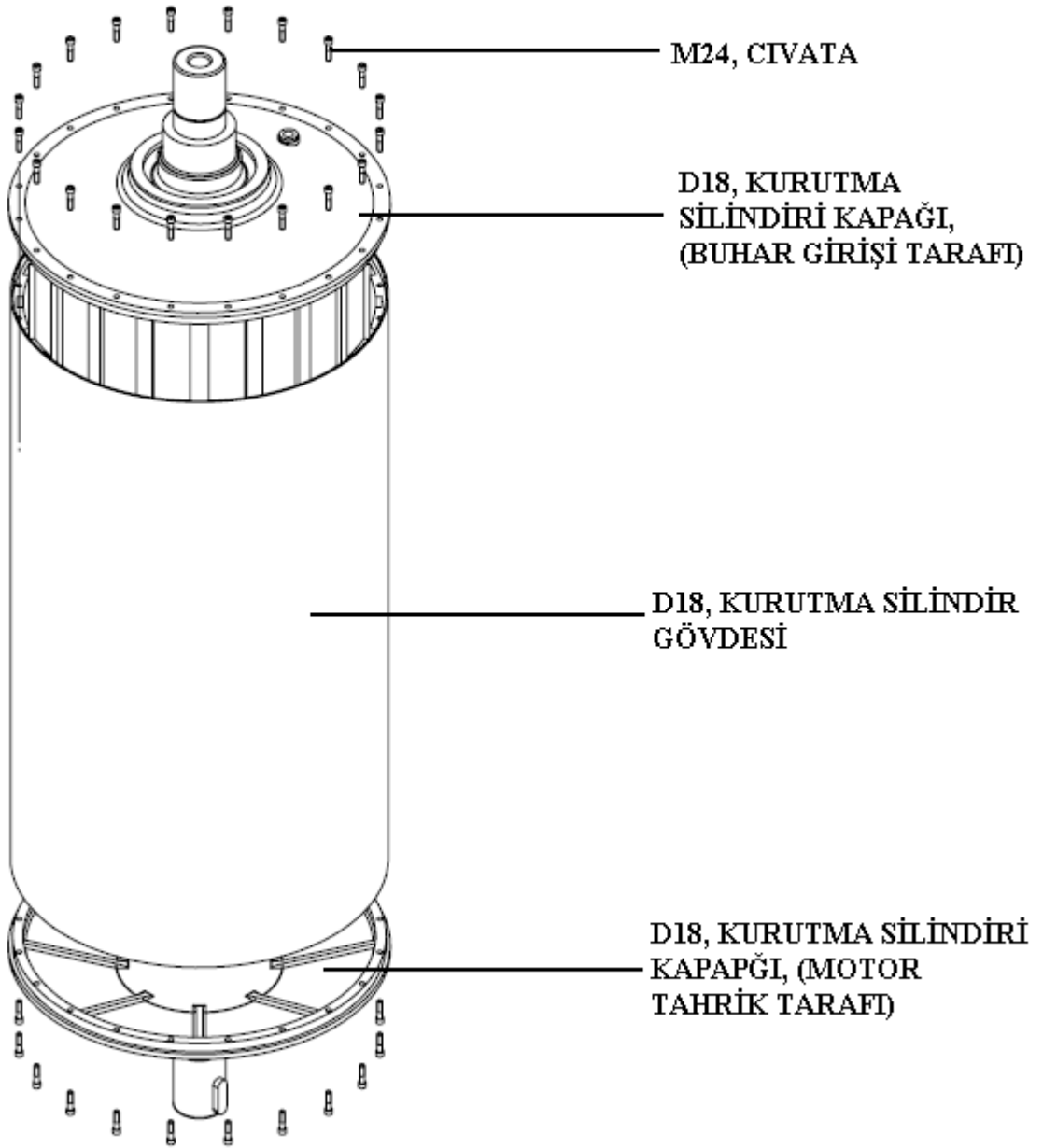


Şekil 10.5 Kurutma Kısmı Hata Adetleri Pareto Grafiği

#### 10.2.2.2 Sorunlu parçanın incelenmesi ve sorunun tespit edilmesi

Alt katmanlara ayırarak yapılan Pareto analizi çalışmaları sonucunda maliyet ve görülme sıklığı açısından en önemli sorunun D18 standardı kurutma silindiri kapaklarında olduğu belirlenmiştir. Sorunlu olarak belirlenen parçaya ait kusurların detaylarını bulmak için parçanın geometrik ve fonksiyonel olarak doğru tanımlanmasının faydalı olacağı öngörülmüştür.

İlgili parçanın ve ait olduğu grubun patlatılmış bir montaj resmi aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.6 Kurutma Silindiri Grubu Patlatılmış Montaj Resmi

Verilen patlatılmış resim, kurutma silindiri ve kurutma silindiri kapaklarının montaj ilkesini sergilemektedir.

Kurutma silindirleri grup olarak düşünüldüğünde, basınçlı kaplar sınıfına dahil edilmektedir. 1,8 m dış çap değerine sahip kurutma silindirlerinin ortalama cidar kalınlıkları 30mm değerindedir ve dış yüzeyleri taşlama işlemi ile parlatılarak, arasından geçen kâğıdın dokusunun kalitesini belirler.

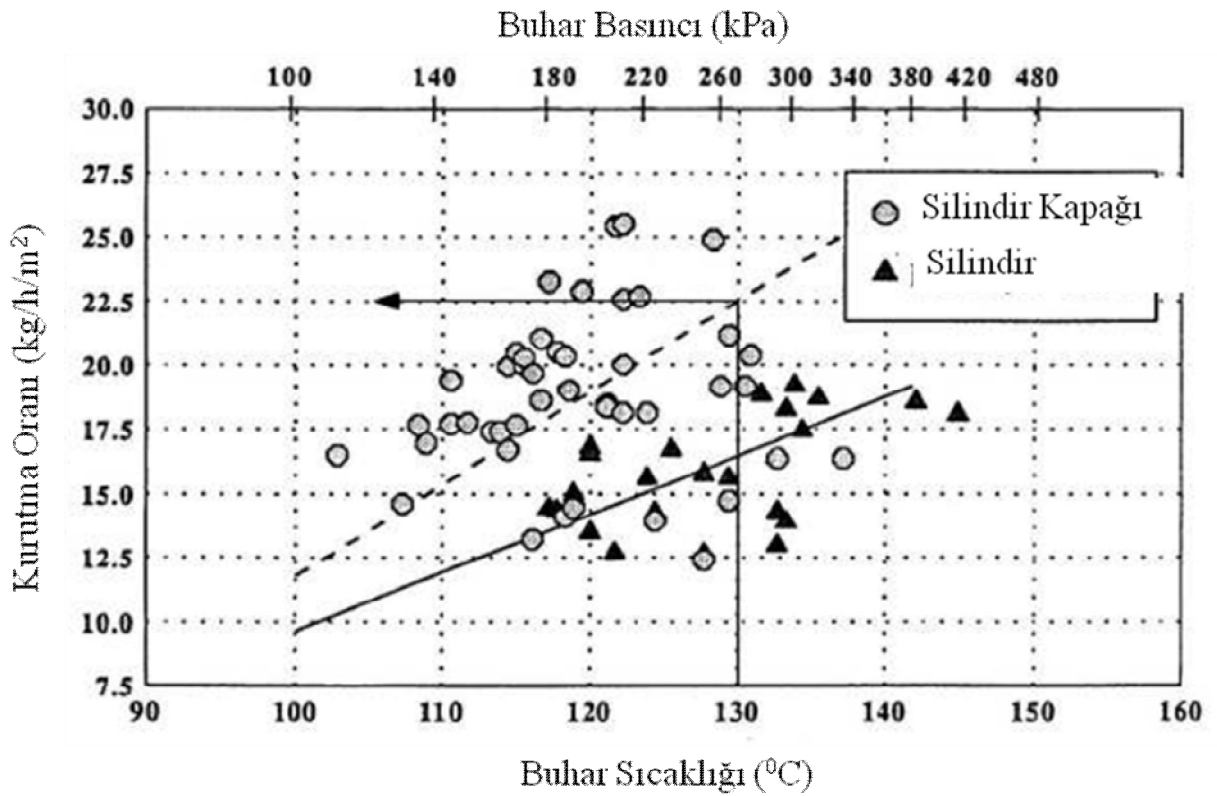
Kurutma silindirleri iki taraflarını kapatan kurutma silindiri kapaklarına, kalın ve fazla sayıda civata ile monte edilirler.

Kapaklardan bir tanesi silindirin dönmesi için motordan gelen tahrik hareketini, üzerindeki V-kasnak ve kama sayesinde kurutma silindirine iletir ve bu kurutma silindirinin sürekli dönmesini sağlar.

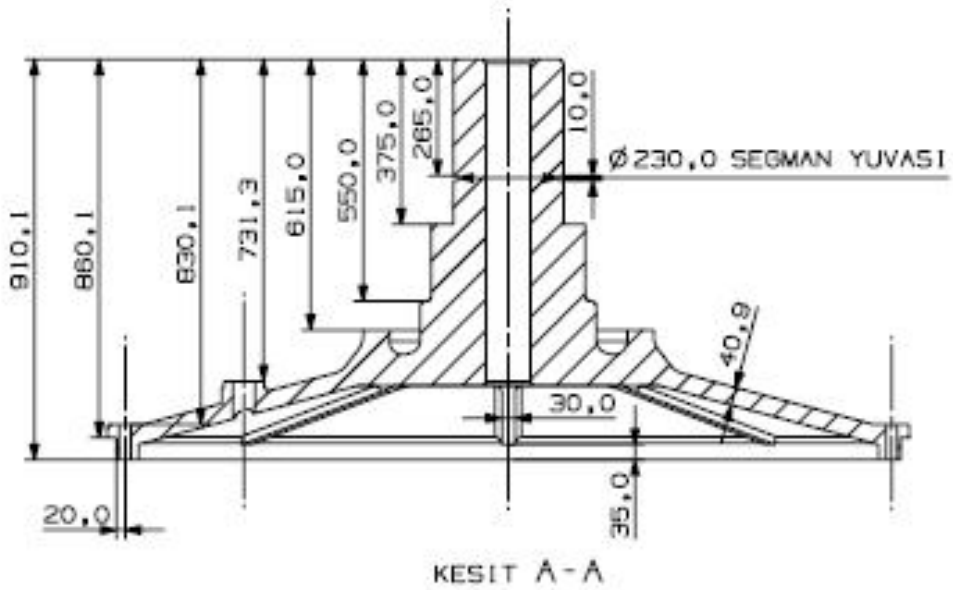
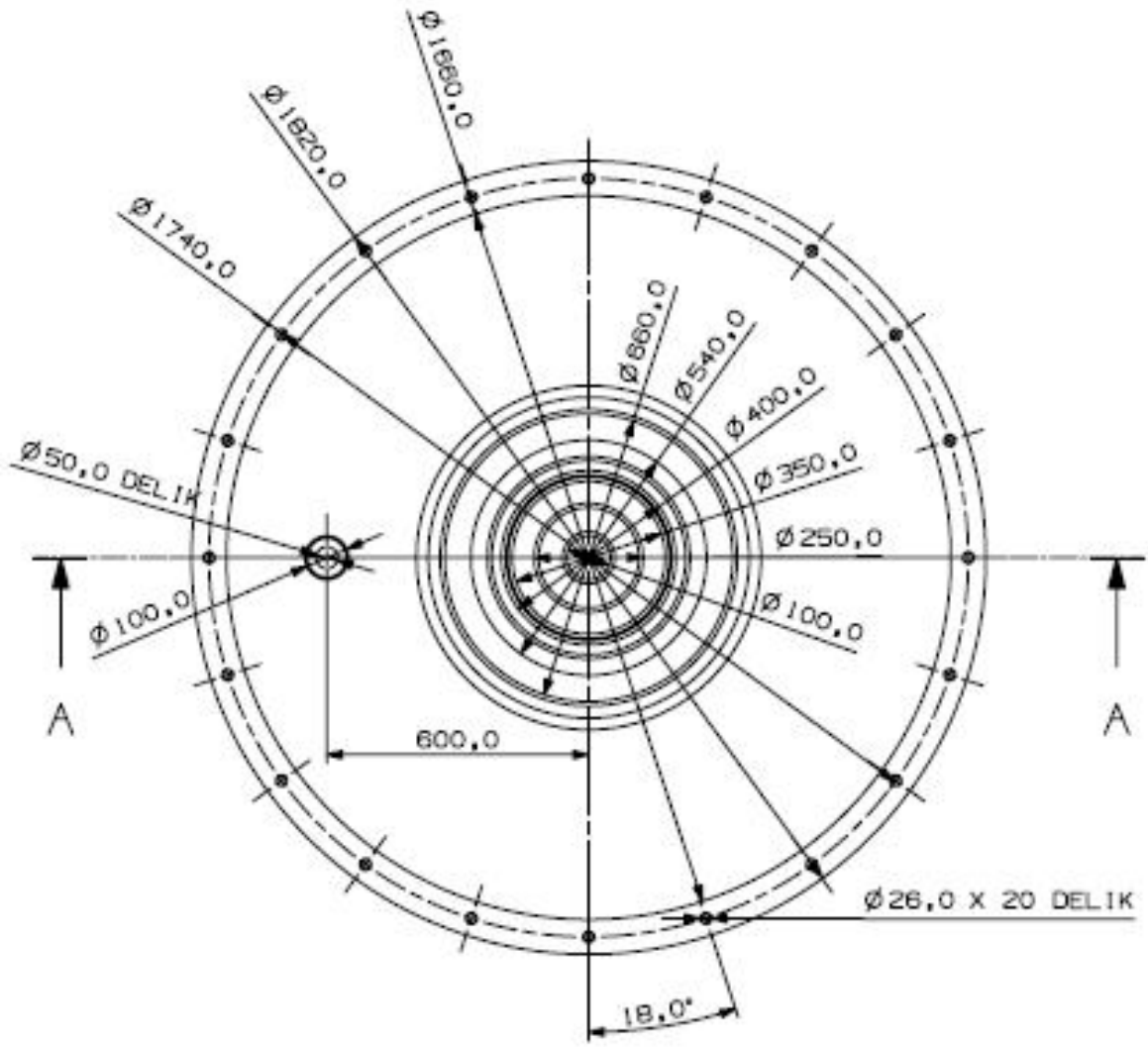
Kapaklardan bir diğeri buhar kazanında üretilen ve boru tesisatı ile taşınılan buharın silindirlere girişini sağlayacak bir besleme kanalına sahiptir. Aynı kapakta bulunan ikinci bir kanal, buharın yoğunlaşması ile ortaya çıkacak suyun toplanılmasında görev alır.

İçlerinde hiç kesintisiz sıcak buhar dolaşan silindir ve silindir kapaklarını etkileyen buhar basıncı ve sıcaklık değerlerini, kurutma oranına bağlı olarak gösteren grafik aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 10.2 Silindir ve Silindir Kapağı Çalışma Şartları



Grafikte görülmekte olan basınç ve sıcaklık değerleri etkisi altında kalan silindir kapağı, ASTM A48 sınıfı gri dökme demir malzemedeki döküm yoluyla üretilerek bir dizi talaşlı işlemeden sonra sisteme monte edilmekte ve öngörölmüş sınırlar dâhilindeki basınç ve sıcaklık altında sorunsuz çalışması beklenmektedir. Silindir kapağına ait detaylı bir imalat resmi aşağıda verilmektedir:



Şekil 10.7 Silindir Kapağı Teknik Resmi

Gerek malzeme çeşidi gerekse bazı yerlerinde 40 mm değerlerini geçen cidar kalınlıkları ile mekanik sorunlar yaratması öngörülme yen kurutma silindiri kapağında, bu aşamadan sonra daha detaylı incelemeler yapma gereksinimi doğmuştur.

Tasarım prensibi eski olan ürünün ilk tasarım dokümanları, firma arşivinden temin edilmiş ve ilk incelemeler dokümanlar üzerinden yapılmıştır. Yapılan incelemelerde mekanik hata etkenlerine karşı tasarım beklentilerini gösteren bir FMEA tablosu aşağıda verilmektedir:

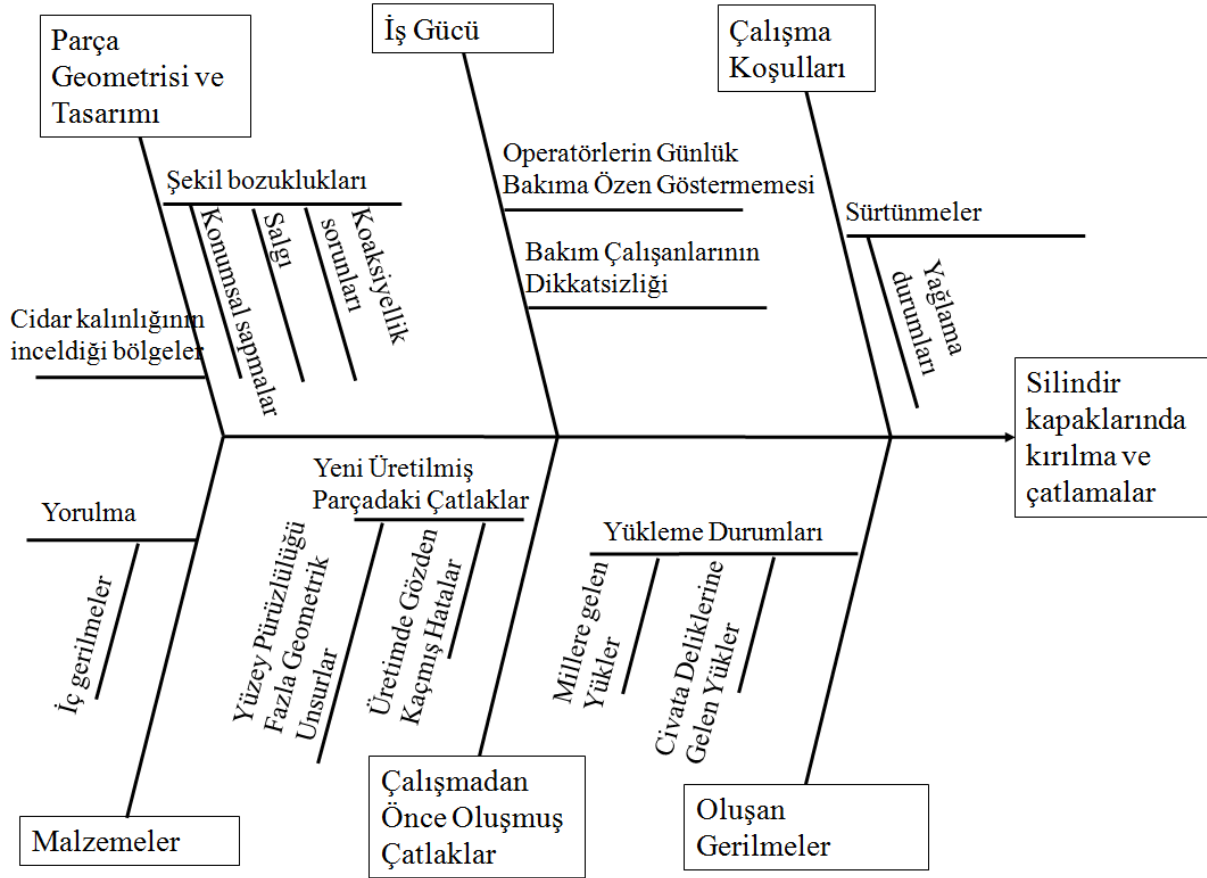
Çizelge 10.3 Silindir Kapağı için FMEA Tablosu

Hata Fonksiyonu	Olası Hata Türü	Etkileri	Puan (S) Önem Derecesi	Olası Hata Nedeni	Puan (O) Görülme Sıklık Derecesi	Süreç Kontrolleri	Puan (D) Fark Edilme Derecesi	R.Ö.S
Silindir kapağı	Korozyon	Malzeme ömründe azalma	3	Çevresel şartlar	3	Gözle muayene	3	27
	Sünme	Parça kesitlerinin zayıflaması	3	Yüksek sıcaklık	2	Uzunluk ölçümü	2	12
	Kırılma	Kırılma sonucu sistemin tamamen durması	8	Çatlak oluşumu ve büyümesi	3	Gözle muayene	3	72
	Darbe	Çatlak oluşumu	1	Kazalar	4	Gözle muayene	3	12
	Sıcaklık etkisi	Parçaların genişmesi	3	Ani sıcaklık değişimleri	2	Uzunluk ölçümü	2	12
	Aşınma	Parça ömründe azalma	3	Sürtünme	4	Pürüzlülük ölçümü	1	12

Yapılan FMEA (Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi) sonucunda en yüksek R.Ö.S (Risk Öncelik Sırası) değerine sahip hata türünün, yetmiş iki puan ile kırılma hataları olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma silindiri kapakları ile ilgili öncelikle risk etkisine sahip olan kırılma hata türü ile ilgili detaylı veriler FMEA tablosundan analiz edilememektedir. Her ne kadar hatanın kök nedeni ve hataya karşı alınacak kontrol konsepti görülebilse de, hatanın telafi edilme çalışmalarına başlamak için bu bilgiler yeterli olmamaktadır. Gerekli ve yeterli bilgilere ulaşmak, kurutma silindiri kapaklarında olabilecek kırılma problemlerine çözüm bulmaya

yardımcı olmak amacı ile sebep sonuç diyagramı (Ishikawa) oluşturulmuştur. Oluşturulan diyagram aşağıda verilmektedir:

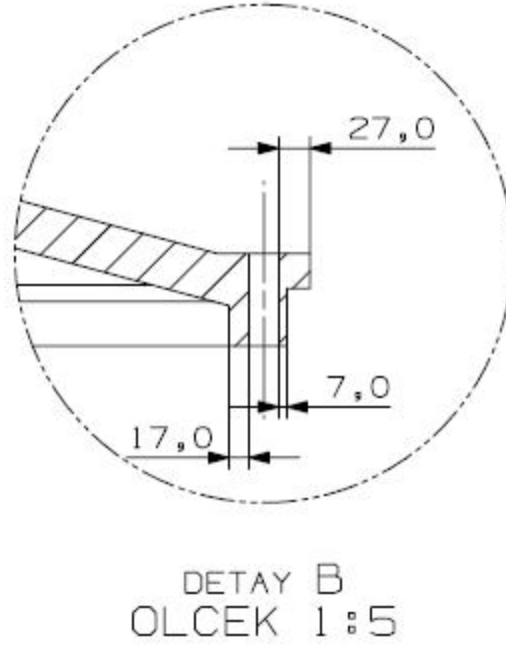


Şekil 10.8 Kırılma Problemi için Sebep-Sonuç Diyagramı

Yukarıda verilmiş ve silindir kapaklarında kırılma ve çatlama hataları ile ilgili nedenlerin araştırıldığı sebep-sonuç grafiği maddeleri ile ilgili ortak düşünceye ulaşılmış yorumlar aşağıda verilmektedir.

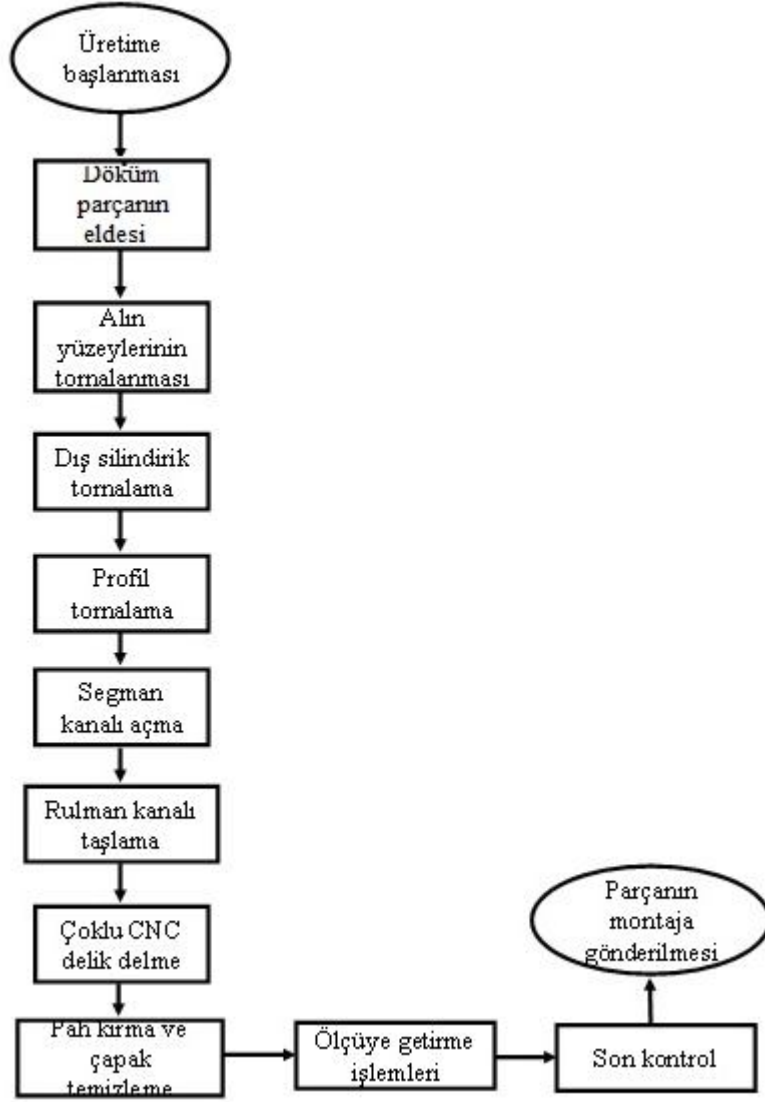
- Malzeme ve Çalışma Koşulları maddelerinin buna sebep olamayacağına karar verilmiştir. Bunun nedeni aynı çalışma koşullarında (sıcaklık, nem, basınç) aynı malzemeden üretilmiş silindir gövdelerinde aynı sıklıkta ve önemde hata meydana gelmemektedir. Buna rağmen yorulma özelliği daha iyi bir malzemenin aynı konstrüksiyon bünyesinde denemesi, gelecek çalışma hedeflerine dahil edilmiştir.
- İş gücü ile ilgili eğitim faaliyetlerinin önemi vurgulanmış ve müşteri şirketlere de bu önemin anlatılmasına karar verilmiştir.
- Yüklenme durumları karşısında oluşan gerilmeler ve parça geometrisinde ince

cidarların bulunma ihtimali, parça tasarımının yeniden gözden geçirilmesine karar verilmesini sağlamıştır. Yapılan değerlendirme sonucu cıvata deliklerinde cidarın incelendiği bir bölge keşfedilmiştir. Yeni ürünlerin tasarımında revizyon yapılacak bölgenin kesit resmi aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.9 Silindir Kapağı Delik Detay Resmi

- Görülen detay resminde, 17mm cidar kalınlığı esas olarak yapılmış tasarımda, sonradan uygulanmış değişiklik sonucu cidar kalınlığının da 7mm değerine düştüğü görülmektedir. Tasarımda yapılan bu değişiklik incelendiğinde, değişikliğin bir tarihte oluşturulan kapak oturma yüzeyi nedeni ile oluştuğu görülmektedir.
- Parça geometrisinin hataya neden olabilecek diğer bir özelliği olarak şekil bozuklukları belirlenmiştir. Bu durumla ilgili olarak delik merkezinde oluşabilecek konumsal sapmaların silindir deliklerinden kaçıklık yaratacağı ve cıvatanın tespit kuvvetini yalnızca eksensel değil aynı zamanda yanal dağıtacağı belirlenmiştir. Aynı problem delik ekseninin bileşme yüzeyine tam dik oluşmaması durumunda da kaynaklanabilmektedir.
- Son olarak çalışmadan önce oluşmuş çatlaklar maddesi üzerinde detaylı inceleme yapılmak istenmiştir. Bu sebeple üretim sırasında oluşacak hatalara karşı çalışanların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi öngörülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü fazla bölgeler ise doğrudan tespit edilememiş fakat bu amaca yönelik akış diyagramı gereksinimi duyulmuştur. Oluşturulan akış diyagramı aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.10 Silindir Kapağı İmalat Akış Şeması

Yukarıda verilen akış diyagramında belirtilen prosesler ve bu prosesler sonunda elde edilen yüzey kaliteleri teker teker incelenmiştir. Proses başına elde edilen pürüzlülük değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir:

Çizelge 10.4 Silindir Kapağı İmalatı Yüzey Pürüzlülük Değerleri

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ, Ra ( $\mu\text{m}$ )	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1
PROSES										
Alın tornalama										
Dış silindirik tornalama										
Profil tornalama										
Kanal açma										
Rulman yuvası taşlama										
CNC Delik delme										

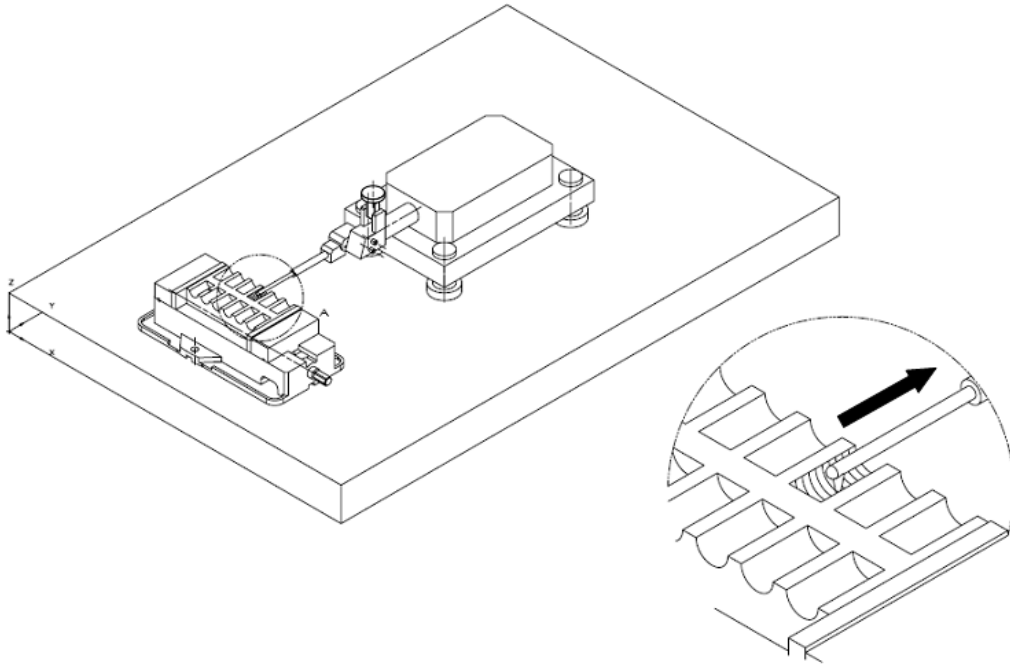


Normal şartlarda ulaşılmakta olan değerler



Olağan dışı durumlarda veya fazladan çabalarla ulaşılmış değerler

Pürüzlülük değerlerinde gerçek parça israfı olmaması için aynı malzemeden döküm yolu ile imal edilmiş düzlemsel plakalara delik delinmiştir. Daha sonrasında yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının rahat ve sağlıklı çalışabilmesi için delikli plakalar şerit testere yardımı ile delik merkezlerinden kesilmiş ve ölçüm bu yöntemle yapılmıştır. Ölçüm düzeneği şeması aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.11 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Düzeneği Temsili Resmi

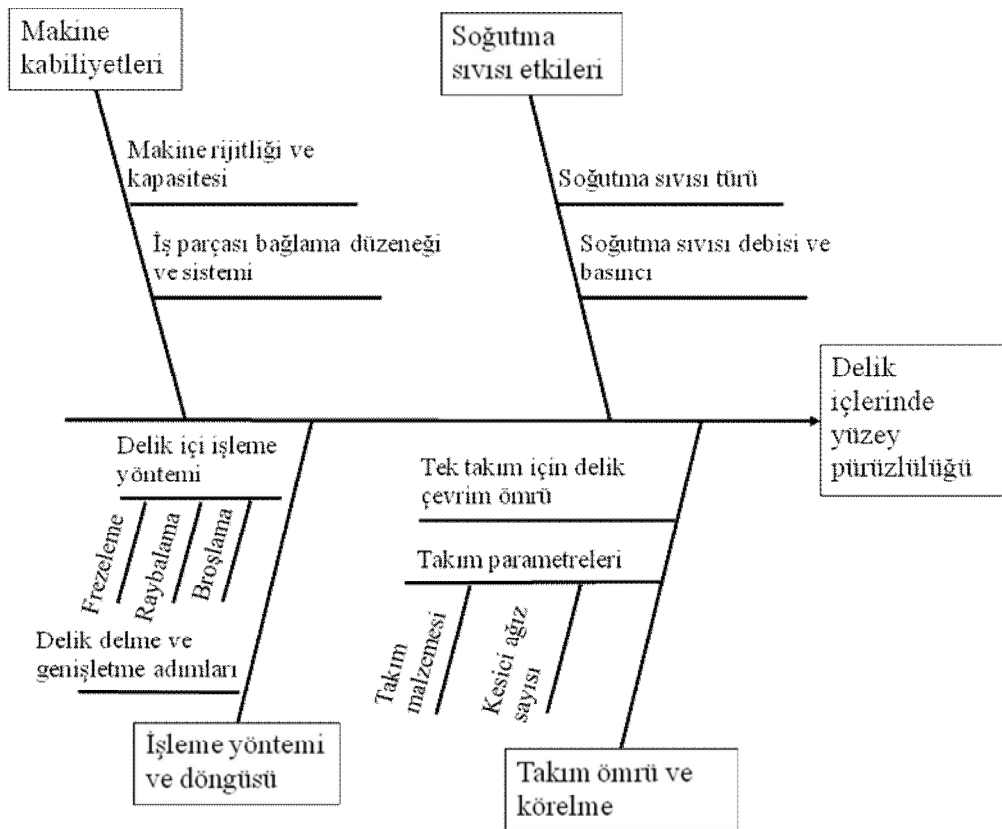
Elde edilen tablo incelenerek, mevcut hata türünün meydana gelme sebebi olabilecek en yüksek yüzey pürüzlülük değerlerine CNC delik delme operasyonunda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere CNC delik delme operasyonunda normal şartlarda

elde edilebilecek pürüzlülük değerleri Ra 25 $\mu$ m ve Ra 12.5 $\mu$ m olarak ortaya çıkmaktadır.

CNC delik delme operasyonu, silindir kapaklarında cıvata deliklerini delmek amacı ile kullanılmaktadır. Tasarım hatalarının da aynı geometride yapılmış olması, söz konusu deliklerde yapılacak çalışmaların ürün kalitesini büyük miktarda artıracığı anlaşılmıştır.

Cidarları belirli bir yerde incelen delikler, yüzey pürüzlülüğünün etkisi ile çatlak oluşumu için çok müsait durumdadırlar. Ölçümlerle elde edilmiş sıcaklık basınç tablosuna göre 125<sup>0</sup>C sıcaklıklarda 340kPa buhar basıncı etkisi altında kalan silindir kapağı, silindirle güç iletimini de bu deliklerden tespit edilmiş cıvatalar aracılığıyla sağlamaktadır. Bu sebeple büyük kayma gerilmeleri, yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında, pürüzlü yüzeylere etki etmektedir.

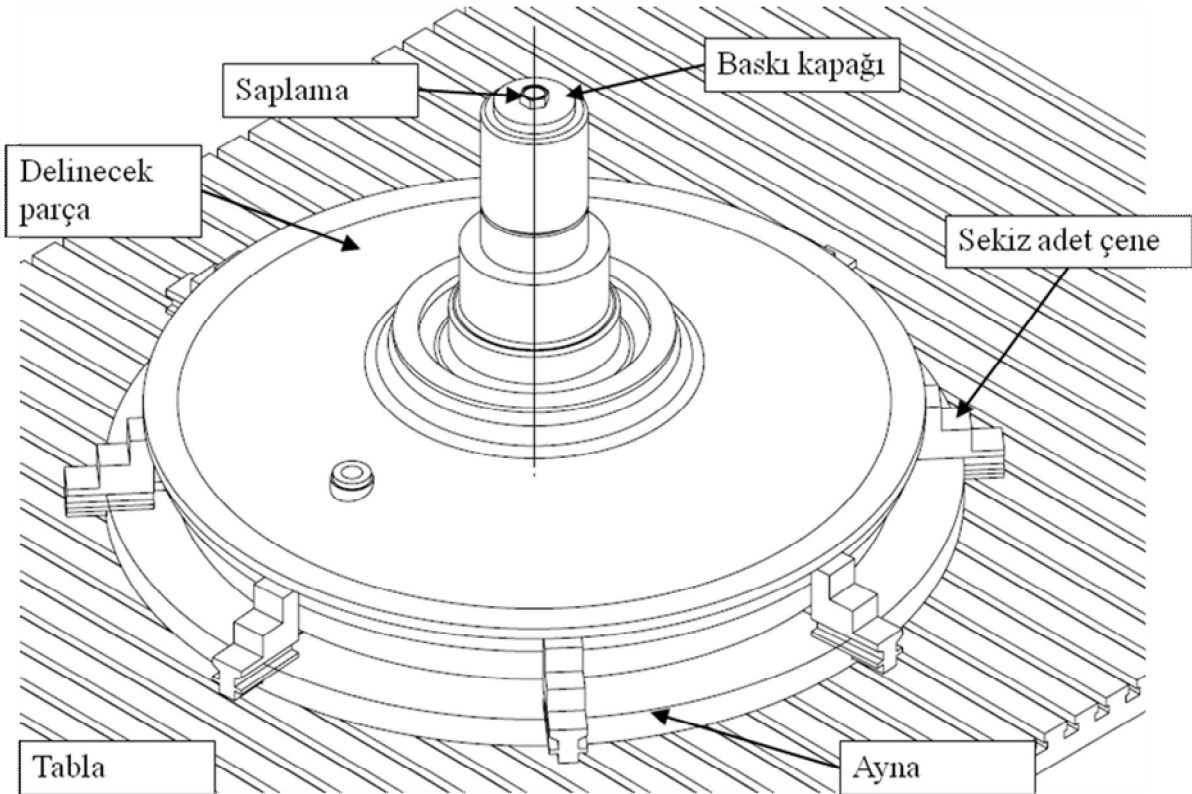
Pürüzlülük değerinin etkisi ve önemi belirlendikten sonra, delik delme operasyonlarında pürüzlülüğün azaltılması amaçlanmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerleri tablosundaki, CNC delik delme operasyonlarına ait ortalama değerler literatür referansları ve tezgah katalogları ile karşılaştırıldığında ulaşılan pürüzlülük değerlerinin azaltılma fırsatı olduğu görülmektedir. Bu hedef doğrultusunda mevcut pürüzlülük değerlerinin nedenleri araştırılmak üzere bir sebep sonuç diyagramı hazırlanmıştır. Söz konusu diyagram aşağıda verilmektedir:



Şekil 10.12 Delik İçi Yüzey Pürüzlülüğü Sebep-Sonuç Diyagramı

Yukarıda verilmiş ve delik içlerinde yüzey pürüzlülüğü ile ilgili nedenlerin araştırıldığı sebep sonuç grafiği maddeleri ile ilgili ortak düşünceye ulaşılmış yorumlar aşağıda verilmektedir.

- Soğutma sıvısı etkileri açısından soğutma sıvısı türü, kataloglarda tavsiye edilen türdedir ve sorunun kaynağı olması olası değildir.
- Soğutma sıvısı debisi ve basıncı ise CNC kontrol ünitesi tarafından otomatik olarak ayarlanmaktadır ve operatörden bağımsız olduğu için insan kaynaklı hatalar meydana gelemez.
- Makine kabiliyetleri etkileri açısından, makine rijitliği problemsizdir. Döküm gövdeden imal edilmiş makine, özel betondan dökülmüş temele büyük çapta saplamalar vasıtası ile sabitlenmiştir.
- İş parçası bağlaması hem ayarlanabilir çene vasıtası ile kenarlardan hem de mevcut aksenal delikten bağlanan kapakla sağlanmaktadır. Aşağıda parçanın tezgâha bağlanmasının şematik bir resmi verilmiştir:

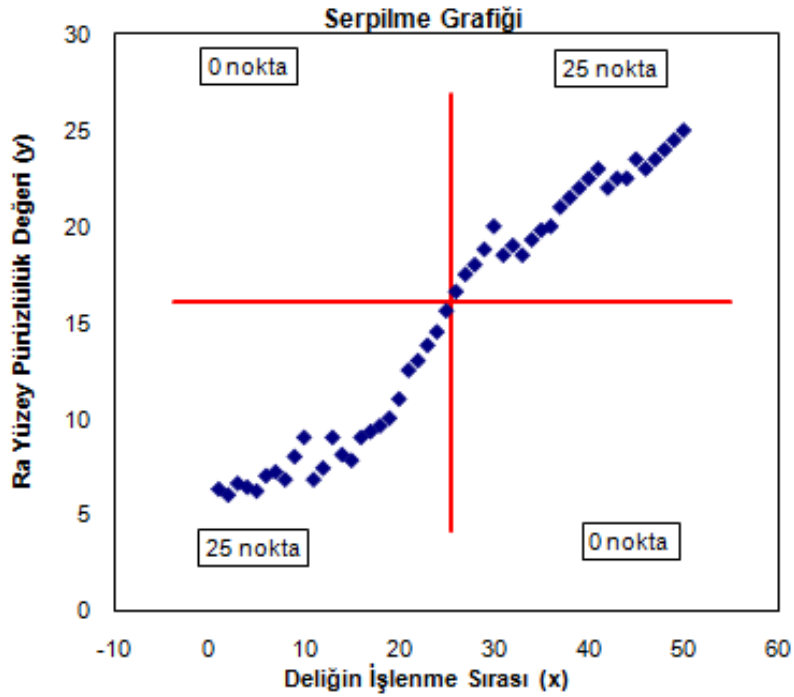


Şekil 10.13 Delik Delme İşlemi Parça Bağlama Düzeneği Resmi

- Takım ömrü ve körelme etkileri açısından, takım parametreleri başlığı altında yer alan takım malzemesi ve kesici ağız sayısı tavsiyeden edilen katalog değerleri esas alınarak geliştirilmiştir.

- Tek takım için delik çevrim ömrü değeri veya delik delme sayısı ile ilgili parametreler, geçmişten itibaren tecrübe ile aktarılan parametrelerdir ve delik delme sayısının takım körelmesi ve yüzey pürüzlülüğüne dolaylı etkilerinin incelenmesi kararı alınmıştır.
- İşleme yöntemi etkileri açısından, amaçlanan yüzey pürüzlülüğüne ulaşmak, mevcut literatürde delme yöntemi ile mümkün görülmektedir. Bunun için frezeleme, raybalama veya broşlama gibi farklı yöntemler gerekmemektedir.
- Delik delme ve delik genişletme ve ölçüye getirme mevcut operasyon planında birer adımda yapılmaktadır. Delik genişletme ve ölçüye getirme prosesi bir adım yerine iki adım olarak uygulanması, yüzey kalitesine etkilerinin araştırılması kararı alınmıştır.

Çizelge 10.5 Delik Delme Sayısı Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi



Yukarıdaki grafik incelendiğinde, aynı takım ile yapılmış toplam elli delik işleme sonucunda ulaşılan delik içi yüzey pürüzlülük değerleri takip edilebilir.

Söz konusu değerler takip edildiğinde işlenen ilk yirmiye yakın nokta ile yüzey pürüzlülük değeri arasında doğrudan bir bağlantı olmayacağı görülmektedir. Buna rağmen ilk işlenen yirmi civarındaki delikte yüzey pürüzlülük değeri beş ile on arasında seyretmektedir.

Geri kalan otuza yakın deliğin işlenmesi sırasında ise yüzey pürüzlülük değeri neredeyse hiç durmadan artış göstermektedir. Bu artış noktaları tam olarak bir doğru orantı oluşturmasalar dahi bağlı bir artışın kesintisiz devam ettiği sonucuna varılabilir.

### 10.2.2.3 İyileştirme planının yapılması

İncelemeler sonucu belirlenen iki temel hata karşısında, telafi edici iyileştirilmelerin yapılmasına karar verilmiştir. Bu iki ana iyileştirme maddesi aşağıda verilmektedir.

- Parça kırılmalarının sıkça gerçekleştiği ve risk etkisinin yoğun olduğu delik bölgesinde tasarım revizyonu yapılacaktır. Yapılan bu revizyon ile delik cidarlarının incelenerek 7mm değerine düştüğü bölgenin tasarımının iyileştirilmesi ve cidar kalınlığının artırılması planlanmaktadır. Buna ek olarak da parça imalat resminde revizyon yapılacak ve şekil bozukluklarının sınırlarını belirlemek için geometrik ürün spesifikasyonları ve geometrik toleranslardan faydalanılacaktır.
- Delik içlerindeki yüzey pürüzlülük koşullarının çatlak başlangıcına sebebiyet verdiği ve kırılmalara yol açma riskleri taşıdığı belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaltılması amaçlı takım ömrü sınırlaması getirilmesinin uygun olduğu görülmüştür. Delik delme faaliyetleri takım başına 20 delik olarak sınırlandırılmıştır ve kullanılmış takımlar, daha kaba işlemlerde kullanılmak üzere muhafaza edilecektir.
- Çalışanlar için uygulanmakta olan eğitim programları gözden geçirilecektir. Bu amaçla hem imalatçı firma tezgâh operatörleri ve montaj teknisyenleri, hem de müşteri firma üretim ve bakım personeli için eğitimler düzenlenecektir.
- Son olarak yeni geliştirilecek parça, modül, makine ve tesisler için yorulma özellikleri daha iyi malzemeler kullanılmak üzere denenecektir. Malzeme ile ilgili denemeler, yeni proje süreçlerinde uygulanacağı için bu tez çalışması dahilinde incelenmeyecektir.

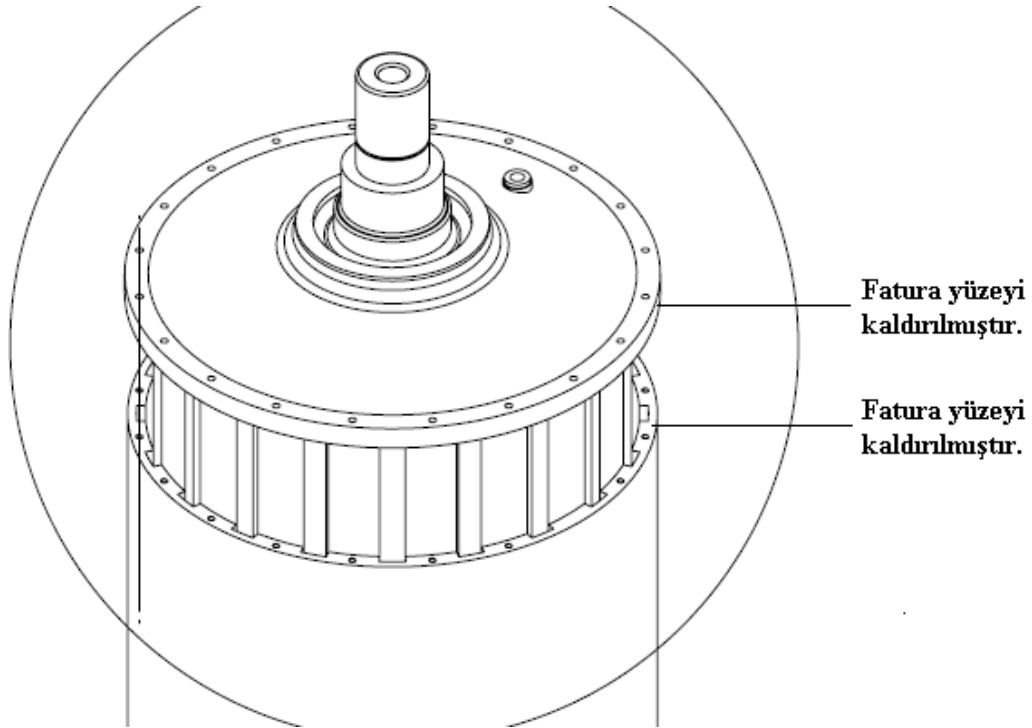
### 10.2.3 Uygula (Do)

Planlama aşamasında alınan kararlar uygulama aşamasında kategorilere ayrılarak uygulanacaktır. Uygulamalar tasarım ve yüzey kalitesinde iyileştirme alanlarında yapılacaktır.

#### 10.2.3.1 Parça tasarımında iyileştirmenin yapılması

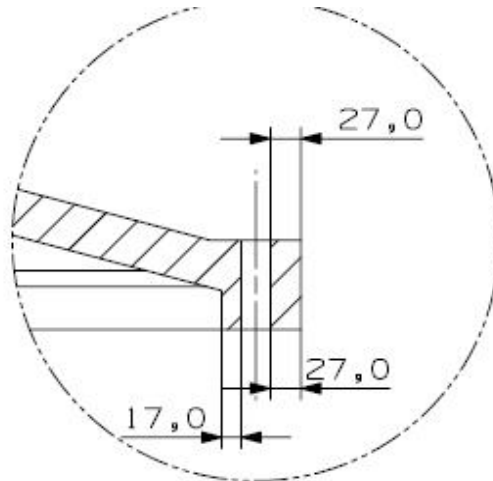
Parça tasarımı incelendiğinde, cidarı incelen bölgenin silindir ile silindir kapağının birleştiği bölge olduğu görülmektedir. Neredeyse tam birleşim yerinde yapılan bu tasarım hatasının sebebinin, tasarımda önceden yapılmış bir değişiklik olduğu görülmektedir. Aslında delik cidarı kalınlığı sabit olan silindir kapağında, silindirle tam oturmasını ve sızdırmazlığı sağlayacak bir fatura yapılmış ve bu sebepten delik cidarı incelmıştır. Yeni tasarımda bu

fatura kaldırılmış ve cidarın sabit devam etmesi sağlanmıştır. Fatura kaldırılan birleşim yerinde, sızdırmazlığın sağlanması kimyasal bir dolgu maddesi vasıtası ile yapılacaktır. Tanımlanan yeni tasarım prensibi aşağıdaki montaj resmi üzerinde görülebilmektedir.



Şekil 10.14 Yeni Tasarım Montaj Resmi

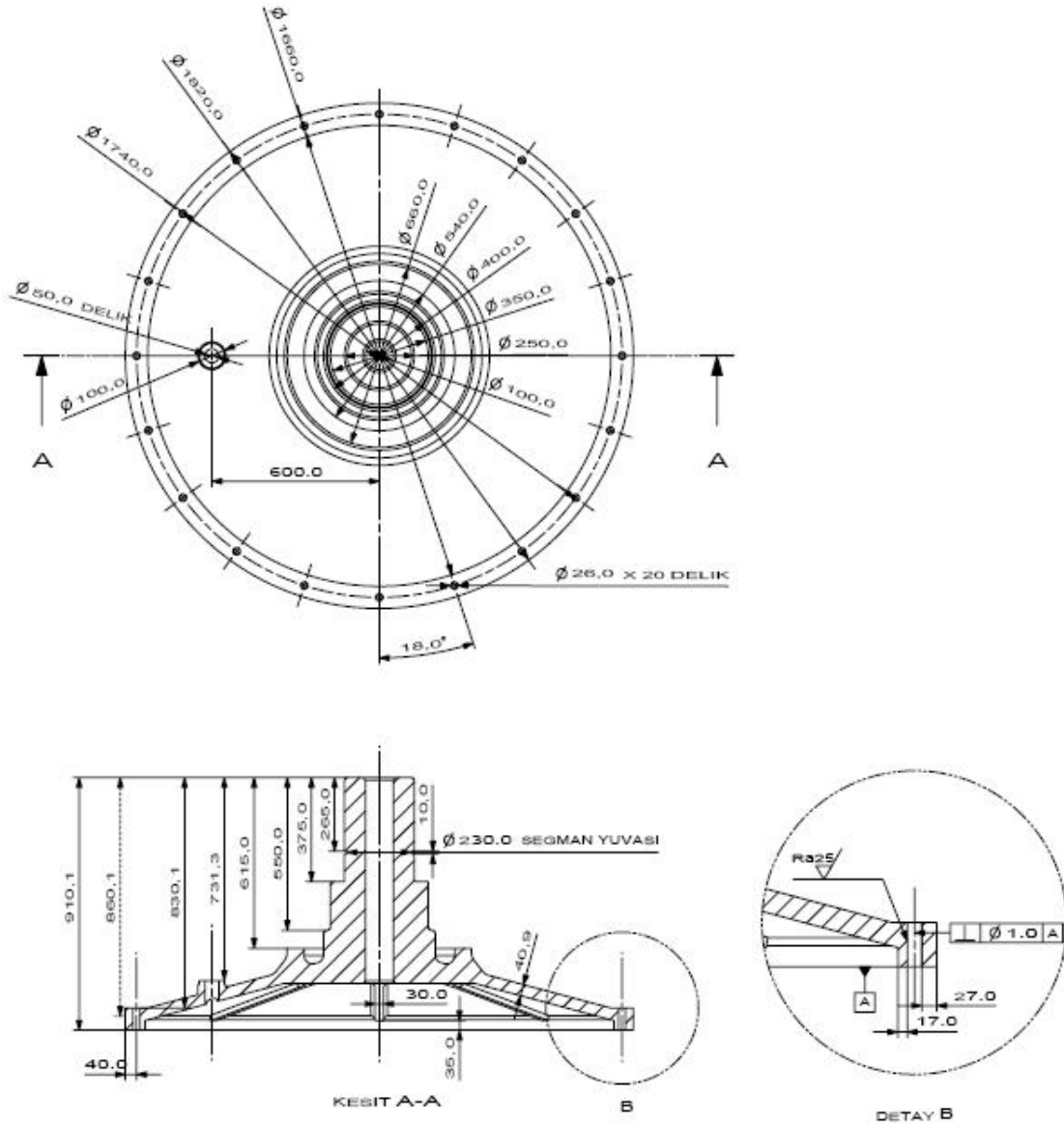
Yapılan yeni düzenlemeyle, delik yanı cidar kalınlığı 27 mm değerine çıkartılmıştır. Aşağıda bu düzenleme ile ilgili detay resim verilmektedir.



Şekil 10.15 Yeni Delik Tasarımı Detay Resmi

Tasarımda olmayan fakat tasarım ile ilgili olan son değişiklik parça imalat resmine eklenen geometrik toleranslardır. Bu toleranslar ilk aşamada, çözülmesi hedeflenen kalite sorununun olduğu delik bölgesinde temsil edilmiştir.

Aynı delik bölgesinde diğer önemli parametre olan yüzey pürüzlülüğü değeri son imalat resminde gösterilmiştir. Parça imalat resminin son hali aşağıda verilmektedir.



Şekil 10.16 Yeni Parça İmalat Resmi

### 10.2.3.2 Yüzey kalitesinde iyileştirmenin yapılması

Kurutma silindiri kapağı parçalarındaki en olası hata türünün parça kırılmaları olduğunun belirlenmesini müteakip, her kırılmanın küçük bir çatlakın büyümesi sonucu oluşacağına dikkat çekilmiştir. Yüksek sıcaklıkta ve basınçta buharın etkilediği kapak parçasının, güç iletimi sırasında en yüksek kayma gerilmelerinin meydana geldiği yer, bağlantı civatası delikleridir. Pürüzlü yüzeylerde küçük çatlakların oluşum riskinin yüksek olduğu gerçeği, kayma gerilmelerinin etki ettiği delik iç yüzeylerinin kalitesini artırma gereksinimi

doğurmuştur. Pürüzlülüğün sebepleri araştırıldığında belirlenen, takımların delik delme sayısına bağlı körelerek yüzey kalitesini etkilediği gerçeği dikkate alınmalıdır. Bu gerçek doğrultusunda parçanın operasyon sayfalarında aynı takım ile delik delme sayısı 20 olarak belirlenmiş ve bununla ilgili direktifler operasyon sayfalarına eklenmiştir.

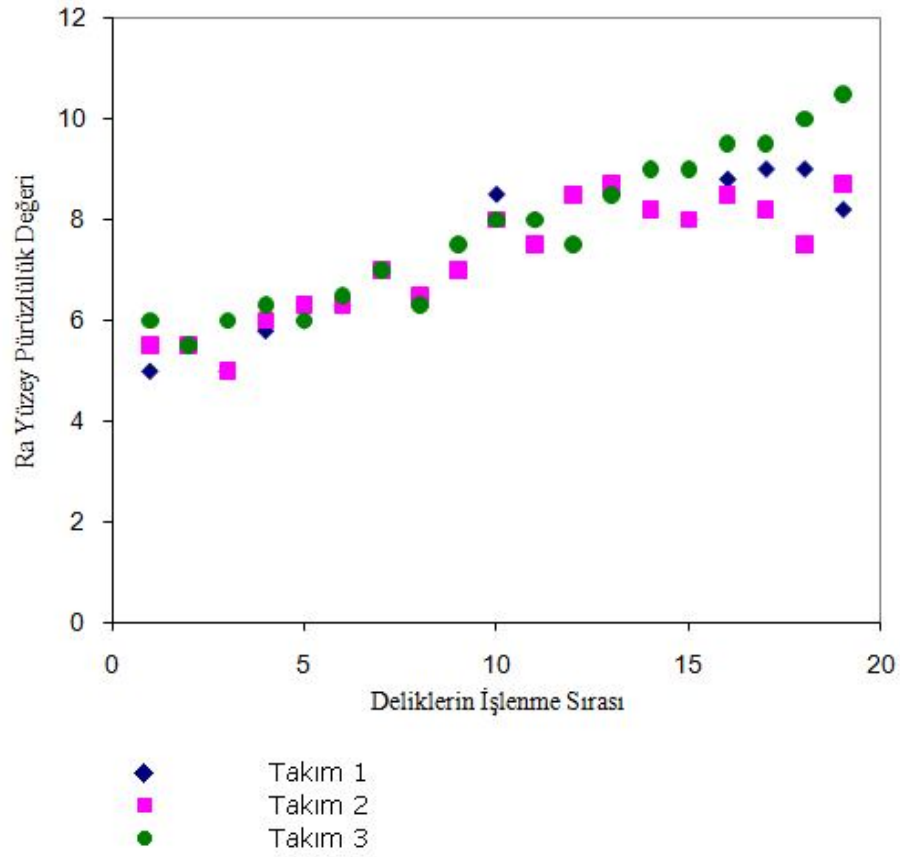
#### **10.2.4 Kontrol et (Study)**

Yapılan uygulamalardan, yüzey pürüzlülüğünü iyileştirme uygulaması gözlem altına alınmıştır.

##### **10.2.4.1 Yüzey kalitesinde iyileştirmenin yapılması**

Gözleme sürecinin ilk belirlemesi beklenen hedefi, seçilen delik delme döngüsü sayısının uygun olup olmadığıdır. Bu gözlemin doğru bir biçimde yapılması ve farklı kaynaklardan gelen verilerin birbirleri ile karıştırılmadan analiz edilmesi için katmanlara ayırma tekniği ve serpilme grafiği tekniği birlikte uygulanacaktır. Söz konusu tekniklerin uygulanmasında üç adet farklı takım ile belirlenmiş olan delik döngü sayısında delik delme ve işleme yapılacak, yapılan işlemler sonucunda ise tüm veriler aynı serpilme grafiği vasıtası ile karşılaştırılacaktır.

Çizelge 10.6 Farklı Takımlar için Delik Sayısı ve Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi Grafiği



Yukarıda görülen katmanlara ayrılmış serpilme grafiğinde her takım farklı noktalarla gösterilmektedir. Takımlarla daha önce yapılmış uygulamaya benzer bir uygulama yapılmış olup, her takımla yirmi adet delik işleme yapılmış ve işlenmiş delikler, işleme sırası ve elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ile bir grafikte temsil edilmiştir.

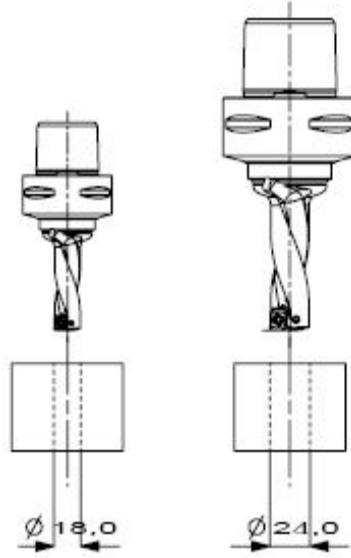
Önceki uygulamada aynı takımla yirmi sefer olarak belirlenen delik delme sayısı, kontrol edildiğinde takımlar arasında küçük değişiklikler görülmüştür.

Yukarıdaki grafikte kare ve kare noktalarla temsil edilen takım 1 ve takım 2 yirmi delik delme döngüsüne kadar rasgele ve nispeten yakın yüzey pürüzlülük değerlerine sahiptir. Buna rağmen daire ile temsil edilen takım 3 ile işlenen delikler, 15 delik işleme sayısından sonra sürekli artan bir yüzey pürüzlülük değerine sahip olmaktadır.

#### 10.2.4.2 Takım değiştirme ve tasarruf uygulamaları

Kontrol uygulamalarının ikincisi olarak, kısa sürede kullanımdan kaldırılan takımlar ele alınmıştır. Normal şartlarda deliklerin oluşturulması iki proses adımından oluşmaktadır. Aşağıda sol resimde gösterilen birinci adımda delik çapı 18mm değerinde bir takımla

delinmektedir. Aşağıda sağ resimde gösterilen ikinci adımda ise delik çapı 24mm değerinde bir takım ile genişletilmekte ve ölçüye getirilmektedir.



Şekil 10.17 İlk Aşamada Kullanılan Takımlar

Delik delme ve genişletmede kullanılan 24 mm çap değerindeki takım, sınırlanan sayıda delik deldikten sonra ayrılmakta ve başka işlemlerde kullanılmak üzere takım deposunda beklemektedir. Uzun süre ilgili takıma uygun kaba iş çıkmaması durumunda, kısa süre kullanılmış takımlar stok maliyeti, toplam maliyeti etkileme şansına sahiptir.

### 10.2.5 Harekete geç (Act)

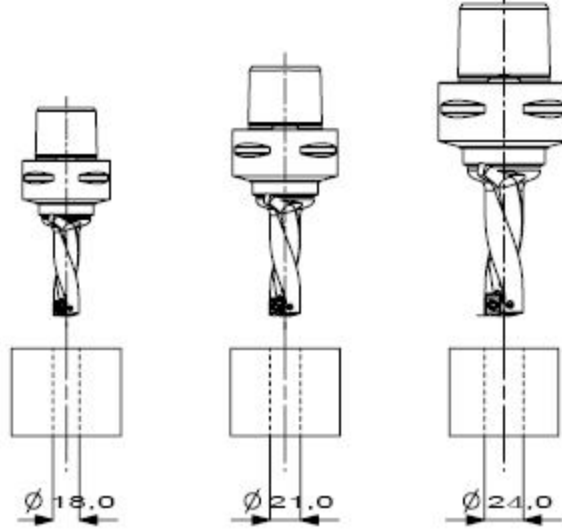
Kontrol etme adımında yapılan tespitler sonucu ortaya çıkan durumlara, döngünün son adımı olan harekete geç adımında, iyileştirici yönde müdahale edilecektir.

#### 10.2.5.1 Takım değiştirme limitlerinin tespit edilmesi

Bu nedenlerden dolayı, süreci daha da iyileştirme için yeni bir uygulama yapılmasına karar verilmiştir. Bu yeni yöntemde CNC makine imalatçısı firma ile birlikte çalışılacak ve sisteme bir tork sensörü entegre edilecektir. Entegre edilecek bu sensör sayesinde, fener miline gelen talaş kaldırma yükleri, fener milinin çektiği akımın değişimi sayesinde belirlenecek ve bu operatör panelinden izlenebilir grafikler halinde yansıtılacaktır. Daha önceden, yüzey pürüzlülüğünün iyi olduğu gösterge değerleri belirlenecek ve operatör, bu değerler aşıldığında takım değiştirilecektir.

### 10.2.5.2 Takım değiştirme ve takım tasarrufu yönünde iyileştirme

Kontrol etme adımında tespit edilen iki nedenden ötürü iyileştirme uygulamasında, üretim sürecinin iyileştirilmesi için yöntemde değişikliğe gidilmiştir. Yapılan değişiklik doğrultusunda delik oluşturma prosesi iki adımdan üç adıma çıkartılmıştır. Bu yeni düzenleme ile aşağıda sol resimde gösterilen birinci adımda delik çapı 18mm değerinde bir takımla delinmektedir. Aşağıda orta resimde gösterilen ikinci adımda delik çapı 21mm değerine genişletilmektedir. Aşağıda sağ resimde gösterilen son adımda ise delik çapı 24mm ölçüsüne getirilmektedir.

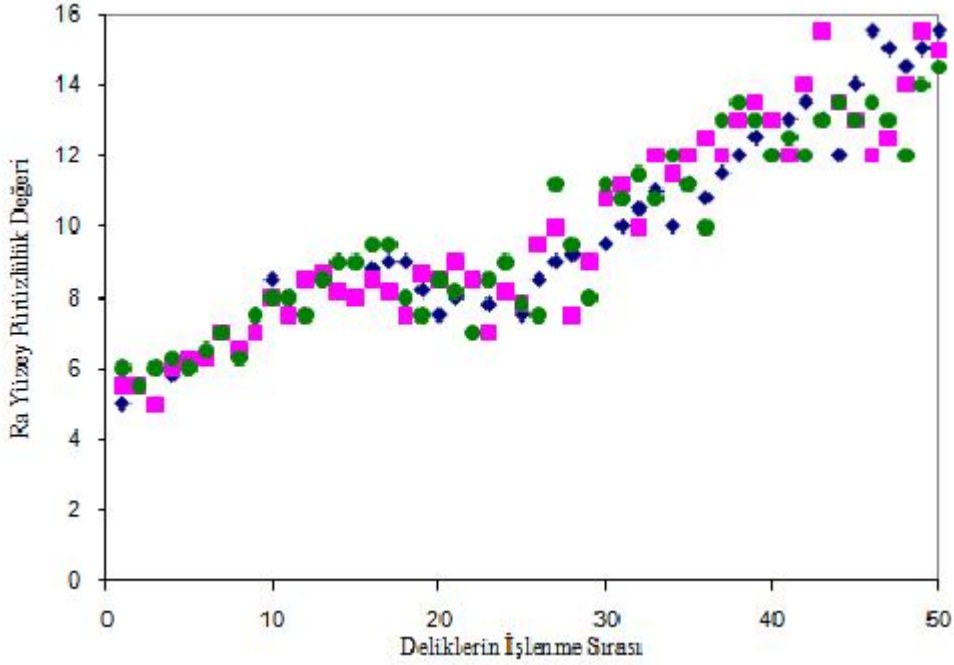


şekil 10.18 İyileştirme Sonucunda Kullanılan Takımlar

Eski sistemde genişletme ve ölçüye getirme işlemini tek başına yapan takım, ortalama yirmi delik deldikten sonra körelmekteydi. Daha sonrasında ayrılan kör takımlar, başka işlerde kullanılmadıkları sürece stok maliyetlerini artırıyorlardı. Bu yeni proses adımları sonucunda genişletme ve ölçüye getirme iki ayrı takım tarafından yapılmaya başlandı. Genişletme işleminde, daha önceden ölçüye getirmede kullanılmış takımlar kullanılarak kör takımlar yine aynı parçanın işinde değerlendirilmiş oldu. Bununla birlikte ölçüye getirme işlemini yapacak yeni takım daha az talaş kaldırma yükü etkisinde kaldığı için ortalama delik delme sayısı yirmi altı delik adedine çıkmış oldu.

Bu yeni durumun test edildiği elli adet delik delme operasyonu ve yüzey pürüzlüğünü gösteren serpilme diyagramı aşağıda verilmektedir.

Çizelge 10.7 İyileştirme Sonucunda Farklı Takımlar için Delik Sayısı ve Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi Grafiği



### 10.3 Uygulamanın Verimliliğe Etkileri Açısından İncelenmesi

Yapılan iyileştirme uygulamasının verimliliğe etkileri incelenmesi amaçlanmaktadır. İncelemenin yapılacağı prensipleri belirlenirken, ilk olarak kalite iyileştirme faaliyeti sonucunda ulaşılabilecek yüzey pürüzlülüğü değerinin gerekliliği ön kabul alınmıştır. Bunun sebebi, belirlenen yüzey pürüzlülüğü değerinden daha yüksek pürüzlülüğün parçanın kırılmasına sebep olduğu ve hem ilgili parçada hem de sistemde yenilemeler yapılmasını gerektirdiğidir. Herhangi bir ürün garanti kapsamında yenilediği takdirde verimlilikten söz etmek mümkün olmamaktadır. Bunun sebebi verimlilik bölümünde ortaya konulan parasal verimlilik formülü incelenerek görülebilir.

$$Verim = \frac{\text{Çıktı}[\text{Parasal değer}]}{\text{Girdi}[\text{Parasal değer}]} \quad (10.1)$$

Buradaki verim ekonomik verim olarak hesaplandığında tek bir parça satışı çıktı olarak tek bir parça ücreti getirecektir. Oysa garanti kapsamında yenileme yapıldığında, kırılan parça yerine verilecek yeni parçanın üretiminde aynı miktar girdi kullanılacaktır. Bu şekilde bakıldığında yeni verim değerinin hesaplanması aşağıda verilmiştir:

$$Verim = \frac{\text{Çıktı}}{(\text{Girdi} + \text{Girdi})} = 0,5V \quad (10.2)$$

### 10.3.1 Takım değiştirme ilişkisinin verimliliğe etkisi

Öncelikle alışıl gelmiş yöntemin kullanımı, amaçlanan pürüzlülük değerine ulaşmaya çalışırken aynı takım ile delinebilecek en fazla delik sayısı delinecek ve körelen takım diğer parça işlemlerinde kullanılmak üzere bekleyecektir. Takımın kullanımına uygun parçanın çıkmaması durumunda ise hurda olarak nitelendirilecektir. Alışıl gelmiş durumundaki işleme stratejisinde delik genişletme ve deliği ölçüye getirme de aynı takım kullanıldığı için bu takımın kullanım sayısı ortalama yirmi delik olarak belirlenmiştir.

Ø18 ve Ø24 ile Delinebilecek deliklerin ortalama sayısı = 20 Delik

Ø18, Ø21 (Bilenmiş Ø24) ve Ø24 Delinebilecek deliklerin ortalama sayısı = 26 Delik

Yukarıda verilmiş iki durum için malzemenin kısmi verimi hesaplandığına aşağıdaki durum ortaya çıkacaktır.

Alışıl gelmiş durum:

$$Verim = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Delinebilen delik sayısı}}{\text{Satın alınan takım sayısı}} = \frac{20}{2} = 10V \quad (10.3)$$

İyileştirilmiş durum:

$$Verim = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Delinebilen delik sayısı}}{\text{Satın alınan takım sayısı}} = \frac{26}{2} = 13V \quad (10.4)$$

Ortalama değerlerin hesaplanması ile elde edilen sonuçlardan, iyileştirilmiş durumda verimin arttığı açıkça görülebilmektedir.

İkinci olarak iyileştirilmiş durum ile alışıl gelmiş durum arasında, zaman açısından kısmi verim hesaplanmıştır. Kullanılan takım üreticisinin katalog değerlerinden alınan talaş kaldırma oranı sabitleri ve firmanın diğer işlem parametreleri ile oluşturulmuş çizelge aşağıda görülmektedir.

Çizelge 10.8 İşlem Parametreleri

	İşlem 1	İşlem 2	İşlem 3	İşlem 4
Takım Çapı (mm)	18	21	24	24
Delik Çapı (mm)	18	21	24	24
Önceki Delik Çapı (mm)	0	18	21	18
Delme Derinliği (mm)	26	40	80	26
Talaş Kaldırma Oranı (mm <sup>3</sup> )	92000	108000	114000	114000
Boşta Hareket Sayısı (Adet)	2	1	0	2
Boşta Hareket Başına Ortalama Zaman (dak)	0,1	0,1	0,1	0,1
Kaldırılan Toplam Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	26475,429	14708,571	33942,857	20592
Toplam İşleme Zamanı (dak)	0,7755528	0,372380952	0,297744361	0,74189474
Ø18 ve Ø24 ile Delme Zamanı (dak)				1,5
Ø18, Ø21 ve Ø24 ile Delme Zamanı (dak)				1,4

Çizelge yer alan işlemlerin açıklamaları, sıralanan maddelerde verilmiştir.

- İşlem 1: 18 mm çaptaki takım ile yapılan ilk delik delme operasyonudur. Takım tipi, malzemesi ve parça malzemesine göre, takım imalatçısının kataloglarından alınan Talaş Kaldırma oranı 92000 mm<sup>3</sup>/ dak değerindedir. İlk delik delme operasyonu için takımın ilk girişi ve son çıkışı dışında, talaş boşaltma amaçlı 2 giriş-çıkış daha yapılmaktadır. Bunlar için ortalama zaman 0,1 dak olarak alınmıştır.
- İşlem 2: 21 mm çaptaki takım ile yapılan ilk delik delme operasyonudur. Takım tipi, malzemesi ve parça malzemesine göre, takım imalatçısının kataloglarından alınan Talaş Kaldırma oranı 108000 mm<sup>3</sup>/ dak değerindedir. İlk delik delme operasyonu için takımın ilk girişi ve son çıkışı dışında, talaş boşaltma amaçlı 1 giriş-çıkış daha yapılmaktadır. Bunlar için ortalama zaman 0,1 dak olarak alınmıştır.
- İşlem 3: 24 mm çaptaki takım ile yapılan ilk delik delme operasyonudur. Takım tipi, malzemesi ve parça malzemesine göre, takım imalatçısının kataloglarından alınan Talaş Kaldırma oranı 114000 mm<sup>3</sup>/ dak değerindedir. İlk delik delme operasyonu için takımın ilk girişi ve son çıkışı dışında, talaş boşaltma amaçlı giriş-çıkış daha yapılmamaktadır. Bunun sebebi 21 mm çapındaki takımın oluşturduğu deliğin, 24 mm çapındaki takımın oluşturduğu talaşın boşalması için yeterli olmasıdır.
- İşlem 4: 24 mm çaptaki takım ile yapılan ilk delik delme operasyonudur. Takım tipi, malzemesi ve parça malzemesine göre, takım imalatçısının kataloglarından alınan Talaş Kaldırma oranı 114000 mm<sup>3</sup>/ dak değerindedir. İlk delik delme operasyonu için takımın ilk girişi ve son çıkışı dışında, talaş boşaltma amaçlı 2 giriş-çıkış daha

yapılmaktadır. Bunlar için ortalama zaman 0,1 dak olarak alınmıştır.

Tüm işlemler için toplam işleme aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam işleme zamanı (dak)} = \pi \times \text{Delme derinliği} \times (\text{Delik çapı}^2 - \text{Önceki delik çapı}^2) \quad (10.5)$$

Tablodan da görülebileceği gibi iki farklı stratejinin gerektirdiği toplam süreler ortaya konulmuştur.

Mevcut tabloya göre:

Alışlagelmiş durum için bir delik delme süresi = 1,5 dak

İyileştirilmiş durum için bir delik delme süresi = 1,4 dak

Bir parça için yirmi adet delik delme gereksinimi olduğu düşünülürse, bir parçanın delik delme süreleri:

Alışlagelmiş durum için bir parça delik delme süresi = 20 X 1,5 dak = 30 dak

İyileştirilmiş durum için bir parça delik delme süresi = 20 X 1,4 dak = 28 dak

Zaman açısından kısmi verim hesaplandığında:

Alışlagelmiş durum:

$$\text{Verim} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Delinebilen delik sayısı}}{\text{Toplam zaman}} = \frac{20}{30} = 0,66 \text{ v} \quad (10.6)$$

İyileştirilmiş durum:

$$\text{Verim} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Delinebilen delik sayısı}}{\text{Toplam zaman}} = \frac{20}{30} = 0,71 \text{ V} \quad (10.7)$$

Hem takım sayısı hem de zaman için etkin verim değeri hesaplanması aşağıda verilmektedir.

Alışlagelmiş durum:

$$\text{Verim} = 10V \times 0,66 \text{ V} = 6,6V \quad (10.8)$$

İyileştirilmiş durum:

$$\text{Verim} = 13V \times 0,71V = 9,23V \quad (10.9)$$

Görüldüğü üzere alışlagelmiş durum ve kalite iyileştirilmiş durum arasında verimlilik farklılığı oluşmuştur. Bu farkın yüzde olarak hesaplanması aşağıda verilmiştir:

$$\text{Verim artışı} = 9,23V / 6,6V = 1,39 = 1 + 0,39 = \% 39 \quad (10.10)$$

Oranında bir verim artışı gerçekleşmiştir.

## 11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ticari faaliyette bulunan firmaların var olma amaçları, büyük ölçüde kar etmektir. Klasik yöntemde firmalar, ürettikleri ürünlerin maliyetleri üzerine, belirli bir kar koyarak, ürünlerini fiyatlandırmaktadırlar. Günümüzde ise firmalar, ürünlerini, piyasada şekillenen satış fiyatlarının altında bir maliyetle üretilip, aradaki fark kadar kar etmeye çalışmaktadırlar. Bazen de alternatif olarak, ürettikleri ürünün müşterisini memnun edip, karlarını koruma yoluna gitmektedirler. Bu anlayış ile hareket eden firmalar için öne çıkan en önemli unsur müşteri memnuniyetidir.

Müşteriler, ürünlerin performans ve fiyat oranları en iyi olanını tercih etmektedirler. Bu sebeple bir ürün için tüm müşteri gereksinimleri belirlenmeli, belirlenen gereksinimler gerçekleştirilmeli ve sonuçta da ürün rekabetçi bir fiyatla pazara sürülmelidir. Gereksinimlerin belirlenmesinde tasarım fonksiyonu ve gerçekleştirilmelerinde üretim fonksiyonu etkilidir. Bu nedenle tasarım kalitesi ve üretim-süreç kalitesi iyi olan bir ürün hem gereksinimleri karşılayacak hem de rekabetçi bir fiyata sahip olacaktır. Bunu sebebi, süreç kalitesi artan bir üretimin verimliliğinin de artmasıdır.

Uygulama çalışması kâğıt makineleri imalatı yapan ve uluslar arası alanda faaliyet gösteren bir firmada yapılmıştır. Firmanın sonrasında devam etme kararlılığında olduğu kalite faaliyetleri için yapılan bu ilk uygulamada sürekli iyileştirme felsefesi temelinde hazırlanmıştır. Talaşlı imalat, talaşsız imalat ve birleştirme imalatları yapan, döküm imalatçı tedarikçilerle çalışan ve son montaj faaliyetlerini gerçekleştiren firmada sürekli iyileştirme alanları sayılamayacak kadar çoktur.

### 11.1 Sonuçlar

Tez çalışmasında ulaşılan sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır:

- Tasarımdan son montaja kadar bir ürünün tüm faaliyetlerini yürüten firmalarda en önemli adım sürekli iyileştirme alanının belirlenmesidir. Çok çeşitli faaliyet arasından en uygun alanın belirlenmesi için öncelikle verilerin sağlıklı olarak kayıt altına alınması önem teşkil etmektedir.
- Karmaşık ve çeşitli faaliyet alanlarına sahip firmalarda, önemli kalite iyileştirme uygulamalarının belirlenmesinde tümünden gelim yöntemi sadeleştirmeye yardımcı olmaktadır.

- Tümden gelim yöntemi ile hareket edilen bir kalite uygulamasında, en doğru alan tespit edilinceye kadar çeşitli kalite tekniklerini kullanma gerekliliği mevcuttur. Daha iyi odaklanmış bir uygulama belirlenmesi için, bazı kalite geliştirme teknikleri birden fazla kullanılmak zorunda olabilir.
- İyileştirme alanı belirlenirken, iyileştirilmek istenen nicelik de doğru seçilmelidir. Son ürün imalatçısı bir firmada yapılan uygulamada nicel değer ve birimlerin doğru seçilmesi önemlidir. Çalışmada öncelikle problem adetleri kullanılmasına rağmen, iyileştirmenin ticari başarıyı da sağlaması açısından maliyet verileri ile teyit edilmiştir.
- İmalat süreçlerinde yapılacak sürekli iyileştirme tasarım parametrelerini de içermektedir. Aksi takdirde yalnızca süreçte iyileşme sağlanıp, ürün kalitesinin aynı kalma tehlikesi mevcuttur. Yapılan uygulamada en yüksek maliyetli kronik hatalardan biri belirlenmiş ve bu hataların kök nedenlerinde imalat süreci kadar tasarımın da payı olduğu tespit edilmiştir.
- İmalat süreçlerinin kalite ve verimliliğin ölçüsü, tasarlanan ürünün süreçlere nasıl aktarıldığı ile alakalıdır. Gerçekten kusursuz tasarlanmış bir ürün bile imalat süreçlerinde çok çeşitli kusurlarla gerçekleştirilebilir. Bu durumdan kaçınmak için öncelikle imalat ve montaja yönelik tasarım yapılmalıdır. Bunun dışında tasarımda istenen özellikler imalata açık bir şekilde aktarılmalıdır. Yapılan uygulamada parça imalat resimlerinde eksik olan geometrik toleranslar ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin parça kalitesini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu sebeple uygulama sonucunda imalat resimlerinde de iyileştirme yapılmıştır.
- Talaşlı imalat ve delik delme uygulamalarında parça bağlama düzeneklerinin önemi vurgulanmıştır.
- Aynı doğrultuda delik delme uygulamalarında oluşan yüzey pürüzlülüğünün kırılma etkilerine yol açabileceği öngörülmüştür. Bu sebeple yüzey pürüzlülüğü değerleri azaltılmaya çalışılmış ve kararlı sistemlerde denemeler yapılmıştır. Tezgâh ve parça bağlama rijitliği güvence altına alınmış, takım ve parça malzemesi doğru eşleştirilmiş ve ayrıca kesme dikkatle seçilmiş parçalar için yüzey pürüzlülüğü etkileri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda takım körelmelerinin önemli bir etken olduğu belirlenmiştir.
- Belirlenen takım ömrü etkileri, takımları döngü sayıları azaltılarak giderilmiştir. İdeal

ve kesin bir döngü sayısına ulaşamaması, fener miline gelen yüklerin tezgâh kontrol panelinden izlenmesi ile telafi edilebilindiği görülmüştür.

- Az sayıda takım ile hızlı ve düşük maliyetli işleme yapılabileceği düşüncesi gözden geçirilmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmada takım sayısı artırılmış ve fakat bu bilenmiş takımların kaba operasyonlarda kullanılması ile sağlanmıştır. Bu sayede maliyet artmadan ve hatta çok düşük bir azalma ile kalite ve verimlilikte artış sağlanmıştır.
- Orta ölçekli bir işletmede yapılan uygulamada, her kademedeki işletme personelinin anlayabileceği ve devam ettirebileceği kalite teknikleri kullanılmaya çalışılmıştır. Bunun sonucunda, sürekli iyileştirme sürecinin temelini oluşturmada PUKÖ döngüsü kullanılmıştır. Kullanılan döngünün, süreçte yer alan her çalışan tarafından kolaylıkla anlaşılabilirdiği gözlemlenmiştir.

## 11.2 Öneriler

Yapılan yüksek lisans tez çalışması sonunda ulaşılan sonuçlar, çalışmanın amacını daha da ileriye götürmeyi sağlayacak yeni veriler elde edilmesini sağlamıştır. Elde edilen bu yeni veriler doğrultusunda ilerletilebilir çalışmalar aşağıda sıralanmaktadır.

- Kalite açısından önerilecek ilerletilebilir çalışmalarda süreç kalitesinin artırılması vurgulanacaktır. Uygulanan imalat süreçlerinin kişi ve zamana bağlı olarak değişkenlik göstermesini engellemek süreçlerin kalitesinin belirli bir aralıkta kalmasını sağlayacaktır. Değişkenliği engellemek için imalat süreçleri, prototip imalatı sırasında optimum seviyeye getirilmeli ve bu amaçla gerekli denemeler yapılmalıdır. Prototip üretiminde ulaşılan optimum parametreler, operasyon sayfaları hazırlamak vasıtasıyla imalat süreçlerinde ve bu süreçlerde çalışan operatör, teknisyen ve işçilere aktarılmalıdır.
- Süreç kalitesi ile ilgili önemli diğer bir nokta, ardışık prosesler tamamlandıktan sonra elde edilen nihai ölçülerde yaşanan sorunların, geri dönüşsüz olma riskine sahip olmasıdır. Bu riski en aza indirmek sebebiyle parça imalat kartları hazırlanması ve bu kartlarda proses ölçülerinin belirtilmesi ile mümkündür. Bu sayede operasyonu gerçekleştiren operatör, teknisyen veya işçiler ulaşılması gereken proses içi ölçülerden haberdar olacak ve proses sırasında amaçlanan ölçüye bağlı duruma göre hareket edebileceklerdir.
- Takım ve sarf malzemelerinin kullanımı için yapılan birim harcamalar az görülmesine

rağmen toplam maliyet içerisinde yüksek oranlara sahiptirler. Mevcut çalışmada takım sarfiyatının yüksekliği ve kullanılmış takımları geri dönüştürmenin gerekliliği anlaşılmıştır. Takımları geri dönüştürmek, ancak bileme ve belki de kesici boyutlarında küçülme ile mümkündür. Talaşlı imalat faaliyeti içerisinde olan firmalar ve dolayısı ile uygulama yapılan firma, takım bileme işlemlerini kendi bünyelerinde yapma imkânına sahiptirler. Bu amaçla kullanılacak, otomasyon ile çalışan bir tezgâhın tasarım, üretim veya yatırımı için maliyet çalışmaları yapılabilir.

- Yapılan uygulamada, delik geometrilerinin talaşlı imalatla oluşturulması sırasında takım köremleri yaşanmış ve tespit edilemeyen bu köremlerin yüzey pürüzlülüğü sayesinde çatlak başlangıcına sebep olabileceği ortaya konmuştur. Bu ve benzer kritik proseslerin tespit edilmesi ve süreçlerin izlenmesini temin edecek spesifikasyonlar geliştirilmesi faydalı olacaktır. Kritik delme veya kesme işlemlerini izlenmesi amacı ile tezgah fener millerine bir yük algılayıcı tasarımı ve sistemin geliştirilmesi üzerinde çalışmak faydalı olacaktır. Bu sayede körelen takımlar, körelmeye başladığı anda artan kesme kuvvetleri ile fener milinden çok yük çekecek ve bu durum sorunun geç olmadan tespit edilmesini sağlayacaktır.

**KAYNAKLAR**

- Akal, Z., (2002), “İşletmelerde Performans ölçümü ve Denetimi”, MPM Yayınları, 473, Ankara.
- Akal, Z., (1994), “İşletmelerde Verimlilik Akımlarının Yönetimi ve Verimlilik Ölçüm Süreci”, MPM Yayınları, 470, Ankara.
- Akkurt, M., (1996), “Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) Sistemleri”, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Akkurt, M., (2002), “Kalite Kontrol: Excel Destekli”, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bauer, J. E., (2006), “The Quality Improvement Handbook”, American Society for Quality-Quality Pres, Milwaukee.
- Besterfield, D. H., (1994), “Quality Control”, Prentice Hall, New Jersey.
- Cerit, M., (1996), “Makine Mühendisliği El Kitabı: Üretim ve Tasarım”, Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Connie, M. B., (2009), “The Certified Quality Engineer Handbook”, American Society for Quality-Quality Pres, Milwaukee.
- Dahlgaard, J. J., Kristensen, K., Gopal, K. K., (2002), “Fundamentals of Total Quality Management”, Taylor & Francis, London.
- Davis, J. R., (2001), “ASM Handbook vol. 16: Machining”, ASM International Pres, Ohio.
- Dawes, E. W., (1987), “Quality Costs- New Concepts and Methods”, 41inci ASQC Kalite Kongreleri, Minnesota
- Deming, W. E., (1986), “Out of the Crisis”, MIT Pres, Massachusetts
- Durakbaşı, N. M., (2003), “Geometrical Product Specifications And Verification For The Analytical Description Of Technical And Non-Technical Structures”, Abteilung Austauschbau und Messtechnik, Wien
- Edosomwan, J. A., (1988), “Productivity and Quality Improvement”, IFS Ltd., New York
- EN ISO 9000: 2005, Quality Management System – Fundamentals And Vocabulary, 17/12/2000
- Esin, A., (2002), “ISO 9001:2008 Işığında Hizmette Toplam Kalite”, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- Ferjutz, K., Davis J. R., (1999), “ASM Handbook vol. 6: Welding, Brazing and Soldering”, ASM International Pres, Ohio.
- Harrington, H. J., (1987), “Poor-Quality Cost”, ASQC Quality Pres, Wisconsin
- Juran, J. M., (1974), “Quality Control Handbook”, McGraw Hill, New York.
- Juran, J. M., (1988), “Quality Control Handbook”, McGraw Hill, New York.

- Kobu, B., (1981), "Endüstriyel Kalite Kontrolü", İstanbul Üniversitesi Yayınları, 2763, İstanbul.
- Kobu, B., (2003), "Üretim Yönetimi", Avcıol Basım Yayın, İstanbul.
- Kolarik, W. J., (1999), "Creating Quality: Process Design for Results", McGraw Hill, New York.
- Kovancı, A., (2001), "Toplam Kalite Yönetimi Fakat Nasıl?", Sistem Yayıncılık, İstanbul.
- Kuruüzüm, O., (1992), "Verimliliği Artırmada İş Etüdü Teori ve Uygulamaları", İTÜ Matbaası, İstanbul.
- Küçük, O., (2004), "Standardizasyon ve Kalite", Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Lenger, A., (1997), "Verimlilik Kavramında Sorunsaldan Çıkış Veya Yeni Bir Kargaşaya Doğru İlk Adım", Verimlilik Dergisi, 4-25, Ankara.
- Miller, G. L., Krumm, L. L., (1993) "The Whats, Whys, And Hows Of Quality Improvement", ASQ Quality Pres, Milwaukee.
- Osanna, P. H., Durakbaşa, M. N., (2008) "Quality In Industry", Abteilung Austauschbau Und Messtechnik TU AuM, Wien
- Özalp, İ., (2000), "İşletme Yönetimi", Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Peker, Ö., (2000), "Yönetimde Değişme ve Gelişmeler", Sayıştay Dergisi, 36, Ankara.
- Pyzdek, T., (1991), "Quality Engineering Handbook", Marcel Dekker, New York.
- Ryan, T. P., (2000), "Statistical Methods for Quality Improvement", John Wiley & Sons, New York.
- Semiatin, S. L., (2001), "ASM Handbook vol. 14 Metalworking: Bulk Forming", ASM International Pres, Ohio.
- Stefanescu, D. M., (1993), "ASM Handbook vol. 15 Casting", ASM International Pres, Ohio.
- Stein, R. E., (1997), "The Theory of Constraints: Applications in Quality and Manufacturing", Marcel Dekker, New York.
- Sumanth, D. J., (1987), "Productivity Engineering and Management", McGraw Hill, New York.
- Şahin, Y., (2000), "Talaş Kaldırma Prensipleri 1", Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Şahin, Y., (2000), "Talaş Kaldırma Prensipleri 2", Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Taguchi, G., (1985), "Introduction to Quality Engineering", Asian Productivity organization. White Plains, New York: UNIPUB.
- Tague, N. R., (2005), "Quality Toolbox", ASQ Quality Pres, Milwaukee.
- Thor, C. G., (1993), "Handbook for Productivity Measurement and Improvement", Productivity Pres, Oregon
- Turgay, D., (2003), "Kalibrasyon" KOSGEB Eğitimi, İstanbul.

Yamak, O., (1993), “Üretim Yönetimi”, Alfa Yayınevi, İstanbul.

Yurci, M. E., (2003), “Talaşsız Şekil Verme”, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayım Merkezi, İstanbul.

Zairi, M., (1993) “Total Quality Management”, Gulf Publishing Company.

#### **INTERNET KAYNAKLARI**

[1] <http://www.asq.org/learn-about-quality/history-of-quality/overview/overview.html>

[2] <http://www.asq.org/learn-about-quality/history-of-quality/overview/guilds.html>

[3] <http://www.coskunuz.com.tr/tr/index.html>

[4] [http://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_9000#Industry-specific\\_interpretations](http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_9000#Industry-specific_interpretations)

[5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Metrology>

[6] <http://www.bipm.org/en/convention/wmd/2004/>

[7] <http://en.wikipedia.org/wiki/Metrology>

[8] [http://en.wikipedia.org/wiki/File:A1\\_House\\_of\\_Quality.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:A1_House_of_Quality.png)

[9] <http://www.asq.org/learn-about-quality/lean/overview/overview.html>

[10] <http://www.zunaconsultancy.com/admin/Article/Quality%20Tools.pdf%20-%20Hindistan>

[11] [http://www.energysolutionscenter.org/gasirpaper/Learn%20About/Paper\\_Manufacture.htm#PaperManf](http://www.energysolutionscenter.org/gasirpaper/Learn%20About/Paper_Manufacture.htm#PaperManf)

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	24.07.1981	
Doğum yeri	Amasya	
Lise	1992-1999	Eskişehir Kılıçoğlu Anadolu Lisesi
Lisans	2000-2006	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2006-2010	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

**Çalıştığı kurumlar**

2004-2006	Alipsan Kâğıt Makineleri San. ve Ticaret A.Ş.
2006-2008	Üçgen Yazılım ve Danışmanlık Ltd. Şti.
2008-2008	Anadolu Isuzu Otomotiv San. Ve Tic. A.Ş
2010- Devam ediyor.	Tusaş Uçak Motor Sanayi A.Ş