

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ İÇİN KALİTE YÖNETİM
SİSTEMLERİ**

Metalurji ve Malzeme Mühendisi Volkan AVDALLAR

FBE Enstitüsü Üretim Anabilim Dalı Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet EKERİM

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT.....	xvi
1 GİRİŞ	1
2 ISO TS 16949:2002 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ.....	5
2.1 ISO TS 16949:2002 Spesifikasyonunun İçeriği	6
3 KALİTE KAVRAMI.....	7
3.1 Kalite ve Verimlilik	8
4 APQP SÜRECİ	12
5 HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA).....	14
5.1 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Kalite Yönetim Sistemindeki Yeri.....	15
5.2 Hata Kavramı.....	15
5.2.1 Hataların Sınıflandırılması.....	16
5.2.1.1 Tasarımla İlgili Hatalar.....	16
5.2.1.2 Üretimle İlgili Hatalar.....	16
5.2.1.3 Kullanımla İlgili Hatalar.....	16
5.2.1.4 Felaket Getirici Hata.....	16
5.2.1.5 Marjinal Hata	16

5.2.1.6	Küçük Hata	16
5.2.1.7	Önemsiz Hata	17
5.2.1.8	Ani Hatalar	17
5.2.1.9	Kademeli Hatalar	17
5.2.1.10	Ürün Esaslı Hata Nedenlerine Göre Sınıflandırma	17
5.2.2	Üretim Hataları.....	17
5.2.3	Ölçme Hataları	18
5.2.4	Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Tarihi	18
5.2.5	Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Başlatılması.....	19
5.2.6	Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Amaçları	20
5.2.7	Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Faydaları	21
5.2.8	Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Çeşitleri.....	22
5.2.8.1	Tasarım FMEA.....	25
5.2.8.2	Süreç(Proses) FMEA	27
5.2.9	Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Kısımları	30
5.2.9.1	Fonksiyonlar ve Hata Türleri	30
5.2.9.2	Etkiler	30
5.2.9.3	Şiddet	30
5.2.9.4	Nedenler	32
5.2.9.5	Oluşum.....	32
5.2.9.6	Kontrol.....	34
5.2.9.7	Saptanabilirlik	34
5.2.10	FMEA Hazırlık Çalışmaları.....	35

5.2.10.1	Takımın Kurulması ve Beyin Fırtınası	35
5.2.10.2	Sistem Analizi	36
5.2.10.3	Sonuçları Değerlendirme	38
5.2.10.4	Olasılık	38
5.2.10.5	Şiddet	39
5.2.10.6	Saptanabilirlik	39
5.2.10.7	Risk Öncelik Sayısı(RÖS)	39
5.2.10.8	RÖS'ün Değerlendirilmesi.....	40
5.2.10.9	Düzeltilici Faaliyetler.....	41
5.2.10.10	İzleme.....	41
5.2.10.11	Doğrulama.....	42
6	İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (SPC)	43
6.1	Proses	43
6.2	Değişkenlik	43
6.2.1	Tesadüfî(Genel) Nedenler.....	43
6.2.2	Özel Nedenler	44
6.3	İstatistiksel Araçların Kullanılma Sebepleri.....	44
6.4	Veri Toplama	44
6.5	Verilerin Değerlendirilmesi	46
6.6	Nitel ve Nicel Kontrol Grafiklerinin Karşılaştırılması.....	66
6.7	Proses Yeterliliği Analizi	67
7	ÖLÇÜM SİSTEMLERİ ANALİZİ (MSA).....	69
7.1	Ölçüm Sistemlerinin İstatistiksel Özellikleri.....	69

7.2	Genel Kurallar.....	70
7.3	Ölçüm Sistemlerini Değerlendirmek İçin Yöntemler	72
7.4	Ölçüm Sistemi Varyansı Çeşitleri.....	73
7.5	Bir Ölçüm Sisteminin Analizi	76
7.5.1	Karalılık	80
7.5.2	Eğilim	83
7.5.2.1	Eğilim Örneği.....	84
7.5.3	Tekrarlanabilirlik(EV).....	85
7.5.4	Tekrar Yapılabilirlik (AV).....	89
7.5.5	Parça Parçaya Varyansı	90
7.5.6	Doğrusallık.....	94
7.6	Tekrarlanabilirliği ve Tekrar Yapılabilirliği Belirlemek İçin Anahatlar.....	94
7.6.1	Aralık Metodu.....	95
7.6.2	Ortalama ve Aralık Metodu	96
7.6.3	Sonuçların Analizi.....	97
7.6.4	Aralık Çizelgesi.....	98
7.6.5	Hata Çizelgeleri.....	99
7.6.6	Ortalama / İşleme Çizelgesi.....	100
8	PPAP SUNUMU	102
9	YARDIMCI KALİTE SİSTEMLERİ.....	104
9.1	8D.....	104
9.1.1	8D'nin Etapları.....	104
9.2	5S Yönetimi.....	107

9.2.1	1.S Sınıflandırma.....	108
9.2.2	2.S Düzenleme(Yerleştirme).....	108
9.2.3	Düzenleme Nasıl Yapılmalıdır?	109
9.2.4	3.S Temizlik	109
9.2.5	4.S Standartlaştırma.....	110
9.2.6	5.S Disiplin	110
9.2.7	5S'nin Uygulanmasıyla Elde Edilecek Olumlu Sonuçlar.....	110
9.3	Kaizen Felsefesi	111
9.3.1	KK Çemberleri.....	112
9.3.2	Öneri Sistemi.....	112
9.3.3	Otonomasyon (Jidohka).....	112
9.3.4	TKK (Toplam Kalite Kontrol)	112
9.3.5	TVB (Toplam Verimli Bakım)	112
9.3.6	İyileştirme	112
9.3.7	Kamban.....	113
9.3.8	Tam Zamanında (Just in Time).....	113
9.3.9	PUKÖ Döngüsü	113
9.4	Altı Sigma.....	115
9.4.1	Altı Sigmanın Değeri.....	117
9.4.2	Altı Sigma Çalışmalarında Yer Alan Oyuncular	118
9.4.2.1	Şampiyonlar (Sponsorlar)	119
9.4.2.2	Usta Kara Kuşaklar.....	119
9.4.2.3	Kara Kuşaklar.....	119

9.4.2.4	Yeşil Kuşaklar	119
10	ISO TS 16949:2002 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİNİN BİR ISIL İŞLEM FİRMASINA UYGULANIŞI	121
11	SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	133
	KAYNAKLAR.....	145
	İNTERNET KAYNAKLARI	148
	EKLER	149
	ÖZGEÇMİŞ.....	194

SİMGE LİSTESİ

$\bar{X}$ ortalama

$\bar{\bar{X}}$ ortalamaların ortalaması

R aralık

$\bar{S}$ standart sapmaların ortalaması

σ standart sapma

μ anakütle ortalaması

W örnek aralığı/anakütle standart sapması

$\bar{p}$ örnekteki kusurlu oranlarının ortalaması

$\bar{c}$ örnekteki kusurlu sayısı ortalaması

σ_e ölçüm cihazı standart sapması

σ_m ölçüm sistemi standart sapması

σ_p proses standart sapması

σ_t toplam proses varyansı standart sapması

R_p ortalamaların aralığı

KISALTMA LİSTESİ

AIAG Grubu)	Automotive Industry Action Group(Otomotiv Endüstrisi Aksiyon
APQP	Advanced Product Quality Planning(İleri Ürün Kalite Planlaması)
ASQC	Amerikan Kalite Kontrol Derneği
AV	Ölçümcü Varyasyonu
CQI	Continious Quality Improvement(Sürekli Kalite Geliştirme)
EDQC	Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu
EV	Ölçüm Cihazı Varyasyonu
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis(Hata Türü ve Etkileri Analizi)
JIS	Japon Sanayi Standartları Komitesi
JIT	Just In Time(Tam zamanında)
KYS	Kalite Yönetim Sistemi
MSA	Measurement System Analsis(Ölçüm Sistemleri Analizi)
PET	Proses Enchanment Technology(Proses Geliştirme Teknolojisi)
PPAP	Production Part Approving Prosesi(Üretim Parçası Onay Prosesi)
PSW	Part Submission Warranty) Parça Sunum Garantisi
RÖS	Risk Öncelik Sayısı
SPC	Statistical Process Control(İstatistiksel Proses Kontrol)
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
5S	Japonca 5 tane S ile başlayan çevre düzenlemesini anlatan kelimeler
8D	8 adet “Do” fiilinden türetilmiş aksiyon raporu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Balık Kılçığı Diyagramı.....	10
Şekil 5.1 Risk oluşturan Faktörler.....	14
Şekil 5.2 Ürün Mühendisliği ve FMEA Yol Haritası.....	20
Şekil 5.3 FMEA Türleri ve Aralarındaki ilişkiler	24
Şekil 6.1 Prosesin Temel Unsurları.....	43
Şekil 6.2. Bütün.....	45
Şekil 6.3 Temsili Örnek	45
Şekil 6.4 Bütün.....	45
Şekil 6.5 Seçilen Örnek	45
Şekil 6.6 Pareto Analizi Diyagramı.....	47
Şekil 6.7 Balık kılçığı diyagramının yapısı[28]	49
Şekil 6.8 Serpilme Diyagramları.....	50
Şekil 6.9 Prosesin İdeal Olduğu Durum	51
Şekil 6.10 Proses ortalamasının ÜKL'ye yaklaştığı durum.....	51
Şekil 6.11 Proses ortalamasının ÜKL'ye kaydığı ve ÜKL'yi aşan ürünlerin olduğu durum...	52
Şekil 6.12 Prosesin hem AKL hem de ÜKL'yi aştığı durum	52
Şekil 6.13 Prosesin hem iki tepe oluşturduğu hemde ÜKL ve AKL'yi aştığı durum.....	53
Şekil 6.14 Dağılımların değişmesi.....	54
Şekil 6.15 Ortalamanın değişmesi.....	55

Şekil 7.1 Eğilim.....	74
Şekil 7.2 Tekrarlanabilirlik	74
Şekil 7.3 Tekrar Yapılabilirlik	75
Şekil 7.4 Kararlılık	75
Şekil 7.5 Doğrusallık	76
Şekil 7.6 Doğrusallık (Değişken Doğrusal Eğilim).....	76
Şekil 7.7 Proses Dağılımına Ait Çakışmayan Veri Kategorilerinin Kontrol.....	78
Şekil 7.8 Proses Kontrol Çizelgesi	80
Şekil 7.9 Eğilim Örnekleri	84
Şekil 7.10 Tekrarlanabilirlik Aralık Kontrol Çizelgesi	87
Şekil 7.11 Parça Ölçümcü Ortalama Çizelgesi	92
Şekil 7.12 Aralık Çizelgesi	98
Şekil 7.13 Aralık Çizelgesi	99
Şekil 7.14 Hata Çizelgeleri	100
Şekil 7.15 İşleme Çizelgesi.....	101
Şekil 7.16 Ortalama Çizelgesi.....	101
Şekil 9.1 Kaizen Şemsiyesi.....	111
Şekil 9.2 PUKO Döngüsü	113
Şekil 9.3 Kalitenin Değeri ve Maliyeti [39]	117
Şekil 9.4 6σ 'ya doğru beklenen gelişim [39].....	118
Şekil 9.5 Altı sigma çalışmasında rol alan oyuncuların ilişkileri [40]	118
Şekil 11.1 Karışık sertlik ve buna sebep olan etkenlerin pareto analizi grafiği.....	135
Şekil 11.2 Müşteri şikayetleri ve buna sebep olan etkenlerin pareto analizi grafiği.....	139

Şekil 11.3 2008-2009 Yılı İç İadedeki Değişim Grafiği	140
Şekil 11.4 2008-2009 Yılı Dış İadedeki Değişim Grafiği	141

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 ISO TS 16949:2002 temel maddeleri.....	6
Çizelge 3.1Hatalara sebep olan faktörler ile kontrol edilme yöntemleri.....	11
Çizelge 5.1 Süreç FMEA Örneği	28
Çizelge 5.2 Tasarım – Süreç FMEA arasındaki farklılıklar [23]	29
Çizelge 5.3 PFMEA Şiddet Tablosu [35]	31
Çizelge 5.4 Olasılık Tablosu [35]	33
Çizelge 5.5 Saptanabilirlik Tablosu [35]	34
Çizelge 6.1 Cp ve Cpk İndislerinin Karar Noktaları	68
Çizelge 7.1 Veri Sayfası	86
Çizelge 7.2 Ortalama Aralığının Dağılımı için d_2^* Değerleri.	88
Çizelge 7.3 Kontrol Çizelgesi Sabitleri	89
Çizelge 7.4 Ölçüm Cihazı Çalışması(Aralık Metodu)	95
Çizelge 9.1Kaizen felsefesi ve Hızlı Yenilik Arasındaki Farklar	114
Çizelge 9.2Sigma Düzeyleri ve karşılığı [37]	116
Çizelge 11.12008 yılı karışık sertliğe neden olan sebepler ve görülme sıklıkları	134
Çizelge 11.22008 yılı karışık sertlik nedenleri toplamaları.....	134
Çizelge 11.32009 yılı karışık sertliğe neden olan sebepler ve görülme sıklıkları	135
Çizelge 11.42009 yılı karışık sertlik nedenleri toplamaları.....	136
Çizelge 11.52008 yılı müşteri şikayeti neden olan sebepler ve görülme sıklıkları.....	137

Çizelge 11.62008 yılı müşteri şikayeti nedenleri toplamı	138
Çizelge 11.72009 yılı müşteri şikayetine neden olan etkenler ve görülme sıklıkları.....	139
Çizelge 11.82008 Yılı İç İade Oranı.....	140
Çizelge 11.92009 Yılı İç İade Oranı.....	140
Çizelge 11.10 2008 Yılı İç İade Oranı.....	141
Çizelge 11.11 2008 Yılı İç İade Oranı.....	141

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, TS 16949 kalite yönetim sisteminin detaylı incelemesi yapılarak, şartlarının bir ısıt ısıt işlem firmasına uygulanması incelenmiştir.

Bu tezin hazırlanması ve sonuçlanması süresi boyunca, tezin her aşamasında yardımcı olan, değerli zamanını ve desteğini esirgemeyen Sn. Prof.Dr. Ahmet EKERİM'e,

Çalışmalarım boyunca işletmenin tüm imkânlarını kullanmamı sağlayan Termosan Isıl İşlem'den Sn. Hasan Yücel Yılmaz'a, Sn. Tarık Yalçın Yılmaz'a, Sn. Taner Yılmaz'a, Sn. Soner Yılmaz'a ve Sn. Deniz Yılmaz'a, tecrübe ve bilgi birikimiyle çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen yine Termosan Isıl İşlem'den Sn. Mehmet Asay'a, çalışmalarımda bana yardımcı olan Sn. Yasin Çırak'a,

Desteğini her zaman arkamda hissettiğim Arya Metal'den Sn. Gökhan Turnalı'ya,

Yardımlarından dolayı MSK Çelik Dövme Sn. Semiha Özbey'e, Otokar Otobüs Karoseri Sn. Ergüder Gürel'e, Teknik Alüminyum'dan Sn. Mithat Marmara'ya, İ.T.Ü. Doktora öğrencisi Sn. Mehmet M.Dokur'a, ve değerli arkadaşım Sn. Özge Ocak'a,

Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen annem ve babam, Necmiye-Mustafa Avdallar'a ve kardeşim Tuğçe Avdallar'a

SONSUZ TEŞEKKÜRLERİMİ SUNARIM.

Mayıs 2009

Volkan Avdallar

ÖZET

Günümüzde yaşanan hızlı gelişmeler ile birlikte insanların araçlara olan ilgi ve ihtiyaçlarının sürekli olarak artması ve otomotiv firmaları arasındaki rekabet otomotiv sektörünü hatasız ürün üretmeye zorlamaktadır. Bu sebeple, hatasız ürün üretmeyi sağlamak için kalite yönetim sistemleri üzerinde geniş çaplı araştırma ve çalışmalar yapmak zorunluluk haline gelmektedir. Birçok otomotiv devinin kendine ait standartlarının oluşu sektör tedarikçilerini zor durumda bıraktığından, otomobil üreticilerinin büyük çoğunluğu ISO TS 16949 adı verilen bir kalite yönetim sistemi üzerinde fikir birliğine varmışlardır. Bu çalışma da, ISO TS 16949 kalite yönetim sistemi şartları ve otomotiv endüstrisinin kullandığı diğer standartları ve kalite sistemleri incelenerek bu şartnamenin bir ısıtma işlem firmasına uygulanışı üzerinde durulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kalite, ISO TS 16949, otomotiv, kalite sistemi.

ABSTRACT

The fast developments in the world creates a continuous need and demand for cars and the competition between automotive companies forces the automotive industry to produce high quality and perfect products. Therefore it has become necessary to do extended researches and works on Quality Management Systems. Most big automotive companies which are having their own quality standards put the providers of the sector under immense pressure. Therefore most car production companies agreed on ISO TS 16949 Quality Management System. In this work by examining ISO TS 16949 conditions and other standards, how could the specification would be applicable to a Heat Treatment Company is worked on.

Key Words: Quality, ISO TS 16949, automotive, quality system.

1 GİRİŞ

1980’li yılların gelişiyle birlikte otomotiv endüstrisinde yaşanan hızlı gelişim ve değişimler bu sektörün yeni ve farklı arayışlara girmesine neden olmuştur. 1964 yılında Ford tedarikçilerini Q101 standardına göre denetlemeye ve bu standarda uyumlu hale getirmeye başladı, General Motors Tedarikçi Performansı ve Değerlendirme Raporu(SPEAR) kullanarak ve Chrysler ise birçok farklı standarda göre Ford un izinden gitmeye başladı. 1980’lerin başında Japon otomotiv üreticilerinin yüksek kaliteli ürünlerle batı piyasalarında yer almaya başlaması üç büyükler olarak anılan Ford, GM ve Chrysler’ i harekete geçirdi ve her biri tedarikçi ödül programlarını geliştirmeye başladı. Ford bu kapsamda Q1 Ödülü’nü, GM, Mükemmellik için Hedefler’i ve Chrysler Pentastar Ödülü’ nü uygulamaya soktu. Tüm bu gelişmelere rağmen tedarikçiler hala birçok farklı denetleme türüne maruz kalıyor ve birçok farklı standardı uygulamak zorunda bırakılıyordu. Bu zorunluluklar tedarikçilerin Otomotiv Endüstrisi Aksiyon Grubu(AIAG) üzerinde, farklı yaklaşımları ortadan kaldırmaları yönünde baskılar oluşturmalarına sebep oldu.

1988 yılında Chrysler, Ford ve GM’in Satın Alma ve Tedarik Müdürleri Task Force sözleşmesini imzalayarak referans kitapçıklarını standartlaştırma kararı aldılar. 1992 de Chrysler, Ford ve GM temel tedarikçi kalite sistem el kitaplarını ve değerlendirme araçlarını bir araya getirerek QS-9000’i hayata geçirdiler. Bu yeni standart ISO 9001:1994’ün gerekliliklerini temsil etmesinin yanında, geniş kapsamlı gereklilikler, sektör özel gereksinimleri ve müşteri özel isteklerini de bünyesinde barındırmaktaydı. QS-9000 ilk olarak 1994 yılında Chrysler’in Tedarikçi Kalite Güvence El Kitabı, Ford’un Q101’i ve GM’in Mükemmellik İçin Hedefler’i ve bazı kamyon üreticilerinin girdileri bir araya getirilerek kuruldu. 1995’te ilk revizyonu yapılan QS-9000’in Mart 1998’de üçüncü revizyonu yayınlanmıştır.

Amerika’da bu çalışmalar yapılırken, 1991 yılında Almanya’da Verband der Automobilindustri (VDA 6.1) Kalite Sistem Denetimi yayınlandı. Bu kalite sistem değerlendirmesi DIN EN ISO 9004 üzerine temellendirilmişti. VDA 6 serisi bir tür kalite sistem denetimleri kılavuzu ve belgelendirmesiydi. Burada ISO 9000 gibi gereklilikler değil, denetçilerin tedarikçileri denetlemesi için kılavuzluk bilgileri mevcuttu ve buradaki amaç

denetçilerin endüstrideki denetim yeteneğini ISO 9001' in gereklilikleri ile aynı yorumda birleştirmek ve otomotiv denetimine ortak bir yaklaşım getirerek geliştirmektir. Avrupa'daki değişim ve gelişmelerden hiç kuşkusuz İtalya'da etkilenecekti. 1994 yılında Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche (ANFIA), AVSQ olarak bilinen, Associazione Nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità'yı yayınladı. Bu standart kontrol listesi ve kullanıcı rehberinden ibaretti. Sorular ISO 9001:1994'ten türetilmiş ve kontrol listesindeki her bir soru için otomotiv endüstrisine özgü yorumlar mevcuttu. 1995 itibarıyla, VDA 6 ikinci revizyonu, EAQF 94 ve ISO 9004-1:1994'ü içerisinde barındıran AVSQ 94'ün üçüncü revizyonu kullanılmaya başlanmıştı. Avrupa'da bu karşılıklı doğrulama ile AVSQ94, VDA 6.1 ve EAQF 94 sertifikasına eşdeğer olarak kabul edildi. Avrupa'nın bir diğer büyük otomobil üreticisi konumundaki Fransa'da 1990 yılında PSA Peugeot-Citroen ve Renault tedarikçi kalite güvencesini Referentiel d'Evaluation d'Aptitude Qualite Fournisseurs (EAQF) adıyla yayınladı. Bu yayın ISO 9001'in 4. bölümünün gerekliliklerinin bir özeti şeklindeydi. Düzeni AVSQ'ya benzer şekilde tasarlanmış ve otomotiv endüstrisi uygulamaları için birçok ilave gereklilikler içermekteydi. 1994 yılında da Alman yayını VDA 6.1'in gereklilikleriyle entegre bir şekilde 2. revizyonu yayınlandı.

Otomotiv endüstrisi onlarca yıl boyunca birçok kuruluşun farklı şartlarıyla şekillenmiş olmasına rağmen tüm kuruluşlarda kalite sistem gerekliliklerinin aynılaştırılması yönünde fikir birliği oluşmuştu. QS-9000 bu gereklilik ve şartları sadece Amerika'da değil, GM, Ford ve Chrysler'in tedarikçilerinin bulunduğu tüm ülkelerde aynılaştırmıştı. VDA 6, AVSQ94 ve EAQF94'ün ortaya çıkmasıyla birlikte, GM, Ford ve Chrysler tedarikçileri dört farklı kalite sistem standardıyla yüz yüze geliyordu, bunun anlamı Almanya'da bulunan Ford tesislerinin VDA 6'ya Fransa'da bulunanların EAQF'ye göre çalışmalarıydı. Bu nedenle Avrupa'nın büyük otomobil üreticilerinin satın alma yöneticileri USA, İtalya, Fransa ve Almanya otomotiv kalite standartlarının aynılaştırılması için talepte bulundular. Bunun neticesinde bu uluslar bir araya gelerek ISO/TC 176'dan vekaletle ISO/TS 16949 sektör standardını geliştirdiler. Bu standart ISO 9001:1994 ile birleştirilmiş, QS-9000, VDA 6, AVSQ94 ve EAQF94'ün gerekliliklerini de içerisinde barındıran bir dizi maddeden oluşturulmuştu [1].

Otomotiv endüstrisi tüm bu zamanlar içerisinde bütün dikkatini İleri Ürün Kalite Planlaması adı verilen APQP(Advanced Product Quality Planning) süreci üzerinde yoğunlaştırdı. APQP süreci, ürün talebinin oluşmasını takiben prosesin tasarlanması ve bu tasarımın kalite sistemleriyle desteklenmesiyle başlayarak PPAP sunumunun ve onay parçasının üretilmesiyle sona ermektedir [2, 3].

M. Bobrek ve M.Sokovic'in yaptığı bir araştırma da kalite yönetim sistemi anlayışıyla APQP uygulaması üzerinde durulmuş ve bir sistemi çok iyi anlayabilmek için o sistemi dizayn etmek gerektiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca APQP uygulamasının temel olarak bir planı çıkarılmıştır [4].

Bu sürecin hayata geçirilmesinde istatistiksel kalite yöntemlerine çok fazlaca gereksinim duyulmaktadır. Bu yöntemlerin başında İstatistiksel Proses Kontrolü(İPK) yer almaktadır. Bu yöntemde ürünü kontrol etmek gibi zaman alıcı ve maliyetli işlemler yerine prosesin kendisi kontrol altında tutularak ürünün başlangıçtan sona kadar doğru bir şekilde üretilmesi amaçlanmaktadır [5].

Yapılmış bir çalışma da bulaşık makinası üreten bir firmanın iç gövde üretim hattında üretimin spesifikasyon ve kontrol limitleri içinde olup olmadığı izlenmiştir. Kontrol limitleri dışında kalan noktalar var olduğundan sistemin geliştirilmesi gerektiği anlaşılmıştır [6].

Başka bir uygulama Sivas Çimento Sanayii'nde gerçekleştirilmiş ve istatistiksel proses kontrol tekniklerinden biri olan Pareto Analizi kullanılmıştır. Fabrikada meydana gelen üretim duruşlarının sebepleri araştırılarak arıza sebepleri önem sıralamasına göre dizilmiştir [7].

Bir başka çalışma da çeşitli ülkelerden 136 otomotiv, 113 bilgisayar şirketinin katılımıyla stratejik kontrol uygulamaları araştırılmıştır. Burada 9 farklı kontrol sistem kurgusu üzerinde durulmuş ve kalite stratejilerinin, stratejik kontrol yöntemleriyle şekillendiği gözlenmiştir [8].

İstatistiksel yöntemlerden bir diğeri ise Ölçüm Sistemleri Analizi olarak bilinen MSA(Measurement System Analysis) çalışmalarıdır. Bu yöntemle sistemin ortaya çıkardığı sapma kaynaklarının anlaşılabilmesi amaçlanmaktadır.

APQP/PPAP sürecinin en önemli girdilerinden biri ise yaşayan doküman olarak tarif edilen FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dır. Burada proses esnasında karşılaşılabilecek hatalar önceden tahmin edilerek bu hataların önlenmesine yönelik aksiyonlar belirlenir. Böylelikle hata gerçekleşmeden önlenmiş olur.

Bu yöntemin uygulaması biraz karmaşık olduğundan otomotiv tedarikçileri tarafından bu tekniğin kullanılmasının gerçekten yarar sağlayıp sağlamadığı tartışılmaktadır. Yapılan bir çalışma da İngiltere'de onaylı Ford tedarikçileri dışındaki 150 kuruluşa anket düzenlenmiş ve anket sonuçları PFMEA uygulamalarının kaynağına dair oldukça büyük oranda veri elde edilmesini sağlamıştır. Bu çalışma da PFMEA'nın en önemli maddesi Takım ve Takım

Çalışması olarak ön plana çıkmakta ve bunu teknik konular takip etmektedir. Tedarikçilerin PFMEA tekniğinin maliyetler, güvenilirlik, geliştirme ve hata önleme üzerindeki etkisini ölçmenin zor olduğu yönünde fikir belirtmişlerdir [9].

Bu çalışma da ISO/TS 16949 uluslar arası standardı ve bu standardı şekillendiren kalite sistemleri; SPC, MSA, FMEA, 5S, 8D, 6 σ vb. incelenecektir. Bununla birlikte deneysel kısımda otomotiv endüstrisi tedarikçilerinden olan bir ısıtma işlem firmasında otomotiv endüstrisine sunulmak ve şirket verimliliğini arttırmak amacıyla bahsedilen kalite sistemlerinin uygulaması yapılacaktır.

2 ISO TS 16949:2002 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ

ISO 16949 ISO 9001' e entegre edilmiş, kalite yönetim sisteminin dizayn ve sürekli gelişim için ihtiyaçlarını, amaca uygun üretim için gereklilikleri, otomotivle ilgili kurulum ve servis ihtiyaçlarını tanımlayan bir teknik spesifikasyondur. Kalite yönetim sistemlerini genel olarak standartlaştırmış ISO 9001 ile bir bütünsellik içerisinde yazılmıştır. Bir ürün standardı değildir. ISO 16949'da ürün kabul kriteri yoktur, bu nedenle standarda karşı bir ürün tespiti yapılamaz. ISO/TS 16949 un amacı kuruluşlara tedarikçi seçiminde müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasında sürekli gelişime katkı sağlamada, hataları önlemede ve tedarikçi zincirindeki çeşitliliği önlemede yardımcı olmaktır. ISO/TS 16949 müşteri özel parçalarının üretildiği konumda bulunan kuruluşlara uygulanır. Aynı zamanda dizayn merkezleri gibi destek kuruluşlarına, dağıtım merkezlerine de uygulanır, ancak bu belgeye sahip olmalarına gerek yoktur üretimci tarafından kontrol edilirler.

Otomotiv terimi arabalar, küçük, orta ve büyük taşıma araçları, otobüsler ve motorsikletler olarak tanımlanabilir, endüstriyel ve tarım araçları ile madencilikte kullanılan araçlar, orman araçları, yapı araçları bu kapsamın dışındadır.

Otomotiv endüstrisi 19. yüzyılın sonuna kadar birçok standart geliştirmiştir. 3 büyük otomotiv kuruluşunun bir araya gelerek genel kalite sistem ihtiyacını ortadan kaldırmak için QS-9000' i ortaya çıkarmasına kadar birçok ürün standardı ortaya çıkarılmıştır. Şimdilerde ise birçok kuruluş uluslar arası spesifikasyon olan ISO TS 16949 için bir araya gelerek fikir birliğine varmıştır. ISO TS 16949 spesifikasyonunun esas olarak ISO 9001'den çok büyük bir farkı yoktur, fark detaylardadır. ISO 16949' un anahtar mesajlarından birisi “ tedarik zincirinde kayıpların azaltılması” dır. Bu mesaj Toyota firmasının kalite stratejisini yansıtmaktadır, çünkü tedarik zincirinde kayıplar olduğu sürece, gereksiz maliyetler artarak devam etmektedir.

Otomotiv endüstrisi içerisinde insanın prosese etkisini azaltmak için birçok teknik geliştirilmiştir. İleri ürün kalite planlaması(APQP), Hata türü ve etkileri analizi(FMEA), Üretim parçası onay prosesi (PPAP), Ölçüm sistemleri analizi(MSA), İstatistiksel proses

kontrol(SPC) ve bu kategoriler içerisinde hata geçirmez teknikler kullanılarak prosesi en mükemmel hale getirilmeye çalışılmış ve bu çalışmalar günümüzde de tüm hızıyla sürdürülmektedir.[1]

2.1 ISO TS 16949:2002 Spesifikasyonunun İçeriği

ISO TS 16949:2002, 34 sayfalık bir kitapçık halinde, 8 ana ve her biri için yardımcı ve açıklayıcı birçok alt maddelerden oluşmuştur. Ayrıca otomotiv tedarikçileri tarafından uygulanan 7 adet ek kitap mevcuttur.

- ❖ ISO TS 16949:2002-Otomotiv uygulamalarına yönelik açıklayıcı kılavuzu
- ❖ ISO TS 16949:2002-Otomotiv belgelendirme kuralları kılavuzu
- ❖ MSA ölçüm sistemleri analizi kılavuzu
- ❖ PPAP üretim parçası onay kılavuzu
- ❖ SPC istatistiksel proseslendirme ve kontrol kılavuzu
- ❖ İleri ürün kalite planlama ve kontrol planları
- ❖ FMEA hata türü ve etkileri analizi

ISO TS 16949:2002 Çizelge 2.1 'de gösterilen şu temel maddelerden oluşmaktadır:

Çizelge 2.1 ISO TS 16949:2002 temel maddeleri

1	Kapsam
2	Atıf Yapılan Standart ve/veya dökümanlar
3	Terimler ve Tarifler
4	Kalite Yönetim Sistemi
5	Yönetim Sorumluluğu
6	Kaynak Yönetimi
7	Ürün Gerçekleştirme
8	Ölçme, Analiz ve İyileştirme

3 KALİTE KAVRAMI

Kalite kavramı günümüzde yaşamın her aşamasında kullanılmasına rağmen herkesin genel olarak uzlaşacağı bir kalite tanımı yapılması neredeyse imkansızdır. Kaliteli mal ile çoğu kez pahalı olan, dayanıklı ve üstün niteliklere sahip mal ifade edilmektedir. Bu da, kalite kavramının yanlış veya olması gerekenden daha dar anlamda kullanılmasıdır. Değişik kalite tanımlarının yapılması kalitenin çok boyutlu olmasından kaynaklanmaktadır. Kalitenin pek çok değişik tanımları yapılmıştır. Bunlardan bazıları;

- Kalite mükemmellik değildir, kalite ihtiyaçlara uygunluktur.
- Kalite önlemdir; sorunlar ortaya çıkmadan önce çözümlerini oluşturur, ürün ve hizmetlerin yapısına kusursuzluk katar.
- Kalite, müşterinin tatminidir; ürün ve hizmetin ne kadar iyi olduğu konusundaki son kararın verdiği memnunluktur.
- Kalite verimlilik; işleri yapabilmek için gerekli eğitimden geçen, ihtiyaç duyduğu araç-gereç ve talimatlarla desteklenen personel ile elde edilir.
- Kalite esnekliktir; talepleri karşılamak için değişmeyi göze almak ve bu konuda istekli olmaktır.
- Kalite etkili olmaktır; işleri çabuk ve doğru olarak yapmaktır.
- Kalite bir süreçtir; süregelen bir gelişmeyi kapsar.
- Kalite, bir yatırımdır; uzun dönemde bir işi ilk defada doğru olarak yapmak, hatayı sonradan düzeltmekten daha ucuzdur. [10]

Bu tanımlara ilave olarak dünya çapındaki kuruluş ve uzmanlar tarafından yapılmış olan kalite tanımları da şöyledir;

- Kalite, bir ürün ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerinin toplamıdır. (TS-ISO9005)

- Kalite, bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür. (Amerikan Kalite Kontrol Derneği-ASQC)
- Kalite, bir malın ya da hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk derecesidir.(Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu-EOQC)
- Kalite, ürün ya da hizmeti ekonomik bir yoldan üreten ve tüketicinin isteklerine cevap veren bir üretim sistemidir. (Japon Sanayi Standartları Komitesi-JIS)
- Kalite, kusursuzluk anlayışına sistemli bir yaklaşımdır.
- Kalite, kullanıma uygunluktur. (J. Joseph JURAN)
- Kalite, şartlara uygunluktur. (Philip CROSBY)
- Kalite kontrol uygulamak, en ekonomik, en kullanışlı ve müşteriye daima tatmin eden kaliteli ürünü geliştirmek, tasarımı yapmak, üretmek ve satış sonrası servislerini vermektir. (Dr. Kaoru ISHIKAWA)[11]

3.1 Kalite ve Verimlilik

İşletmeler ekonomik yönleri oldukça güçlü olan ve ekonomik değere sahip mallar üreten kuruluşlardır. Dolayısıyla işletmeler üretim yaparken, bu üretimi daha az kaynakla ve üretim faktörlerini daha az kullanarak gerçekleştirmek durumundadırlar. Bu, işletmeler açısından maddesel anlamda, verimlilik gücü anlamına gelmektedir. Ülkeler arasında üretimin verimliliği açısından farklar vardır. Bazı ülkeler belirli malları üretmede diğerlerinden daha etkindirler, yani bu malları daha ucuza mal ederler. Ülkelerin verimlilik gücü, ekonomilerin kalkınma ve gelişmeleri bakımından, dünya ekonomisi ve nihayet işletmeler açısından büyük bir önem taşımaktadır. Ülkelerin ekonomik gücü karşılaştırılırken de, verimlilik göstergeleri dikkate alınmaktadır. Ancak dikkate alınması gereken bir nokta, verimliliğin girdi/çıktı gibi basit bir şekilde ele alınmaması, tüm boyutlarıyla dikkate alınarak değerlendirilmesidir.

Verimlilik kavramı literatürde değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Anonim bir tanımlamaya göre verimlilik, mümkün olan en düşük kaynak harcaması ile en yüksek sonuca ulaşmaktır. Bu tanımda yer alan en düşük kaynak harcaması ile en yüksek çıktıyı elde etme amacı, hemen hemen bütün tanımlarda ortak nokta olarak yer almaktadır. Ekonomi kuramı açısından, en dar anlamıyla verimlilik; üretim sürecinde boşluk olmadan, verilen birtakım girdilerle en yüksek üretimin sağlanmasıdır. Daha geniş anlamda verimlilik; çıktının en az maliyetle üretilmesidir. Bu anlamda verimlilik, dar anlamda verimlilik kavramını içermesinin yanı sıra girdilerin, en az toplam maliyeti gerçekleştirecek oranlarda bir araya getirilmesi gerektiğini de ifade

etmektedir. Japon Verimlilik Merkezi ise verimliliği, çok geniş ve kapsamlı olarak, doğru olan işleri, doğru biçimde ve ekonomik bir çalışma ile gerçekleştirmeyi hedefleyen akılcı bir yaşam biçimi olarak tanımlamaktadır. Bu merkezin tanımına göre, “verimlilik herşeyin üzerinde zihinsel bir davranış biçimidir; mevcudun devamlı değiştirilmesi, gelişim ve ilerleme mantalitesidir. Dünden bugüne daha iyi, yarından daha az iyi yapabilmenin güvencesidir. Ne kadar iyi görünürse görünsün ve de gerçekte ne kadar iyi olursa olsun, mevcut durumu iyileştirme ve geliştirme arzusudur. Ekonomik ve sosyal hayatın, değişen şartlara devamlı uyumlu hale getirilmesidir. Yeni metot, yeni tekniklerin devamlı uygulanma çabasıdır; insanoğlunun gelişimine olan inançtır.

Verimlilik ve kalite arasında ölçülebilir bir ödünleşmenin olduğu düşüncesi kaçınılmazdır, ancak birçok durumlarda da bulunmadığı görülebilir. Lee Iacocca 1978’de Chrysler şirketinde “kalite ve verimlilik birlikte uygulanabilir” ifadesiyle bir reform gerçekleştirmiştir. O ileriye görerek kalite arttırmanın daha düşük tamir kontrol, hurda ve üretim garantisi maliyeti anlamına geldiğini saptamıştır. Daha güvenilir otomobilde, daha büyük müşteri bağlılığı ve artan satış anlamına gelmektedir.

Yönetimin, kalite problemlerinin kaynaklarını doğru tespit edebilmesi bazı geleneksel yargılardan kurtulmasına bağlıdır. Örneğin, yüksek kalitenin daima yüksek maliyet anlamına geldiği inancı artık terk edilmelidir.

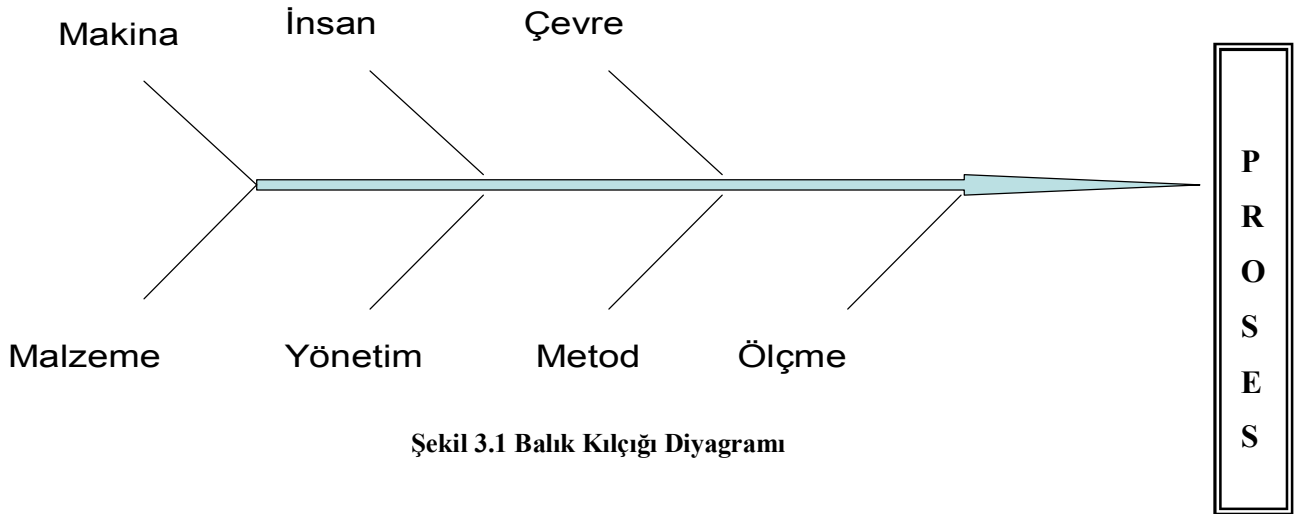
İşletmelerde verimliliği etkileyen başlıca faktörler; kullanılan üretim teknikleri, sermaye, kalite, teknoloji ve yönetim gibi faktörlerdir. Bu faktörlerin verimliliği etkileme boyutları farklıdır. Fakat bütün bu faktörlere önemli bir faktör olarak, bunları yönlendiren insan faktörünü de eklemekte yarar vardır. Kalite ve verimlilik aynı anlamda değildir. Bu anlamda verimliliği arttırmaya çalışan işletmeleri, verimliliğin önemli bir boyutu olan kalite unsuruna da önem vermek zorundadırlar. Bunların gerçekleşmesi eldeki teknolojik imkanlara ve yönetimin karlılığına bağlıdır. [12]

Bir ürün üretilirken o ürünün elde edilmesinde kullanılan proses birçok faktörden etkilenir. Dolayısıyla bu faktörleri kontrol altında tutmak prosesi kontrol altında tutmayı sağlayarak ürünün doğru olarak üretilmesiyle sonuçlanır.

Prosesi etkileyen 7 faktör vardır. Bu faktörler:

- ✓ Makine
- ✓ İnsan
- ✓ Çevre
- ✓ Malzeme
- ✓ Yönetim
- ✓ Metod
- ✓ Ölçme

Bu 7 faktör bir diyagram üzerine yerleştirilerek ele alındığında görüntü olarak balık kılıcını andırdığından “Balık Kılıcı Diyagramı” olarak bilinmektedir. Otomotiv endüstrisi bu bileşenleri çeşitli yöntemlerle kontrol altında tutar ve bunun için birçok kalite sisteminden faydalanır. Bu faktörler ve kontrol yöntemleri Çizelge 3.1’de görülmektedir;



Çizelge 3.1Hatalara sebep olan faktörler ile kontrol edilme yöntemleri

FAKTÖR	KONTROL YÖNTEMİ
Makine	SPC
İnsan	Eğitim, Poka Yoke
Çevre	5S
Malzeme	PPAP
Yönetim	ISO TS 16949
Metod	İş talimatları
Ölçme	MSA

SPC adı verilen istatistiksel proses kontrol ile proses ve makine yeterlilikleri hesaplanarak prosesteki eksiklik ve hataların tespiti yapılır ve iyileştirme için aksiyonlar belirlenir. Prosesi etkileyen insan faktörü çeşitli eğitimlerle ve poka yoke adı verilen hata yapmaya sistemin izin vermediği yöntemlerle kontrol altında tutulur. Çevre ve düzen 5S adı verilen çevre düzenleme yöntemiyle kontrol edilir. Malzeme, yine otomotivin de uyguladığı PPAP sunumuyla henüz malzeme seri olarak üretilmeden kontrol altına alınır. Yönetimi kontrol altında tutan ISO TS 16949 spesifikasyonunun kendisidir. Prosesin gerçekleştirilme metodu kişilere bağımlı olmaktan çıkarılarak talimatlar şeklinde tarif edilir. Ölçme ise ölçüm sistemleri analizi (MSA) ile kontrol altında tutulur. Tüm bu parametreler ciddi bir biçimde kontrol altında tutulduğunda prosesin çıktısı olan ürün de kontrollü bir şekilde üretilerek otomotivin onayına PPAP sunumu şeklinde sunulabilecektir.

4 APQP SÜRECİ



APQP süreci ürün talebinin oluşmasıyla başlar ve parça sunum garantisiyle sona erer. Süreç basitçe şu şekilde ifade edilebilir:

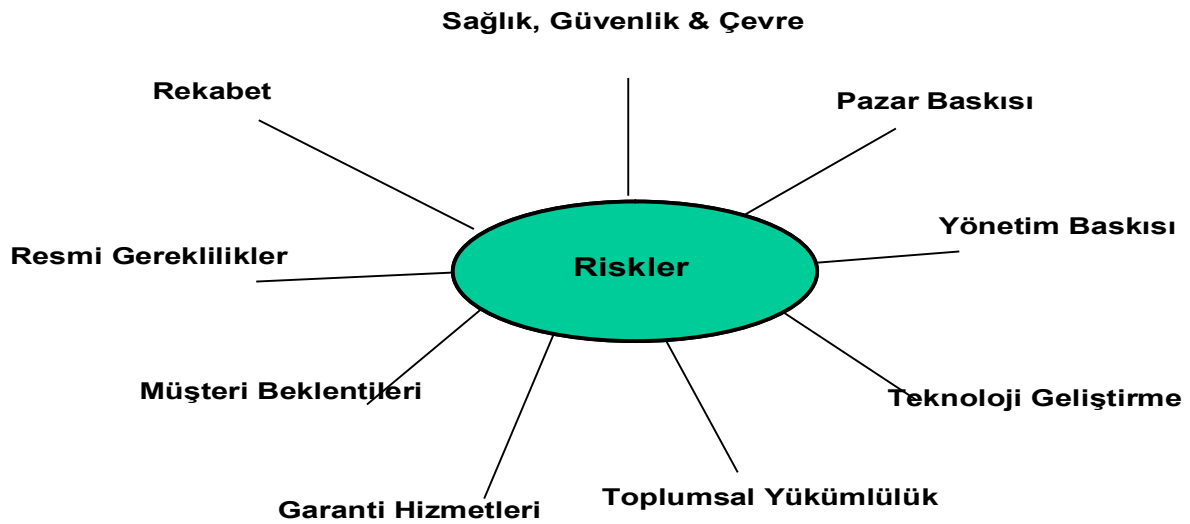
1. Fizibilite etüdü
2. Fiyat teklifinin hazırlanması
3. Fiyat teklifi onayı
4. Proje planlama faaliyetleri

5. Operasyonel talimatların hazırlanması, satın alma şartnameleri
6. Snoptiklerin hazırlanması
7. PFMEA çalışması
8. Kontrol planının hazırlanması
9. Ölçü aleti veya makine, aparat, malzeme siparişlerinin verilmesi
10. MSA çalışması
11. Makine yetenek testi çalışmaları(Cm, Cmk)
12. Yerleşim planının optimizasyonu
13. Deneme üretimi hazırlıkları ve eğitim
14. Deneme üretimi ve SPC çalışmaları(Cp, Cpk)
15. İNK Raporlarının hazırlanması
16. PPAP hazırlıkları
17. PPAP sunumu
18. PSW (Parça sunum garantisi) onayı

APQP süreci bir proje olarak yürütüldüğünden temelinde takım çalışması yatmaktadır. APQP süreci sayesinde müşteri memnuniyeti için kaynaklar önceliklendirilir, gerekli değişiklikler önceden tanımlanır, kaliteli ürün zamanında ve en düşük maliyetle elde edilir. [3]

5 HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)

Hata türü ve etkileri analizi işletmeye zarar verebilecek hatalı ürünlerin piyasaya sürülmesi olasılığına karşı geliştirilmiş, hatayı henüz gerçekleşmeden tespit edip önlemeye yarayan bir tekniktir. FMEA yaklaşımı ile bir ürün veya proseste problem oluşturabilecek durumlar belirlenir, bu problemlerin nedenlerinin risk durumları belirlenir, hata ihtimalinin azaltılması için alınması gerekli olan aksiyonlar önceliklendirilir ve bu hataların oluşmasını engellemek için tasarım veya mevcut kontrol planı değerlendirilir. Bir ürünün üretilme kararının alınmasını takiben son haline getirilmesine kadar karşılaşılabilecek birçok risk mevcuttur. Bu riskler çeşitli sebeplerden doğarak ürün kalitesi üzerinde olumsuz etki gösterir. [13]



şekil 5.1 Risk oluşturan Faktörler

 r n kalitesinin olumsuz etkilenmesi kullanıcının memnuniyetsizliğine, can ya da mal kaybına sebep olabilmektedir. Bu sebeple bu risklerin önceden belirlenip önlemlerinin alınması bir zorunluluk haline gelmiştir.

5.1 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Kalite Yönetim Sistemindeki Yeri

Güvenilirlik (öngörülen kalitenin ve bağlı olduğu sistemin oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması) ürün kalitesinin en önemli kriteri olmasının yanında müşteri tatmini açısından da çok önemli göstergedir. [14]

Güvenilirlik, bir alet veya sistemin belirli bir süre ve çalışma koşulları içerisinde gerçekleştirmesi gereken işlevi yerine getirme olasılığıdır. [15] Bu yaklaşımla güvenilirlik doğru ürün üretme ve müşterinin memnun edilmesi açısından son derece önemli bir parametredir. Geçmiş dönemlere bakıldığında günümüzde hataların algılanmasında ve sorunların çözümünde izlenen yöntemler farklılaşmıştır. Eski anlayışa göre ortaya çıkan problemlerin çözülmesi amaçlanırken günümüzde problemlerin önlenmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Eski anlayışta kayıp maliyetler ve güvenilirlik hesaplanırken, günümüzde kayıp maliyetlerin önlenmesine çalışılmakta ve %100 güvenilirlik hedeflenmektedir.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır. [16]

5.2 Hata Kavramı

Hata, kısaca bir birimin sahip olması gereken özelliklerinden bir sapma olarak tanımlanır. Bir sistem, bir ürün için hata, istenen işlevlerini yerine getirememesi durumudur. Bu durumda genelleştirilmiş ifadeyle hata “tanımlanan işlevlerini yerine getirme kabiliyetindeki kayıp” olarak tanımlanabilir. Benzer şekilde Landers 1963’te hatayı, ilgili parametrelerle sınırları önceden belirlenen işlevi yapma yetersizliği olarak tanımlar.

1983’de yayınlanan IEEE STD 729’da ISO’nun yapmış olduğu hata tanımları:

- Birimin, istenen işlevini yerine getirmek için işlevsel kabiliyetinin bitimi,
- Belirlenen limitlerle istenen işlevini yerine getirmek için sistem veya sistem bileşeninin yeterli olmayışı,

şeklindedir.

5.2.1 Hataların Sınıflandırılması

Kaynaklarda farklı şekillerde çeşitlendirilen hatalar genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Meydana geldiği aşamaya göre,
2. Sonuçlarına göre,
3. Zamana göre,
4. Nedenlerine göre

Meydana Geldiği Aşamaya Göre Hata Sınıflandırması:

5.2.1.1 Tasarımla İlgili Hatalar

İşlemsel zorlanmanın, tasarım dayanıklılığını aştığı zaman ortaya çıkan hatalar.

5.2.1.2 Üretimle İlgili Hatalar

Tasarım özellikleri, üretim sürecindeki faktörlerle bozulduğu zaman gözüken hatalar.

5.2.1.3 Kullanımla İlgili Hatalar

Normal çalışma ömrü esnasında aşırı işlevsel zorlama veya bakımla ilgili sorunlardan kaynaklanan hatalar.

Sonuçlarına Göre Hata Sınıflandırması:

5.2.1.4 Felaket Getirici Hata

Ölüme ve çok büyük sistem hasarına yol açan hatalar.

5.2.1.5 Marjinal Hata

Küçük yaralanma, küçük mal hasarı veya küçük sistem hasarına neden olan hatalar.

5.2.1.6 Küçük Hata

Yaralanma, mal hasarına neden olmayan planlanmış bakım ve tamir gerektiren hatalar.

5.2.1.7 Önemsiz Hata

Etkileri hissedilmeyen hatalar.

Zamana Göre Hataların Sınıflandırılması:

5.2.1.8 Ani Hatalar

Ürün veya sistemin zorlanması sonucu işlevlerini aniden kaybetmesi sonucu ortaya çıkan hatalar.

5.2.1.9 Kademeli Hatalar

Aşınma ve eskimenin etkilerinin bir araya gelmesiyle zamanla ortaya çıkan hatalar.

Nedenlerine Göre Hataların Sınıflandırılması:

5.2.1.10 Ürün Esaslı Hata Nedenlerine Göre Sınıflandırma

- İnsan gücünden kaynaklanan hatalar
- Malzemedен kaynaklanan hatalar
- Makineden kaynaklanan hatalar
- Yöntemden kaynaklanan hatalar
- Ölçme yöntemlerinden kaynaklanan hatalar
- Yönetimden kaynaklanan hatalar

5.2.2 Üretim Hataları

Bir ürünün kullanıcıyı memnun etmek için kullanım esnasında sahip olması gereken özellikleri tasarım kalitesinin yanı sıra üretim kalitesine de bağlı olacaktır. Üretim faktörlerinden, insan, makine, malzeme ve yöntem gibi unsurların sahip olması gereken özelliklerindeki bir sapma, üretim kalitesini etkileyecektir. Hata olarak tanımlanan bu istenmeyen yön ve boyuttaki değişme, üretim hatasını oluşturacaktır.

5.2.3 Ölçme Hataları

Ölçme hatası; hesaplanan değerle ölçülen cismin gerçek değeri arasındaki farktır. (ölçülen cismin gerçek ölçü değeri çok seyrek olarak bilinir) Bilimsel araştırmaların sonuçlarının sayısal büyüklüklerle ifade edilebilen ölçmeler olmaksızın yürütülmesi düşünülemez. İmalatta, mamul veya parçalar için dizayn aşamasında saptanan ölçülerin şekil verme işlemleri sonunda gerçekleşme derecesinin bilinmesi zorunludur. Ayrıca işlemlerin uygulanması esnasında yapılan ara ölçmeler, tezgah ve takımların ayarlanması, işlem süresinin gereksiz yere uzamaması ve dolayısı ile maliyetlerin düşürülmesi açısından da büyük önem taşır.

Ölçme sonuçlarındaki değişimin; biri imalat işlemleri, diğeri ölçme aletleri olmak üzere iki kaynağı vardır. Ölçme tekniğinin temel sorunu, değişmelerin ne kadarının hangi kaynaktan doğduğunu tespit etmektir.

Ölçüm hatası, bir veya daha çok ölçüme dayanan bir durumun o anki ve tahmini durumları arasındaki farktır. Ölçüm hatalarının, işlem performansı dikkate alınarak miktarı belirlenmeli ve değerlendirilmelidir.

Son yıllarda, hata konusunda yapılan çalışmaların daha çok “Sıfır-Hata” seviyesine ulaşmak için hatanın sebeplerini anlamak üzerine yoğunlaştığı görülmektedir [17].

5.2.4 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Tarihi

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) disiplini, ABD ordusunda geliştirilmiştir. Hata Türleri, Etkileri ve Riskinin Analizi Üzerine Prosedürler olarak adlandırılan Askeri Prosedür MIL-P-1629, 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır. Sistem ve donanım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Hatalar görev başarısına ve personel/donanım güvenliğine etkilerine göre sınıflandırılmıştır. Bu, modern imalat sisteminin yapısına uymamaktadır. Günümüzde tüketici malları üreten imalatçılar müşteri güvenliği ve memnuniyeti gibi yeni öncelikler belirlemişlerdir.

1988 yılında Uluslararası Standartlaştırma Örgütü iş yönetimi standartları üzerine ISO 9000 serisini ortaya çıkarmıştır. ISO 9000 standardının gerekleri işletmeleri, tüketicinin istekleri, gereksinimleri ve beklentileri doğrultusunda Kalite Yönetim Sistemleri geliştirmeye itmiştir. ISO 9000' in otomotiv sektöründeki karşılığı olan QS 9000, bu alanda faaliyet gösteren firmalar kalite sistemlerini standartlaştırma çabasına sokmuştur. Bunun için otomotiv

sektöründeki firmalar, Hata Türleri ve Etkileri Analizi'ni de içeren İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP) uygulamakta ve Kontrol Planı oluşturmaktadır. Şubat 1993'te Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) endüstri çapında Hata Türü ve Etki Analizi standardı oluşturmuştur. Bu standart FMEA yapısı, QS 9000 standardının geliştirilmesinde işbirliği yapan Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul edilmiştir ve desteklenmektedir.

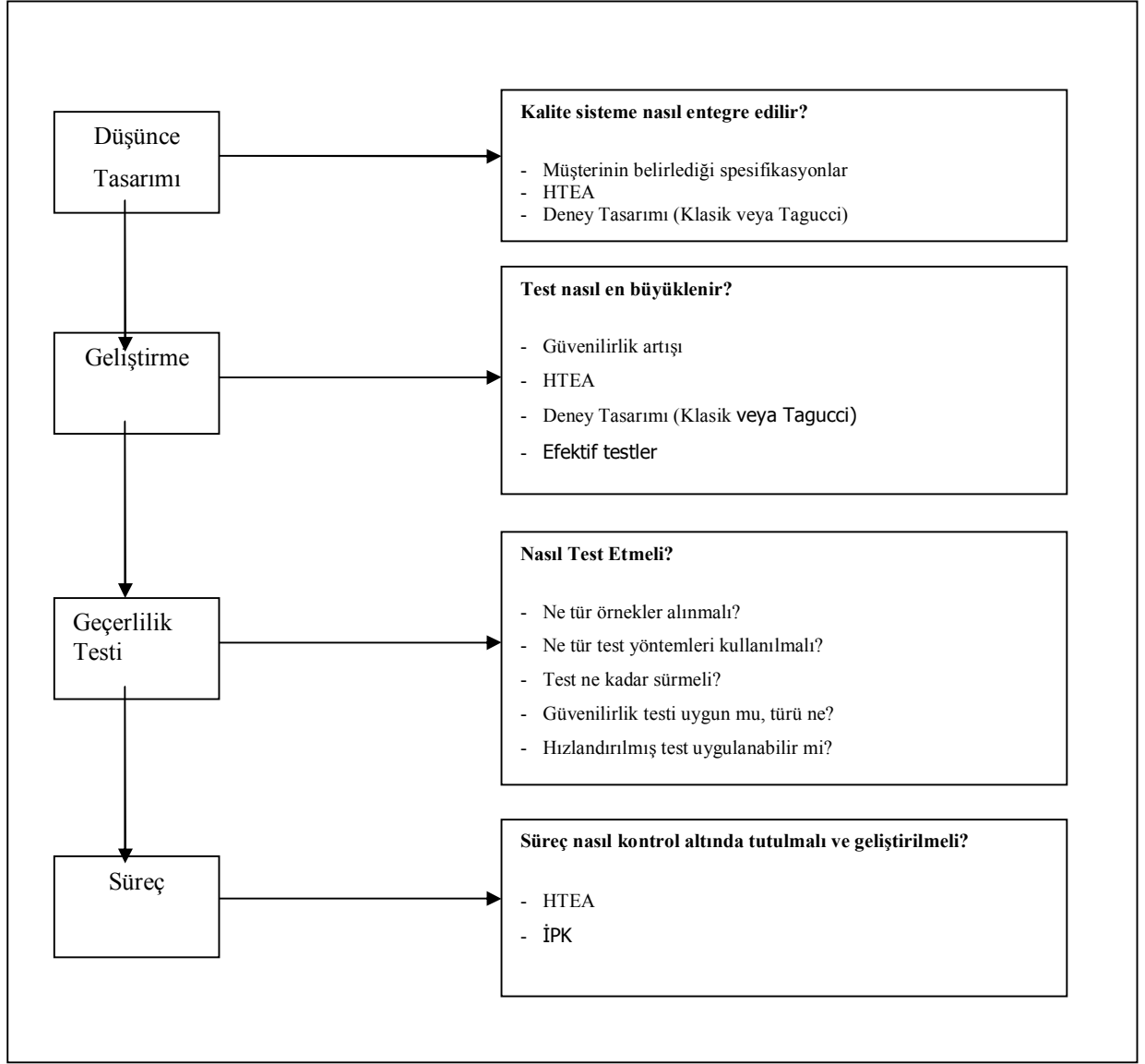
5.2.5 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Başlatılması

FMEA bilinen veya potansiyel problemlerin eliminasyonu ile müşteri memnuniyetini maksimize eden bir metodolojidir. Bunu gerçekleştirmek için FMEA mümkün olduğunca erken, hatta bütün gerçekler ve bilgiler mevcut değilken başlatılmalıdır. FMEA “Sahip olduklarıyla yapabileceğinin en iyisini yap” fikri üzerine odaklanır [18].

Açık olarak, FMEA programı aşağıdaki durumlarda başlatılmalıdır; [18]

- Yeni sistemler, tasarımlar, ürünler, süreçler veya sistemler tasarlanırken,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için yeni uygulamalar yapılırken,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için sebeplerine bakılmaksızın değişiklik yapılırken,
- Mevcut koşullardaki sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için yeni uygulamalar başlatılırken,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servislerin geliştirilmesi düşünüldüğü zaman.

FMEA, sürekli gelişim yolunun haritasıdır. Bu özelliği ile FMEA sistem fikrinden üretim ve servise kadar her aşamada başlatılabilir. Şekil 5.2’de bu yol haritası gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Ürün Mühendisliği ve FMEA Yol Haritası

FMEA başladıktan sonra yaşayan bir doküman olur. Sürekli gelişimin gerçek bir dinamik aracıdır. Başlangıç aşamasına bağlı değildir. Sistem, tasarım, süreç veya servis süreçlerinin gelişimi için kullanılır. Sürekli olarak gerektiğinde güncellenmelidir.

5.2.6 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Amaçları

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) öncelikli olarak ürün ve süreç geliştirme üzerine eğilen, disiplinli bir tasarım gözden geçirmedir. FMEA tekniğinin öncelikli amaçları şunlardır:

- Ürün veya süreçte oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek.

- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj süreçleriyle bağıntılı olarak bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz etmek.
- Potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyellerini azaltmak.
- Montaj veya imalat süreci için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de yazılı hale getirmek.
- Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir HTEA; süreç geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak, mantık örgüsü içerisinde yalnız gidebilecek her birimin analizini içeren) özetlemek.

5.2.7 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Faydaları

FMEA ile elde edilen bilgiler tasarımda, üretim sürecinde değişiklikler yapma, kullanılan malzemeyi değiştirme, kalite kontrol ve kalite muayene ölçütlerini tekrar gözden geçirme gibi kararların verilmesinde kullanıldığından, yöntem karar verme aracı olarak da değerlendirilir. FMEA aşağıdaki fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar [19];

- Ürün, süreç ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak gözden geçirir,
- Ürün, süreç, hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlar,
- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, süreç ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler, bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlar,
- Montajda, montaj öncesinde, üründe ve süreçte hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden kaynaklanabileceğini (tasarım, süreç, vb.) belirler,
- Diğer kaynaklardan elde edilmesi mümkün olmayan hata oranlarını ve türlerini tanımlayarak gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- Bir ürün için değişikliklerin olabilecek etkilerini tanımlar,
- Yüksek riskli bileşenlerin nasıl güvenilir hale getirilebileceğini tanımlar,

- Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımlar.

Yukarıdaki mühendislik avantajlarının yanı sıra ayrıca Hata Türleri ve Etkileri Analizi tekniği kullanmanın getirdiği genel anlamdaki avantajlar aşağıda sıralanmıştır [20]:

- Hizmet veya ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini artırır.
- Şirket imajını artırır.
- Rekabet avantajını artırır.
- Müşteri tatminini artırır.
- Ürün geliştirme zaman ve maliyetini azaltır.
- Tasarım geliştirme faaliyetlerinde bir öncelik sağlar.
- En uygun sistem tasarımını seçmekte kolaylık sağlar.
- Gelişim isteği doğurur.
- Organizasyon kültürünü artırır.

FMEA çalışmaları sonucunda [21] ;

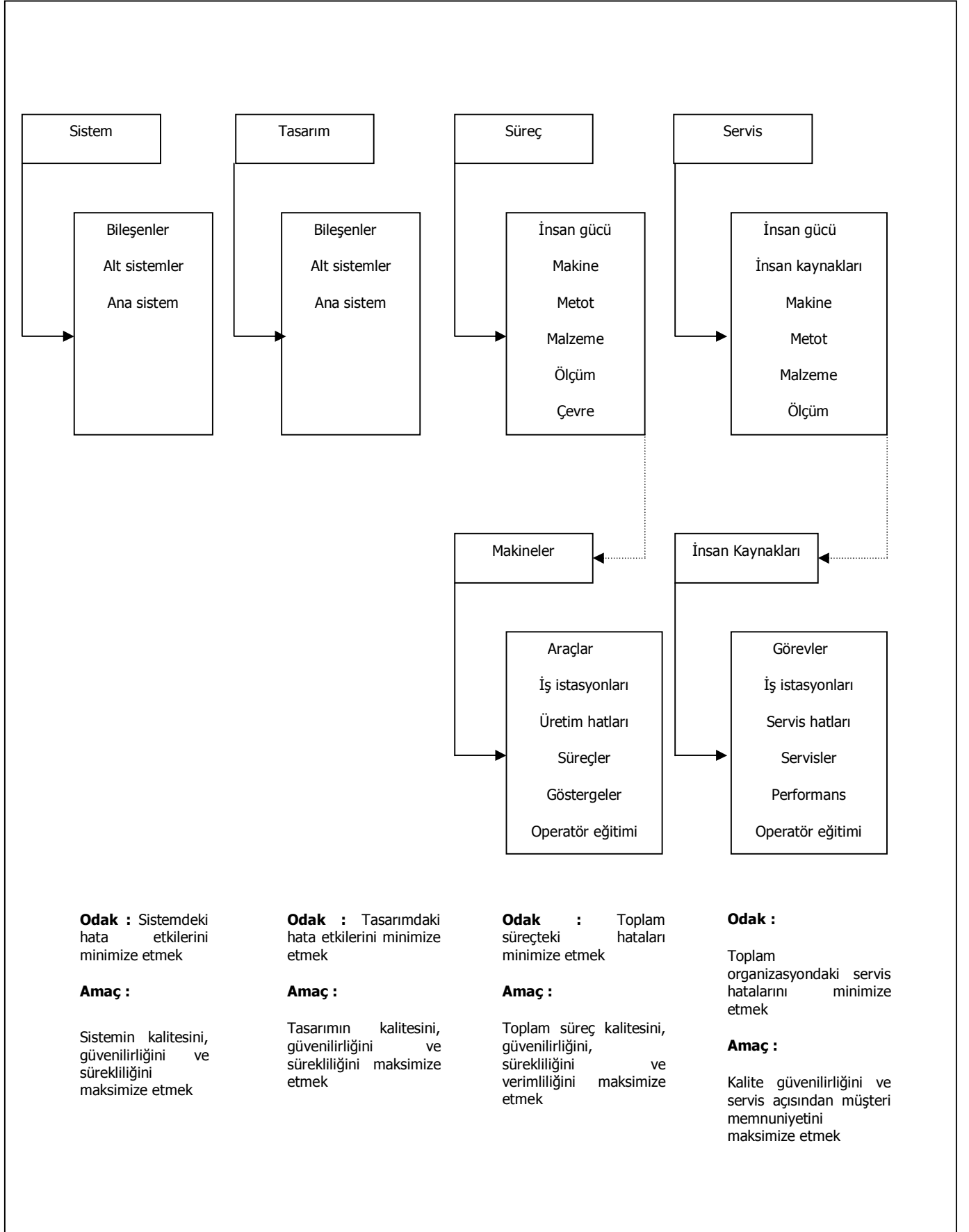
- Hata giderilinceye kadar sürecin durması veya devam etmesi kararı verilir,
- Hataları önleyecek programlar hazırlanır,
- Makine, tezgâh ve süreç akışını gerçekleştiren donanımda hangi elemanların yenilenmesi gerektiği,
- Tasarım ve spesifikasyonlarda ne gibi değişikliklerin yapılacağı,
- İhtiyaç duyulan bakım süresi ve gerek duyulan bakım araç-gereci,
- Gerekli görülen testler,
- Bakım, operasyon, kontrol talimatlarında yapılacak değişiklikler belirlenir.

5.2.8 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Çeşitleri

Uygulama yerleri ve amaçlarına göre dört tür FMEA modeli vardır:

- **Sistem FMEA:** Bütün donanımların ve tasarımın tamamlanmasının sonrasında üretim, kalite güvence gibi sistemlerin akışını en elverişli hale getirmek için kullanılan bir yöntemdir.[20] Sistem FMEA sistemde bozukluklara neden olan potansiyel hata türlerine odaklanır.

- **Tasarım FMEA:** Tasarım FMEA, ürün deneme safhasından önce tasarım esnasında veya ürünün fizibilite çalışmaları esnasında karmaşık ürünlerdeki ana riskli bölgeleri bulup ortaya çıkarmak için yapılan FMEA çalışmasıdır.



Şekil 5.3 FMEA Türleri ve Aralarındaki ilişkiler

Bu hata türleri ve etkileri analizi türlerinden temel olarak bir ayrım yaptığımızda Hata Türleri ve Etkileri Analizini ;

- Tasarım FMEA
- Süreç(Proses) FMEA
- Sistem FMEA
- Servis FMEA

olmak üzere dörde ayırabiliriz. Bunlardan iki tür genellikle işletmeler tarafından tercih edilmektedir. FMEA çalışmalarında yüksek verim alabilmek için önce tasarım sonra Süreç FMEA' nın kullanılması gereklidir.

5.2.8.1 Tasarım FMEA

Tasarım FMEA, herhangi bir tasarımdan sorumlu mühendis/ekip tarafından, tasarımda ortaya çıkabilecek olası Hata Türleri ve Sebeplerinin tüm kapsamıyla ele alındığı, tanımlandığı ve çözümlendiği analitik bir tekniktir. İlgili her bir sistem, alt sistem ve bileşen değerlendirilir. Diğer bir deyişle özenle ve uygun şekilde yapılmış bir Tasarım FMEA, tasarlanan bir bileşen, alt sistem veya sistem için, ekip düşüncelerinin özetidir. Bu sistemli yaklaşım, tasarım mühendisinin herhangi bir tasarım sürecindeki zihinsel disiplini paralelleştirir ve belgelendirir [22].

Tasarım FMEA, tasarım ihtiyaçlarının ve alternatiflerinin değerlendirilmesinde, sistemin işleminde oluşabilecek hata türleri ve onların sonuçlarının tasarım/geliştirme sürecinde ele alınmasında, tam ve etkili tasarım ve test geliştirme programlarının planlanmasında ek bilgiler sağlayacak bir referans oluşturur. [19] Tasarım FMEA, özellikle ürünün güvenilirlik ve emniyetine zarar verebilecek herhangi bir durumu veya zayıf noktaları belirlemek için tasarımı analiz etmenin etkili bir yöntemidir.

Bir Tasarım FMEA için müşteri, son kullanıcı (ürünü satın alıp kullanan) olmayıp, aynı zamanda üst sistemlerin veya nihai ürünün tasarım mühendisleri/ekipleri, üretim ve montaj sürecinden sorumlu mühendisler ve servis mühendisleridir [22].

Tasarım FMEA, tasarım aşamasında ürüne şu şekillerde katkılarda bulunur [23]:

- Ürünün mümkün hatalarının ürün gerçekleştirilmeden önce tespit edilmesini sağlar,
- Uyulması gereken, ürün emniyet kurallarının tanımlanmasına yardımcı olur ve tasarım esnasında gerekli önlemlerin alınmasına sağlar,
- Ürün tasarım gereksinimleri ve alternatiflerinin değerlendirilmesine yardımcı olur,
- Kritik ve önemli özelliklerin belirlenmesine yardımcı olur,
- Tasarım iyileştirmeleri için önceliklerin belirlenmesine yardımcı olur,
- Tasarım esnasında oluşturulan gerçekçi bir belgelendirme sistemi gelecekteki ürün tasarımları için rehberlik eder.

Tasarım FMEA Ekibi;

Ekibin lideri birinci derecede sorumlu mühendis olmalı ve ekip eylemleri ve ekipteki değişkenlikleri yönetmeli, çabaları yönlendirmeli, ekibin tam katılımını sağlamalıdır.

FMEA hazırlığı ekip liderinin sorumluluğunda olmasına rağmen, FMEA çalışması bir ekip çabası gerektirir. Tasarım FMEA sürecinin başlangıcı esnasında, sorumlu mühendis, tüm etkilenen alanların temsilcilerinin doğrudan ve faal olarak ekipte bulunmasını sağlamalıdır.

FMEA ekibi genel olarak çekirdek ekip ve destek ekip olmak üzere iki ayrı gruptan oluşur. Çekirdek ekip üyeleri çapraz işlevsel ekip çalışmasının her aşamasına katılırlar, karar vericidirler ve eylemlerin gerçekleştirilmesinden sorumludurlar.

Destek ekip üyeleri ise, özel görüş ve girdi sağlamak üzere, genelde gerektiği zaman katılırlar. Ekip üye sayısı beş ile on arasında olmalıdır [24].

Çekirdek Ekip :

- Tasarım Mühendisi
- Üretim/süreç Mühendisi

Destek Ekip :

- Servis
- Tedarikçi/yardımcı Sanayi
- Analiz/Test Operasyonları
- Kalite

Bu üyelerin yanı sıra bir sonraki üst veya alt grup, sistem veya bileşenin tasarımından sorumlu mühendisler de ekipte bulunmalıdır. FMEA, etkilenen fonksiyonlar arasındaki fikir alış verişini harekete geçirerek, bir ekip yaklaşımının ortaya çıkmasını sağlamalıdır [25].

Tasarım FMEA'nın Çıktıları:

- Potansiyel ürün hata türlerinin listesi,
- Potansiyel kritik ve belirleyici karakteristiklerin listesi,
- Kritik ve belirleyici karakteristikleri göstermek üzere yapılacak çalışmaların listesi,
- Ürün hata türlerini ortadan kaldıracak ya da tekrarını azaltacak tasarım önlemlerinin bir listesi [18].

5.2.8.2 Süreç(Proses) FMEA

Süreç FMEA; herhangi bir süreçten sorumlu mühendis/ekip tarafından, süreçte ortaya çıkabilecek olası Hata Türleri ve ilgili sebeplerinin tüm kapsamıyla ele alındığı, tanımlandığı ve çözümlendiği analitik bir tekniktir. Bir Süreç FMEA için müşteri normal olarak nihai müşteri (ürünü satın alıp kullananlar) olarak görülmelidir. Ancak, müşteri, bir sonraki ve daha sonraki imalat/montaj operasyonları ve servis operasyonları da olabilir [24].

Süreç FMEA tekniği, süreç hata türüyle ilişkili ürünün potansiyelini belirler, hataların müşteri üzerindeki etkilerinin potansiyelini ortaya çıkarır, potansiyel imalat ve montaj süreci hata sebeplerini belirler ve hata şartlarını ortaya çıkarmak veya önlemek için kontrole yoğunlaşmada gerekli olan önemli süreç değişkenlerini belirler [26].

Süreç FMEA, imalat sırasında ürüne ve sürece şu katkılarda bulunur [23]:

- Yeni üretim ve montaj süreçlerinin incelenmesine yardım eder,
- Olabilecek üretim hata ve hata etkilerinin göz önünde tutulmasını sağlar,
- Hatalı ürünlerin üretilme olasılığını azaltmak için kontrollere veya hataları keşfetmek için çeşitli yöntemlere mühendisleri ve çalışanları odaklayarak sürecin olumsuzluklarının ortaya çıkmasını sağlar,
- Kritik ve önemli özellikleri belirler, iyileştirme faaliyetleri için öncelik sırası yaratır,
- Süreç değişiklikleri sırasında oluşturulan gerçekçi bir belgelendirme sistemi gelecekte geliştirilecek olan üretim ve montaj süreç tasarımları için rehberlik eder.

Çizelge 5.1 Süreç FMEA Örneği

Proses Basamakları	Gereksinimler	Hata Türü	Hata Sebepleri	Önleyici Kontroller	Keşfedici Kontroller	Aksiyonlar
Operasyon20 Tork tabancası ile oturak minderinin araca montajı (4 civata)	4 civata	4 civatadan daha az	çok az civata istemeden monte edilmiş	Doğru miktarı talimatlar yardımıyla belirlemek operatör eğitimi	İstasyonda göz kontrolü	İstasyonda tork izleme eğer sayı dörtten az ise hat duracak
	Belirlenmiş civatalar	Yanlış civatalar kullanılmış, daha büyük çaplı	İstasyonda benzer civatalar kullanılıyor	Doğru civataları talimatlar yöntemiyle belirlemek		İstasyonda tork açısı izleme eğer açı tutmazsa hat duracak, poka-yoke İstasyon/ürün için tek tip civata kullanımı

Süreç FMEA Ekibi;

FMEA ekibi genel olarak çekirdek ekip ve destek ekip olmak üzere iki ayrı gruptan oluşur. Çekirdek ekip üyeleri çapraz işlevsel ekip çalışmasının her aşamasına katılırlar, karar vericidirler ve eylemlerin gerçekleştirilmesinden sorumludurlar. Destek ekip üyeleri ise, özel görüş ve girdi sağlamak üzere, genelde gerektiği zaman katılırlar. Ekip üye sayısı beş ile on arasında olmalıdır [24].

Çekirdek Ekip :

- Tasarım Mühendisi
- Üretim/süreç Mühendisi

Destek Ekip :

- İmalat
- Tedarikçi/yardımcı Sanayi
- Bakım

- Kalite
- Bir sonraki operasyonun Süreç Mühendisi

alanlarından gelen tecrübeli ve bilgili bireylerden oluşabilir [25].

Süreç FMEA'nın Çıktıları:

- Potansiyel süreç hata türlerinin bir listesi,
- Potansiyel ve kritik belirleyici karakteristiklerin bir listesi,
- Ürünlerin kritik ve belirleyici karakteristikleri için tavsiye edilen önlemler listesi,
- Süreç yeterliliği iyileştirilemiyorsa, ürün hata türlerini ortadan kaldıracak ya da sıklığını azaltacak veya hata tespit yöntemlerini geliştirecek süreç önlemlerinin bir listesi [18].

Süreç FMEA, bütün yeni ürünlerde, değişiklik yapılan parçalarda ve yeni üretim teknolojilerinin uygulandığı parçalara ait üretim süreçlerinde uygulanmalıdır. Bu noktada FMEA, ürünle ilgili sürecin hata türlerini, hatanın gelecekte müşteriler üzerindeki etkisini ve üretim ve montajda ortaya çıkabilecek süreç hatalarının sebeplerini ortaya koyar.

Süreç FMEA girdilerinin bir çoğu Tasarım FMEA' dan veya Tasarım FMEA' nın önerilen eylemlerinin sonuçlarından gelir. Aynı zamanda, Tasarım ve Süreç FMEA' nın sütunları arasında da çok güçlü bir ilişki vardır. Etkileri ve onların şiddet dereceleri, Süreç FMEA' ya ilave edilen etkilerle doğrudan bağlantılıdır. Diğer ilişkiler daha güç fark edilir. Örneğin; tasarım sebepleri genelde süreç hata türlerine neden olurlar [24].

Çizelge 5.2 Tasarım – Süreç FMEA arasındaki farklılıklar [23]

Tasarım FMEA	Süreç FMEA
Ürünlerin seri üretimine geçmeden önce tasarımında kullanılır.	Üretim ve montaj süreçlerinin tasarımında kullanılır.
Tasarım hatalarından kaynaklanan ürünler üzerindeki performans düşüren potansiyel hata türleri ile ilgilenir.	Üretim ve montaj hatalarından kaynaklanan performans düşüren potansiyel hata türleri ile ilgilenir.

5.2.9 Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Kısımları

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) kısımları, bir analizi oluşturan ilgili bilgileri oluşturan parçalardır. Bu öğelerin belirlenebilmesi için takım yaklaşımı esastır. Belgenin hazırlanması bir kişinin görevi olsa da, FMEA girdileri çok disiplinli bir takım tarafından hazırlanmaktadır. Bu takım tasarım, imalat, montaj, hizmet, kalite ve güvenilirlik alanlarında uzman kişilerden oluşmaktadır. Genel olarak sorumlu bir mühendis takıma liderlik eder.

5.2.9.1 Fonksiyonlar ve Hata Türleri

Analizin amacı belirlendikten sonra ikinci aşama fonksiyonların belirlenmesidir. Fonksiyon, analiz edilecek ürün ya da sürecin amacıdır. Eğer bir sistem söz konusuysa, alt sistemler de dikkate alınmalıdır. Potansiyel hata türleri ya da hata kategorileri, başarısızlığın ne şekilde oluştuğunun açıklanması ile tanımlanabilmektedir. Tüm olası hata türlerinin tanımlanması amaçlanmaktadır.

5.2.9.2 Etkiler

Fonksiyonlar ve hata türleri belirlendikten sonra FMEA sürecindeki aşama hata türü oluştuğunda gerçekleşebilecek potansiyel sonuçları tanımlamaktır. Bu takımın yapacağı bir beyin fırtınası faaliyetidir. Sonuçlar belirlendikten sonra FMEA modelinde etkiler olarak yer alacaktır.

5.2.9.3 Şiddet

Hatanın müşteriye olan etkilerinin şiddetinin, 1 ile 10 derecesinde tahmin edilmesidir. Bu tahmin bazen 1 ile 5 derecesinde de yapılmaktadır. Fakat bu derecelendirme işlemi sisteminin hassasiyetinin çok az olması nedeniyle 1 ile 10 derecelendirme sistemi daha çok kullanılmaktadır. Şiddet, hatanın oluşuktan sonra müşteriye göre ciddiyetini temsil eden faktördür. Şiddet sıralaması, müşteri ile ilgili olarak, sadece ürün tasarımın aksiyonları tarafından değiştirilebilir. Bu sıralama imalat kontrollerinden etkilenmez. Şiddet sadece hatanın etkisine dayandığından, hatanın belirli bir etkisi için bütün potansiyel hata sebepleri, en azından aynı ağırlık sıralaması almaktadır. Tavsiye edilecek şiddet sıralamaları için ürün mühendisliğine gidilmelidir ve tasarım bilgisi kullanımda değilse şiddet sıralaması tahmin edilmelidir. Fabrikada en çok ilgi çeken etkileri göz önünde bulundurmak suretiyle, şiddet sıralaması arttırılabilir, bu da bir sonraki süreç operasyonları üzerinde hatanın etkisine bağlanabilir [26].

Çizelge 5.3 PFMEA Şiddet Tablosu [35]

ETKİ	KRİTER: Etkinin Şideeti(Müşteri Etkisi)	DERECE	ETKİ	KRİTER: Etkinin Şiddeti(Üretim/Montaj Etkisi)
Güvenlik ve/veya yasal şartlarla uyumsuz bir hata	Potansiyel hata türü aracın güvenli kullanımını etkiler ve/veya yasalarla uyumsuz bir hataya sebep olur. Hata ikaz olmadan meydana gelir.	10	Güvenlik ve/veya yasal şartlarla uyumsuz bir hata	Operatörü uyarı vermeden tehlikeye atar.
	Potansiyel hata türü aracın güvenli kullanımını etkiler ve/veya yasalarla uyumsuz bir hataya sebep olur. Hata ikazla meydana gelir.	9		Operatörü uyarı vererek tehlikeye atabilir.
Temel işlevin bir kısmının veya tamamının yerine getirilmesini engelleyen hata	Ana fonksiyonda işlev kaybı(arac çalışmaz, aracın güvenli kullanımını etkilemez)	8	Çok önemli aksama	Ürünün %100'ü hurdaya ayrılır, hat veya sevkiyat durdurulur.
	Ana işlevde bozulma, araç çalışır ancak düşük performansta	7	Önemli aksama	Partinin belli bir bölümü hurdaya ayrılabilir, hat akış hızı yavaşlayabilir veya ilave insan gücüne ihtiyaç duyulabilir.
İkinci işlevin kaybı veya tamamen yerine getirilmesini engelleyen hata	İkincil işlevin kaybı (araç çalışır ancak rahatlık ve uygunluk fonksiyonları devre dışı)	6	Orta önemde aksama	Partinin %100'ü hat dışında tekrar işlenir ve kabul edilir.
	İkincil işlevde bozulma (araç çalışır ancak rahatlık ve uygunluk fonksiyonları devre dışı)	5		Partinin bir bölümü hat dışında tekrar işlenir ve kabul edilir.
Rahatsızlık verici hata	Görsel ya da işitsel hata, araç çalışır durumda, parça müşterilerin büyük bir bölümü tarafından kabul edilmez ve hata müşterilerin büyük bir kısmı tarafından algılanır >%75	4	Orta önemde aksama	Partinin tamamı operasyona girmeden istasyonda yeniden işlenir

	Görsel ya da işitsel hata, araç çalışır durumda, parça müşterilerin çoğu tarafından kabul edilmez ve hata müşterilerin çoğu tarafından algılanır >%50	3		Partinin büyük bir bölümü operasyona girmeden istasyonda yeniden işlenir
	Görsel ya da işitsel hata, araç çalışır durumda, parça müşterilerin çok az bir bölümü tarafından kabul edilir ve hata müşterilerin çoğu tarafından algılanmaz <%25	2	Önemsiz aksama	Proses, operatör veya operasyon üzerinde düşük miktarda rahatsızlık
Etkisi yok	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok	1	Etkisi yok	Herhangi bir etki yok

5.2.9.4 Nedenler

Sonuçlar (etkiler) ve şiddet belirlendikten sonra hata türünün nedenleri belirlenecektir. Tanımlama en şiddetli etkileri olan hata türlerinden başlamalıdır. Nedenler, oluş ihtimallerine göre sınıflandırılmaktadır. Ortaya çıkma olasılığı, bir hatanın oluşma ihtimalidir.

5.2.9.5 Oluşum

Oluşum sıralaması tahmin edilirken, ortaya çıkacak ve böylece belirtilen hata cinsiyle sonuçlanacak hatanın potansiyel sebebinin olasılığı düşünülür. Bu tahmin yapılırken, hata cinsi ve hatanın sebebinin, müşteriye ulaşmadan önce kontrol edilmediği varsayılır.

Şirketin kendi FMEA' sını geliştirilirken de oluşum sıralaması kullanılmıştır. Belirli bir sıralamaya hata oluşumlarının tam sayısı, mühendisin karar verme yetkisine göre sıralanır. Ancak, seçilen sıralama sistemi FMEA' nın içinde tutarlı olmalıdır. Mühendisin bu işi yaparken, uygun oluşum sırasını seçmek için kalite aktivitelerinden sorumlu olanlara danışması tavsiye edilir.

Çizelge 5.4 Olasılık Tablosu [35]

Hata Olasılığı	Olası Hata Oranları	Derece
Çok yüksek: Devamlı hata	Bin parçada yüzden fazla	10
	Bin parçada 50	9
Yüksek: Sık hata	Bin parçada 20	8
	Bin parçada 10	7
Orta: Bazen hata	Bin parçada 5	6
	Bin parçada 2	5
	Bin parçada 1	4
Düşük: Az hata	Bin parçada 0.5	3
	Bin parçada 0.2	2
Çok düşük: Hata olasılığı çok az	Bin parça da 0.01 den az	1

5.2.9.6 Kontrol

FMEA tekniğinde kontroller amaçlarına göre sınıflandırılmaktadır :

Tür (1): Bu kontroller nedenin ya da hata türünün ortaya çıkışını engellemekte ya da ortaya çıkma olasılığını azaltmaktadır.

Tür (2) : Bu kontroller neden ya da hata türünü belirlemekte ve düzeltici faaliyete yön vermektedir.

Tür (3) : Bu kontroller ürün müşteriye ulaşmadan hatayı ortaya çıkarmaktadır. Müşteri bir sonraki faaliyet, alt faaliyet ya da nihai tüketici olabilir.

Hatayı önlemeye (Tür 1) ve belirlemeye yarayan (Tür 2 ve 3) kontrollerin ayrımının yapılması önemlidir. Tür (1) içinde yer alan kontroller bir nedenin ya da hata türünün ortaya çıkışını önleme amacıyla olduğundan ortaya çıkış olasılıklarını düşürmektedir. Tür (2) ve Tür (3) içinde yer alan kontroller nedenleri ve hata türlerini saptamaya yaradığından saptanabilirlik ölçütünü etkilemektedir.

5.2.9.7 Saptanabilirlik

1 ile 10 derecelendirme ile, parça veya bileşen, imalat veya montaj hattını terk etmeden önce, tanımlanan hatanın sebep olduğu bir kusuru bulma olasılığının tahmin edilmesidir. Hatanın oluşma sebebi kabul edilmeli ve daha sonra hatanın yükünü önlemek için mevcut tüm kontrollerin yeterlilikleri tayin edilmelidir. [26]

Çizelge 5.5 Saptanabilirlik Tablosu [35]

Saptama Fırsatı	Proses Kontrolünde Saptama Olasılığı	Derece	Saptama Olasılığı
Saptama fırsatı yok	Saptama imkanı yok, herhangi bir proses kontrol yok	10	Hemen hemen imkansız
Herhangi bir aşamada keşfi çok zor	Hatanın türü ve sebebi kolaylıkla saptanamayacak türdendir.Dolaylı denetim	9	Çok zor
Ana işlemden sonra	Operatör tarafından proses sonrası gözle denetimde saptanabilir.	8	Zor

Kaynakta	Hata istasyonda veya proses sonrası istasyonda master kontrolü ile saptanabilir.	7	Çok az
Ana işlemde sonra	Hata proses sonrası veya proses esnasında ayarlanabilir master yardımıyla kontrol edilebilir	6	Az
Kaynakta	Hata istasyonda ayarlanabilir master veya otomatik kontrol sistemiyle(ışıklı uyarı veya siren vb.) saptanabilir veya ilk parça onayı sırasındaki master kontrolü ile saptanabilir	5	Orta
Ana işlemde sonra	Hata proses sonrası otomatik kontrol sistemiyle saptanır. Hata saptanması sonrası hatanın yayılmasını önleyen kilitleme sistemi devreye girer	4	Ortanın üstü
Kaynakta	İstasyonda otomatik kontrol sistemi yardımıyla hata saptaması. Otomatik kilitleme yardımıyla sistemin durdurulması	3	Yüksek
Hata saptaması veya problem önleme	İstasyonda otomatik sistem vasıtasıyla hata saptaması, hatalı parça üretilmez	2	Çok yüksek
Saptamak gereksiz;hata önleme	Kalıp, parça veya fişör dizaynı nedeniyle hata önlenmesi. Hatalı parça üretilmez, dizaynda tüm hata olasılıkları önlenmiştir.	1	Hemen hemen kesin

5.2.10 FMEA Hazırlık Çalışmaları

5.2.10.1 Takımın Kurulması ve Beyin Fırtınası

FMEA, bir takım çalışmasıdır ve bireysel olarak yapılamaz. Tasarım veya süreç mühendisi FMEA formunu doğru bir şekilde doldurabilir fakat bireysel eğilimler FMEA çalışmasından yanlış sonuçlar alınmasına neden olacaktır. FMEA projeleri, projeye uygun bir takım tarafından yürütülür. İşletme belli kişilerden oluşmuş bir FMEA takımı kurarak tüm FMEA projelerini bu takıma yaptıramaz. Bunun nedeni olarak da her bir problemin farklı bilgi gereksinimine ihtiyaç duymasını gösterebiliriz. Takım proje bazında kurulmalıdır.

Ekip üyeleri incelenecek olan konuda bilgili, tecrübeli ve yapılacak olan işin gerektirdiği yetki ve kişilerden oluşturulmalıdır. Çalışmaya katılacak olan bölüm temsilcilerinin bu yöntemi başarılı olarak uygulayabilmeleri için ön eğitim almaları gereklidir.

Hiçbir koşul altında FMEA çalışması bireysel olarak (tasarım veya süreç mühendisi tarafından) yapılmamalıdır. Eğer süre kısıtları tam bir takım çalışmasına izin vermiyor ise, tavsiye edilen takım liderinin kendisinin belirlediği hataları tartışılmak üzere takıma sunması gerekir.

FMEA ekibi 5-10 kişiden oluşabilir. Çalışma ekibine katılanların incelenmekte olan tasarım, imalat, montaj ve kontrol işlemlerinden sorumlu ve bu konularda deneyimli olmaları gerekmektedir. ARGE, mühendislik, üretim ve kalite bölümü üyeleri grubun doğal üyeleridirler. Ekip oluştururken, ekibin tek bir bölümden katılan kişilerden oluşturulması, ilgisiz kişilerin katılması ve çok kalabalık bir ekip oluşturulması istenmeyen bir durumdur.

Takım üyelerinin ele alması gereken ilk konu geliştirme olanaklarına öncelik verilmesidir. Tasarım ile mi süreç ile mi ilgilenileceği kararlaştırılmalıdır. Ne tür problemler vardır ve/veya hangi durumda hangileriyle karşılaşılacağı belirlenmelidir. Müşteri veya tedarikçinin çalışmaya katılıp katılmayacağı da belirlenmelidir. Eğer müşteri ve/veya tedarikçi belirli hatalar belirlemiş ise süreç çok daha kolaylaşmaktadır, çünkü çalışmanın rotası belirlenmiş olacaktır. Diğer taraftan beyin fırtınası, ilgi diyagramları ve/veya sebep-sonuç diyagramları çalışmanın rotasının belirlenmesi için uygun araçlardır.

Oluşturulan ekip çalışmanın sonuna kadar periyodik olarak toplantılar düzenler. Toplantıların düzenlenme sıklığı yapılan çalışmaya bağlı olarak belirlenir. Konuların kapsamı çok geniş tutulmamalıdır, gerekirse ele alınan konu parçalarına ayrılarak incelenmelidir [18].

5.2.10.2 Sistem Analizi

FMEA tekniği, ürün veya sistemler hakkında ayrıntılı bilgiler ister. Bu da ancak ayrıntılı bir şekilde analiz edilmeleri ile sağlanır. Bu aşamada, ürün veya sistemin fonksiyonları, çalışma şekli ve üretim şekli belirlenir. Fonksiyonlar, ürün veya sistemin ne işe yaradıklarını ya da var olma sebepleri ile tanımlanır. Kolaylık sağlamak amacıyla, bilgilerin gösteriminde diyagramlardan yararlanılır [21].

Hata türü, bir sistemin fonksiyonlarını yerine getirememesi durumu veya anormal işleyiştir, fiziksel özellikler ile tanımlanır. Hata türü, genellikle hatanın ortaya çıkma türü ve sistemin çalışmasındaki etkisinin tanımını içerir.

Hatanın oluşabileceği varsayımından hareket edilir, fakat her zaman oluşması gerekli değildir. Süreç mühendisinin şu sorulara cevap bulması gerekmektedir:

“ Süreçte yanlış gidebilecek şeyler neler olabilir? ”

“ Spesifikasyonları karşılamada, parça nasıl uygunsuzluk gösterebilir? ”

“ Bir müşteri objektif olarak neleri düşünür, göz önüne alır? ”

Hata etkisi, hata türüyle bağlantılıdır. Etki, her bir hatanın neden olduğu sistem fonksiyonundaki değişikliği gösterir. Hata etkisi, hatanın ortaya çıkmasıyla oluşan müşteri üzerindeki sonuçları tanımlar. Uygulamada genellikle müşteri, son müşteri olarak alınır. Hata etkisi, "hata türü ortaya çıkarsa ne tür sonuçlara yol açar?" sorusu sorularak genellikle işletmelerin araştırma ve kalite bölümü tarafından belirlenir.

Hata nedeni, hata türünün ortaya çıkmasında etkili olan unsurlardır. Hatanın nedeni, hata türünü oluşturabilecek ilk anormalliktir. Hata nedenleri tasarım veya süreç esnasında sorunların ortaya çıkma gerekçelerini gösterir. Hata nedenlerinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntem neden-sonuç (balık kılıcı) diyagramıdır [26].

Ortaya çıktığı kabul edilen bir hata türünün müşteriye ulaşmasını önleyen uygulamalara saptanabilirlik adı verilir. Hata saptama çalışmaları, hatanın müşteriye ulaşmaması için öngörülen bütün önlemleri içerir. Hataların saptanmasında temel yaklaşım kontroldür. Ancak hatalar, sadece kontrol ile bulunamaz. Sistem veya ürünün oluşturulması aşamalarında gerçekleştirilen diğer faaliyetler ile de hatalar fark edilebilir. Tasarım aşamasındaki, malzeme dayanımlarının hesapları, bitmiş parçalar üzerinde yapılan hesaplamalar, deneyler, ön üretimde yapılan denemeler etkin hata saptama yollarıdır. Sistem veya ürünlerin tanımlanması aşamasında, benzerleri üzerinde ölçümlendirme, düzenleme, deneme gibi konularda elde edilmiş olan deneyimler yine hataların bulunmasında kullanılır. Üretime alınma aşamasında, ürünün imalat ölçülerinin hesaplarından, deneyimlerden hataların bulunmasında yararlanılır. İmalat sisteminin kurulması aşamasında, montajın yapılamaması, operasyon sırasının izlenememesi, talimatlar, ürünün veya imalat yönteminin kontrolü, deneme üretimler,

hataların bulunmasını sağlar. Hata saptamada yararlanılan bu olanaklar, hata saptama noktalarının her zaman hata kaynağının yakınında olamayacağı, uzağında da yer alabileceğini göstermektedir. Hata türü, nedeni ve sonuçlarını belirlemek amacıyla hata saptamada kullanılan kontrol cihazı gibi araç ve gereçler, kontrol yöntemleri, kontrol sıklıkları gibi bütün ayrıntılar FMEA tablosunda ilgili sütunlarda yer almalıdır. Bir hata türü için öngörölmüş bir hata saptama yöntemi yok ise yinede belirtilmelidir. Bu tanımlama "tespit yok" şeklinde yapılır. Bir hata türü veya nedeni için birden fazla yöntem kullanılıyorsa yine hepsi analiz esnasında tanımlanmalıdır. Hata saptama ile ilgili bu ayrıntılı açıklama;

- Hata saptama yönteminin, hatanın oluştuğı en yakın yere yerleştirilmesini,
- Hata bulunamıyorsa, hata türünü bulabilecek yöntemin uygulamaya alınmasını sağlar.

Böylece hata bulma yöntemlerinin etkinliği artacak, maliyetler düşecektir.

5.2.10.3 Sonuçları Değerlendirme

Bu aşamada şiddet, olasılık, keşfedilebilirlik ve risk öncelik katsayısının sayısal değerleri belirlenir. Bu aşamada her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. MIL-STD 1629A (1984)'da kritiklik "Hata türü ve onun ortaya çıkma sıklığının sonuçlarının görelî ölçüsüdür" şeklinde tanımlanmaktadır. Kritikliği belirleyen ölçüt Risk Öncelik Sayısı (RÖS)'dir. Risk öncelik sayısı, risk faktörlerinin olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır. Ancak uygulamada işlem kolaylığı sağlamak amacıyla kritiklik, olasılıksal bir değer yerine sayısal büyüklük olarak ifade edilir. Risk öncelik sayısının bir değeri veya anlamı yoktur, sadece hataların kritiklik yönünden göreceli olarak karşılaştırılmasını ve sıralanmasını sağlar. Değerlendirme aşamasında daha önce açıkladığımız tablolardan yararlanılır.

- Olasılık (Sıklık, ortaya çıkma)
- Şiddet (Ağırlık, ciddiyet)
- Keşfedilebilirlik (Saptama, bulma, tespit)

5.2.10.4 Olasılık

Hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir olası hata türünün gerçekleşmesi olasılığı ile ilgilidir. Ortaya çıkma olasılık değerini belirlemek için iki farklı yaklaşım vardır. Birincisi, bir hata türü için ortaya çıkma olasılık değerini belirlemektir. Diğerinde ise olasılık değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya çıkan hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı esas alınır.

5.2.10.5 Şiddet

Şiddet ile müşteriye yansıyan olası hata sonuçlarının düzeyi değerlendirilir. Hata şiddeti etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Hatanın etki düzeyi arttıkça şiddette artar. Şiddet derecesini belirlemek için kullanılan veri kaynakları hata etkisini belirlemede kullanılanlarla aynıdır. Hata ağırlığını belirlemek için müşteri anketlerinden, geri dönen ürünlerle ilgili tutulan kayıtlarından, geçmiş dönemlerde benzer ürün veya sistemler için tutulan kayıtlardan, laboratuvar deneyleri veya simülasyon çalışmaları sonuçlarından ve analizi gerçekleştiren kişilerin deneyimlerinden yararlanılır. Hata şekillerinin olası sonuçlarını, niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmek amacıyla sınıflandırma yapılır. Şiddetlilik sınıflandırması olarak adlandırılan bu sınıflandırmada analiz edilen her birimin, ürünün veya sistemin hata türünün sonuçlarının kayıp ile ifadesidir. Kayıplar sistemin hasar görmesi, fonksiyonunu yitirmesi can kaybı, yaralanma şeklinde ortaya çıkar. Kayıp miktar ve çeşitleri, hata etkisinin derecesini belirler. Etki derecelerini belirlemek için aynı zamanda sistemin girdi ve çıktılarındaki kayıpları esas alan tanımlar da kullanılabilir [21].

5.2.10.6 Saptanabilirlik

Olası hatanın, bir sonraki aşamada veya son müşterinin kullanımı esnasında ortaya çıkacağı varsayıldığından, öngörülen saptama önlemlerinden geçmiş olması gerekir. Bu nedenle, saptama ile ilgili olasılık değeri, ortaya çıktığı varsayılan hata nedeninin ya da şeklinin müşteriye ulaşmama olasılığı olarak tanımlanır. Bazı işletmelerin bu olasılık değerini, hatanın müşteriye ulaşmama olasılığı olarak aldığı görülmektedir. Olasılık değerleri, analiz edilen birimlerin benzerlerinin, geçmiş dönem verilerinden, ürün iç denetlemelerinden bulunabilir. Olasılık durumu kestirilemediği durumlarda ona bir değer verebilmek için grup üyelerinin deneyimlerine başvurulur [21].

5.2.10.7 Risk Öncelik Sayısı(RÖS)

Risk Öncelik Sayısı FMEA'nın çıktısı olarak kabul edilebilir ve bir kritiklik göstergesidir. RÖS her bir hata türü veya nedeni için ortaya çıkma, önemlilik ve saptama gibi üç risk faktörü esas alınarak belirlenen sayısal değerdir. RÖS değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılık olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında atanan değerleri alınır. RÖS ile her bir hata türü için riskler tanımlandığından en büyük RÖS'e sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması, kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir [21].

Sayısal değer atamada kullanılan sayı aralığının büyüklüğüne ilişkin bir standart yoktur. Bugün uygulamada kullanılan iki aralık 1-5 ve 1-10'dur. 1-5 aralığının kullanılması durumunda yorumlama kolaylığı sağlanmasına rağmen, duyarlılık sağlanamaz. 1-10 aralığı en yaygın olarak kullanılan aralıktır. Çünkü bu aralık ile yorumlama kolaylığı ve daha doğru sayısallaştırma sağlanmaktadır. Sayılara karşılık gelen olasılıklar, sözel ifadeler ve bunların dahil olduğu sınıf sayısı, işletmelerin ürün ve kaliteye verdikleri öneme, işletmenin yapısına ve müşteri beklentilerine göre değişiklik gösterir.

Risk öncelik sayısı (RÖS), Oluşma (O), Şiddet (Ş) ve Saptama (S) değerlerine iki farklı matematiksel işlem uygulanması ile hesaplanır:

Çarpma işlemi ile $RÖS = O \times \text{Ş} \times S$

Toplama işlemi ile $RÖS = O + \text{Ş} + S$

RÖS değeri süreçteki hata türlerinin yukarıdan aşağıya sıralanmasını sağlar, hataların göreceli önemini gösterir ve iyileştirme faaliyetlerinin alınmasında öncelik sıralamasını belirler. Yüksek RÖS sayıları iyileştirici önlemlerin uygulanmasında ve istatistiksel süreç kontrol uygulamasında öncelikle ele alınması gerekenleri gösterir

5.2.10.8 RÖS'ün Değerlendirilmesi

Analizi yapılan ürün veya sistemin öngörülen kalitesi hakkında genel bir fikir edinmek için RÖS'lerden yararlanılır. RÖS ne kadar büyükse hata o kadar önemlidir. [27] RÖS'ler büyükten küçüğe sıralanarak, en büyük puana sahip olan potansiyel hatanın nedeni analiz edilerek düzeltici faaliyetler başlatılır. Düzeltici faaliyetlerden sonra RÖS tekrar hesaplanarak kontrol edilir. RÖS, istenen değere düşene kadar, düzeltici faaliyetlerle birlikte FMEA analizine devam edilir. Risk öncelik puanının minimum değeri 1 ve maksimum değeri ise 1000'dir. Uygulamalarda genelde $RNP \geq 100$ ise düzeltici önleyici faaliyetler başlatılır.

RÖS değerlendirmede bir histogramdan yararlanılması kolaylık sağlar. Ayrıca gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarının izlenmesi de kolaylaşır. Histogramda RÖS değerine göre sınıflandırma yatay ekseninde, sınıf aralıklarına karşılık gelen hata sayıları dikey ekseninde yer alır. Histogram üzerinde çift çizgi ile gösterilen eşik değerinin sağ tarafında kalan hatalar en fazla risk taşıdığı için öncelikle ele alınması gereklidir. Alınacak önlemler ile bu tür hataların RÖS'leri eşik değerinin altına çekilmeye çalışılır [21].

Ford Motor Şirketi RÖS değerlerine göre düzeltici önlem alma kararlarını şu şekilde verir;

- $RÖS < 40$ ise önlem almaya gerek yoktur.
- $40 \leq RÖS \leq 100$ ise önlem alınmasında fayda vardır.
- $RÖS > 100$ ise mutlaka önlem alınması gerekir.

Aynı RÖS değerine sahip iki veya daha fazla hata varsa, öncelikle şiddeti ve sonra da saptama değeri yüksek olan ele alınmalıdır. Şiddeti yüksek olan hata önceliklidir. Çünkü bu değer hatanın etkisini göstermektedir. Saptama ortaya çıkma değerinden daha önemlidir. Çünkü burada söz konusu olan hatanın müşteriye ulaşmasıdır. Müşteriye ulaşan hatalara, sık oluşan hatalardan daha öncelikli olarak yaklaşılmalıdır [21].

5.2.10.9 Düzeltici Faaliyetler

Düzeltici önlemler, olası hata şekillerini veya nedenlerini ortadan kaldırmak veya olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için tasarım, üretim süreci, malzeme veya üretim yöntemi gibi çeşitli unsurlarda yapılacak değişikliklerdir. Düzeltici önlemler ile RÖS değerleri aşağıya çekilmeye çalışılır. Bunun için olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik değerlerini azaltmak gereklidir [21]. Bundan dolayı öneriler aşağıdaki çerçevede yapılmalıdır:

- Hatanın ortaya çıkma olasılığını azaltmak için süreç veya tasarımın tekrar gözden geçirilerek düzeltilmesi gerekir,
- Şiddet derecesinin azaltılması yalnızca tasarımın tekrar gözden geçirilmesi ile sağlanır,
- Keşfedilebilirlik olasılığını arttırmak için süreç tekrar gözden geçirilmelidir. Kalite kontrol muayene sıklıklarının artırılması olumlu bir düzeltici faaliyet değildir, sadece çaresiz durumlarda geçici bir önlem özelliği taşır. Burada asıl önemli olan hataları keşfetmekten ziyade onların oluşmasını önleme yönünden çalışmalara ağırlık vermektir.

5.2.10.10 İzleme

FMEA tekniğinin bu adımı, öngörülen düzeltici önlemlerin, yeterli etkinlikte uygulanmaya alınıp alınmadıklarının doğrulanması ve yeni sonuçların incelenmesi, değerlendirilmesi aşamasıdır. Düzeltici önlemlerin devreye alınması açısından büyük önem taşır. Bu aşamada kritik RÖS değerleri ortadan kaldırılıncaya kadar çözümler incelenir ve değerlendirilir. İzleme işlemi ile şunlar sağlanır [21]:

- Düzeltici önlemlerin kesinlikle alınması sağlanır,
- RÖS düzeylerinin azaltıldığı doğrulanır,
- Gerçekleşen iyileşmeler korunur.

Oluşabilecek hata nedenlerini önleyebilmek için düşünülmüş yeni önlemler, izleme aşamasından sonra ilgili kişilerce uygulamaya alınır. Uygulama aşamasında plan, süreç akış diyagramları, imalat araçları, organizasyonda öngörülen değişiklikler gerçekleştirilir [21].

5.2.10.11 Doğrulama

Her şey yolunda gidiyor diyebilmek için gerçekleştirilmesi gereken analizin en son aşamasıdır. Doğrulama amaç;

- Ürünün üretimine başlamadan önce düzeltici önlemlerin uygulanmasının doğrulanması,
- Sistemin, zaman içinde değişime uğramadığının doğrulanmasıdır [21].

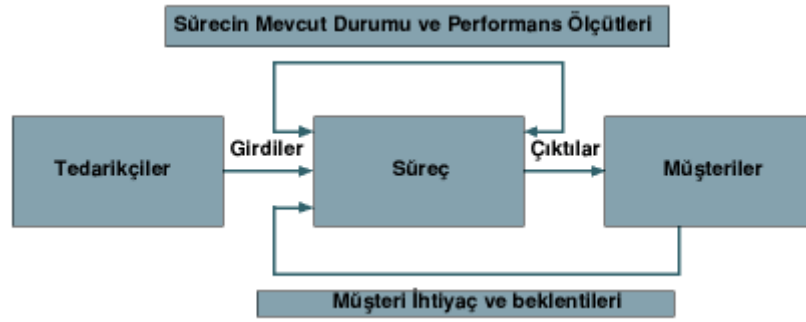
FMEA uygulaması esnasında kullanılan bilgilerin yer aldığı tablolar, amaçlar, bütün kabul ve koşullar, sonuç ve öneriler gibi analizle ilgili her şey raporlanmalıdır. Bu FMEA raporları, ilgili birim ve kişilere, sonraki çalışmalarda kaynak olması amacıyla dağıtılmalıdır. Bu tekniğin en olumlu özelliği, güçlüğünün bir ürün veya sistem için bir kez hazırlandıktan sonra sona ermesidir. Böylece bundan sonraki yeni ürünler için yapılacak çalışma, sadece mevcut ürünler için yapılmış çalışmaları güncelleştirilmesi ve değiştirilmesi şeklinde olacaktır. Uygulamada, bu işlemlerin sadece tasarım hatalarıyla karşılaşıldığında ya da ürün ve süreçte bir değişiklik olduğunda güncelleştirildikleri görülmektedir. Ancak güncelleştirmenin, şikâyetler olduğunda, hatalar ve sorunlar tanımlandığında, yeni makine kullanımı söz konusu olduğunda, süreç geliştirme faaliyeti yapıldığında, bir iş gören eklendiğinde, ürüne ve makineye yeni özellikler katıldığı zaman da yapılması gerekir [21].

FMEA çalışması tüm bunlar yapıldıktan sonra son bulmamalıdır. Toplam Kalite Yönetiminin en önemli ilkelerinden biri olan sürekli gelişme ilkesinin gereği olarak daha mükemmeli için çalışılmalıdır. Uzun dönem hedefimiz her bir hatanın ortadan kaldırılması, kısa dönem hedefimiz ise hataları yok edemiyor isek en aza indirmek olmalıdır. Tabi ki bu hedefler organizasyonun ihtiyaçları, maliyetler, müşteriler ve rekabet şartları dikkate alınarak belirlenmelidir.

6 İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (SPC)

6.1 Proses

Herhangi bir ürün veya hizmetin istenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan ve ürünlerin kalitesini etkileyen makine, alet/ekipman,yöntem malzeme ve işgücü gibi faktörlerin oluşturduğu sistemin tümüne “proses” adı verilir. Şekil 6.1’de prosesin temel unsurları görülmektedir:



Şekil 6.1 Prosesin Temel Unsurları

6.2 Değişkenlik

Bir procesten elde edilen ürünler, aynı yöntem ve makinelerin kullanılmasına karşılık her zaman birbirinden az da olsa farklılık gösterirler. Bu farklılık “değişkenlik” veya “değişim” olarak adlandırılır. Bütün prosesler; makine, araç gereç, malzeme, bakım, operatör ve çevre koşulları gibi faktörlerden kaynaklanan değişime uğrarlar. Bu sebeple üretilen ürünlerin kalite özellikleri hiçbir zaman aynı olmaz. Bu durum spesifikasyonların toleranslarının olmasını zorunlu hale getirmiştir.

Prosesteeki değişkenlik başlıca iki nedenden kaynaklanmaktadır.

6.2.1 Tesadüfi(Genel) Nedenler

Sürekli var olan ve zaman içinde aynı kalan birçok küçük faktörün toplamıdır. Tesadüfi faktörler doğal bir dağılım gösterirler ve kontrol altında tutulmaları söz konusu değildir. Çevre koşulları, makinelerdeki küçük titreşimler, belirli üretim donanımlarının kullanılmasında söz konusu olabilecek insan hataları tesadüfi faktörlere verilebilecek örneklerdendir.

6.2.2 Özel Nedenler

Üretim faktörlerinden bir veya birkaçında zaman zaman meydana gelen değişkenliklerdir.

Özel nedenlerden kaynaklanan değişiklikler ölçümlerde büyük sapmalara yol açabilmekte ve üretim sürecinde büyük aksamalar bulunduğuna işaret etmektedir. Makinelerde yıpranma, hammaddede değişme, ayar bozukluğu veya yeni bir işçi bu tür değişkenliği ortaya çıkarabilir.

İstatistiksel proses kontrolü;

İstatistiksel veriler ve değerlendirmeler yardımı ile,

Proses değişkenliklerinin,

Kontrol altında tutulması hedefine yönelik olarak uygulanan bir kalite tekniğidir.

İstatistiksel proses kontrol ise ana kütleden rastlantısal olarak seçilen örneklemelerden elde edilen gözlem değerlerine dayanarak prosesin istenen özelliklere göre yönlendirilmesini sağlayan yöntemdir. İstatistiksel proses kontrolün en önemli amacı, prosesdeki değişimin özel nedenlerini ortadan kaldırarak süreci kontrol altında tutmaktır. İstatistiksel proses kontrol tekniği ürün oluştuktan sonra değil, üretim sürecinde prosesdeki değişimlerin görüntülenmesini sağlayarak değişimlerin azaltılmasına veya ortadan kaldırılmasına yönelik faaliyetlerin başlatılmasına temel hazırlar [28].

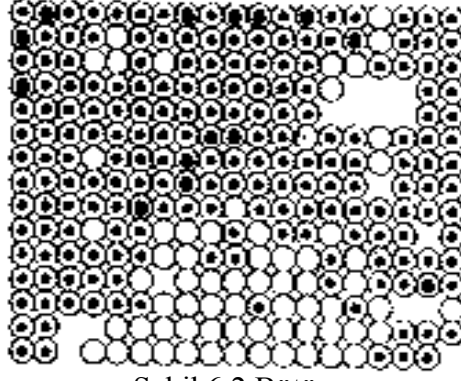
6.3 İstatistiksel Araçların Kullanılma Sebepleri

Operasyonu geliştirmek için bir başlangıç noktası bulup varyasyonu ölçmek ve ona göre önlem almak gereklidir. Bilindiği gibi %100 kontrol yani operasyonun her bir ürününü ölçmek çok hassas ve kesin fakat pahalı ve pratik olmayan bir çözümdür. Üründen numuneler alarak ve bu numunelerin sonuçlarına göre bütün ürün hakkında yorum yapmak en ekonomik olan yoldur. İstatistik, işte bu tahminleri yapmak için kullanılan bir araçtır.

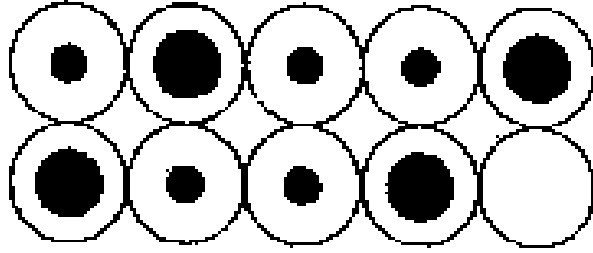
Her tahminin değişik seviyelerde doğruluk derecesi vardır. Genellikle, doğruluk derecesi, numune sayısının arttırılması ve metodunun uygulanması ile yükselir [29].

6.4 Veri Toplama

İstatistiksel çalışmalarda kullanılacak verileri toplarken, incelenecek örneğin bütünü temsil etmesi, bütün hakkında verilecek bir karara temel oluşturacak bilgileri sağlaması şarttır.

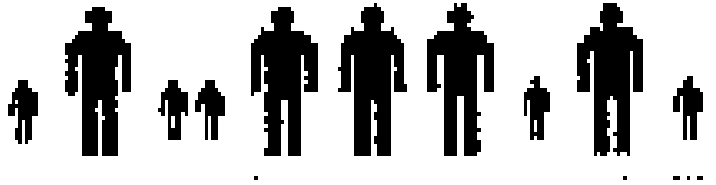


Şekil 6.2. Bütün

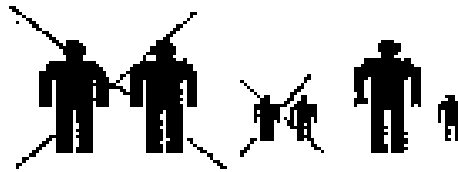


Şekil 6.3 Temsili Örnek

Seçilen örneğin en önemli özelliği bütünü temsil etmesidir.



Şekil 6.4 Bütün



Şekil 6.5 Seçilen Örnek

Bütünü temsil edici nitelikte olmayan örnekler doğru sonuca ulaşmayı engeller. Bu nedenler örnekler tesadüfi olarak alınmalıdır. İstatistiksel proses kontrolün amacı hataları ayıklamak değil, hataları oluşmadan önlemektir [30].

6.5 Verilerin Değerlendirilmesi

Toplanan verilerin analizinde 7 temel yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır:

- a) Çetele Tablosu
- b) Pareto Analizi
- c) Sebep-Sonuç Diyagramı
- d) Serpilme Diyagramı-Regresyon Analizi
- e) Histogram-Proses Yeterlilik Analizi
- f) Proses Kontrol Çizelgeleri
- g) Sınıflandırma

a) Çetele Tablosu

Çetele Tablosu, veriyi toplarken kullanılan bir metot olup, veriye ait istatistik özelliklerin anında görülebilmesine olanak sağlar. Veri toplamada birçok uygulama şekli olmakla birlikte özellikle çetele diyagramları basit oluşları sebebiyle bir çok sorunun yanıtını bulmak amacıyla kullanılır. Çetele diyagramları verilerin frekanslarının görüntülenmesinde kullanılan en kolay araçlardır.

Çetele diyagramlarının oluşumunda izlenmesi gerekli yol şu şekilde olmalıdır:

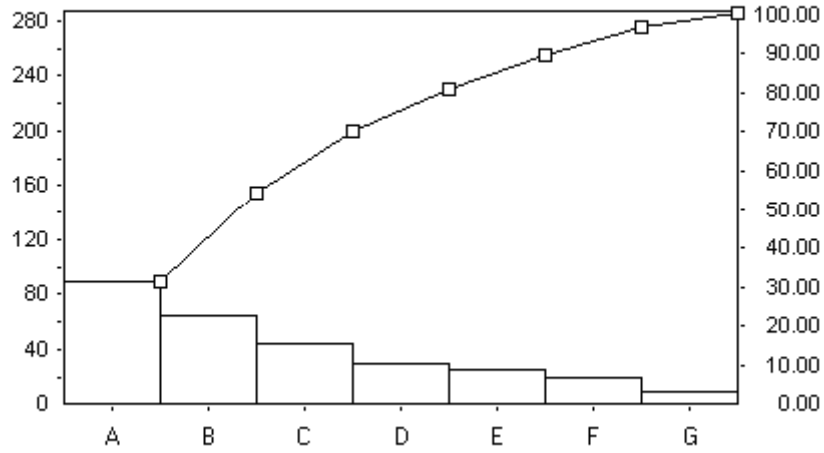
- Toplanacak verinin niteliği ve kaydedilme sıklığı veya hangi durumlarda kaydedilmesi gerektiği belirlenmelidir.
- Yapılan gözlemler belirlenen aralıkların veya sınıfların karşısına çizgi çizilerek görüntülenir. Bu çizgilerin toplamı frekansı verir.

Toplanan verilerin görüntülenmesinde özellikle pareto ve histogram gibi grafikler kullanılır [28].

b) Pareto Analizi

İtalyan ekonomi uzmanı V. Pareto, 1897 yılında, gelir dağılımının eşit olmadığını gösteren bir formül geliştirmiştir. Benzer bir teori 1907’de Amerikan iktisatçısı M.C. Lorenz tarafından da grafik olarak ortaya konmuştur. Her iki meslektaş, gelirin çok büyük bir diliminin, küçük bir azınlık tarafından sahiplenildiğine dikkat çekmişlerdir. Hatta bu oran 20/80 olarak açıklanmış; yani gelirlerin % 80’inin, % 20’lik bir gruba ait olduğunu iddia etmişlerdir. Bu hipotezi Dr. J.M. Juran, Kalite Kontrol alanına uygulayarak problemlerin sınıflandırılmasında “**hayati azınlık**” ve “**önemsiz çoğunluk**” kavramlarını

getirmiştir. “**Hayati azınlık**” (vital few), sayıca az, fakat önemce büyük etmenlerden oluşur. “**Önemsiz çoğunluk**” (trivial many) ise sayıca çok olmalarına rağmen etkileri fazla olmayan faktörleri barındırır. Juran, hayatın geneline uygulanabilecek bu kurala **Pareto Prensibi** adını vermiştir. Bu prensibe göre uygunsuzlukların çok büyük bölümü belli birkaç sebebe dayanmakta ve bu sebeplerin tespiti, sorunların giderilmesinde kilit rol oynamaktadır [31].



Şekil 6.6 Pareto Analizi Diyagramı

c) Sebep-Sonuç Diyagramı

İstatistiksel yöntemler kullanarak sonuçlardan hareketle sebeplere ulaşabildiğimize göre, sonuçlarla bunları doğuran sebepler arasındaki çapraşık ilişkinin ortaya çıkarılması ve görsel olarak masaya konması gerekmektedir. Bunu ise en kolay olarak Sebep-Sonuç Diyagramları ile yapabiliriz. İlk defa 1953 yılında Kaoru Ishikawa tarafından kullanılan bu metot, daha sonra Japonya’da büyük ilgi görmüş ve Japon Endüstri Standartları (JIS) Kalite Kontrol terminolojisine dahil edilmiştir. Orada geçen tanımıyla Sebep-Sonuç Diyagramı, “**kalite karakteristikleriyle etmenler arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram**”dır. “**Balık kılçığı diyagramı**” olarak da bilinen bu diyagram, omurgasını ilgili kalite karakteristiğinin (sonuç) oluşturduğu, sebeplerin ise önemine göre (ana sebep / tali sebep) kılçıkları teşkil ettiği bir gösterim metodudur [31].

Sebep-sonuç diyagramlarının hazırlanmasında şu adımlar izlenmelidir:

Problem açıkça ortaya konur. Problemlle ilgili şüphelerin kalıp kalmadığı ve soruların olup olmadığı sorulur. Problemin kısa bir tanımı yapıp tahtaya yazılır. Mümkün olduğunca

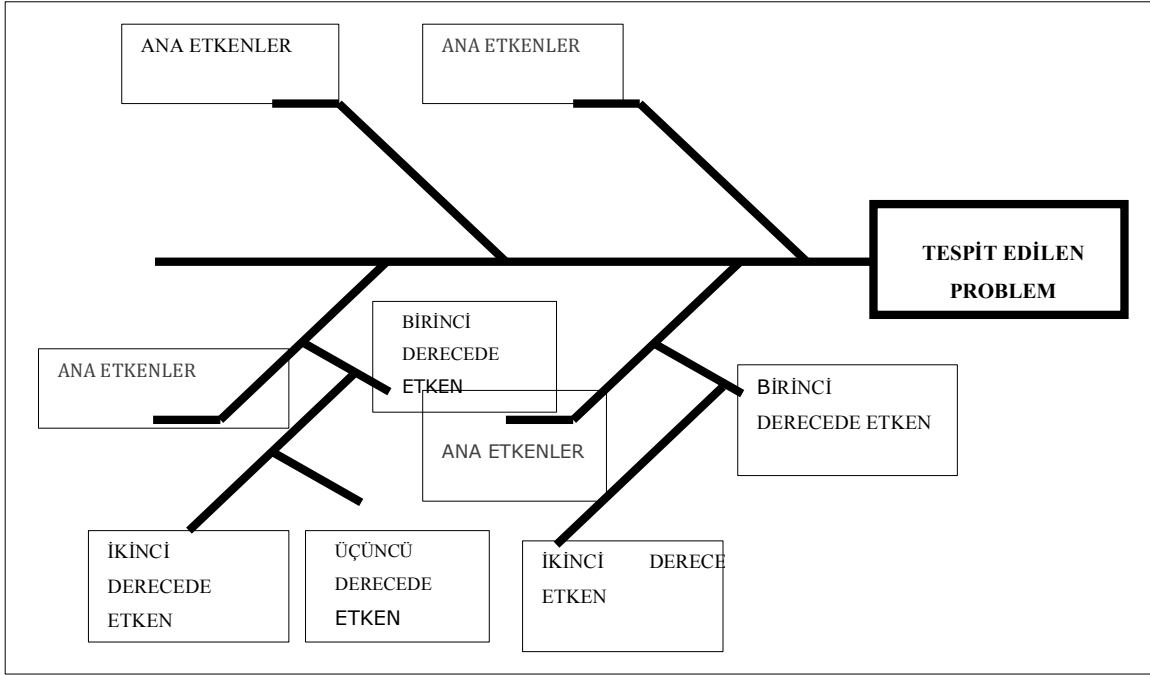
grubun rahat olması söylenerek önerilerin gelmesi sağlanır. Beyin fırtınasında kurallar şu şekilde özetlenebilir:

- Toplantıya katılan herkese bir demet kart ve kalem verilir.
- Kartların üzerine katılımcıların ikişer veya üçer öneri yazmasına izin verilir. Kartlarda birden fazla öneri olmaması ve her önerinin üç satırdan fazla yazılmaması istenir.
- Bu işlem çok kısa sürede tamamlanarak, öneriler tahtaya asılır ve üzerinde tartışılmasına izin verilmez. Eğer gerek görülürse konularla ilgili 20 saniyeyi geçmeyecek açıklamalara izin verilebilir.
- Belirlenen birinci tur oylamada tek tek oylanır. Her üye her öneriye bu turda oy verebilir.
- Aldıkları oy adedine göre öneriler sıralanır. En çok oy alan öneriler işaretlenir. Hiç oy alamayan öneriler belirlenir. En az kaç oy alan önerilerin 2. tur oylamada tartışmaya açılacağına grup üyeleri karar verirler.
- 2. tur oylamada her üyenin tek bir oy hakkı vardır. Belirlenen önerilerden en çok oy alanlar sıralanır.

Sayfanın ortasına soldan sağa, sağ tarafta kutu içinde problem (sonuç, etki) yer alacak şekilde ana kılçık çizilir. Sonuca etki eden değişik kategoriler bu ana kılçık üzerine çizilir. Belirlenen diğer sebepler küçük kılçıklar olarak temel kılçıklara eklenir.

Temel kılçık olarak insan, makine, çevre, malzeme, yöntem, yönetim ve ölçülebilirlik özelliklerinin tümü yada toplantılarda belirlenen bir kısmı kullanılabilir.

Beyin fırtınası veya diğer analiz yöntemleriyle sebepler bulunur. Sebepleri kısa tanımlar haline getirmek gerekir. İlk kılçıktan başlanarak sebepler ve alt sebepler şekle yerleştirilir [28].



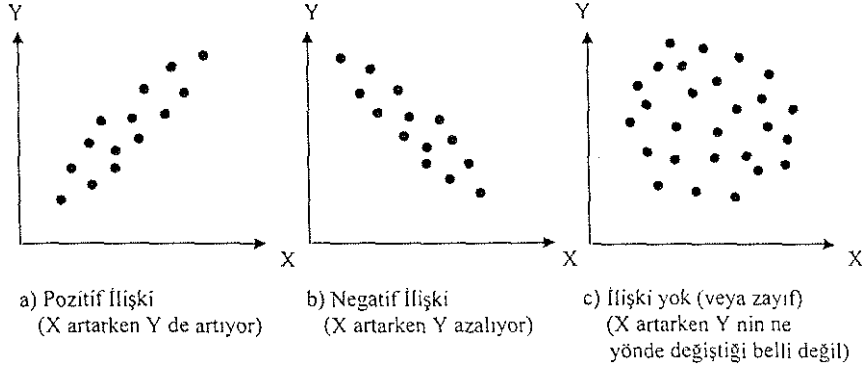
Şekil 6.7 Balık kılçığı diyagramının yapısı[28]

d) Serpilme Diyagramı

Ürün ya da hizmetin kalitesini etkileyen herhangi iki özellik arasında ilişki olup olmadığını belirlemek üzere kullanılan bir yöntemdir. Dağılma diyagramları günümüzdeki her konuya uygunluk gösterebilecek bir nitelik göstermektedir.

Dağılma diyagramlarının çizimi şu sıralama izlenerek gerçekleştirilebilir:

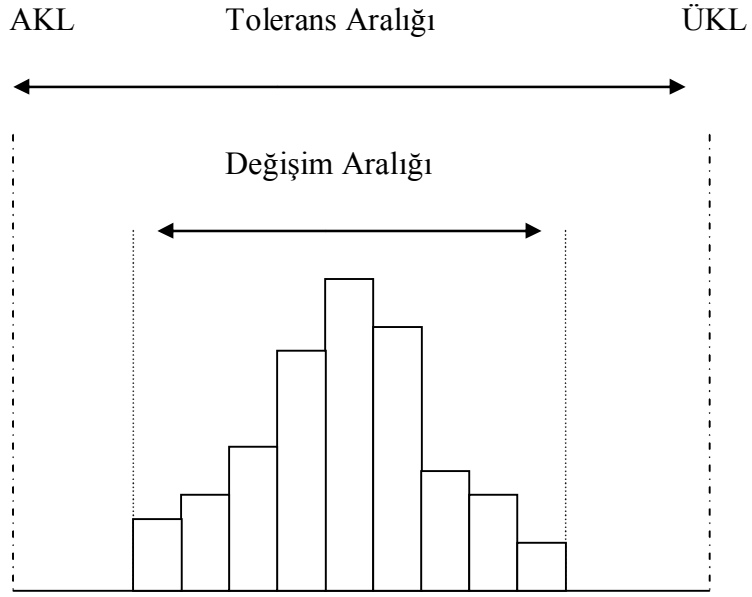
- 1.Mevcut durumun değerlendirilebilmesi için bir kontrol(çetele) tablosu hazırlanır.
- 2.Toplanan veriler kontrol tablosuna kaydedilir.
- 3.Grafik çizilir.Grafikteki dikey eksen kabul görmüş kurala göre sonucu,yatay eksen ise nedeni gösterir.
- 4.Grafikte işaretlenmiş noktaları ortalayan bir çizgi çizilir.Bu çizgiye göre değerlendirmeler yapılır [28].



Şekil 6.8 Serpilme Diyagramları

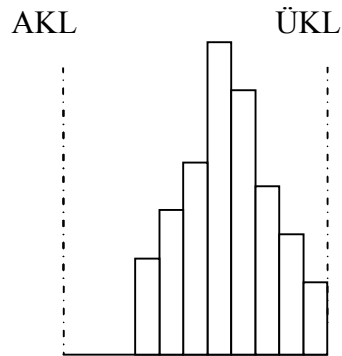
e) Histogram

Kalite özelliklerinin ölçüm değerlerine karşı gelen frekansların yazıldığı sınıflandırılmış frekans serisinin, grup sınırları belirlenmek suretiyle elde edilen gruplanmış seriye “gruplanmış frekans dağılımı” adı verilir. Gruplanmış frekans dağılımının grafiğine ise “histogram” adı verilir. Birimler aynı makinede, aynı operatör tarafından üretilmiş olsalar bile, ölçüm değerlerinde az çok bir farklılık vardır. Ölçüm değerlerinin birbirine ne kadar yakın veya birbirinden ne kadar farklı olduğunu görmek için en etkili yoldur. Ölçüm değerlerinin birbirine olan yakınlığı veya dağılımı, ürünlerin standartlara ne kadar uyup uymadıklarını da gösterir. Histogram, rakamlarla ifade edilebilen uzunluk, ağırlık, sertlik, zaman gibi ölçülebilen verilerin nasıl dağıldığını göstermek için kullanılır. Bir histogramın etkili bir şekilde kullanılması ve yorumlanabilmesi için üretime ait tolerans sınırlarının da bilinmesi gerekir. Aşağıda çeşitli histogramlar ve bunlara ait yorumlar verilmiştir.



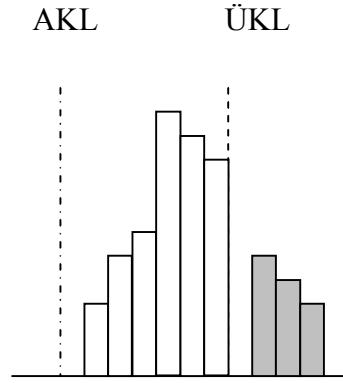
Şekil 6.9 Prosesin İdeal Olduğu Durum

Şekil 6.9’ da ölçüm değerlerindeki sapma(R), izin verilen sapma miktarından (tolerans aralığı) daha dar ve dengelidir. Dağılım normaldir. Bu durumlarda prosesteki küçük değişimler nedeniyle ıskarta rizikosunu en azdır.



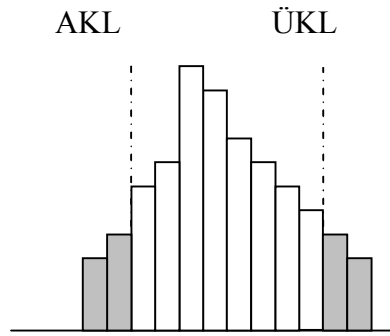
Şekil 6.10 Proses ortalamasının ÜKL’ye yaklaştığı durum

Şekil 6.10’ da ölçüm değerlerinin değişim aralığı izin verilen tolerans aralığı içinde kalmasına rağmen, ortalama ÜKL’ne yaklaşmıştır. Proseste kusurlu parça sayısının artması beklenmektedir.



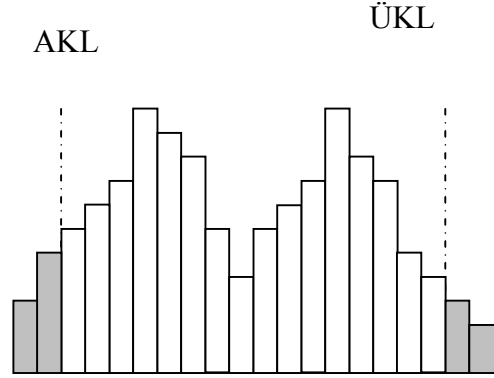
Şekil 6.11 Proses ortalamasının ÜKL'ye kaydığı ve ÜKL'yi aşan ürünlerin olduğu durum

Şekil 6.11' e bakıldığında dağılımın ortalamasının ÜKL'ye doğru kaydığı görülmektedir. Bazı ürünler ÜKL'yi aşmıştır. Taralı bölgedeki ürünler kusurludur. Tezgah ve ölçme aletlerinin ayarları kontrol edilmelidir.



Şekil 6.12 Prosesin hem AKL hem de ÜKL'yi aştığı durum

Şekil 6.12' de ortalamanın konumu iyi olmakla beraber prosesteki değişkenliğin artması sebebiyle her iki limitide aşan kusurlu parçalar ortaya çıkmıştır. Tezgah kabiliyeti yetersiz olabilir.



Şekil 6.13 Prosesin hem iki tepe oluşturduğu hemde ÜKL ve AKL'yi aştığı durum

Şekil 6.13' de görülen hem iki tepeli dağılıma neden olan faktörler hem de proses değişkenliğini arttıran faktörler incelenmelidir [28].

f) Proses Kontrol Çizelgeleri

Kontrol Çizelgesi kavramı, ilk olarak 1924 yılında Bell Telephone Laboratories elemanlarından W.A. Shewhart tarafından getirilmiştir. Kontrol çizelgesinin amacı, genel değişkenlik faktörlerini özel değişkenlik etmenlerinden ayırarak süreçteki anormal değişimlerin önüne geçmektir. Bir proses kontrol çizelgesi genel olarak, bir merkezi hat ile bunun altına ve üstüne simetrik olarak çizilen kontrol limitlerinden oluşur. Merkezi hat, karakteristiğin hedef değerini; limitlerle sınırlanmış alan ise müsaade edilen kontrollü alanı gösterir.

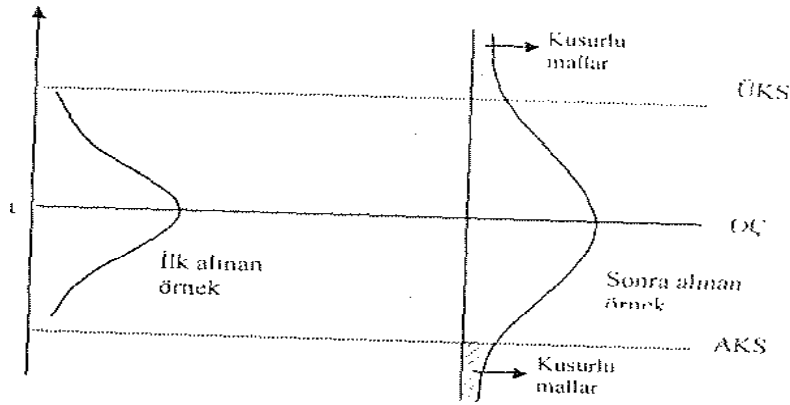
Kontrol çizelgelerinin birçok farklı türü mevcuttur.

Nicel kontrol Çizelgeleri

Nicel kontrol grafikleri; bir prosesin istenen kalite düzeyini sürdürebilmesi için uygulanan yöntemlerdendir. Nicel kontrol grafikleri, istatistiksel olarak kontrol altında tutulacak prosesden elde edilen ürünlerin herhangi bir ölçü aletiyle kontrol edilebilen özelliklerinin

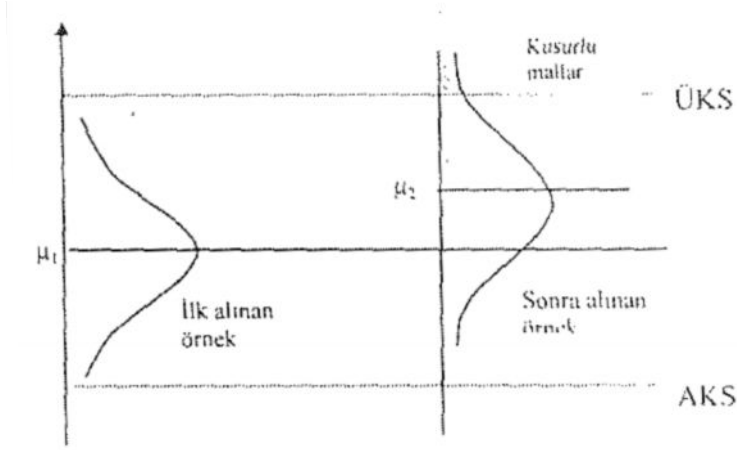
kullanılmasıyla oluşturulur. Bu özelliklere örnek olarak ϕ , uzunluk, sıcaklık, ağırlık sertlik verilebilir.

Bu grafikler ile hem örnek ortalamalarının hem de örnekler için dağılım ölçülerinin durumu izlenir. Dağılım ölçüsü olarak standart sapma veya değişim aralığı kullanılır. Ortalama için kullanılan grafik " $\bar{X}$ grafiği", standart sapma için kullanılan grafik "s grafiği" ve değişim aralığı için kullanılan grafik "R grafiği" olarak isimlendirilir. $\bar{X}$ grafiği s veya R grafiği ile birlikte kullanılır. Bunun sebebi, ortalamalar aynı olmakla beraber standart sapmalar büyük olup proses kontrol dışı olabilir [28].



Şekil 6.14 Dağılımların değişmesi

Şekil 6.14'de görüldüğü gibi her iki örneğin de ortalaması aynıdır. Ancak sonra alınan örneğin dağılımı değişmiştir. Daha geniş bir aralığa yayılmıştır. Yani sonra alınan örneğin standart sapması veya değişim aralığı önceki örneğinkinden daha büyüktür. Bu sebep ürünlerin bir kısmı kontrol sınırlarının dışına taşmıştır. Eğer sadece $\bar{X}$ grafiği kullanılırsa bu değişkenlik fark edilemez ve kusurlu ürünlerin varlığı anlaşılamaz.



Şekil 6.15 Ortalamanın değişmesi

Şekil 6.15’de görüldüğü gibi, ilk örnek ile sonraki örneğin dağılımları aynıdır. Yani standart sapmaları ve değişim aralıkları eşittir. Ancak, sonraki örneğin ortalaması değişmiştir. Böylece ürünlerin bir kısmı kontrol sınırlarının dışına çıkmıştır. Buna göre sadece dağılma ölçüleri için (R ve s grafikleri) düzenlenirse ortalamadaki değişimin farkına varılmayacak ve kusurlu üretimin varlığı gözden kaçacaktır [3].

Nicel kontrol grafikleri;

- Ortalama ($\bar{X}$) ve Aralık (R) Kontrol Grafikleri
- Ortalama ($\bar{X}$) ve Standart Sapma (s) Kontrol Grafikleri
- Bireysel Gözlem değerleri (I) ve Hareketli Aralık (MR) Kontrol Grafikleri

Nicel kontrol grafikleri iki farklı şekilde oluşturulabilir:

- Standartları verilmiş kontrol grafiği
- Standartların verilmemiş olduğu kontrol grafiği

Standartların verilmiş olması, anakütle ortalaması μ ’nın ve anakütle standart sapması σ ’nın bilinmesi anlamına gelir. Standartların verilmemesi durumunda oluşturulan kontrol grafiği, prosesin mevcut performansının değerlendirilmesini sağlarken; standartların verilmemesi durumunda oluşturulan kontrol grafiği belirli bir standarda ulaşılması amacına yöneliktir.

$\bar{X}$ -s Grafikleri

m adet örneğin standart sapmalarının ortalaması $\bar{S}$ olmak üzere $\bar{s}/c_4$, σ 'nın tahmin edicisidir.

Yani σ yerine $\bar{s}/c_4$ kullanılabilir. Bu durumda kontrol sınırları;

$$\bar{U}KL = \bar{s} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c^2_4} \quad (6.1)$$

$$O.Ç = \bar{s} \quad (6.2)$$

$$\bar{A}KL = \bar{s} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c^2_4} \quad (6.3)$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c^2_4} \quad (6.4)$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c^2_4} \quad (6.5)$$

S grafiği için;

$$\bar{U}KL = B_4 \bar{s} \quad (6.6)$$

$$OÇ = \bar{s} \quad (6.7)$$

$$\bar{A}KL = B_3 \bar{s} \quad (6.8)$$

X grafiği için;

$$\bar{U}KL = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} \quad (6.9)$$

$$OÇ = \bar{\bar{X}} \quad (6.10)$$

$$\bar{A}KL = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s}$$

Burada kullanılan A_3, B_3, B_4, c_4 değerleri bir defada alınan örnek hacmine göre düzenlenmiş olan standart tablodan yararlanarak bulunur.

a) Standartların belli olması durumu

Örnek standart sapması S ve anakütle standart sapması σ olmak üzere, anakütle normal dağılım gösteriyor ise S 'lerin ortalaması ve standart sapması aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\mu_S = c_4 \sigma \quad (6.11)$$

$$\sigma_S = \sigma \sqrt{1 - c_4^2} \quad (6.12)$$

Burada c_4 katsayısı örnek büyüklüğüne bağlı bir sabittir. S için kontrol sınırları $\mu_S \pm 3\sigma_S$ ile ifade edildiği için,

$$\bar{U}KL = c_4 \sigma + 3\sigma \sqrt{1 - c_4^2} \quad (6.13)$$

$$O.\bar{C} = c_4 \sigma \quad (6.14)$$

$$A\bar{K}L = c_4 \sigma - 3\sigma \sqrt{1 - c_4^2} \quad (6.15)$$

X grafiği için;

$$\bar{U}KL = \mu + A\sigma \quad (6.16)$$

$$O\bar{C} = \mu \quad (6.17)$$

$$A\bar{K}L = \mu - A\sigma \quad (6.18)$$

$$B_5 = c_4 - 3\sigma \sqrt{c_4^2} \quad (6.19)$$

$$B_6 = c_4 + 3\sigma\sqrt{c^2_4} \quad (6.20)$$

S grafiği için;

$$\dot{U}KL = B_6 \sigma \quad (6.21)$$

$$O\dot{C} = c_4 \sigma \quad (6.22)$$

$$AKL = B_5 \sigma \quad (6.23)$$

X-R Grafikleri

Üretimden alınan örneklerin hacimleri 10'dan küçük olursa ($n < 10$) olursa $\bar{X}$ grafiği ile birlikte R grafiğinin kullanılması tercih edilir. Bu tercihin önemli bir sebebi R değerlerinin belirlenme kolaylığıdır. $\bar{X}$ ve R grafiklerinde kontrol sınırları standartların belli olması ve olmaması durumlarına göre ayrı ayrı belirlenir.

b) Standartların belli olmaması durumu

$\bar{X}$ Grafiği

Uygulamalarda genellikle anakütle ortalaması μ ve standart sapma σ bilinmez. Böyle durumlarda örnekleme yöntemine başvurularak tahmini μ ve σ bulunur.

- n birimlik k tane örneğin ortalamaları $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_k$ olsun.

$\bar{X}_1$: 1.örneklem dönemindeki n hacimlik örneklemin ortalaması

$\bar{X}_2$: 2.örneklem dönemindeki n hacimlik örneklemin ortalaması

$\bar{X}_k$: k.örneklem dönemindeki n hacimlik örneklemin ortalaması

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k} \quad (6.24)$$

$\bar{\bar{X}}$ anakütle ortalamasının tahmini değeridir.

- Benzer bir şekilde çeşitli zaman dilimlerinde seçilen örneklemelerden elde edilen k tane örneklemin değişim aralıklarının ortalaması ise;

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (6.25)$$

- Normal dağılıma sahip bir anakütlenin standart sapması (σ) ile bu örneklemelerin aralığı (R) arasında ;

$$W = \frac{R}{\sigma} \quad (6.26)$$

şeklinde bir ilişki vardır.

Buradaki W değeri göreceli aralık olarak adlandırılan rassal bir değişken olup W dağılımının parametreleri örneklem hacminin bir fonksiyonudur ve W'nin ortalaması d2 değerine eşittir. Sonuç olarak σ 'nın tahmini değeri

$$s = \frac{R}{d_2} \quad (6.27)$$

olur.

k tane örneklem olduğuna göre σ 'nın tahmini değeri

$$s = \hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (6.28)$$

olur.

μ 'nın tahmincisi olarak $\bar{\bar{X}}$ değeri ve σ 'nın tahmincisi olarak da $\bar{R}/d_2$ değeri kullanılırsa ortalama ($\bar{X}$) grafiğinin üst ve alt kontrol limitleri şu şekilde elde edilir:

$$\bar{U}KL = \bar{\bar{X}} + \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R} \quad (6.29)$$

$$OÇ = \bar{\bar{X}} \quad (6.30)$$

$$\bar{A}KL = \bar{\bar{X}} - \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R} \quad (6.31)$$

Üst ve alt kontrol limitleri

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \quad (6.32)$$

dönüşümü kullanılarak aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir.

$$\bar{U}KL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (6.33)$$

$$OÇ = \bar{\bar{X}} \quad (6.34)$$

$$\bar{A}KL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (6.35)$$

R Grafiği

Aralık grafiğine ilişkin üst ve alt kontrol sınırları normal dağılıma göre;

$$1 + \frac{3\sigma_R}{\bar{R}} = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2} = D_4 \quad (6.36)$$

ve

$$1 - \frac{3\sigma_R}{\bar{R}} = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2} = D_3 \quad (6.37)$$

$$\bar{U}KL = D_4 \bar{R} \quad (6.38)$$

$$OÇ = \bar{R} \quad (6.39)$$

$$\bar{A}KL = D_3 \bar{R} \quad (6.40)$$

D_3, D_4 değerleri sabit değerlerdir.

a) Standartların belli olması durumu

$\bar{X}$ grafiği için;

$$\bar{U}KL = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (6.41)$$

$$O\check{C} = \mu \quad (6.42)$$

$$AKL = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (6.43)$$

$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$ olmak üzere kontrol sınırları aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\bar{U}KL = \mu + A\sigma \quad (6.44)$$

$$O\check{C} = \mu \quad (6.45)$$

$$AKL = \mu - A\sigma \quad (6.46)$$

R grafiği için;

$W = \frac{R}{\sigma}$ ve $s = \hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$ formüllerinden Orta çizgi $\bar{R} = d_2\sigma$ olur. W'nun standart sapması

d_3 ile gösterilirse $\sigma_R = d_3\sigma$ yazılabilir.

$$d_2 - 3d_3 = D_1 \quad (6.47)$$

$$d_2 + 3d_3 = D_2 \quad (6.48)$$

eşitliğinden yararlanarak kontrol sınırları aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\bar{U}KL = D_2\sigma \quad (6.49)$$

$$O\check{C} = d_2\sigma \quad (6.50)$$

$$AKL = D_1 \sigma \quad (6.51)$$

D_1, D_2, d_2 değerleri sabit değerlerdir.

I-MR Grafikleri

I-MR kontrol grafikleri, bireysel gözlem değerlerine dayanır ve basit olması sebebiyle yaygın olarak kullanılır. Bazı kaynaklarda X ve MR grafikleri olarak da isimlendirilen I (Individual) ve MR (Moving Range) grafiklerinde X, bireysel gözlem değerlerini gösterir.

k tane bireysel gözlemin olması durumunda örneklem ortalaması;

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^k X_j}{k} \quad (6.52)$$

formülü ile bulunur.

MR_j ise n örneklem hacmindeki ardışık bireysel ölçüm değerlerinin her birinin aralığını gösterir. Buradan yola çıkarak j. gözleme ilişkin MR_j değerini aşağıdaki formül yardımıyla hesaplayabiliriz.

$$MR_j = |X_j - X_{j-1}| \quad (6.53)$$

Fark alınması nedeniyle bir tane veri kaybı olur yani MR_1 değeri boş kalır. Böylece 2'şerli seçilmek üzere;

$$MR_2 = |X_2 - X_1| \quad (6.54)$$

$$MR_3 = |X_3 - X_2| \quad (6.55)$$

$$MR_k = |X_k - X_{k-1}| \quad (6.56)$$

Buradan yola çıkarak hareketli aralık değerlerinin ortalaması şu şekilde hesaplanır:

$$\overline{MR} = \frac{MR_2 + MR_3 + \dots + MR_k}{k - 1} \quad (6.57)$$

I grafiği için;

$$\overline{ÜKL} = \overline{X} + \frac{3\overline{MR}}{d_2} \quad (6.58)$$

$$OÇ = \overline{X} \quad (6.59)$$

$$\overline{AKL} = \overline{X} - \frac{3\overline{MR}}{d_2} \quad (6.60)$$

MR grafiği için;

$$\overline{ÜKL} = D_4 \overline{MR} \quad (6.61)$$

$$OÇ = \overline{MR} \quad (6.62)$$

$$\overline{AKL} = D_3 \overline{MR} \quad (6.63)$$

Nitel Kontrol Grafikleri

Kütle üretim ürünleri, gruplandığı ve sınıflandığı zaman sonuç veri, öznel verisi olarak adlandırılır. Bir ürünün sağlaması gerekli standartlar saptandıktan sonra spesifikasyonlar belirlenir, spesifikasyonlarla uyuşmayan bir ürün sağlamayan parça olarak adlandırılır. Kullanılmayan spesifikasyonu sağlamayan bir ürüne bozuk parça denir. Bozuk bir ürün sağlamayan bir üründen daha ciddi bir sorundur. Bir ürün çizik veya renk bozukluğu sebebiyle spesifikasyonu sağlamayabilir; ancak bozuk bir ürün değildir. Tek bir üründeki defolar kusur olarak adlandırılır. Onarılamaz defolara bozukluk denir. Bir bozukluk sağlamamadan daha ciddi bir kusur olarak görülür. Öznel verisi ile çalışırken dört farklı kontrol grafiği kullanılır. Bunlar p-np,c ve u grafikleridir. P ve np grafikleri binom dağılımına, c ve u grafikleri poisson dağılımına dayanır.

p Kontrol Grafiği

Nitel kontrol grafiklerinden p kontrol grafiği, üretim prosesinden çekilen örneklemdeki kusurlu oranının ölçülmesini ve izlenmesini sağlar. Bir veya daha fazla özelliğin değeriendirilmesi esasına dayanır. Bu amaçla; prosesten elde edilen ürünlerin kalite özellikleri değeriendirilerek kusurlu veya kusursuz olarak kaydedilir. Her bir örneklemdeki kusurlu sayısı, örneklem hacmine bölünerek, her bir örneklemin kusurlu oranı elde edilir.

Prosesten kontrol edilmek üzere çekilecek örneklem hacmi “n” bir defada çekilecek denek sayısını gösterir. p grafiğinde örneklem hacminin eşit olma şartı bulunmayıp, örneklem hacmi sabit veya değışken olabilir. Prosesin değışkenliğini gösterebilmesi için örneklem hacminin yeterince büyük seçilmesi gerekir. Bu amaçla tavsiye edilen örneklem hacmi $n \geq 50$ ’dir.

- Standartların belli olmaması durumunda örneklerden elde edilen oranların ortalaması, bir merkezi çizgiyi(orta çizgi) oluştururken, üst ve alt kontrol limitleri de buna bağlı olarak şu şekilde elde edilir:

$$\bar{ÜKL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (6.64)$$

$$OÇ = \bar{p} \quad (6.65)$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (6.66)$$

- Standartların belli olduğu durumda ise ana kütle ortalaması (P) çizilecek grafiğin merkezi yani orta çizgisini oluştururken üst ve alt kontrol limitlerinde $\bar{p}$ ‘nın yerine P kullanılır.

$$\bar{ÜKL} = P + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (6.67)$$

$$OÇ = P \quad (6.68)$$

$$AKL = P - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (6.69)$$

np Kontrol Grafiği-Ortalama Kusurlu Sayısı Grafiği

Bazı durumlarda kusurlu oranı yerine kusurlu sayısı ile ilgilenilir. Bu durumlarda başvurulacak grafik türü np grafikleridir.

- Standartların bilinmediği durumlarda $\bar{p}$ 'yi yani örnek kusurlu oranlarının ortalamasını kullanarak grafiğin orta çizgisi $n\bar{p}$ olurken buna bağlı olarak üst ve alt kontrol limitleri şu şekilde elde edilir:

$$\bar{ÜKL} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (6.70)$$

$$OÇ = n\bar{p} \quad (6.71)$$

$$AKL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (6.72)$$

- Standartların belli olduğu durumlarda ise, $\bar{p}$ örnek kusurlu oranları ortalaması yerine P ana kütle kusurlu oranı kullanılır.

$$\bar{ÜKL} = nP + 3\sqrt{nP(1-P)} \quad (6.73)$$

$$OÇ = nP \quad (6.74)$$

$$ALK = nP - 3\sqrt{nP(1-P)} \quad (6.75)$$

c Kontrol Grafiği(Kusur Sayısı Şeması)

Bu grafikte örnekteki toplam kusur sayısı esas alınmaktadır.

- Standartların bilinmediği durumlarda örneklerdeki ortalama kusurlu sayısı $\bar{c}$ merkezi çizgi olarak kabul edilerek üst ve alt kontrol limitleri şu şekilde elde edilir:

$$\bar{U}KL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (6.76)$$

$$O\check{C} = \bar{c} \quad (6.77)$$

$$AKL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (6.78)$$

- Standartların belli olduğu durumlarda ise $\bar{c}$ yerine örnekteki toplam kusur sayısını ifade eden C kullanılır.

$$\bar{U}KL = C + 3\sqrt{C} \quad (6.79)$$

$$O\check{C} = C \quad (6.80)$$

$$AKL = C - 3\sqrt{C} \quad (6.81)$$

u Kontrol Grafiği

Bazı hallerde üretilen birimlerin kusurlu olup olmadıkları yerine, bir tek birimde tespit edilen kusur sayısı ile ilgilenilir. İşte bir birimde tespit edilen kusur sayıları esas alınarak çizilen kontrol grafiğine u kontrol grafiği denir. Her birimde ortaya çıkacak kusur sayısı için önceden bir standardın belirlenmesi söz konusu değildir. Birim başına kusur sayısının örnek hacmine bölünmesiyle elde edilir.

$$\bar{U}KL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (6.82)$$

$$O\check{C} = \bar{u} \quad (6.83)$$

$$AKL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (6.84)$$

6.6 Nitel ve Nicel Kontrol Grafiklerinin Karşılaştırılması

Kontrol grafikleri prosesin zaman içindeki gelişimini ve o andaki durumunu yansıtır. Bunun yanında proses değişkenliğinin normal sınırlar içinde kalıp kalmadığının anlaşılmasına olanak sağlarlar. Kontrol grafikleri prosesin, %99,73 güven sınırlarını göstermesi dışında, prosesin

merkezi eğilimini de gösterirler. Merkezi eğilimi proses ortalamasına yakınlığı yüksek kalite anlamına gelir.

Nicel kontrol grafikleri, hem değişimin yönünü hem de büyüklüğünü ortaya koyarlar. Ölçüm değerleri verilerin tamamını içerir ve prosesin genel görünümü az sayıdaki örneklemden elde edilebilir. Oysa nitel kontrol grafikleri, sadece uygun veya uygun olmaya durumları belirlerler ve prosesin anlamlı bir görünümünü ortaya koymak için çok sayıda örneklemden yararlanılır. Her iki grafik türü de değişimin genel ve özel nedenlerinin ayırt edilmelerini sağlarlar.

Nitel kontrol grafiklerinin çizilmesinde kullanılan veriler, ölçüm yerine değerlendirme sonuçlarıdır. Değerlendirmelerin kişiden kişiye farklılık göstereceği ve sübjektif olacağı düşünülerek, bu farkların minimuma indirecek bir düzenleme yapılmalıdır. Bu amaçla değerlendirmede etkin bir uygunluk kriteri tanımlanmalı ve kullanılmalıdır [28].

6.7 Proses Yeterliliği Analizi

Süreç yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine (şartname limitleri spesifikasyonlar) göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler. Bu aşamada dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk indisleridir. Cp indisi, şartname limitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. “USL” üst spesifikasyon limitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini ve “σ” standart sapmayı ifade edecek şekilde Cp indisi (6.85) nolu eşitlikteki gibi hesaplanır.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (6.85)$$

Cpk indisi ise, proses ortalamasının hedef değere göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasındaki konumunu gösterir. Cpk indisi (6.88) nolu eşitliklerdeki gibi hesaplanır.

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (6.86)$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (6.87)$$

$$C_{pk} = \min \{C_{pu}, C_{pl}\} \quad (6.88)$$

Cp ve Cpk değerlerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Çizelge 6.1’de verilen değerler kullanılır. Sonuç olarak Cp ve Cpk’nın 1,33’den büyük olması durumunda proses yeterliliği sağlanmış olduğundan İPK’nın “yetenek oluşturma” fazı bitirilmiş, “yeteneğin korunması” aşamasına geçilmesi için gerekli ortam sağlanmış olacaktır [6].

Çizelge 6.1 Cp ve Cpk İndislerinin Karar Noktaları

$C_p > 1,33$	Proses yeterliliği yeterli
$1 < C_p < 1,33$	Proses marjinal olarak yeterli, daha yakından izlenmelidir.
$C_p < 1$	Proses yeterliliği yetersiz (Proses değişkenliğinin azalması gerekli)
$C_{pk} > 1,33$	Proses şartname limitlerini karşılıyor
$1 < C_{pk} < 1,33$	Proses marjinal olarak şartname limitlerini karşılıyor. Proses ortalaması hedeften uzaklaştıkça prosesin hata yüzdesi artabilir.
$C_{pk} < 1$	Proses şartname limitlerini karşılamıyor. Proses ortalaması hedef değerden uzakta.

7 ÖLÇÜM SİSTEMLERİ ANALİZİ (MSA)

Bir süreç/ürün karakteristiğine ait verilerin etkili bir analizinin yapılabilmesi ve SPC'nin uygulanabilmesi için öncelikle elde edilen verilerin güvenilir olup olmadığı belirlenmeli, diğer bir deyişle MSA yapılmalıdır. Bir ölçüm sistemi ölçüm cihazlarını, ölçüm yapan operatörleri, ölçüm ortamını, ölçüm prosedürlerini ve ölçüm için kullanılan yardımcı ekipmanları içerir. MSA ölçüm cihazından ve ölçüm cihazının kullanımından doğan varyasyonu bulma, mühendislik toleransı ile ölçüm varyasyonunun miktarını karşılaştırma ve ölçüm prosesini iyileştirerek toplam değişkenliği azaltmayı amaçlar [6].

7.1 Ölçüm Sistemlerinin İstatistiksel Özellikleri

İdeal bir ölçüm sistemi kullanıldığı her seferde, sadece “doğru” ölçümler oluşturacaktır. Her ölçüm her zaman master standartlarına uyacaktır (Bakınız Deming, 1986, p.281). Böyle ölçümler elde eden bir ölçüm sistemi, ölçülen her ürün için sıfır varyans, sıfır eğilim ve sıfır sınıflandıramama olasılığı gibi istatistiksel özelliklere sahiptir.

Maalesef, böyle istatistiksel özelliklere sahip olan ölçüm sistemleri nadiren bulunur ve böylece işlem yöneticileri daha az arzulanan istatistiksel özelliklere sahip ölçüm sistemlerini kullanmak zorunda kalırlar.

Ölçüm sisteminin kalitesi genellikle elde edilen verilerin sadece istatistiksel özellikleri ile belirlenir. Diğer özellikler, maliyet, kullanım kolaylığı, vb., ölçüm sisteminin cazip olup olmamasını etkilediği için ayrıca önemlidir. Fakat sistemin kalitesini belirleyen elde edilen verilerin istatistiksel özellikleridir.

Şu unutulmamalıdır ki, bir uygulamaya için en önemli olan istatistiksel özellikler, diğer bir uygulamaya için muhakkak en önemli olmak zorunda değildir. Örneğin, koordinat ölçüm cihazının (CMM) bazı kullanımlarında, en önemli istatistiksel özelliği “küçük” eğilim ve varyanstır. Bu özelliklere sahip bir CMM cihazı, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü(NIST)'nün standart değerlerine çok “yakın” ölçümler elde edecektir. Böyle bir cihazdan elde edilecek veriler bir üretim işlemini analiz etmek için çok yararlı olacaktır.

Fakat eğilimi ve varyansı ne “kadar” küçük olursa olsun, aynı CMM cihazı, belirli genel durumlarda, iyi ve kötü ürün arasındaki kabul edilebilir bir ayırımı yapamayabilir, çünkü hatalı sınıflandırama oranı çok yüksektir. Yönetim, verilerin esas kullanımı için en önemli istatistiksel özelliklerin belirlenmesinde sorumluluk sahibidir. Yönetim aynı zamanda,

kullanılacak ölçüm sistemi seçilirken bu özelliklerin esas alınmasını sağlamak zorundadır. Bunu yerine getirmek için, istatistiksel özelliklerin ve ayrıca ölçüm metodlarının kullanma tanımlarını yapmak gereklidir.

Her ölçüm sisteminin değişik istatistiksel özelliklere sahip olması gerekmesine rağmen, bütün ölçüm sistemlerinin sahip olması gereken belirli özellikler vardır. Bunlar:

- 1) Ölçüm sistemi istatistiksel olarak kontrol altında olmalıdır. Bu, ölçüm sistemindeki varyansların özel sebeplerden değil sadece genel sebeplerden kaynaklanması anlamına gelir. Bu, istatistiksel kararlılığa karşılık gelir.
- 2) Üretim prosesinin değişkenliğiyle karşılaştırıldığında ölçüm sisteminin değişkenliği daha küçük olmalıdır.
- 3) Spesifikasyon limitleriyle karşılaştırıldığında değişkenlik küçük olmalıdır.
- 4) Ölçümün artışları, proses değişkenliği veya spesifikasyon limitlerinden daha küçük olanına göre küçük olmalıdır. Artışlar için genel bir kural, proses değişkenliği ve spesifikasyon limitlerinden daha küçük olanının onda birinden daha büyük olmamasıdır.
- 5) Ölçülen parçalar farklılaştıkça, ölçüm sisteminin istatistiksel özellikleri değişebilir. Eğer böyle olur ise, ölçüm sisteminin en büyük(en kötü) değişimi, proses değişimi veya spesifikasyon limitlerinden en küçük olanına göre küçük olmalıdır.

7.2 Genel Kurallar

Bir ölçüm sisteminin değerlendirilmesinde birinci basamak doğru değişkenin ölçüldüğünü doğrulamaktır. Eğer yanlış değişken ölçülüyorsa, ölçüm sisteminin ne kadar doğru veya hassas olduğu önemli değildir. Bu, yarar sağlamaksızın kaynakların tüketilmesi anlamına gelecektir.

Bir sonraki basamak ölçüm sisteminin kabul edilebilir olması için hangi istatistiksel özelliklere sahip olduğunu belirlemektir. Bu belirlemeyi yapmak için, verilerin nasıl kullanılacağını bilmek önemlidir. Bunu bilmeden, uygun istatistiksel özellikler belirlenemez. İstatistiksel özellikler belirlendikten sonra ölçüm sisteminin bu özelliklere zaten sahip olup olmadığını değerlendirmek gerekir.

Ölçüm sisteminin değerlendirilmesi genellikle iki safhada yapılır: Safha 1 ve Safha 2. Safha 1’de, ölçüm prosesini anlamak ve bizim ihtiyaçlarımızı karşılayıp karşılamayacağını belirlemek isteriz. Safha 1 testinin iki hedefi vardır. Birincisi ölçüm sisteminin ihtiyaç

duyulan istatistiksel özelliklere sahip olup olmadığını belirlemektir. Bu tip testler ölçüm sistemi kullanılmaya başlanmadan önce gerçekleştirilmelidir. Eğer test, ölçüm sisteminin uygun özelliklere sahip olduğunu gösterirse, sistem amaçlanan kullanım için kabul edilebilir sayılır ve kullanılabilir. Diğer tarafta, eğer ölçüm sistemin doğru özelliklere sahip olmadığı görülüyorsa, kullanılmamalıdır. Genelde, bir ölçüm sisteminin kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek için çeşitli farklılıkta testler gerekmektedir.

Safha 1 testinin ikinci hedefi, hangi çevre faktörlerinin ölçüm sistemi üzerinde kayda değer bir etkisi olduğunu keşfetmektir. Örneğin, Safha 1 testi, ortam sıcaklığı faktörlerden birisi olmak üzere, değişik seviyelerde çeşitli çevresel faktörler içerir. Eğer Safha 1 testi ortam sıcaklığının ölçümlerin kalitesini belirgin bir şekilde etkilediğini gösterirse, servis, ölçüm sisteminin atmosfer kontrollü bir ortamda uygulanmasını seçebilir. Diğer tarafta, eğer test, ortam sıcaklığının fark edilebilir bir etkisi olmadığını gösterirse, ölçüm sistemi kaygı duyulmadan atölyede kullanılabilir.

Safha 2 testinin hedefi, kabul edilebilir olarak gözüken bir ölçüm sisteminin uygun istatistiksel özelliklere sahip olup olmadığını belirlemektir. “Ölçüm R&R” olarak adlandırılan çalışma Safha 2 testinin bir biçimidir. Safha 2 testi sık sık normal kalibrasyon programı, bakım programı, ve metroloji programının rutin bir bölümü olarak gerçekleştirilir, fakat bunlardan bağımsız olarak da yapılabilir.

Test prosedürü tamamen belgelenmelidir. Belgeleme şunları içermelidir:

- Örnekler
- Ölçülecek kalemlerin seçimi ve test yönteminin uygulanacağı çevre şartları spesifikasyonları. Tipik olarak, bu spesifikasyonlar istatistiksel deney tasarımı formunda olmalıdır.
- Spesifikasyonlara uygun olarak verilerin nasıl toplandığı, kaydedildiği ve analiz edildiği.
- Anahtar terim ve kavramların uygulamayla ilgili tanımları.

Değerlendirmenin zamanlaması, idaresi ve değerlendirmenin sonuçlarının yansıtılmasının usulü ve sorumluluğunun kime ait olacağı açık olarak yönetim tarafından belirlenir.

7.3 Ölçüm Sistemlerini Değerlendirmek İçin Yöntemler

Anlatılacak olan yöntemler otomotiv endüstrisinde, ölçüm sistemlerini üretim ortamında değerlendirmek için kapsamlı olarak kullanılmaktadır. Yöntemler özellikle şu istatistiksel özellikleri değerlendirir: tekrarlanabilirlik, tekrar yapılabilirlik, eğilim, kararlılık ve doğrusallık.

Yöntemler bazen “Ölçüm R&R” yöntemleri olarak adlandırılırlar çünkü çoğunlukla sadece tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik istatistiksel özelliklerini değerlendirmek için kullanılır. Genelde, yöntemlerin üretim ortamında kullanımı kolaydır. Yöntemler yapıları itibarıyla istatistiğe dayalı olduğu halde, istatistikçi olmayanların da kullanabileceği şekilde sunulmuştur.

Fakat not edilmelidir ki, testlerin yürütüldüğü yoldan dolayı, sistem pratiğe döküldüğünde yöntemler, ölçüm cihazı ve ölçümcülerin optimum kapasitelerini değerlendirmekte, bütün ölçüm sisteminin istatistiksel özelliklerini değerlendirmekten daha başarılıdır. Örneğin, ölçüm sistemi üretim sırasında kullanılırken gösterilen özenden daha fazlası test ölçümleri elde edilirken gösterilirse, bu gerçekleşebilir. Genellikle bu sorun olmayacaktır, fakat olursa, diğer yöntemler kullanılmalıdır veya burada anlatılan yöntemlerde modifikasyon yapılmalıdır.

Bazı durumlarda, gerek duyulacak tek modifikasyon, ölçüm sistemi testlerde tam olarak normal uygulama sırasında olduğu gibi kullanılırsa, standartların kör ölçümlerinin kullanılması olabilir. Bu şekilde elde edilen veriler, bütün ölçüm sisteminin tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirliğini değerlendirmek için analiz edilebilir. Fakat genelde, bütün ölçüm sistemini değerlendirmek için gerekli olan modifikasyonlar daha karışıktır ve sadece istatistik teori ve pratiğinde tecrübeli birisi tarafından yapılmalıdır.

Bu kısımda anlatılan yöntemler, hepsini olmasa da pratikte rastlanılan birçok durumu kapsamaktadır. Bu yöntemler tekrarlanabilirlik, tekrar yapılabilirlik, eğilim, kararlılık ve doğrusallık istatistiksel özellikleri üzerinde yoğunlaştığı için, Safha 2’de gerçekleştirilen testlerin büyük kısmı için ve Safha 1’de gerçekleştirilen testlerin bir kısmı için aday olabilirler. Fakat genelde böyle olmadığından, Safha 1 testini tamamlamak için başka istatistiksel yöntemlere gerek duyulabilir, sıcaklık, ışıklandırma, vb. gibi faktörlerin ölçüm sistemi varyansı üstündeki etkileri incelenmelidir. Safha 1 testi için kabul edilebilir istatistiksel yöntemler genel istatistik literatüründen kolayca elde edilebilir.

Bir ölçüm sistemi değerlendirilirken üç temel nokta çözümlenmelidir. Birincisi, ölçüm sistemi yeterli ayırım yapma özelliğine sahip midir? İkincisi, ölçüm sistemi zamana göre istatistiksel

olarak stabil midir? Üçüncüsü, istatistiksel özellikler beklenen aralık içinde tutarlı mıdır ve proses analizi veya kontrolü için kabul edilebilir mi?

Bu belirlemeler en doğru şekilde proses varyansına göre yapılır. Ölçüm hatalarını sadece tolerans dağılımı olarak raporlama alışkanlığı, sürekli proses gelişiminin önem kazandığı pazar rekabeti için yetersizdir.

7.4 Ölçüm Sistemi Varyansı Çeşitleri

Çoğu kez ölçümlerin hatasız olduğu kabul edilir. Analiz ve sonuçlar bu varsayıma dayandırılır. Kişiler, ölçüm sisteminde kişisel ölçümleri etkileyen varyanslar olduğunu ve kararların verilere dayandırıldığının farkına varamayabilir. Ölçüm sistemi hataları beş kategoriye ayrılabilir, eğilim, tekrarlanabilirlik, tekrar yapılabilirlik, kararlılık ve doğrusallık.

Ölçüm sistemi çalışmasının bir amacı, ortam şartlarıyla etkileşen ölçüm sistemlerinin, ölçüm varyansı miktarı ve çeşitleriyle ilgili bilgi elde etmektir. Tekrarlanabilirlik ve kalibrasyon eğilimini tanımak ve bunlar için kabul edilebilir limitler belirlemek, çok yüksek tekrarlanabilirliğe sahip aşırı kesin ölçüm aletleri sağlamaktan daha pratik olduğu için bu bilgi değerlidir. Böyle bir çalışmanın uygulamaları şunları sağlar:

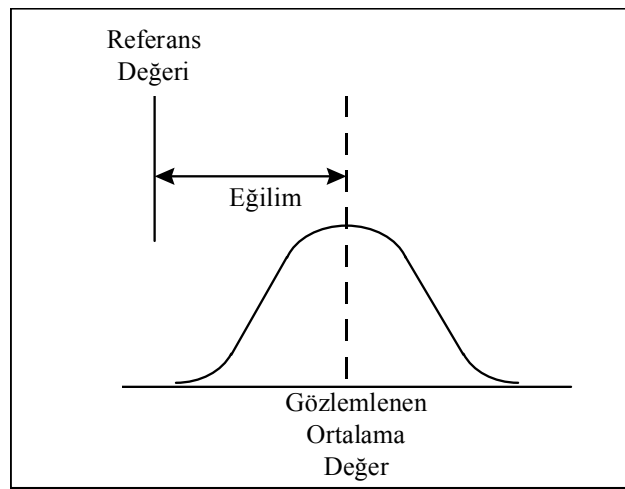
- 1) Yeni ölçüm ekipmanını kabul etmek için kriterler.
- 2) Bir ölçüm cihazını diğeriyle karşılaştırma olanağı.
- 3) Yetersiz olduğu düşünülen bir ölçüm cihazının değerlendirilmesi.
- 4) Ölçüm aletinin tamir öncesi ve sonrası durumlarının karşılaştırılması.
- 5) Bir üretim prosesi için, proses varyansını ve kabul edilebilirlik seviyesini hesaplamak için gereken bir bileşen.
- 6) Bir parçanın doğru bir değerde kabul edilebilirlik olasılığını gösteren Ölçüm Aleti Performans Eğrisi'ni oluşturmak için gerekli bilgiler.

Aşağıdaki tanımlar, daha sonra anlatılanların açıkça anlaşılabilmesi için, bir ölçüm sistemiyle ilgili hata ve varyansların çeşitlerinin tanımlarıdır. Her tanım için, terimlerin anlamlarını gösteren örnek çizimler verilmiştir.

Eğilim

Eğilim, ölçümlerin gözlemlenen ortalaması ve referans değeri arasındaki farktır. Kabul edilen referans değeri veya master değer olarak ta bilinen referans değeri, ölçülen değerler için hemfikir olunan referans olarak işe yarayan bir değerdir. Referans değeri, yüksek seviyeli bir ölçüm ekipmanı (örneğin, metroloji laboratuvarı veya yerleşim ekipmanı) ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak belirlenebilir.

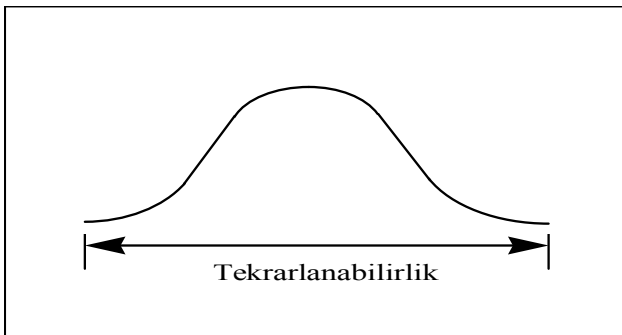
Eğilim çoğunlukla “doğruluğa” tekabül eder. Çünkü “doğruluk” literatürde çeşitli anlamlara gelir ve eğilime alternatif olarak kullanımı tavsiye edilmez.



Şekil 7.1 Eğilim

Tekrarlanabilirlik

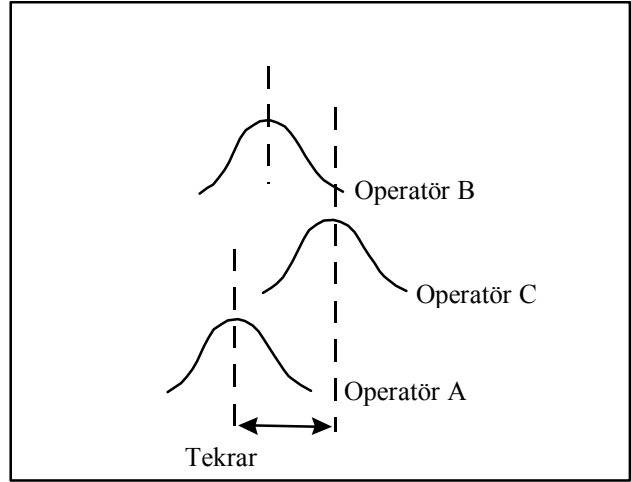
Tekrarlanabilirlik, **bir ölçüm cihazı** bir ölçümcü tarafından birçok kez kullanılarak, **aynı parçanın** aynı karakteristiğini ölçerken elde edilen ölçümlerin varyansıdır.



Şekil 7.2 Tekrarlanabilirlik

Tekrar Yapılabilirlik

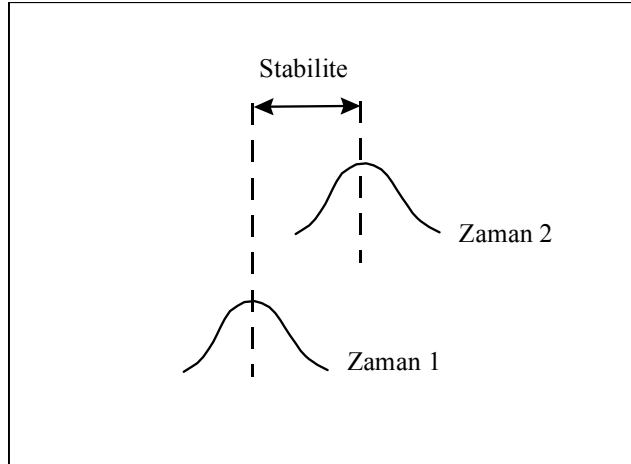
Tekrar yapılabilirlik, **değişik** ölçümcülerin **aynı ölçüm cihazını** kullanarak, **aynı parçanın** aynı karakteristiğini ölçerken elde ettikleri ölçümlerin ortalamalarının varyansıdır.



Şekil 7.3 Tekrar Yapılabilirlik

Kararlılık

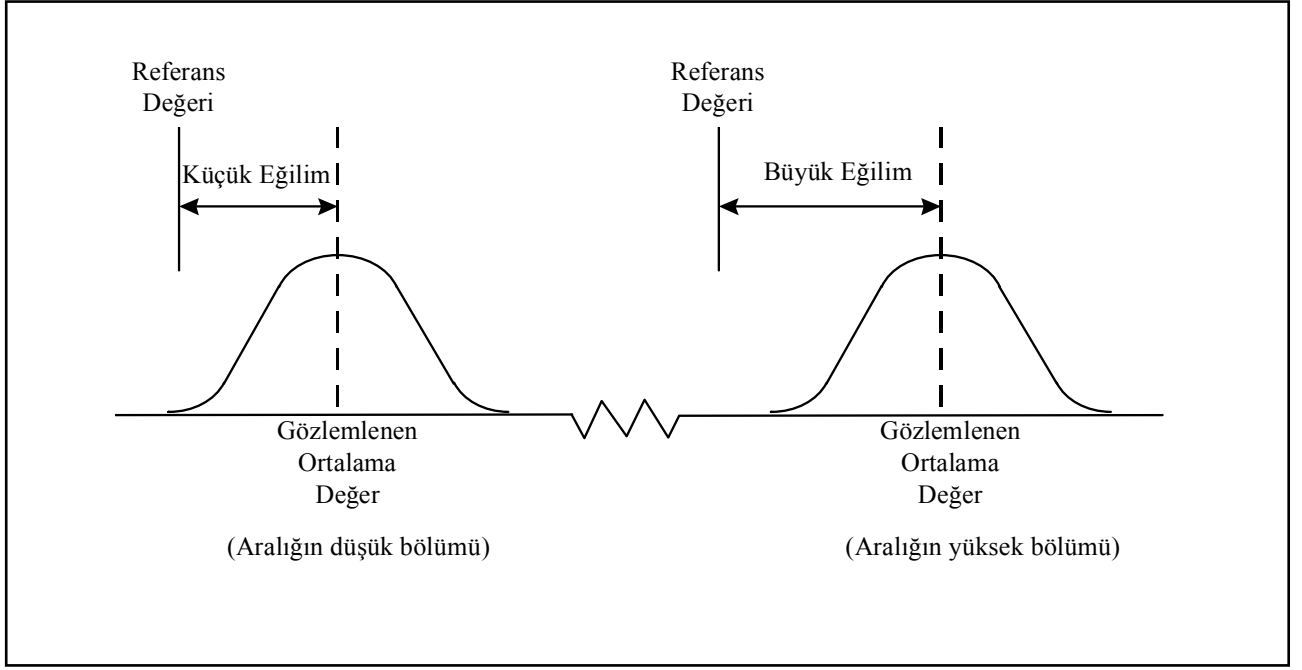
Kararlılık(veya yönelim), aynı master veya parçalar üzerinde, uzun bir **zaman** periyodu içinde tek bir karakteristiği ölçerken, bir ölçüm sistemiyle elde edilen ölçümlerin toplam varyansıdır.



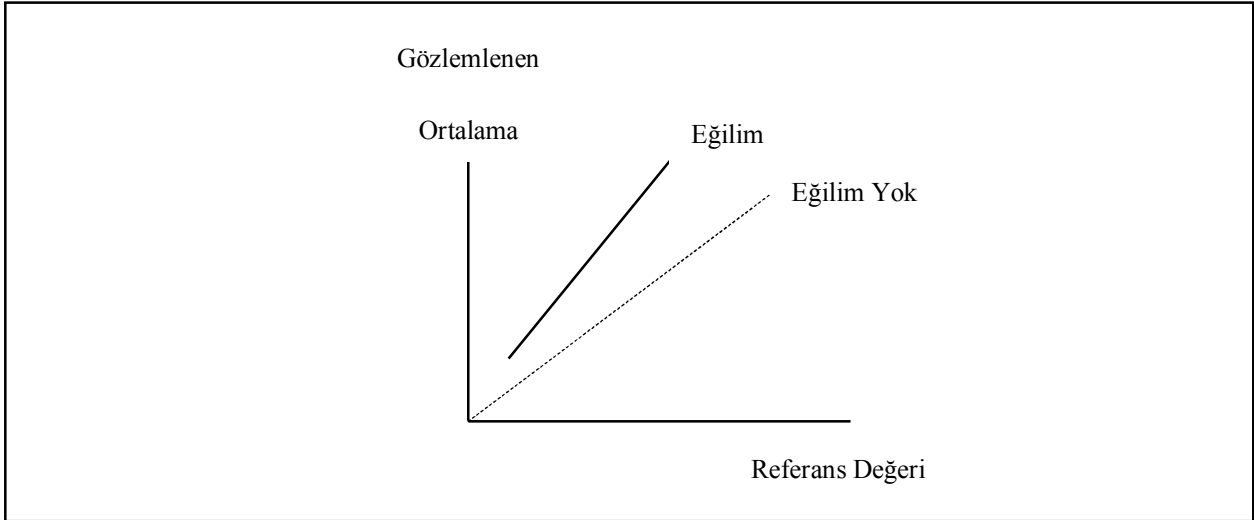
Şekil 7.4 Kararlılık

Doğrusallık

Doğrusallık, ölçüm cihazının beklenen **çalışma aralığı** boyunca eğilim değerleri farkıdır.



Şekil 7.5 Doğrusallık



Şekil 7.6 Doğrusallık (Değişken Doğrusal Eğilim)

7.5 Bir Ölçüm Sisteminin Analizi

Bir ölçüm sisteminin analizindeki amaç, sistemin ortaya çıkardığı sonuçları etkileyebilecek sapma kaynaklarını daha iyi anlamak olmalıdır. Bu bize spesifik ölçüm sistemlerinin limitlerini belirleme imkanı verir.

Her proseste olduğu gibi, ölçüm sisteminin varyansını tanımlamak için kullanılabilecek dağılım şöyle karakterize edilebilir:

Lokasyon

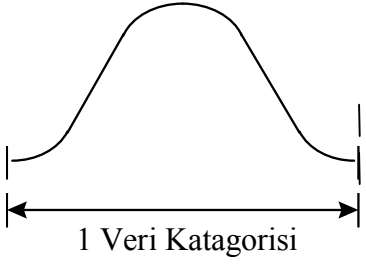
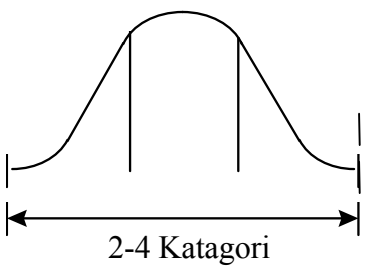
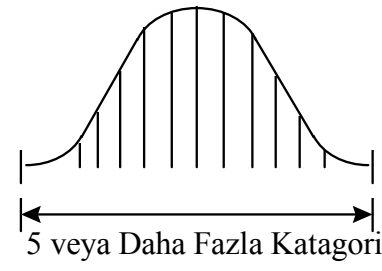
- Kararlılık
- Eğilim
- Doğrusallık
- Genişlik veya yayılım
- Tekrarlanabilirlik
- Tekrar yapılabilirlik

Ölçüm sistemi varyansının belirlenmesi için kullanılan sayısal teknik ne olursa olsun, her analizde grafik teknikleri kullanılmalıdır. Belirli bir ölçüm sisteminin analizinde en yüksek verimi sağlayacak istatistiksel araçlar varyansın beklenen dominant kaynaklarına bağlıdır. Bununla beraber ölçüm sistemlerinin analizinde yararlı olabilecek çeşitli teknikler mevcuttur. Bu teknikler için ilk varsayım, ölçümün ölçülen parçaya etkide bulunmaması veya zarar vermemesidir.

Bir ölçüm sistemini seçerken veya analiz ederken ölçüm sisteminin ayırımı önem kazanır; yani ölçüm sisteminin ölçülen karakteristiklerdeki küçük değişimleri bile tespit edebilme ve doğru olarak gösterme yeteneği; çözünürlük olarak da adlandırılır. Ekonomik ve fiziksel sınırlar sebebiyle ölçüm sistemi, bir proses dağılımının bütün parçalarını, ayrı veya farklı karakteristiklere sahip olarak algılamayacaktır. Bunun yerine ölçülmüş karakteristikler, ölçülmüş değerler aracılığıyla veri kategorilerine gruplandırılır. Aynı veri kategorisindeki tüm parçalar ölçülmüş karakteristikler için aynı değere sahip olacaktır.

Eğer ölçüm sistemi yeterli bir ayırıma sahip değilse, bireysel parça karakteristik değerlerinin miktarını belirlemek ve proses varyansını tanımlamak için uygun bir sistem olmayabilir. Eğer bu durum söz konusuysa, daha iyi ölçüm teknikleri kullanılmalıdır.

Eğer ayırım proses varyansını tespit edemezse analiz için; özel sebeplerden kaynaklanan varyansı tespit edemezse kontrol için kabul edilebilir değildir.

	Kontrol	Analiz
	Kontrol için kullanılabilir eğer • Spesifikasyonlarla karşılaştırıldığında proses varyansı küçükse • Kayıp fonksiyonu beklenen proses varyansı üzerinde düzse • Proses varyansının temel kaynakları bir ortalama kaymasına sebep oluyorsa.	• Proses parametrelerinin ve indislerin tahmini için kabul edilemez • Sadece prosesin geçerli olan veya geçersiz olan parçalar ürettiğini gösterir
	• Proses dağılımına dayanan yarı değişken kontrol teknikleri ile kullanılabilir • Hassas olmayan değişken kontrol çizelgeleri üretebilir	• Proses parametreleri ve indisleri için genellikle kabul edilemez • Sadece kaba tahminlere olanak verir
	• Değişken kontrol çizelgeleri ile kullanılabilir.	• Tavsiye edilir.

Şekil 7.7 Proses Dağılımına Ait Çakışmayan Veri Kategorilerinin Kontrol ve Analiz Aktivitelerine Etkisi

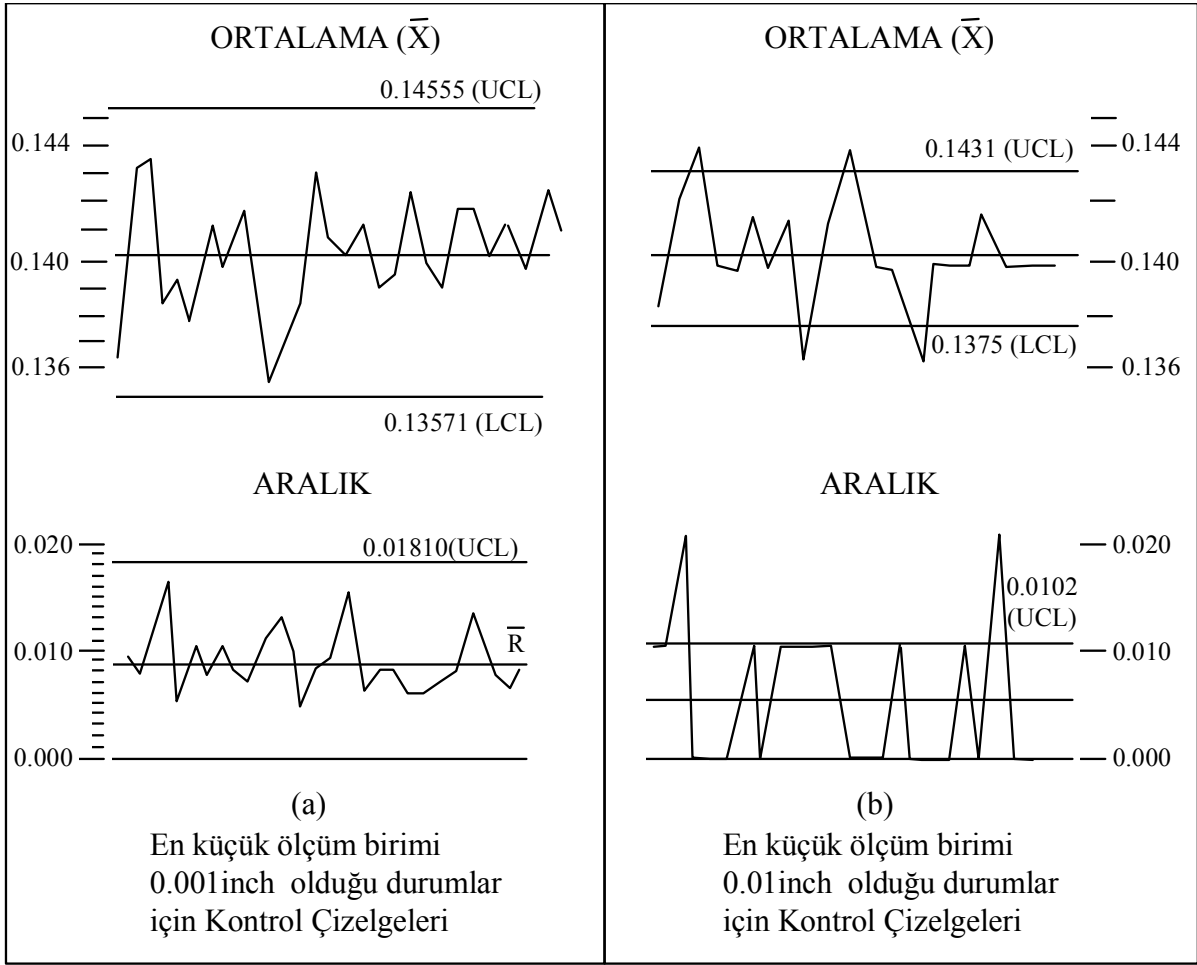
Kabul edilemez ayırımın belirtileri aralık grafiğinde görülebilir. Şekil 7.8 aynı veriden oluşturulan iki kontrol grafiği setini göstermektedir. Kontrol grafiği (a) bir inç'in binde birine

en yakın orijinal ölçümü gösterir. Kontrol grafiği (b) bu verileri bir inç'in yüzde birine en yakın yuvarlatılmış halini gösterir. Kontrol grafiği (b), limitlerin yapay darlığı sebebiyle kontrol dışı gözükmetedir. Sıfır aralıkları, yan-grup sapmasının göstergesi olmalarından çok yuvarlamanın bir sonucudur.

Yetersiz ayırımın en iyi göstergesi aralık grafiğinde verilmiştir. Özellikle aralık grafiği, kontrol limitlerinin içindeki aralık için sadece bir, iki veya üç olası değeri gösterdiği zaman ölçümler yetersiz ayırım ile yapılmış demektir. Ayrıca, eğer aralık grafiği kontrol limitlerinin içindeki aralık için dört olası değeri gösterirse ve aralıkların dörtte birinden daha fazlası sıfır ise, ölçümler yetersiz ayırım ile yapılmış demektir.

Şekil 7.8'deki kontrol çizelgesine (b) bakacak olursak kontrol limitlerinin içindeki aralık için iki olası değer (0.00 ve 0.01 değerleri) görürüz. Bu sebeple kural, kontrol eksikliğinin sebebini doğru bir şekilde yetersiz ayırım olarak tanımlar.

Bu sorun tabii ki, ölçümlerin ayırımının artırılmasıyla yan-gruplardaki sapmayı bulma yeteneğini değiştirerek çözülebilir. Bir ölçüm sistemi, eğer görünen çözünürlüğü proses varyansından göreceli olarak küçükse yeterli ayırıma sahip olacaktır. Böylece, yeterli ayırım için bir öneri şu olabilir; geleneksel kural olan görünen çözünürlüğün, tolerans aralığının en fazla onda biri olmasının yerine, prosesin altı sigma standart sapmasının en fazla onda biri olması.



Şekil 7.8 Proses Kontrol Çizelgesi

7.5.1 Kararlılık

Kararlılık konusu ölçüm sistemleriyle bağlantılı olarak düşünüldüğünde, genel olarak ölçüm sistemi kararlılığından ne anlaşıldığı yani “sistemin belirlenen veya master parça üzerindeki eğiliminde zaman içindeki toplam sapma miktarı” ve daha genel bir terim olan ve sadece kararlılığa değil aynı zamanda tekrarlanabilirlik, eğilim ve geneldeki proseslere de uygulanan istatistiksel kararlılığı birbirinden ayırmak çok önem kazanır. Yani, aynı master parçayı ölçen iki ölçüm sistemi olabilir. Her ikisi de istatistiksel kararlılığı kanıtlasa bile, sistemlerden birinin zaman içindeki eğiliminde diğerinden daha fazla sapma gözükebilir. İstatistiksel olarak, iki sistem de “aynı düzeyde” kararlıdır. Geleneksel ölçüm cihazları kararlılığı bakış açısından, zaman içinde daha büyük eğilim sapması olan sistem diğerinden daha az “kararlı” olarak düşünülür. Bu eğilim sapmalarının toplamını belirlemek olağan gözüke de, her iki ölçüm sisteminin de istatistiksel kararlılığa ulaştıkları kanıtlanmadan yapılmamalıdır. Bunun sebepleri takip eden paragraflarda açıklanacaktır.

Konu hakkında ki bilgilerle birleştirildiğinde proses (veya sistem) istatistiksel kararlılığı, bir prosesin gelecekteki performansını önceden bilmemize olanak sağlar. Bir ölçüm prosesinin kontrol durumunun veri tabanlı bilgisi olmadan, “tekrarlanabilirlik”, “tekrar yapılabilirlik”, vb. için çizilmiş şekiller çalışma sırasında elde edilen verinin tanımlanmasından öteye gitmez. Gelecekteki performans için bir anlam ifade etmezler. Stabilite durumu belirsizken bir ölçüm sisteminin tekrarlanabilirliğini, yeniden yapılabilirliğini, vb. değerlendirmek faydadan çok zarar getirebilir. Analiz sonucuna göre bir harekette bulunulursa, nihai sonuç yapılan değişiklik sebebiyle ölçüm sistemi varyansının artış göstermesi olabilir.

Ancak bir ölçüm sisteminin çeşitli şartlar altında istatistiksel kararlılığını değerlendirmek mümkün olmadığı zaman Safha 1 testinde anlatıldığı gibi durumlar ortaya çıkabilir. Yine de ölçüm sisteminin kullanılabilirliği için bir karar verilmelidir. Böyle durumlar, karar vermede yardımcı olacak operasyonla ilgili önceden belirlenmiş tanımlarla karşılaşılması olarak görülmelidir. Sonuçlar ölçüm sisteminin gelecekteki performansını önceden belirlemekte kullanılmamalıdır.

Ölçüm sisteminin istatistiksel kararlılığından bahsedildiğinde, sistemin kararlı kaldığı sürenin uzunluğu genellikle konunun en önemli noktasıdır. “Kısa dönem kararlılık” ve “uzun dönem kararlılık” gibi kavramlar bazen ölçüm sistemi analiz metodları için varsayım olarak görülmektedir. Herhangi bir prosesin istatistiksel kararlılığının analizinde zaman önemli bir faktörken, daha çok önem verilmesi gereken, sistemin stabilite analizi sırasında maruz kaldığı şartlardır. Bu yüzden, konuya hakim olmadan stabilite analizi için zaman dilimleri belirlenemez.

Eğer bir ölçüm sistemi ısınma sırasında kayarsa ve kontrol limitlerinin kullanımı boyunca istatistiksel olarak kararsız olarak değerlendirilirse, sistem ısınma periyodu sırasında istatistiksel olarak kararlı değildir. Benzer bir şekilde, sıcaklık değişimleri ile değişkenlik gösteren bir sistem sıcaklık değişimleri sırasında istatistiksel olarak stabil olamaz. Yıpranmış bir ölçüm sisteminin (yıpranma ölçüsü, tasarıma ve parçaların yıpranma karakteristiklerine bağlıdır) istatistiksel kararsızlık işaretleri göstermesi aylar alabilir. Korozyon sonucu değişen bir ölçüm sistemi kullanımda olmadığı zaman içinde değişebilir ancak temizlendiğinde ve düzenli olarak kullanıldığında istatistiksel olarak kararlı olabilir.

Ölçüm sistemlerini, istatistiksel kararsızlığa yol açan tüm şartlara dayanıklı yapmayı denemek gerekir, ancak bazı durumlarda bu mümkün ve/veya ekonomik değildir. Bir ölçüm sisteminin istatistiksel kararlılığı değerlendirildiğinde, ölçüm sistemini ömrü boyunca etkilemesi beklenen çevre, kullanıcı, parça ve metodlar dikkate alınmalıdır. Her ölçüm sistemini tüm

olası çevre şartları, yenilenen parçalar vb. için kontrol etmek makul değildir. Ancak bir ölçüm sisteminin istatistiksel kararlılığını değerlendirmeden önce hangi faktörlerin ölçüm sistemini etkileyebileceği ve öncelik verileceğini belirlemek önemlidir. Böylece çalışmaya yüksek öncelikli faktörler dahil edilir. Sebep ve etki çizelgeleri, proses akış şemaları ve proses modelleri gibi prosesi iyileştirici araçlar bu faktörlerin belirlenmesinde yardımcıdır.

İstatistiksel kararlılık bir kontrol çizelgesinin kullanımıyla belirlenir. Kontrol çizelgeleri, tüm ölçüm sonuçlarını etkileyen sebeplere bağlı sapma (ortak sebep sapması) ile spesifik şartların sonucu oluşan sapmayı (özel sebep sapması) birbirinden ayırmada da kullanılır. Kontrol çizelgeleri kullanırken önemli olan, kontrol limitlerinin dışına düşen noktalar gözlenirken aynı zamanda eğilimler ve merkeze sarılma gibi diğer özel sebep işaretlerini de gözlemek gerektirir. Bu işaretlerin varlığı ve kontrol limitlerinin dışındaki bir nokta veya noktalar “kontrol dışı” veya kararlı olmayan şartların oluştuğunu kanıtlar.

Bir ölçüm sistemi kararlılık çalışması için bir metod, tekrarlanan master veya master parça ölçümlerinin ortalama ve aralıklarının düzenli olarak çiziminin yapılmasıdır. Böyle bir analizden, örneğin, ölçüm sisteminin kalibrasyon gerektirdiğini gösteren bir kontrol dışılık işareti belirlenebilir.

Bir kontrol dışılık işareti olmadan yapılan kalibrasyon ölçüm sisteminin ölçümlerindeki sapmayı artırabilir. Kontrol dışılık işareti, masterın veya master parçanın kirli olmasından dolayı da ortaya çıkmış olabilir. Her durumda kontrol işaretlerinin içerdiği mesajların yorumu proses bilgisine bağlıdır.

Bir ölçüm sistemi kontrol çizelgesinin örnek büyüklüğü ve örnek frekansı da ölçüm sistemi bilgisine dayanarak belirlenmelidir. Daha önce de değinildiği gibi esas itibarıyla dikkat edilmesi gereken kullanım esnasında ölçüm sisteminin maruz kaldığı şartlardır. Örnek olarak, eğer ölçüm sisteminin kullanıcılarının sistemi kullanmadan önce yeterli ısınma süresini sağladıklarına güven duyulursa, bu ısınma süresi bitene kadar örnekleme yapılmasına gerek yoktur. Örnek olarak, eğer master veya master parçanın ölçülmesi 10 dakika alıyorsa ölçümün, bir sıvının titrasyonunu gerektirdiği durumlarda olabileceği gibi makul örnek büyüklüğü ‘bir’ olabilir.

Master örneklerinin veya referans değerinin alınma süresinde sonuçlara eğilim dahil olmadığının garanti edilmesi için bir ölçüm sisteminin kontrol çizelgesinin tasarımına da dikkat edilmelidir. Örnek olarak, sadece sabah kalibrasyonu sonrası alınan örnekler ölçüm sisteminin maruz kaldığı alışılmış şartların tümünü temsil edemeyebilir. Herhangi bir kontrol

izelgesinde, kontrol dışılık işaretleri örnek boyutu ve örnek frekansındaki problemler sebebiyle ortaya çıkabilir. Yani kontrol izelgesi tekniklerinin dikkatli planlanması önemlidir.

Bir lm sisteminin stabilite değerini hesaplamaya gerek yoktur. İyileşmeyi ölçmek için bazen indisler kullanılır, fakat bir kontrol izelgesi ile sistemdeki iyileştirme, izelge üzerinde görülebilir. İyileştirmenin bir şekli bir prosten özel sebeplerin giderilmesi olabilir ve bununla stabil bir ölçüm prosesi sağlanabilir. Daha fazla iyileştirmeye kontrol limitlerinin genişliğinde azaltmaya gidilerek ulaşılabilir. Bu, sistemin ortak sebep sapmasının azaltıldığına işaret eder. Kontrol izelgesi yapısının daha iyi anlaşılması için istatistiksel proses kontrol teorisi eğitimi ve uygulama faydalı olacaktır.

7.5.2 Eğilim

İşlem aralığında spesifik bir lokasyonda, ölçüm sisteminin eğilimini belirlemek için, bir parçanın kabul edilmiş referans değerini elde etmek gerekir. Bu genellikle takım odası (tool room) veya yerleşim denetleme ekipmanları ile yapılır. Bu okumalardan elde edilen referans değerleri daha sonra lm R&R çalışmalarında, ölçümü yapan kişilerin gözlemlediği ortalamalarla ($\bar{X}_A$, $\bar{X}_B$, $\bar{X}_C$ olarak tanımlanmıştır) karşılaştırılır.

Eğer bütün örnek parçaları bu yöntemle lmlendirmek mümkün değilse, aşağıdaki alternatif metod kullanılabilir:

- 1) rnek parçalardan bir tanesini takım odasında veya yerleşim denetleme ekipmanları ile hassas olarak ln;
- 2) Belirlenmiş olan ölçüm cihazını kullanarak, ölçümcünün aynı parçayı en az 10 kez ölçmesini sağlayın;
- 3) Okumaların ortalamalarını hesaplayın. Referans değeri ve hesaplanan ortalamanın farkı ölçüm sisteminin eğilimini gösterir. (Doğrusallıkla ilgili bölüme bakınız.)

Eğer bir endeks isteniyorsa, eğilimi, proses varyansına (veya tolerans) bölüp 100'le çarparak proses varyansı(veya tolerans) yüzdesine çevirebilirsiniz.

Eğer eğilim göreceli olarak fazlaysa, aşağıdaki olası nedenleri araştırın:

- 1) Mastarda hata.
- 2) Aşınmış elemanlar
- 3) Aletlerin yanlış ölçü birimlerine ayarlanması.
- 4) Aletlerin yanlış özellikleri lmesi.

- 5) Aletlerin doğru kalibre edilmemesi.
- 6) Ölçümü yapan kişinin aletleri yanlış kullanması.

7.5.2.1 Eğilim Örneği

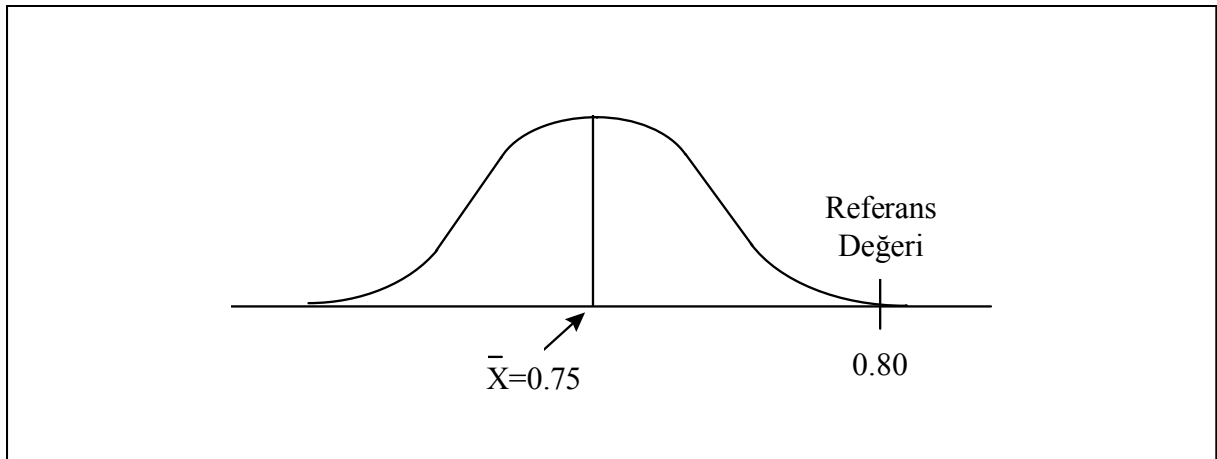
Eğilim, referans değeri ve gözlemlenen ölçüm ortalaması arasındaki farkla belirlenir. Bunu yapmak için, bir parça örneği, ölçüm yapanlardan biri tarafından on kez ölçüldü. On adet ölçüm değeri aşağıda sıralanmıştır. Yerleşim denetim ekipmanları tarafından belirlenen referans değeri 0.80 mm ve parça için proses varyansı 0.70 mm dir.

$X_1 =$	0.75	$X_6 =$	0.80
$X_2 =$	0.75	$X_7 =$	0.75
$X_3 =$	0.80	$X_8 =$	0.75
$X_4 =$	0.80	$X_9 =$	0.75
$X_5 =$	0.65	$X_{10} =$	0.70

Gözlemlenen ortalama, ölçümlerin toplamının ölçüm sayısına(10'a) bölünmesiyle bulunur.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{10} = 7.5/10 = 0.75$$

Şekil 7.9'da görüldüğü gibi eğilim, referans değeri ve gözlemlenen ortalama arasındaki farktır.



Şekil 7.9 Eğilim Örnekleri

$$\text{Eğilim} = \text{Gözlemlenen Ortalama} - \text{Referans Değeri}$$

$$\text{Eğilim} = 0.75 - 0.80 = -0.05$$

Eğilim için proses varyansı yüzdesi şöyle hesaplanır:

$$\%Eğilim = 100 (Eğilim / Proses Varyansı)$$

$$\%Eğilim = 100 (0.05 / 0.70) = \% 7.1$$

Proses varyansının yerini tolerans aldığı durumlarda, eğilim için tolerans yüzdesi aynı şekilde hesaplanır.

Böylece, R&R çalışmasında kullanılacak kalınlık ölçüm cihazının eğilimi -0.05 tir. Bu şu anlama gelir; ortalama üstünde gözlemlenen ölçümler, ortalama değerden 0.05 daha küçük olacaktır ve proses varyansın %7.1’idir.

7.5.3 Tekrarlanabilirlik(EV)

Ölçüm işleminin tekrarlanabilirliği, ölçüm sisteminin değişkenliğinin kendi tutarlılığını işaret eder. Aletin kendisinden kaynaklanan ölçüm farklılıkları ve parçanın alet içindeki pozisyon farklılıkları, genel tekrarlanabilirlik hatalarının sebepleridir. Bu farkların her ikisi de tekrarlanmış ölçümlerin alt grup aralığıyla temsil edildiği için, aralık çizelgesi ölçüm işleminin tutarlılığını gösterecektir. Eğer aralık çizelgesi kontrol dışına çıkmışsa, genellikle ölçüm sisteminin tutarlılığında bir sorun vardır. “Kontrol dışı” olarak belirlenmiş noktalarda tutarsızlığın özel sebepleri araştırılmalı ve düzeltilmelidir.

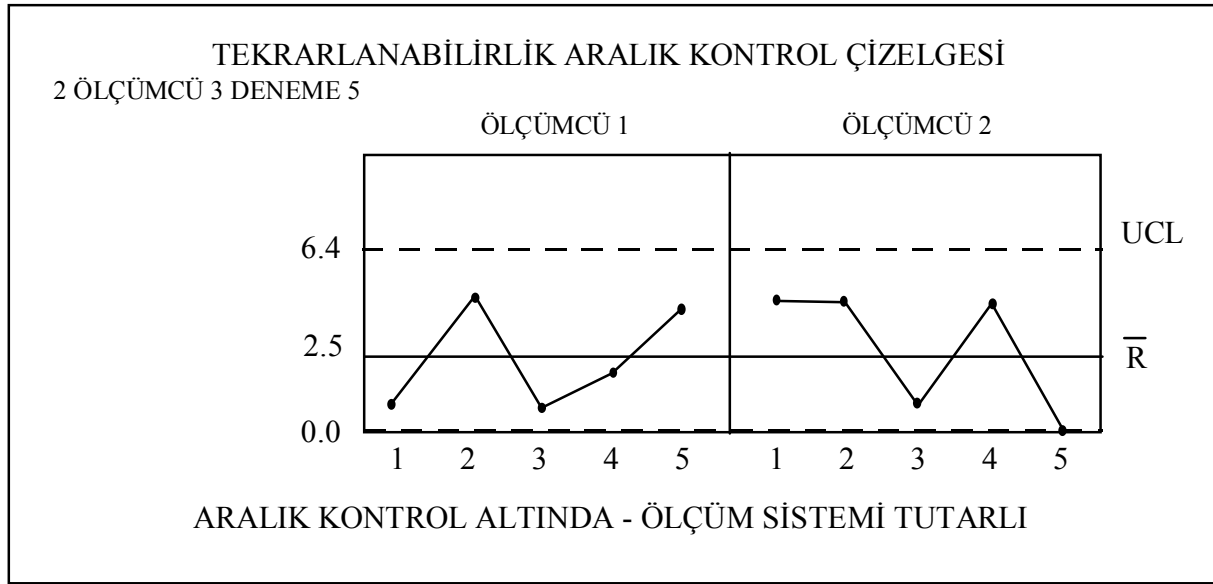
Eğer aralık çizelgesi kontrol altındaysa, çalışmanın süresi boyunca ölçüm işlemi ve ölçüm aleti varyansı tutarlıdır. Tekrarlanabilirlik standart sapması veya ölçüm cihazı varyansı (EV) $\bar{R}/d_2^*$ den tahmin edilebilir, $\bar{R}$ tekrarlanmış ölçümlerin ortalama aralığıdır. Ölçüm aleti varyansı veya tekrarlanabilirlik (tekrarlanmış ölçümler ve ölçümcü sayısı-parça sayısı çarpımının 15’ten büyük olduğu varsayılarak) $5.15(\bar{R}/d_2^*)$ veya $4.56 \bar{R}$ olacaktır ve ölçümlerin normal dağılımının %99’unu temsil eder.

Bir çalışma da, üretim prosesinden beş örnek seçilmiştir. Normal olarak ölçümleri yapan iki ölçümcü çalışmaya katılmıştır. Her parça her ölçümcü tarafından üç kez ölçülmüştür ve ölçümler veri sayfasına kaydedilmiştir.(Çizelge 7.1)

Çizelge 7.1 Veri Sayfası

Ölçümcü 1						Ölçümcü 2						
Parça	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Deneme												
1	217	220	217	214	216	216	216	216	216	220		
2	216	216	216	212	219	219	216	215	212	220		
3	216	218	216	212	220	220	220	216	212	220		
					$\overline{X}$					$\overline{X}$		
Ort.	216.3	218.0	216.3	212.7	218.3	216.3	218.3	217.3	215.7	213.3	220.0	216.9
Aralığı	1.0	4.0	1.0	2.0	4.0	4.0	4.0	1.0	4.0	0.0		

Veriler, her alt grup için ortalama ($\bar{X}$) ve aralık (R) hesaplanarak analiz edilir. Aralık değerleri, aralık kontrol çizelgesi üzerinde işaretlenir (Şekil 7.7) ve ortalama aralığı ($\bar{R}$) hesaplanır. Deneme sayısı (3) için D_3 ve D_4 faktörleri (Çizelge 7.3), aralık çizelgesinin kontrol limitlerini hesaplamak için kullanılır. Limitler, bütün değerlerin kontrol altında olup olmadığını anlamak için çizilir. Yukarıdaki gibi bütün aralıklar kontrol altındaysa, ölçümcülerin hepsi “aynı” görünür. Eğer ölçümcülerden birisi kontrol dışıysa, onun metodu diğerlerinden farklıdır. Eğer bütün, ölçümcülerin kontrol dışı aralıkları varsa, ölçüm sistemi ölçümcülerin tekniğine göre hassastır ve yararlı veri toplamak için geliştirilmelidir.



Şekil 7.10 Tekrarlanabilirlik Aralık Kontrol Çizelgesi

R çizelgesi limitleri: $\bar{R} = 25/10 = 2.5$

$$D_3 = 0.000$$

$$D_4 = 2.575 \text{ (Çizelge 7.3'e bakınız)}$$

$$UCL_R = \bar{R} \times D_4$$

$$LCR_R = \bar{R} \times D_3$$

$$= 2.5 \times 2.575$$

$$= 0.0$$

$$= 6.4$$

Tahmin edilen tekrarlanabilirlik veya ölçüm cihazı standard sapması

$$\sigma_e = \bar{R} / d_2^* = 2.5 / 1.72 = 1.45,$$

d_2^* , Çizelge 7.2'den elde edilir ve deneme sayısına($m=3$) ve parça sayısı-ölçümcü sayısı çarpımına ($g=5 \times 2=10$) bağlıdır.

Bu çalışmada tekrarlanabilirlik, $5.15\sigma_e = 5.15 \times 1.45 = 7.5$ olarak hesaplanmıştır. 5.15, normal bir dağılımda ölçümlerin %99'unu temsil eder.

Çizelge 7.2 Ortalama Aralığının Dağılımı için d_2^* Değerleri.

($g > 15$ için d_2^* değerleri)

		m													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
g	1	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18	3.27	3.35	3.42	3.49	3.55
	2	1.28	1.81	2.15	2.40	2.60	2.77	2.91	3.02	3.13	3.22	3.30	3.38	3.45	3.51
	3	1.23	1.77	2.12	2.38	2.58	2.75	2.89	3.01	3.11	3.21	3.29	3.37	3.43	3.50
	4	1.21	1.75	2.11	2.37	2.57	2.74	2.88	3.00	3.10	3.20	3.28	3.36	3.43	3.49
	5	1.19	1.74	2.10	2.36	2.56	2.73	2.87	2.99	3.10	3.19	3.28	3.35	3.42	3.49
	6	1.18	1.73	2.09	2.35	2.56	2.73	2.87	2.99	3.10	3.19	3.27	3.35	3.42	3.49
	7	1.17	1.73	2.09	2.35	2.55	2.72	2.87	2.99	3.10	3.19	3.27	3.35	3.42	3.48
	8	1.17	1.72	2.08	2.35	2.55	2.72	2.87	2.98	3.09	3.19	3.27	3.35	3.42	3.48
	9	1.16	1.72	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.35	3.42	3.48
	10	1.16	1.72	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.42	3.48
	11	1.16	1.71	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	12	1.15	1.71	2.07	2.34	2.55	2.72	2.85	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	13	1.15	1.71	2.07	2.34	2.55	2.71	2.85	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	14	1.15	1.71	2.07	2.34	2.54	2.71	2.85	2.98	3.08	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	15	1.15	1.71	2.07	2.34	2.54	2.71	2.85	2.98	3.08	3.18	3.26	3.34	3.41	3.48
>15	1.128	2.059		2.534		2.847		3.078		3.258		3.407			
		1.693	2.326		2.704		2.970		3.173		3.336		3.472		

Çizelge 7.3 Kontrol Çizelgesi Sabitleri

Altgruptaki			
Gözlemlerin			
Sayısı	A ₂	D ₃	D ₄
2	1.880	0.000	3.267.
3	1.023	0.000	2.575
4	0.729	0.000	2.282
5	0.577	0.000	2:115
6	0.483	0.000	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777
11	0.286	0.256	1.744
12	0.266	0.284	1.716
13	0.249	0:308	1.692
14	0.235	0.329	1.671
15	0.223	0.348	1.652

7.5.4 Tekrar Yapılabilirlik (AV)

Ölçüm işleminin tekrar yapılabilirliği, ölçüm yapan kişilerin değişkenliğinin tutarlılığını gösterir. Ölçüm yapan kişinin değişkenliği, her ölçümcüye mal edilebilecek artan eğilimi gösterir. Eğer bu eğilim veya ölçümcü değişkenliği mevcutsa, ölçümcülerin bireysel toplam

ortalaması farklı olacaktır. Bu, her parça için ölçümcü ortalamaları karşılaştırılarak ortalama kontrol çizelgesinden izlenebilir.

Ölçümcü varyansı veya tekrar yapılabilirliği, her ölçümcü için toplam ortalama belirlenerek ve daha sonra en büyük ölçümcü ortalamasından en küçük ortalama çıkartılıp aralık (R_0) bulunarak kestirilebilir. Tekrar yapılabilirlik için standart sapma(σ_0), R_0 / d_2^* 'den kestirilebilir. Tekrar yapılabilirlik(iki ölçümcü varsayılarak) $5.15 R_0 / d_2^*$ veya $3.65 R_0$ olacaktır ve normal dağılım için ölçümlerin %99'unu temsil eder.

7.5.5 Parça Parçaya Varyansı

Parça-parçaya varyansı ortalama kontrol çizelgesinde görülebilir. Her ölçümcü için, alt grup ortalamaları parça-parçaya farklarını yansıtır. Parça ortalamaları için kontrol limitleri, parça-parçaya varyansları yerine tekrar yapılabilirlik hatalarına dayandırıldığı için, birçok altgrup ortalamaları bu limitlerin dışındadır. Eğer altgrup ortalamalarından hiçbirisi bu limitler dışında değilse, parça-parçaya varyansı tekrar yapılabilirlik değeri içinde saklıdır, ve ölçüm varyansı proses varyansına baskındır. Eğer bu parçalar beklenen proses varyanslarını temsil etmesi için seçilmişse, ölçüm sistemi prosesi analiz etme amacı için kabul edilemez.

Tam tersine, ortalamalar ne kadar çok limitlerin dışına düşerse ve ölçümcüler parçaların hangilerinin toplam ortalamadan farklı olduğunda hemfikir olduğu sürece, ölçümler daha yararlı olacaktır. Eğer parça ortalamalarının büyük bir kısmı limitlerin dışına taşarsa ve ölçümcüler hangi parçaların limitler dışına düştüğünde hemfikirlerse, ölçüm sistemi genellikle yeterli görülür. Böylece, $\bar{X}$ çizelgesi, ölçüm sisteminin rölatif olarak parça ölçmeye yeterlilik derecesini gösterir. Bazı durumlarda, bu hesaplama ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığını görmek için yeterlidir.

Ölçüm sistemi bir kez yeterliyse(aralık çizelgesi kontrol altında) ve parça-parçaya varyansı belirlenebiliyorsa(ortalama çizelgesinde noktaların büyük kısmı kontrol limitlerinin dışında), ölçüm sistemi tarafından tüketilen proses varyansı yüzdesi belirlenebilir. Ölçüm sistemi standart sapması(σ_m) aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\sigma_m = \sqrt{(\sigma_e^2 + \sigma_0^2)} \quad (7.1)$$

σ_e , ölçüm aleti standart sapması ve σ_0 , ölçümcü standart sapmasıdır.

Parça-parçaya standart sapması, ölçüm sistemi çalışması verilerinden veya bağımsız bir işlem kapasitesi çalışmasından saptanabilir. Eğer ölçüm sistemi çalışması kullanılmışsa, parça

standart sapması (σ_p), her parçanın ortalaması hesaplanarak ve daha sonra örnek ortalamalarının aralığı(R_p) bulunarak kestirilebilir. Parça-parçaya standart sapması $\sigma_p, \frac{R_p}{d_2^*}$ değerinden bulunabilir. Parça-parçaya varyansı(beş parça kabul edilerek), $5.15 \frac{R_p}{d_2^*}$ veya $2.08 R_p$ olacaktır ve normal dağılım için ölçümlerin %99'unu temsil edecektir. Ölçüm sistemiyle ilgili, tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik proses varyansı yüzdesi, genellikle %R&R olarak isimlendirilir, $\left[\frac{\sigma_m}{\sigma_t} \right] \times 100$ 'le bulunur. σ_t , toplam proses varyansı standart sapmasıdır. σ_t , çalışma varyansı standart sapması olarak bilinen ölçüm çalışmasından hesaplanır ve değeri

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_p^2 + \sigma_m^2)} \text{ dir.} \quad (7.2)$$

Eğer σ_t , bağımsız işlem kapasitesi çalışmasından elde ediliyorsa, proses standart sapmasının kendisi %R&R'ı belirlemek için kullanılır. Ayrıca σ_p de aşağıdaki formülle işlem kapasitesi çalışmasından elde edilebilir.

$$\sigma_p = \sqrt{(\sigma_t^2 - \sigma_m^2)} \quad (7.3)$$

Ölçüm sistemiyle ilgili, tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik tolerans yüzdesi

$$5.15 \times \left[\frac{\sigma_m}{\text{Tolerans}} \right] \times 100 \text{ olarak belirlenir.}$$

Verilerden (Şekil 7.7) sağlam olarak elde edilebilecek ürün boyutlarının veya veri kategorileri farklı seviyeleri sayısı (ndc), formdaki değerler kullanılarak $\left[\frac{\sigma_p}{\sigma_m} \right] \times 1.41$ formülünden veya $1.41(PV/R\&R)$ 'den elde edilebilir.

Eğer veri kategorilerinin sayısı ikiden küçükse, ölçüm sisteminin, prosesi kontrol etmede hiç bir değeri yoktur. Bu tamamıyla kuru gürültüdür ve bir parçanın diğerinden farklı olduğu söylenemez.

Eğer veri kategorileri sayısı iki ise, bu verilerin yüksek ve düşük gruplara ayrılabilir anlamına gelir, ama bu sadece nitelik verisi anlamına gelir.

Ölçüm sisteminin prosesi analizinde yeterli olabilmesi için, kategori sayısının beş ve tercihen daha fazla olması gerekir.

Bundan dolayı, tolerans yüzdesi, proses varyansı yüzdesi, ve farklı veri kategorileri sayısı, ölçüm sisteminin kabul edilebilirliğinin hesaplanmasında farklı ölçütlerdir.

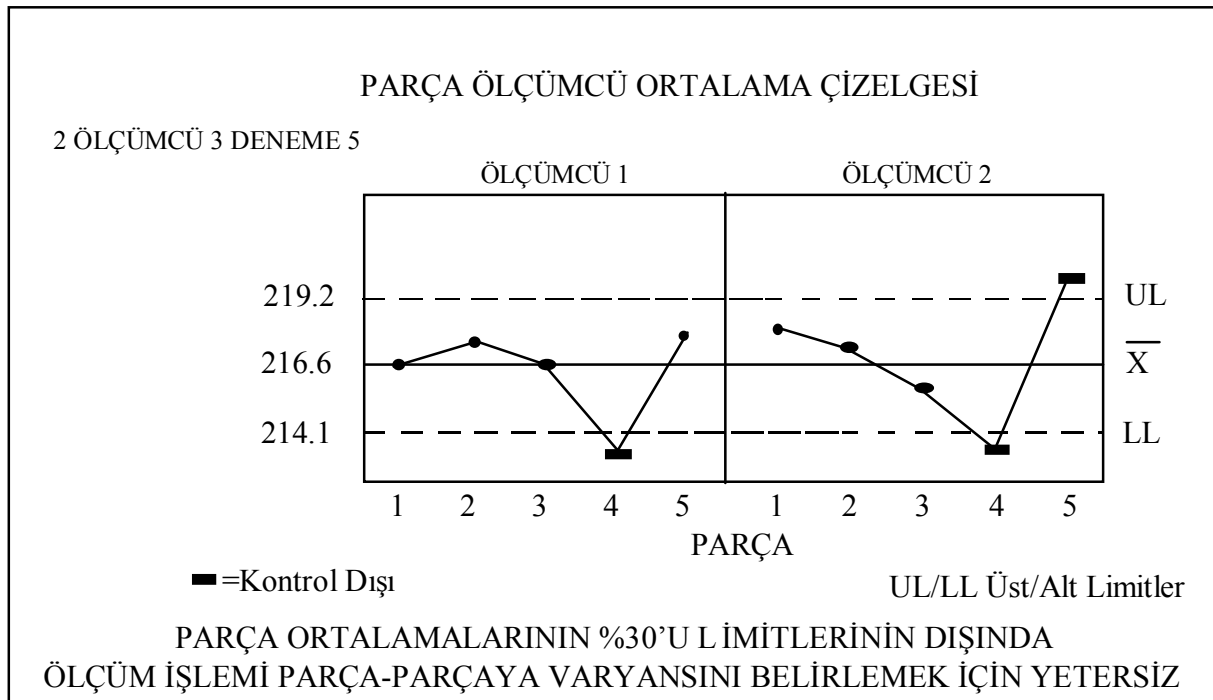
Örnek olarak,

Tablo 7.1’de görülen verilerden, aynı parça numaralarıyla, her ölçümcü için altgrup ortalamaları ($\bar{X}$), ortalama çizelgesine(Şekil 7.11’e bakınız) işaretlenmiştir. Ortalama değerleri, hem parça varyanslarını, hem de ölçüm varyanslarını temsil eder.

Büyük ortalama $\bar{X} = \frac{433.2}{2} = 216.6$. Bu çizelge için kontrol limitleri şöyle hesaplanır:

$$\begin{aligned} UCL_X &= \bar{X} + A_2 \bar{R} & LCL_X &= \bar{X} - A_2 \bar{R} & (7.5-7.6) \\ &= 216.6 + 1.023 \times 2.5 & &= 216.6 - 1.023 \times 2.5 \\ &= 219.2 & &= 214.1 \end{aligned}$$

(A_2), faktörü, Deneme sayısı(3) için (Çizelge 7.3’ten) 1.023’e eşittir.



Şekil 7.11 Parça Ölçümcü Ortalama Çizelgesi

Ortalamaların %30’u veya yarıdan azı limitlerin dışında olduğu için, bu örnek ölçüm sistemi, parça-parçaya varyansını bulmak için yetersizdir.

NOT: Bu analizde, çalışmada kullanılan parçaların toplam proses varyansını yansıttığı kabul edilmiştir. Eğer bütün parçalar benzerse(örneğin, proses ortalaması civarında kümelenmişse), %50 kuralı geçerli olmayacaktır.

Ölçüm sistemi standart sapması (σ_m)

$$\begin{aligned} &= \sqrt{[\sigma_e^2 + \sigma_0^2]} \\ &= \sqrt{[1.45^2 + 0.19^2]} \\ &= 1.47 \end{aligned}$$

Ölçüm sistemi veya ölçüm aleti R&R $= 5.15 \sigma_m$

$$= 5.15 \times 1.47$$

$$= 7.6$$

$5.15 \sigma_m$, normal dağılım için ölçümlerin %99'unu içerir.

Çizelge 7.1'deki parça varyansını hesaplamak için, her parça için bütün ölçümcülerin elde ettiği değerlerin ortalaması alınarak, her örnek parçanın ortalaması bulunur. Bu örnekte, parça ortalamaları, 1'den 5'e kadar, 217.3, 217.7, 216.0, 213.0, ve 219.2'dir. Örnek ortalamalarından, en büyükten(219.2) en küçük(213.0) çıkartılarak, parça ortalamalarının aralığı (R_p) hesaplanır, böylece $R_p=6.2$ bulunur. Parça-parçaya standart sapması (σ_p)

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{R_p}{d_2^*} \\ &= 6.2 / 2.48 \\ &= 2.50 \end{aligned} \tag{7.7}$$

d_2^* , Çizelge 7.2'de verilmiştir ve parça sayısına($m=5$), ve g 'ye, sadece bir aralık hesaplandığı için $g=1$, bağlıdır.

Normal eğrinin altında kalan alanın %99 yayılımıyla parça-parçaya varyansı

$$PV = 5.15 \times 2.50 = 12.8.$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam proses varyansı standart sapması, } \sigma_t &= \sqrt{[\sigma_p^2 + \sigma_m^2]} \\ &= \sqrt{[2.50^2 + 1.47^2]} \end{aligned}$$

$$= 2.90$$

$$\text{Toplam proses varyansı} = TV = 5.15 \times 2.90 = 14.9$$

$$\begin{aligned} \text{R\&R yüzdesi} = \%R\&R &= \left[\frac{\sigma_m}{\sigma_t} \right] 100 = (R\&R / TV) \times 100 \\ &= (7.6 / 14.9) 100 \\ &= \%50.7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Farklı veri kategorisi sayısı} &= (PV / R\&R) \times 1.41 \\ &= (12.8 / 7.6) \times 1.41 \\ &= 2 \end{aligned}$$

Çalışmanın verileri gösteriyor ki ölçüm sistemi işlemin analizi için yeterli değil ama işlemin kontrolü için uygun olabilir.

7.5.6 Doğrusallık

Doğrusallık, ölçüm cihazının çalışma aralığının başından sonuna kadar parçalar seçilerek belirlenebilir. Seçilen parçaların her birinin eğilimi referans değeri ve gözlemlenen ortalama ölçümün farkı alınarak belirlenir. Parçaların, eğilim ortalamalarına karşılık referans değerleri-proses varyansı (veya tolerans) çarpımının çizelgesinin hazırlanmasıyla elde edilen doğrunun, bu regresyon doğrusudur, eğimi ölçüm aletinin doğrusallığını gösteren endekstir. Ölçüm aletinin doğrusallığını proses varyansı(veya tolerans) yüzdesine çevirmek için yüzle çarpıp proses varyansına (veya toleransa) bölmek gerekir. Kararlılık için tavsiye edilen analiz grafikselidir.

7.6 Tekrarlanabilirliği ve Tekrar Yapılabilirliği Belirlemek İçin Anahatlar

Değişken ölçüm cihazı çalışması, birçok sayıda değişik teknikler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu kısımda bu tekniklerden en geçerli olan iki tanesi detaylı olarak anlatılacaktır. Bunlar, Aralık metodu, Ortalama ve Aralık metodudur. Daha önce vurgulandığı gibi, bütün metodlar parça-içi farklılıkları (yuvarlaklığın tutmaması, çapın gittikçe azalması, düzlüğün tutmaması, vb) analizlerde göz ardı eder.

Şunu tekrar vurgulamak gerekir ki, bütün ölçüm sistemi sadece ölçüm cihazını ve onun doğruluğunu, tekrarlanabilirliğini, vb. içermemekte, aynı zamanda diğer şeylerin arasında, kontrol edilen parçanın varyansını da içermektedir. Eğer özel amaçlı bir nedeni yoksa, parça-

içi farklılıkların çalışmanın dışına çıkarılmasına genellikle engel olmak gerekir çünkü bu farklılık parçanın uyumunu ve fonksiyonunu etkileyebilir. Parçadaki farklılıkların nasıl ele alınacağını belirlenmesi, parçanın kullanım amacı ve ölçüm amacının mantık çizgisine oturtulmalıdır.

7.6.1 Aralık Metodu

Aralık metodu, ölçüm varyansını hızlı bir şekilde tahmin etmeyi sağlayan uyarlanmış bir değişken ölçüm aleti çalışmasıdır. Bu yöntem sadece, ölçüm sisteminin genel bir resmini çıkartmamızı sağlar. Varyans, tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik şeklinde ayrıştırılmaz.

Aralık metodu çalışmasında basit olarak iki ölçümcü ve beş parça kullanır. Bu çalışmada, her iki ölçümcü her parçayı birer kere ölçer. Her parçanın aralığı, Ölçümcü A ve Ölçümcü B'nin elde ettikleri değerlerin mutlak farkıdır. Aralıkların toplamından ortalama aralık ($\bar{R}$) değeri bulunur. Toplam ölçüm varyansı, ortalama aralık değeri, $5.15 / d_2^*$ ile çarpılarak hesaplanır. (d_2^* , $m=2$ ve g =parça sayısı için Çizelge 7.2'den bulunur.) İlgilenilen diğer bir konu, proses varyansının(veya tolerans) yüzde kaçını ölçüm varyansının oluşturduğudur. (R&R'yi yüzdeye çevirmek için 100'le çarpılıp proses varyansına(veya tolerans) bölünür.) Aşağıdaki örnekte,

bu karakter için proses varyansı 0.4'tür, böylece, $\%R\&R=100 \left[\frac{R\&R}{Proses \cdot Varyansı} \right]$ veya %75.5. (Çizelge 7.4)

Çizelge 7.4 Ölçüm Cihazı Çalışması(Aralık Metodu)

Parça	Ölçümcü A	Ölçümcü B	Aralık (A-B)
1	0.85	0.80	0.05
2	0.75	0.70	0.05
3	1.00	0.95	0.05
4	0.45	0.55	0.10
5	0.50	0.60	0.10

$$\text{Ortalama Aralığı } (\bar{R}) = \sum \frac{R_i}{5} = 0.35/5 = 0.07$$

$$\text{GR\&R} = 5.15(\bar{R})/d_2^* = 5.15(\bar{R})/1.19 = 5.15(0.07)/1.19 = 0.303$$

$$\text{Proses Varyansı} = 0.40$$

$$\% \text{GR\&R} = 100(\text{GR\&R}/\text{Proses Varyansı}) = 100(0.303/0.40) = \%75.5$$

Ölçüm sisteminin %R&R'ı belirlenmiştir ve sonuçların bir değerlendirmesini yapmak gerekir. Çizelge 7.4'de, %R&R, %75.5 olarak belirlenmiştir ve sonuç olarak ölçüm sisteminin geliştirilmesi gerektiğini çıkartabiliriz.

Diğer bir yöntem, ölçüm sistemlerinin daha kapsamlı analizi için Aralık metodunun geliştirilmesi, Ortalama ve Aralık metodudur.

7.6.2 Ortalama ve Aralık Metodu

Ortalama ve Aralık metodu ($\bar{X}$ & R), bir ölçüm sistemi için tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik değerlerini tahmin etmemizi sağlayan matematiksel bir metottur. Aralık metodundan farklı olarak, bu metod, ölçüm sisteminin tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik şeklinde iki ayrı bileşene ayrışmasını sağlar, fakat birbirleriyle olan etkileşimlerini vermez.

Örneğin, eğer tekrarlanabilirlik, tekrar yapılabilirliğe göre büyükse, nedenleri:

- 1) Cihazların bakıma ihtiyacı vardır.
- 2) Ölçüm aletleri, daha sağlam olması için yeniden tasarlanmalıdır.
- 3) Ölçüm için gereken mengene ve lokasyon geliştirilmelidir.
- 4) Çok fazla, parça-içi farklılık vardır.

Eğer tekrar yapılabilirlik, tekrarlanabilirliğe göre daha büyükse, nedenleri:

- 1) Ölçümcü, ölçüm aletini kullanma ve okuma konularında daha iyi eğitilmelidir
- 2) Ölçüm aleti kadranındaki kalibrasyon net değildir.
- 3) Ölçümcünün, ölçüm aletini sürekli olarak kullanmasına yardımcı olması için bazı sabit tezgâhlara ihtiyaç duyulabilir.

Bilgisayar kullanmanın mümkün olmadığı durumlarda, $\bar{X}$ & R metodun kullanılması tavsiye edilir. Burada 3 farklı ölçümcünün rastgele seçilmiş 10 parçayı 3'er kere ölçmeleri sağlanarak elde edilen veriler kaydedilir.

7.6.3 Sonuçların Analizi

Bir ölçüm sisteminin analizinin esas amacı bütün sistemi anlamak olduğu için, grafiksel araçların kullanılması çok önemlidir. Bu araçlar, varyans modelini ve karşılıklı ilişkilerini anlamamızı sağlar. Hangi grafiksel araçların kullanılacağı, veri toplamak için uygulanacak olan deneyin niteliğine bağlıdır.

Ölçüm sistemi analizinde elde edilen veriler, grafiksel olarak kontrol çizelgelerinde gösterilebilir. Ölçüm sistemlerini ilgilendiren soruların, kontrol çizelgeleri kullanılarak çözülmesi fikri Western Elektrik Şirketi tarafından kullanılmıştır. Aralık kontrol çizelgesi, işlemin kontrol altında olup olmadığına karar vermek için kullanılır. Bunun nedeni, ölçüm hataları ne kadar büyük olursa olsun, kontrol limitleri bu hataya izin verecektir. Bu nedenle, ölçüm çalışmasının yararlı olabilmesi için, çalışmadan önce özel sebepler tespit edilmeli ve ortadan kaldırılmalıdır. Kontrol çizelgelerini kullanırken izlenecek yol şöyledir:

- 1) Aralık çizelgesine, her ölçümcü/parça kombinasyonu için aralık değerlerini işaretleyin. Aynı işlemi ortalamalar için ortalama çizelgesine uygulayın. (Şekil 7.7 ve 7.8'e başvurun)
- 2) Standart kontrol limitlerini hesaplayın ve işaretleyin.
- 3) Çizelgeleri değerlendirme:
 - (a) Aralık çizelgesi kontrol altında mı, belirleyin.(Şekil 7.7'ye bakın) Eğer bütün aralıklar kontrol altındaysa, ölçümcüler tutarlıdır. 3(b) basamağına atlayın. Eğer değilse, sebebi ölçümcü teknikleri, yerleştirme hatası veya ölçüm cihazı tutarsızlığı olabilir. 3(b) ye atlamadan önce bu özel sebepler düzeltilmeli ve aralık çizelgesi kontrol altına alınmalıdır.
 - (b) Ortalamalar kontrol limitleri dışında mı, kontrol edin.(Şekil 7.8'e bakın) Kontrol limitleri arasında kalan alan, ölçüm hatalarını temsil eder. Eğer ortalamaların yarısı veya daha fazlası limitlerinin dışına düşüyorsa, ölçüm sistemi parça-parçaya farklılıkları tespit etmek için yeterlidir ve ölçüm sistemi işlemi kontrol etmek için yararlı veriler sağlayabilir. Ortalamaların yarısından azı kontrol limitlerinin dışına

düşüyorsa, ölçüm sistemi parça-parçaya farklılıklarını tespit edemez ve işlemi kontrol etmek için kullanılamaz anlamına gelir.

7.6.4 Aralık Çizelgesi

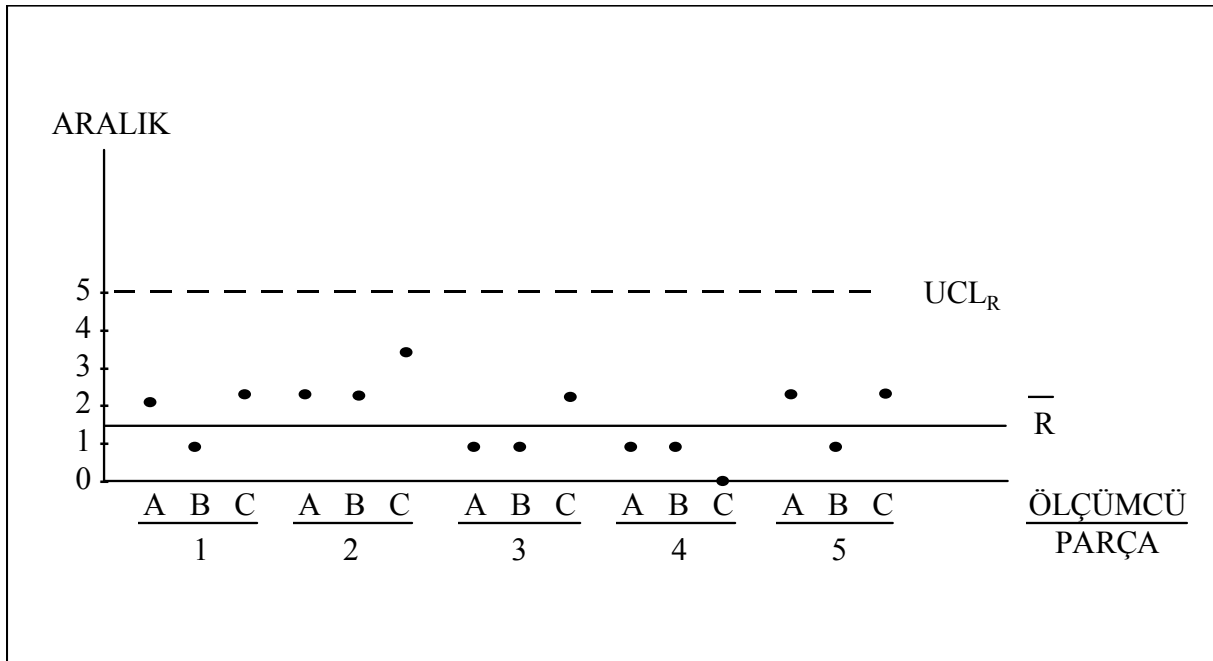
Her ölçümcünün, her parça üstündeki çoklu okumalarının aralıklarını, ortalama aralıklarını ve kontrol limit(ler)ini içeren standart Aralık Çizelgesine işaretlenmiştir. Veriler, parçaya göre (Şekil 7.9) veya ölçümcüye göre (Şekil 7.10) gruplanabilir.

NOT:

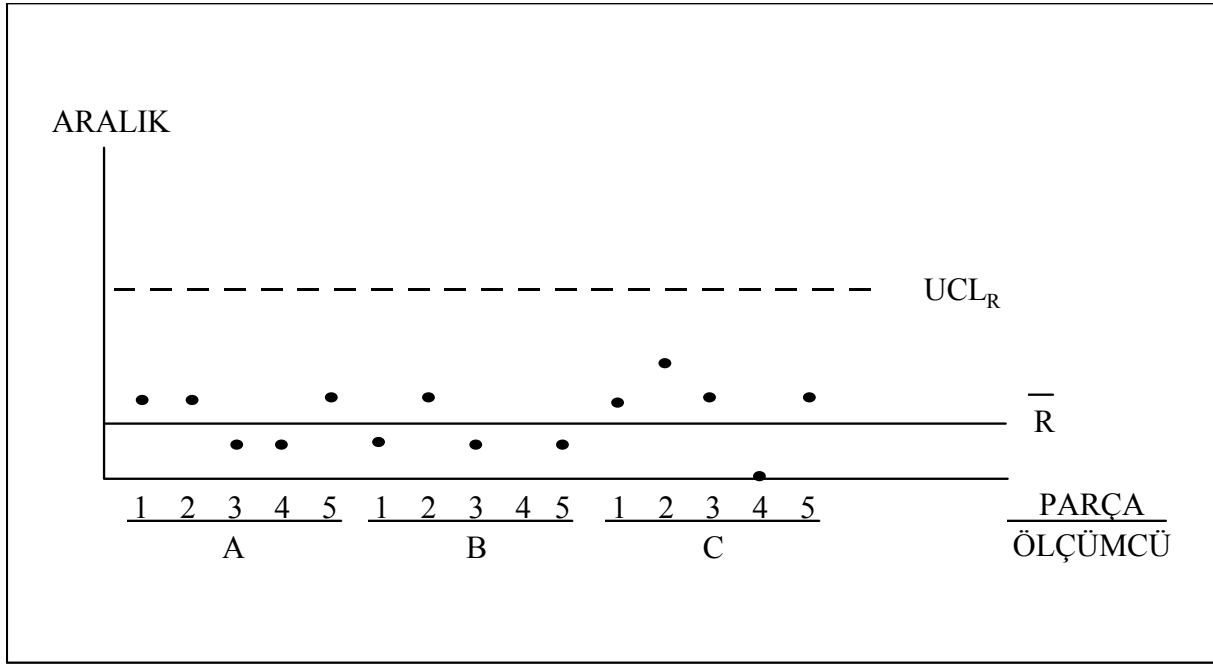
- 1) Her iki çizelge de verileri, ölçümcüye veya parçaya göre düzenlenmiş şekilde göstermelidir.
- 2) Aralıklar, sıralı veri olmadıkları için, çizgilerle birleştirilmemelidir.
- 3) Stabilitate şunlardan belirlenir; kontrol limitlerinin dışında bir nokta(lar);

Aralık çizelgesi şunların belirlenmesinde yol gösterebilir:

- Tekrarlanabilirliğe göre istatistiksel kontrol
- Her parça için ölçüm işleminin, ölçümcüler arasında tutarlılığı



Şekil 7.12 Aralık Çizelgesi



Şekil 7.13 Aralık Çizelgesi

7.6.5 Hata Çizelgeleri

Ölçüm sistemleri analizinden elde edilen veri, kabul edilen referans değerlerden parçaların sapmalarını gösteren “Hata Çizelgeleri” kullanılarak analiz edilebilir. Her parça için sapmalar veya hatalar ölçülen verilerin referans değerlerinin olup olmamasına bağlı olarak şöyle hesaplanır:

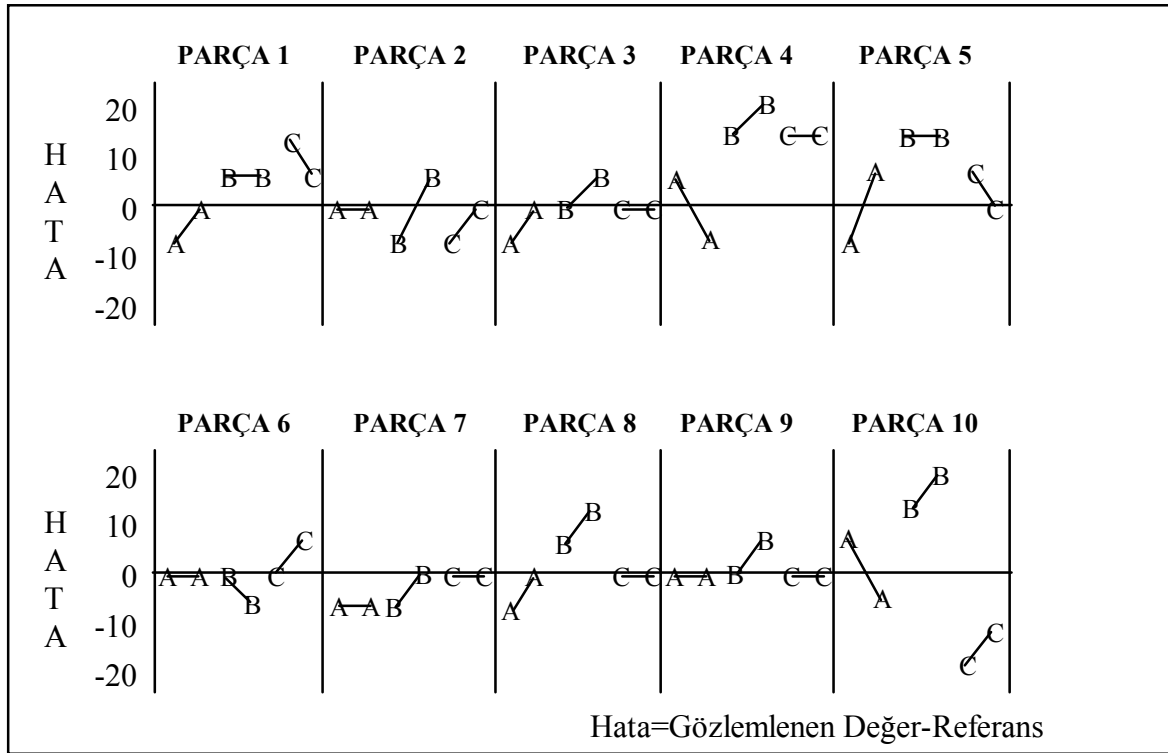
$$\text{Hata} = \text{Gözlemlenen Değer} - \text{Referans Değeri}$$

veya

$$\text{Hata} = \text{Gözlemlenen Değer} - \text{Parçanın Ölçüm Ortalaması}$$

Varyansların açık sebeplerini görebilmek için, sapmaların sistematik bir şekilde ekrana yansıtılması diğer istatistiksel analizlerin hepsinden daha önde gelmelidir. İşaretlenen verilerin analizinden çeşitli çıkarımlar yapılabilir. Örneğin, Şekil 7.11’den çıkartılabilecek bazı endikasyonlar şunlardır:

- 1) Ölçümcü B’nin ikinci ölçümleri sistematik olarak birinciden daha yüksek.
- 2) Ölçümcü B’nin ortalamaları diğer ölçümcülerin ortalamalarından daha yüksek.
- 3) 10 numaralı parçayı ölçmek sürekli olarak zor - nedeni belirlenmeli.



Şekil 7.14 Hata Çizelgeleri

7.6.6 Ortalama / İşleme Çizelgesi

Her ölçümcünün, her parça üzerinde yaptığı okumaların ortalaması, ölçümcü tarafından parça numarası indeks alınarak çizilir. İşleme Çizelgesi (şekil 7.15),

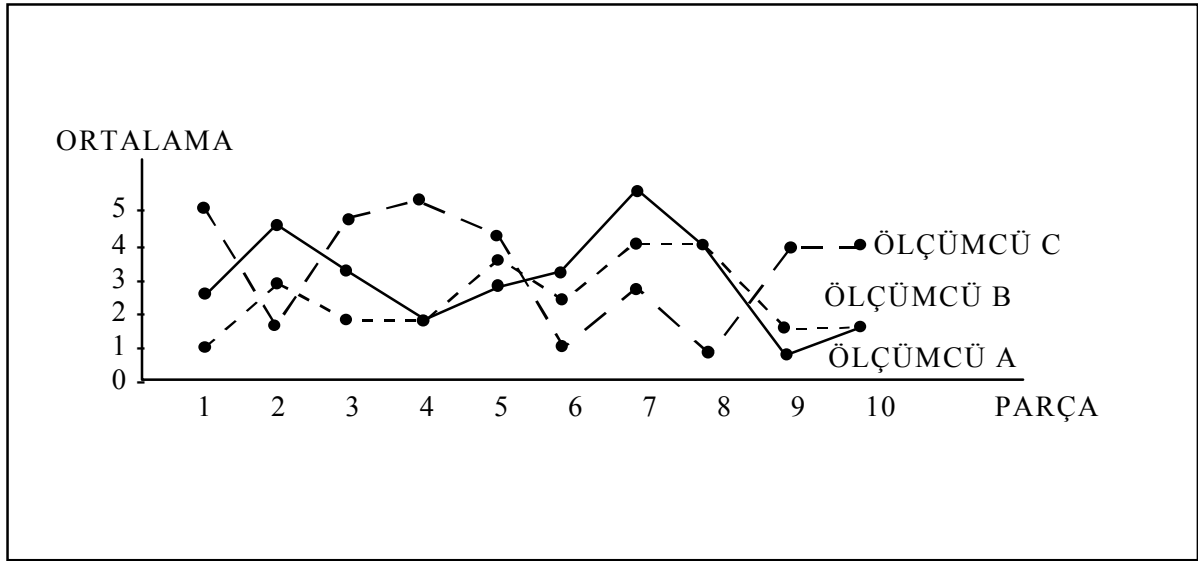
- Ölçümcüler arasındaki tutarlılığı

belirlemede yol gösterir.

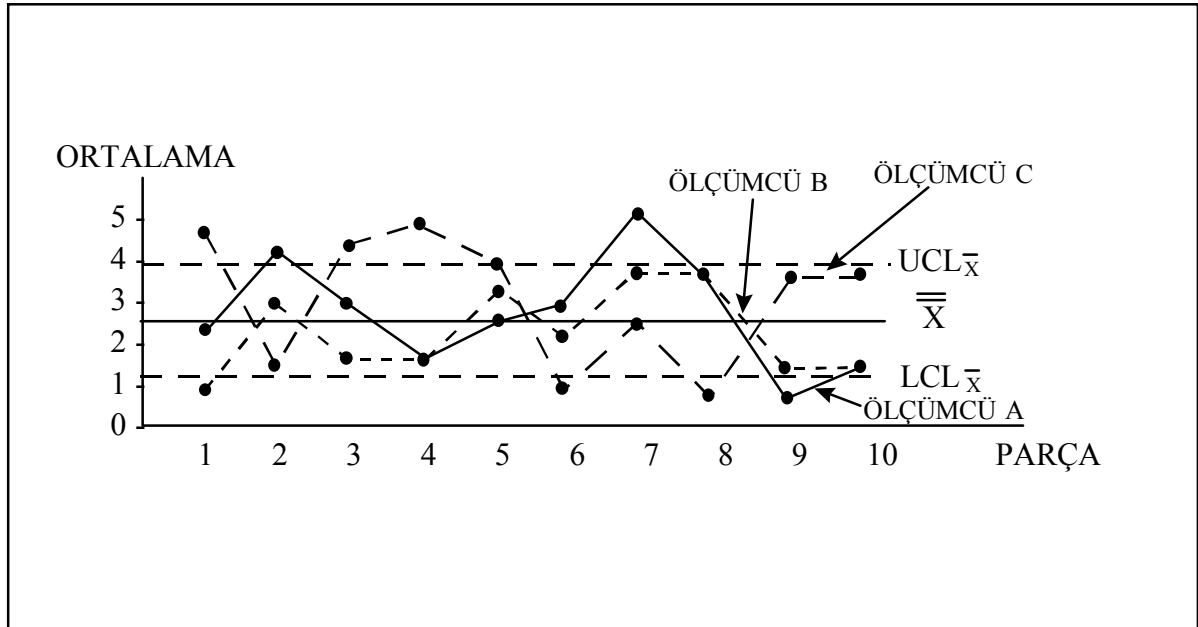
Eğer, ortalama aralıkları kullanılarak, toplam ortalama ve kontrol limitleri belirlenmişse, oluşturulan Ortalama Çizelgesi (Şekil 7.16) şu endikasyonu sağlar:

- Ölçüm sisteminin “kullanılabilirliği”

Kontrol limitlerinin arasında kalan alan ölçüm ayırımını (“parazit”) gösterir. Çalışmada kullanılan parçalar gurubu proses varyansını temsil ettiği için, yaklaşık olarak ortalamaların yarısı veya daha fazlası kontrol limitlerinin dışına düşer. Eğer veri bu şablonu çizirse, ölçüm sistemi parça-parçaya farklılıkları tespit etmek için yeterlidir ve ölçüm sistemi işlemi analiz etmek ve kontrol etmek için yararlı veriler sağlayabilir. Eğer yarıdan azı kontrol limitlerinin dışına düşerse ölçüm sistemi ayırım için yetersizdir veya örnek parça beklenen proses varyansını temsil etmez [32].



Şekil 7.15 İşleme Çizelgesi



Şekil 7.16 Ortalama Çizelgesi

MSA ile ISO/TS 16949:2002 kalite yönetim sisteminin 8. maddesi ele alınmış olmaktadır. Ölçme performansın anahtarıdır, ölçme olmaksızın performansın bilinmesi ve iyileştirme yönünde aksiyonlar alınması söz konusu olmamaktadır [33].

8 PPAP SUNUMU

Bütün bu çalışmalar yapıldıktan sonra PPAP sunumu yapılarak süreç tamamlanır. Sunum dosyası şunları içermektedir;

- ✓ Dizayn kayıtları
- ✓ Mühendislik değişiklik dökümanları (eğer varsa)
- ✓ Dizayn FMEA
- ✓ Proses akış diyagramı
- ✓ Proses FMEA
- ✓ Boyutsal ölçüm sonuçları
- ✓ Malzeme, performans test sonuçları
- ✓ Proses yeterlilikleri
- ✓ MSA (ölçüm sistemleri analizi)
- ✓ Kalifiye laboratuvar dökümantasyonu
- ✓ Kontrol planı
- ✓ Parça sunuş garanti mektubu
- ✓ Görünüş onay raporu (eğer uygulanabiliyorsa)
- ✓ Yığın malzeme istekleri için kontrol listesi
- ✓ Numune ürün
- ✓ Şahit numune
- ✓ Kontrol araçları listesi
- ✓ Müşteri özel isteklerine uygunluk kayıtları

PPAP sunum dosyasında olması gerekenler 5 seviye ile belirlenmiştir. Parça onay prosesinde herhangi başka bir seviye belirtilmediği takdirde imalatçı seviye 3 olarak kabul edilir.

Seviye 1 : Müşteriye sadece Üretim Parçası Garanti Mektubu ve Görünüş Onya raporu gönderilir.

Seviye 2 : Müşteriye Üretim Parçası Garanti mektubu ve numune parça ile sınırlı sayıda doküman/kayıt gönderilir

Seviye 3 : Müşteriye Üretim Parçası Garanti Mektubu ve numune parça ile tüm doküman/kayıtlar gönderilir.

Seviye 4 : Müşteriye Üretim Parçası Garanti Mektubu(numune parça gönderilmez) tüm doküman/kayıtlar gönderilir.

Seviye 5 : Üretim Parçası Garanti Mektubu ve numune parça ile birlikte tüm doküman/kayıtlar imalatçıda incelenir [3].

9 YARDIMCI KALİTE SİSTEMLERİ

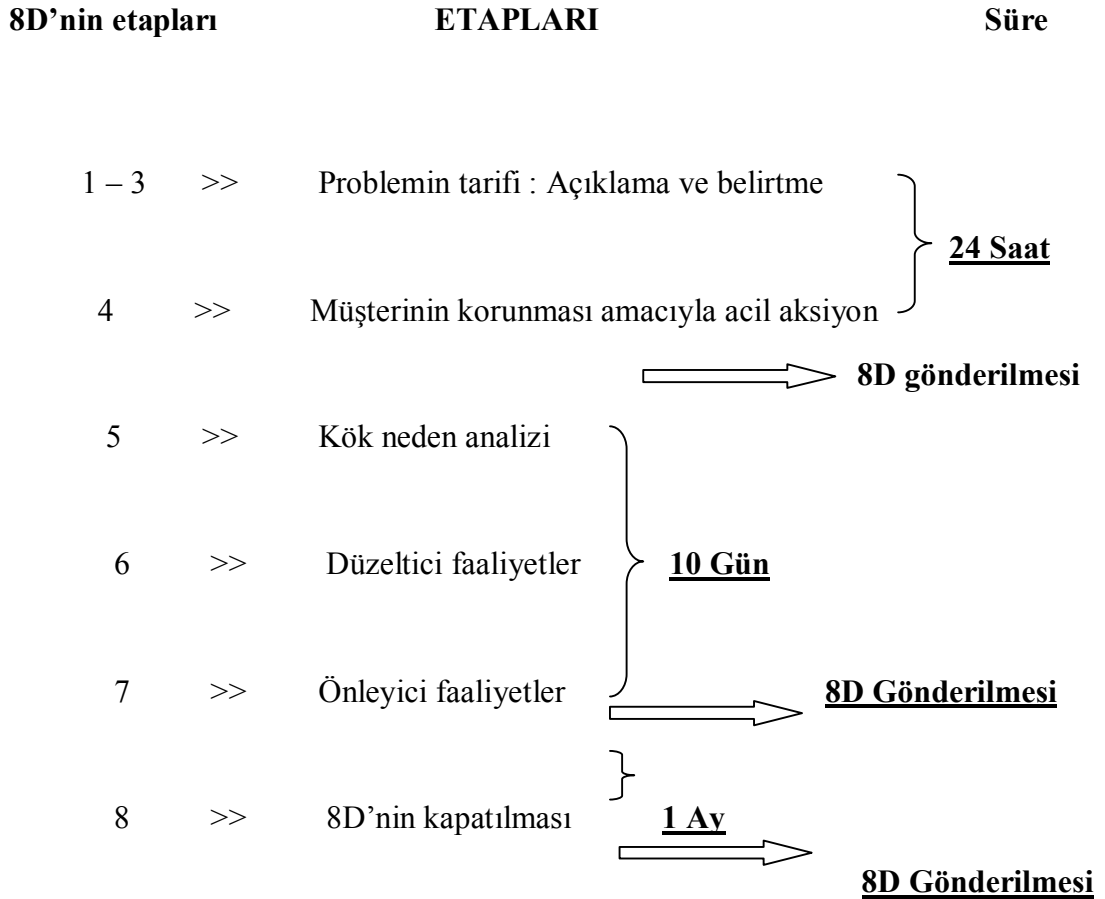
ISO TS 16949/2002 kalite yönetim sistemi uygulanırken yardımcı sistemlerden de faydalanılmaktadır. Bu sayede sistemin sürekli iyileştirilmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması sağlanmaktadır.

9.1 8D

Tüm hata önleyici tedbirlere rağmen hatalı bir ürün elde edildiğinde, hatanın giderilmesi ve tekrarının önlenmesi için çalışma yapılması zorunludur. Bunun için 8D adı verilen bir rapor hazırlanır.

8D Tümdengelim yaklaşımıyla problem çözme yöntemidir. Türkçe’de yapmak anlamına gelen “Do” fiilinden gelmektedir. 8D’nin amacı; kısa ve uzun dönemde Müşteriyi korumak ve Hatanın tekrarını önlemektir. Fabrika veya satış sonrasında ortaya çıkan hataya bağlı olarak imalatçıya yapılan hata bildiriminden sonra imalatçı tarafından uygulanır. 8D bir takım çalışmasıdır.

9.1.1 8D’nin Etapları



ETAP 1 : Sorunun ayrıntıları ele alınır.

- Uygunsuzluğun tespit edildiği yer
- Müşteri hata bildirim No'su
- Hata bildirim tarihi
- Tekrar eden hata olup olmadığı
- Şirkete özgü hata kodu
- Uygunsuzluğun büyüklüğü
- Hatayı tespit eden,

ETAP 2 : İlgili benzer diğer ürünler incelenir.

Bu bölümde, hatanın benzer parçalar üzerinde görülebilirliği incelenir. Farklı versiyon ya da diğer parçalarda da görülebileme riskine karşı bu parçalar tanımlanır.

ETAP 3 : İlk analiz yapılır.

- Kaçak noktasının tespit edilmesi
- Hatanın niçin tespit edilemediğinin bilinmesi ve hatanın tespit edilememesinin sebeplerinin belirtilmesi.
- Kalite takip sistemindeki bir hatadan mı? Yoksa eksiklikten mi? Meydana geldiğinin tespiti.
 - Standart operasyonlara yada tanımlara göre bir hatanın varlığı,
 - Standart operasyon yada tanımların hatanın tespitine izin vermemesi (Bu durum etap 5 ve 6 daki kesin aksiyon planının içerisinde mutlaka yer almalıdır)
 - NİÇİN sorusu hatanın tespit edilememesinin KÖK sebepleri bulunana kadar her sebep için sorulmalıdır.
- Hatanın tespit edilememesinin kök (temel) sebebine ulaşmak için özellikle kontrol prosesi ve üretim akışı gözden geçirilmelidir.

ETAP 4 : Acil aksiyon planı belirlenir.

- Hata tespitiinin ilk anından itibaren koruyucu tedbirler alınmalı ve etap 4 e kadar doldurulmuş 8D en fazla 24 saat içerisinde gönderilmelidir.
- Hatalı parça sayısı adet olarak verilmedir. (% olarak değil) Bu etaptaki tüm veriler imalatçının elindeki, yoldaki ve müşteride bulunan parçalarla ilgilidir.
- Ayrıca uygun ürünlerin nasıl ayırt edileceği yönünde bilgiler mevcut olmalıdır.

ETAP 5 : Kök neden analizi yapılır.

Bu etap, 1.,2. ve 3. etaplarda detaylandırılarak tanımlanmış problemi ve 4. etapta toplanan verileri baz alır.

- Bu etabın içeriğinde görülmesi gereken verilere dayalı bir analizdir. Temel sebebe inilerek problemin başlıca sebebi bulunmalıdır.

ETAP 6 : Düzeltici faaliyetler belirlenir.

- Kriterleri en iyi karşılayan çözümlerin bulunması.
- Kalıcı aksiyonları, problemin tekrar ortaya çıkmasını engelleyecek şekilde düzenlemek gerekir, sistem, prosedür ve metot değişiklikleri yapılmalıdır.
- Aksiyonların ilerleyeceği bir planlama yapılmalıdır.
- Nihai eylem çalışmaları araştırılır ve uygulamaya koyulur.
- Kim ne ve ne zaman yapıyor saptanır.
- Kesin çözümlerin verimliliğinin ve uygunluğunun doğrulanması.
(ölçümler, kontrol kartları, denetimler, eğitim tutanakları vb.)
- Geçici aksiyonların kaldırılması

ETAP 7 : Hata önleyici faaliyetler belirlenir.

- Böylece daha sonradan oluşabilecek hataların da önüne geçilmiş olup, daha sonraki projelere temel oluşturması sağlanır.
- Bu etap sonunda ürün dosyasının ve kontrol /gözlem planının güncellenmesine dikkat edilmelidir.
- Bu dokümanlar 8D dosyasında bulunmalıdır.

ETAP 8 : 8D'nin kapatılır.

Bu etap 8D'nin son aşamasıdır, yapılan çalışmaların kanıtlarıyla beraber müşteriye bildirimi ve 8D'nin kapatılması faaliyetlerini kapsar [41].

Yapılan 8D çalışmasından sonra mevcut FMEA'nın ortaya çıkan hataya göre revize edilmesi gerekir.

9.2 5S Yönetimi

Her işletmede uygulanabilecek ve uygulandığı her işletmeyi başarıya götürebilecek bir çevre düzenleme sistemidir. Japonca S ile başlayan 5 başlıktan oluştuğundan 5S ismini almıştır. 5S, Japonlar tarafından bir devrim hareketi olarak tanımlanmaktadır.

5S;

- ❖ Bir devrim hareketidir.
- ❖ Başarısı için üst yönetimden başlayarak katılım şarttır.
- ❖ Firma için en iyi reklâmdır.
- ❖ 5 S'yi başarırsanız pek çok şeyi başarırsınız.
- ❖ 5 S düşünce yapımızın değişmesi gerektiğini söyler.
- ❖ Toplam kalite ortamı yaratmanın 5 adımıdır.
- ❖ Sıfır hata elde etmenin sırrıdır.
- ❖ Gerek özel, gerekse iş hayatımızda başarıya, mutluluğa giden yoldur.

Temiz ve düzenli bir çevrenin avantajları;

- ❖ Zaman kazandırır.
- ❖ Hata oranını azaltır.
- ❖ İş kazalarını önler.
- ❖ Verimi ve kaliteyi artırır.
- ❖ Maliyeti düşürür.
- ❖ İşletmeye rekabet gücü kazandırır.
- ❖ Çalışanın moralini artırır.
- ❖ Çalışanların kendine olan öz güvenlerini artırır.

5-S Japonca “S” harfi ile başlayan beş kelimeyi ifade etmektedir. Bunlar:

1. SEİRİ → SINIFLANDIRMA (Ayıklama)

2. SEİTON → DÜZENLEME (Yerleştirme)

3. SEİSO → TEMİZLİK

4. SEİKETSU → STANDARTLAŞTIRMA

5. SHİTSUKE → DİSİPLİN (Kuralların takibi, sürekliliğin sağlanması)

9.2.1 1.S Sınıflandırma

Gerekli, gereksiz malzemeleri ayıklayarak tasnif etmek, sınıflandırmaktır. İşletmedeki her malzemenin doğru yerinde bulundurulması amacıyla yapılan düzenlemeye sınıflandırma denir. Bulunduğu yere, kullanım sıklığına, kullanıcıya uygunluğuna göre malzemeler tasnif edilmelidir. Gereksiz malzemelerden kurtulunarak işe başlanır. Ancak, demirbaşa kayıtlı malzemelerin terkin işlemlerinde dikkatli olunmalıdır. Diğer malzemeler ise usulüne uygun olarak atılacak, satılacak, hurdaya gönderilecek olarak değerlendirilmelidir.

Tasnif işlemi yapılırken aşağıdaki sorular sorulmalı ve çizelge esas alınarak ayıklama yapılmalıdır.

- Çalışma sahanızda dağınıklık yaratan gereksiz bir eşya var mı?
- Olduğu gibi bırakılan kablo, boru gibi gereksiz malzemeler var mı?
- Zemin de duran el aleti ve teçhizat var mı?
- Tüm malzemeler sınıflandırıldı mı? Depolandı mı? Etiketlendi mi?
- Tüm el aletleri, ekipmanlar, ölçü aletleri, malzeme ve evrak sınıflandırılıp kendi yerlerine konulmuş mu?

Tüm bu sorulara yanıt aldıktan sonra el aletleri, ekipmanlar, malzeme ve evrak kullanım öncelik ve sıklığına göre sınıflandırılabilir.

9.2.2 2.S Düzenleme(Yerleştirme)

Genel düzen ve tertiptir. “Her şeye bir yer ve her şey yerli yerinde” olarak tanımlanabilir. Malzeme kutuları için bir yer belirlenmişse, malzeme kesinlikle orada olmalı ve asla

kaldırılmamalı. Yangın söndürücülerin yeri, herkes tarafından bilinmeli ve gerektiğinde en kısa sürede söndürücülere ulaşılmalıdır. Rahat çalışma ortamının vazgeçilmez bir unsuru olarak görülen düzen sisteminde, her şey elinizin altında ve bildiğiniz yerdedir. Düzenleme, gerekli olan şeyi ararken ve geri koyarken zaman israfını önlemektir.

9.2.3 Düzenleme Nasıl Yapılmalıdır?

- ❖ Her şeye bir ad konulmalı, herkes bu şeyi aynı adla tanımalıdır.
- ❖ Her şeye bir yer tahsis edilmeli, herkes lâzım olduğunda oradan almalı, işi bittiğinde tekrar aynı yerine koymalıdır.
- ❖ Ambarda, her şeyin bulunduğu raf ve gözler numaralandırılmalıdır.
- ❖ Aranılan her şeye 30 saniyede ulaşılmalı ve işi bitince tekrar 30 saniyede yerine konulmalıdır.
- ❖ Gereğinden fazla raf ve masa bulundurulmamalıdır.
- ❖ Rafların altında temizlik yapılabilecek kadar açık bırakılmalıdır.
- ❖ Kablo ve kablo taşıyıcıları yerden belli bir yükseklikten geçirilmelidir.
- ❖ Hava kanalları ve borular yerden belirli yükseklikte monte edilmelidir.
- ❖ Tek anahtar ve takım kullanma ihtiyacı en aza indirilerek, İngiliz anahtarı, boru anahtarı gibi kombine takımlar kullanılmalıdır.
- ❖ Önemli yerlere ve makinelerin yanına gerekli anahtarlar ve takımlar asılmalı. Her an kullanıma hazır durumda tutulmalı. Makinelerin yanına toz alma bezini koyacak bir yer yapılmalıdır.
- ❖ Duyuru panolarına asılan her ilân ve duyurunun; ilân edildiği tarih, indirileceği tarih, ilândan sorumlu kişinin kimliği yazılı olmalıdır.

Duyuru ve ilânların üst kenarı aynı hizada ve kenarları pano çerçevesine paralel olmalıdır.

9.2.4 3.S Temizlik

Amaç, temiz ve düzenli bir çalışma ve yaşama alanı oluşturmaktır. Çünkü toz, kir ve artıklar, dağınıklığın, disiplinsizliğin, verimsizliğin, hatalı üretimin ve iş kazalarının kaynağıdır. Her insan günlük yaşantısını geçirdiği, çalışma ve yaşama alanlarını kendi sağlığı açısından temiz tutma alışkanlığını kazanmak zorundadır. Hiç kimse kirlettiği yeri bir başkası temizlesin diye beklememelidir. Her zaman temiz çevrede yaşamak medenî bir insan olmanın ilk şartıdır.

Okullarımızın atölye, derslik ve lâboratuvar gibi bütün hacimlerinde o mahallin temizliğinden kimin sorumlu olduğu belirlenmeli ve uygun yere asılmalıdır. Temizlik yapacak personel eğitilerek, kendilerine hijyenik kurallar, insan sağlığı, toplu beslenme ve toplu yaşamın

gerçekleştigi okul ve iş yeri gibi yerlerde gerçek anlamda temizlik yapılmadığı takdirde bulaşıcı hastalıkların nasıl yayılarak sağlığını tehdit edeceği, bunun da iş gücü kaybına sebep olacağı öğretilmelidir.

Zaman zaman tüm personelin katılacağı 3 dakikalık bir 5 S temizliği yapılarak hem çevrenin hem de çalışma alanımızın temizliği sağlanmış olur.

Temizlik ve düzen sayesinde kazaya neden olabilecek malzeme, alet ve takımlar ortada bulunmayacak, yerlerde yağ, su, toz gibi şeyler bulunmayacak, buna bağlı olarak da iş kazalarında azalmalar sağlanacaktır.

9.2.5 4.S Standartlaştırma

Amaç; iyi bir çevre düzeni ve iş yeri ortamı oluşturmak ve bunu sürdürmektir.

Yapılmış olan düzenlemeyi ve temizliği devamlı hâle getirebilmek için her şey belirli kural ve şartlara bağlanarak tekdüze hâle getirilmelidir. Renklerde, şekillerde, giyimde, temizlik hissi verecek her şeyde standartlaşma olmalıdır. Kimin nereyi, nasıl ve ne zaman temizleyeceği, düzenli tutacağı önceden belirlenmeli ve bu alanlara konulacak şekil ve çizelgelerle sık sık kontrol edilmelidir. Her şey, her detay önemlidir. İş yerinin her noktası kontrol edilerek, her şeyin doğruluk ve düzeninden emin olunmalıdır.

9.2.6 5.S Disiplin

Amaç; kurallara uymak ve takip etmektir.

Sadece sınıflandırma, düzenleme, temizlik ve standartlaştırmayı yapmak işletmede verimliliği sağlamak için yeterli değildir. Bunların devamlı ve kalıcı olabilmeleri disiplin gerektirir. İşletme disiplini sağlamak amacıyla konulmuş basit kuralların takibini bir alışkanlık haline getirmek suretiyle, her an denetiminin sağlanmasıdır. Yani kuralların günlük birer alışkanlık haline getirilmesidir.

9.2.7 5S'nin Uygulanmasıyla Elde Edilecek Olumlu Sonuçlar

- ❖ Kaza ve yaralanmalar ortadan kalkar.
- ❖ Temiz ve düzenli bir iş yerinde daha keyifli çalışılır.
- ❖ Zaman kayıpları ortadan kalkar.
- ❖ Sorunlar daha erken teşhis edilir, hata oranı azalır.
- ❖ Makine arızaları azalır, makine performansı artar.
- ❖ Bütün alanların verimli kullanımı sağlanır.
- ❖ Olağan dışı durumlar bir bakışta fark edilir.

- ❖ Çalışan için işyerini benimseme ve iftihar etme nedeni olur.
- ❖ Beraber çalışanlar arasında birlik duygusu gelişir.
- ❖ Herkesin birlikte uygulayabileceği bir sistemdir.
- ❖ Toplam üretkenlik artar.
- ❖ İş güvenliği sağlanır.
- ❖ Verimlilik ve kalite artar [34].

9.3 Kaizen Felsefesi

Japonca’da Kai: Değişim, Zen: iyi, daha iyi anlamına gelir. Bu iki sözcüğün birleşmesi ile oluşan Kaizen “herkesi kapsayan sürekli iyileştirme” anlamında kullanılmaktadır. Bu kelime ayrıca bir felsefeyi ve bir yaşam biçimini de ifade eder:”her geçen günün bir öncekinden daha iyi olması için evde, işyerinde ve sosyal yaşamda sürekli çaba sarf etmek.”

Bir iş yerinde uygulandığında, kaizen yöneticiler ve işçiler dahil olmak üzere herkesi içeren sürekli iyileştirmelerdir. Sürekli iyileştirme prosesinin kaynağı Kaizen felsefesidir. Sürekli iyileştirme prosesi; düşünce ve davranış olarak çalışan herkesin, her durumu tartışmaya açması ve sonra bunu iyileştirmenin yollarını aramasıdır.



Şekil 9.1Kaizen Şemsiyesi

9.3.1 KK Çemberleri

İşyerlerinde kalite kontrol faaliyetlerini gönüllü olarak gerçekleştiren, devamlı olarak firma çapında kalite kontrol, özgeleşim, müşterek eğitim, akış kontrolu ve iyileştirme programlarını yürüten küçük gruplardır.

9.3.2 Öneri Sistemi

Japonya’da bu sistem, birey öncelikli KAİZEN’e fazlasıyla entegre bir sistemdir. Tasarımı, bir firmanın stratejisi içinde iyi planlanmış, tamamlanmış ve herkese duyurulmuştur. Üst yönetimin duyarlılığı, karşılıklı bilgi akışı ve ödül sisteminin geliştirilmesi sisteme olan ilgiyi arttırır. Japon tarzı öneri sistemi, Amerikan tarzı sistemlerdeki ekonomik ve finansal teşviklerin aksine çalışanların moralini güçlendirmeye ve yapıcı katılımlarını sağlamaya ağırlık verir.

9.3.3 Otonomasyon (Jidohka)

Toyota üretim sisteminin bir özelliğı olan “makinelere hatalı üretim yaptıklarında durmasını” ifade etmektedir.

9.3.4 TKK (Toplam Kalite Kontrol)

Bir kuruluştaki her düzeyde performansın iyileştirilmesine yönelik, tamamiyle entegre olmuş çabalarla, yöneticiden işçiye kadar herkesi kapsayan, düzenli KAİZEN faaliyetleridir. Bu gelişmiş performans kalite, maliyet, termin, insan gücü geliştirme ve yeni ürün geliştirme gibi fonksiyonlar arası hedefleri gerçekleştirmeye yöneliktir. Bu faaliyetlerle müşterilerin tatmininin artacağı düşünülmektedir.

9.3.5 TVB (Toplam Verimli Bakım)

TVB ekipmanın toplam kullanım süreci içinde maksimum etkinliğin sağlanmasını hedefler. TVB tüm bölümleri ve kademeleri içerir, kişileri küçük gruplar ve gönüllü faaliyetlerle fabrika bakımına motive eder ve bakım sistemini geliştirme, temel temizlik eğitimi, problem çözme yeteneğı ve firesiz çalışma gibi temel alanları kapsar. Üst yönetim TVB için, herkesin yetenek ve sorumluluklarını göz önünde bulunduran ve ödüllendiren bir sistem tasarımılamalıdır.

9.3.6 İyileştirme

Başarılı bir KAİZEN stratejisinin bir parçası olarak “iyileştirme” sözcüğü sözlük anlamını aşmaktadır. İyileştirme, standartların iyileştirilmesi ve korunmasına sıkıca bağlanmış bir düzendir. Daha geniş anlamda iyileştirme, KAİZEN ve yenilik olarak ifade edilebilir.

KAİZEN stratejisi işletme standartlarının küçük, kademeli iyileştirmelerle geliştirilip sürdürülmesi anlamındadır. Yenilik ise teknoloji ve/veya ekipmana yönelik büyük parasal yatırımın bir sonucu olarak radikal ilerlemenin ortaya çıkarılmasıdır.

Başarılı bir KAİZEN stratejisi, yönetimin görevinin standartları iyileştirmek, işçinin sorumluluğunun ise, standartları korumak olduğunu belirtir. Japonların yönetim anlayışı standartları korumak ve iyileştirmektir.

9.3.7 Kamban

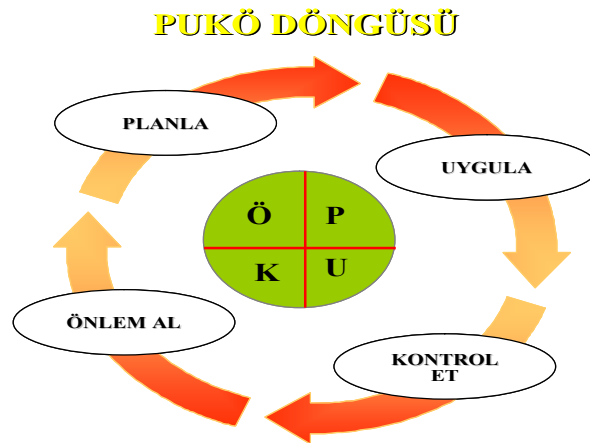
Toyota’da Taiichi Ohno tarafından geliştirilmiş olan ve tam anında üretim ile envanter kontrol sistemlerinde kullanılan bir iletişim aracıdır. Üretilen parçaların üstüne, teslim edilen miktarın belirtildiği bir kamban veya kart konur. Tüm parçalar kullanıldığında, aynı kart işleme konulduğu ilk noktaya döner ve sonraki talebi oluşturur.

9.3.8 Tam Zamanında (Just in Time)

Toyota üretim sisteminin bir parçası olan üretim ve envanter kontrol tekniğidir. Toyota’da Taiichi Ohno tarafından, özellikle üretimde israfı önlemek üzere tasarlanmış ve geliştirilmiştir.

9.3.9 PUKÖ Döngüsü

Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al- Deming döngüsünün bir adaptasyonudur. Deming döngüsü araştırma, tasarım, üretim ve satış sonrasında sabit bir etkileşim ihtiyacını vurgular. PUKÖ döngüsü ise bütün yönetim faaliyetlerinin “Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al” sisteminin dikkatli uygulanmasıyla iyileştirilebileceğini öngörür.



Kaizen'in baş sloganı şudur: " En iyi, iyinin düşmanıdır. " Sorunları saklamamak, örtmemek Kaizen uygulamalarının ön koşuludur. Sorun çözme aşamasında, farklı uzmanlık alanlarından oluşturulan Kaizen ekipleri görevlendirilir. Sorunlara kısa sürede çözüm bulmaktan çok, sorunu kökünden halledecek çözümü bulmak yeğlenir. Amaç; geçici, palyatif önlemlerle o günü kurtarmak değil, kalıcı çözümlerle yarını kurtarmaktır. Aksi halde sorun kısa bir süre sonra tekrar kendini gösterir.

Batı toplumları dikkatlerini hep buluşlara, büyük atılımlara ve sonuçlara yöneltmiş iken, Japonya ilgisini daha çok küçük adımlar yoluyla ilerlemeye ve süreçlere yöneltmek daha olumlu sonuçlar almıştır. Her ne kadar, hemen hiçbir önemli teknoloji (bilgisayar, elektronik, atom, genetik, vb.) Japonya'da geliştirilmemişse de bu teknolojilerin en iyi uygulayıcıları da yine Japonlar olmuştur. Japonlar bu teknolojileri Batı'dan almışlar ve küçük ama emin adımlarla daha ileriye götürmüşlerdir.

Kaizen yaklaşımının daha iyi anlaşılabilmesi için batılı ülkelerdeki gelişmeyi simgeleyen “Buluş yaklaşımı” ile “Kaizen yaklaşımı” ‘nı karşılaştırmak gerekmektedir.

Batı yaklaşımına göre, üretim belirli standartlara göre sürerken, diğer yandan araştırmacılar laboratuvarlarda Ar-Ge çalışmalarını sürdürmektedir. Üretim yapan kişilerle, araştırma yapan kişiler farklı kişiler olup, çalışmalar bittiğinde, buluş uygulamaya konur ve gelişme düzeyinde bir sıçrama sağlanır. Daha sonra yeni buluşa kadar üretim yeni standartlarda devam etmektedir [36].

Çizelge 9.1Kaizen felsefesi ve Hızlı Yenilik Arasındaki Farklar

	KAİZEN	YENİLİK
1. Etki	Uzun vadeli, uzun süreli fakat heyecan verici değil	Kısa vadeli, heyecan verici
2. İlerleme	Küçük adımlarla	Büyük adımlarla
3. Tempo	Sürekli ve düzenli gelişerek	Aralıklarla ve gelişimi düzensiz
4. Değişim	Kademeli ve sürekli	Birdenbire ve geçici
5. Katılım	Herkes	Sınırlı sayıda “şampiyon”

6. Yaklaşım	Çoğulcu; grup çabaları, sistemsal yaklaşım	Katı bireysellik, bireysel fikir ve çabalar
7. Tarz	Koruma ve iyileştirme	Hurdalama ve yeniden kurma
8. Kıvılcım	Konvansiyonel bilgi, çağdaş	Teknolojik atılımlar, yeni keşifler, yeni teoriler
9. Uygulama için gereksinim	Küçük yatırım, korumaya dönük yoğun çaba	Büyük yatırım ve koruma yönünde az çaba
10. Çaba yönelimi	İnsan	Teknoloji
11. Değerlendirme kriterleri	Daha iyi sonuca yönelik yöntem ve çabalar	Kar amacına yönelik sonuçlar
12. Avantaj	Yavaş gelişen ekonomilerde iyi işler	Hızlı gelişen ekonomilere daha uygun

9.4 Altı Sigma

Sigma, bir prosesteki değişkenliği ölçen ortalamadan standart sapma olarak da bilinir. Altı sigma yaklaşımı, ölçüm aracı olarak “ünite başına hata sayısı(Defects per unit,(DPU))”ı kullanır. Ünite başına hata sayısı, bir prosesin veya ürünün kalitesini ölçmek için iyi bir araçtır. Kusurlar, maliyet ve zaman arasında bağlantı kurar. Sigma değeri kusurların hangi sıklıkta meydana geldiğini ifade eder. Daha yüksek sigma değeri, daha düşük kusur olasılığı demektir. Kusur, müşterinin memnuniyetsizliğine sebep olan herhangi bir şeydir. Bundan dolayı, sigma düzeyi artarken maliyet ve çevrim zamanı azalmakta, aynı zamanda müşteri memnuniyeti artmaktadır.

3 ile 4 sigma kalite düzeyi arasında işleyen bir işletmede milyonda kusur sayıları 66800'den 6210'a değişim göstermektedir.Bu da %99.73'lük bir performanstır.Bu kusur oranları toplam gelirlerin %25'e kadar olan oranlarının kusurlar nedeni ile kaybedilmesi demektir.Altı sigma yaklaşımı milyonda 3.4 kusur veya hatayı hedefleyerek bu olumsuzlukları ortadan kaldırmayı amaçlar. (Çizelge 9.2)

Çizelge 9.2Sigma Düzeyleri ve karşılığı [37]

Sigma Düzeyi	Milyonda Kusur Sayısı
6 σ	3.4
5 σ	233
4 σ	6210
3 σ	66807
2 σ	308537
1 σ	690000

Altı sigma prosesi üç ana alan üzerine odaklanır, Bunlar;

- Çevrim zamanının azaltılması
- Kusurların/Hataların azaltılması
- Müşteri memnuniyeti

Altı sigma metodolojisi organizasyonun tüm iş proseslerinin ölçümü ve analizini yapar. Bununla birlikte altı sigma sadece bir kalite girişimi değil aynı zamanda bir iş girişimidir. Altı sigma programı varolan ISO/QS 9000 ve/veya toplam kalite yönetimi sistemi üzerine kurulmalıdır. Bireysel olarak, bu yönetim sistemlerinin her birinin önemli kalite temelleri vardır, altı sigma varolan kalite programlarının değerlerine zarar vermez fakat tam bir kalite stratejisi için evrimsel bir safhadır.

Altı sigma amacını başarmak için küçük,artan gelişmelerden daha fazlası gerekmektedir.Bu amaç için operasyonun her alanında önemli ve ileri düzeyde gelişmeler olmalıdır.(Sıçramalı iyileştirme)

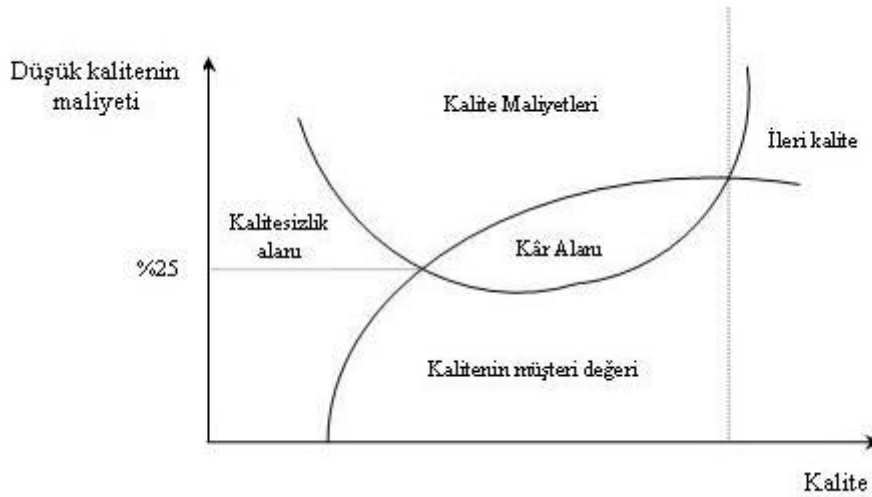
Altı sigmayı değerlendirirken organizasyonlar değişik seçenekleri düşünmelidirler, Bunlar;

- Hiçbir şey yapmamak
- Altı sigma girişimi yaratmak
- Altı sigma iş stratejileri yaratmak

“Hiçbir şey yapmamak” seçeneği organizasyon tarafından bir şeyler yapmanın maliyeti ile hiçbir şey yapmamanın maliyeti karşılaştırıldıktan sonra verilen bir karar olabilir ve bazen bu karar doğru karardır. “Altı sigma girişi yaratmak” seçeneği genellikle organizasyonun üyeleri tarafından “ayın programı” olarak görülür ve genellikle çok hızlı şekilde terk edilir. “Altı sigma iş stratejisi” bilgece uygulandığı takdirde en faydalı olan seçenektir. Bu stratejiler: üst yönetimin altı sigma programını sahiplenmeleri, asgari sonuçlarla projeler, siyah kuşaklar, yeşil kuşaklar, ödül/motivasyon, finans ve eğitimi içermektedir. [38]

9.4.1 Altı Sigmanın Değeri

Geleneksel 3σ şirketi gibi işleyen bir işletme düşük kalite yüzünden sürekli müşteri kaybeder ve rakipleri işletmeyi fiyat yönlü rekabette sürekli geride bırakırlar. Kalite problemleri test ve muayeneleri arttırarak çözülmeye çalışılır. Sonuçta kusurlarda bir düşüş gözlenebilir fakat bu sürecin doğal sonucu maliyetler artar. Kalitede müşteri yerleri kesin bir değere sahiptir, kalite düşük olduğunda müşteriler ürünleri almaz, kalite iyileştirildiğinde maliyetler artar dolayısı ile müşteriler uygulamak zorunda olunan yüksek fiyatları ödeyemezler. Tipik bir 3σ işletmesi için düşük kalitenin toplam maliyetinin satışların %25’i olduğu durumda kârlılık maksimum olur, fakat bu maliyet düzeyinde elde edilen kâr çok düşüktür.(şekil 9.3)



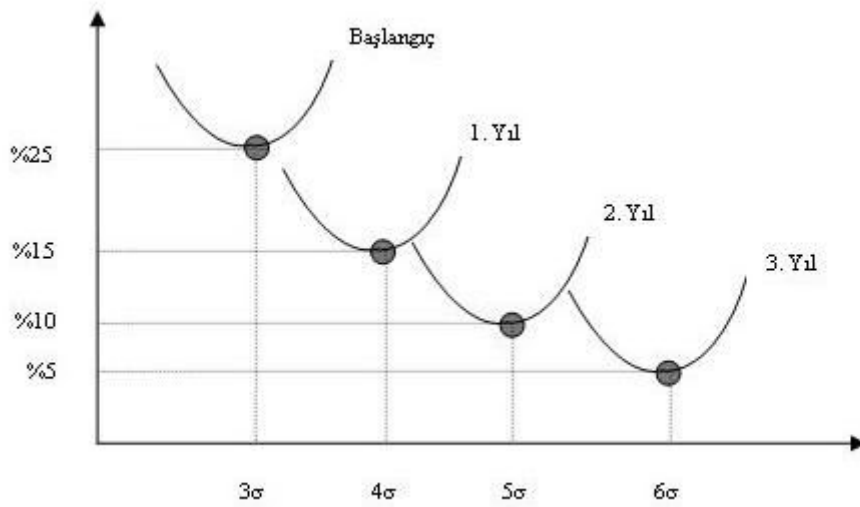
Şekil 9.3 Kalitenin Değeri ve Maliyeti [39]

3σ kalite düzeyinde işleyen bir işletme, satışlarından elde ettiği gelirin %25’ini düşük kalite için harcarken, 6σ kalite düzeyinde işleyen bir işletme için bu oran %5’tir.

3σ kalite düzeyini işletebilecek düzeyde olan bir işletme, varolan sisteminin dışında daha iyi kalite düzeyine ulaşmayı denerse bu, o işletme için maliyet artışına sebep olur. Aynı zamanda

hem daha iyi kalite hem de düşük maliyetlere ulaşılabilecek yeni sistemler geliştirilmelidir. Bu aşamada altı sigma sistemine ihtiyaç duyulur. Altı sigma bir varış yeri ya da son nokta değildir, altı sigma sürekli gelişim için bir yolculuktur.

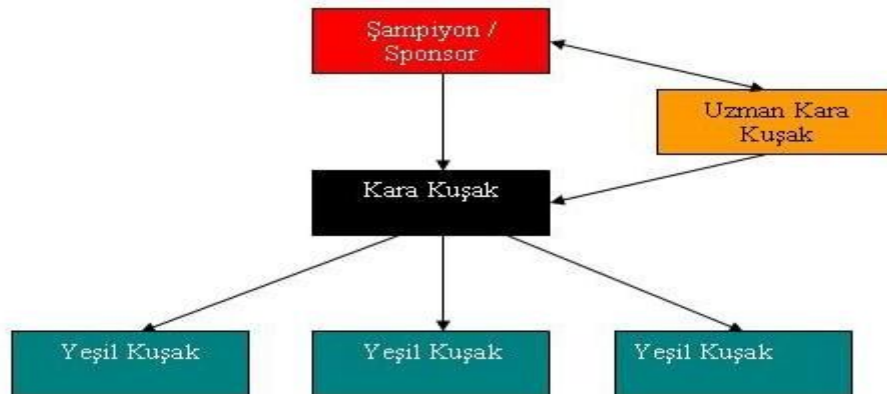
Tabii ki hiçbir işletme 3σ 'dan 6σ 'ya büyük bir atlama ile geçemez. Bunun yerine, genel performans önce 3σ 'dan 4σ 'ya, daha sonra 5σ 'ya ve bunun gibi artan şekilde, insanların eğitimi ve sistemlerin yeniden tasarımı ve geliştirilmesi ile gelişecektir. Şekil 9.4, 6σ 'ya doğru beklenen gelişimi göstermektedir [39].



Şekil 9.4 6σ 'ya doğru beklenen gelişim [39]

9.4.2 Altı Sigma Çalışmalarında Yer Alan Oyuncular

Altı sigma çalışmasında çeşitli oyunculara adlar verilmiştir. Şekil 9.5'de bunlar arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 9.5 Altı sigma çalışmasında rol alan oyuncuların ilişkileri [40]

9.4.2.1 Şampiyonlar (Sponsorlar)

Bunlar projeleri saptayan kıdemli yöneticilerdir. Bu kıdemli yönetim liderleri altı sigma çalışmalarının başarısından sorumludur. Projeleri onaylarlar, onlara kaynak sağlar ve aksaklıkları çözümlerler. Bazı işletme liderleri şampiyondur. Şampiyonların çoğu doğrudan işletme liderlerine rapor verirler. Şampiyonlar kalite programında tam zamanlı çalışmak zorunda değiller, ama programın başarısını garantilemek için gerektiği kadar zaman vermeleri beklenir. Şampiyonlar bir hafta eğitim görürler.

9.4.2.2 Usta Kara Kuşaklar

Bunlar sıra dışı niceliksel ustalıkları ve öğretim ve liderlik yetenekleriyle tam zamanlı öğretmenlerdir. İki gereği yerine getirerek sertifika alırlar:

- Hiç değilse sertifika alan on kara kuşaklıya göz kulak olmak
- İşletme şampiyon ekibi tarafından onaylanmış olmak.

Usta kara kuşaklılar, kara kuşaklıları gözden geçirirler ve onlara rehberlik ederler. Usta kara kuşaklıların seçilme kriterleri niceliksel ustalık ile öğretim ve rehberlik yetenekleridir. Usta kara kuşaklılar, öğretmek ve rehberlik etmek için en az iki hafta eğitilirler.

9.4.2.3 Kara Kuşaklar

Bunlar ekiplere öncülük eden ve kilit süreçler üzerinde odaklanan, sonuçları şampiyonlara raporlayan tam zamanlı kalite yürütücüleridir. Bu ekip liderleri müşteri tatminini yada verimlilik artışını etkileyen kilit süreçleri ölçme, çözümleme, geliştirme ve kontrol etmeyle sorumludur. Kara kuşaklılar, birincisi bir usta kara kuşaklının himayesinde, ikincisi de daha bağımsız iki projeyi tamamlayarak sertifika alırlar. Başarılı bir proje, süreç üç sigmanın altında (bir milyonda 66,000 kusurlu) başlarsa kusurluların on kat indirildiği, yada proje üç sigmanın üstünde başlarsa kusurluların yüzde 50 indirildiği bir projedir. Sertifika almak için, kara kuşaklılar aynı zamanda işletme şampiyon ekipleri tarafından onaylanmalıdırlar. Kara kuşaklılar tam zamanlı olarak çalışırlar.

9.4.2.4 Yeşil Kuşaklar

Yeşil kuşaklılar, altı sigma araçlarının, daha çok ölçüm araçlarını iyi bilen, diğer araçlar konusunda temel bilgilere sahip, Kara Kuşak projelerinde takım elemanı olarak çalışan kişilerdir. Projeler üzerinde tam zamanlı çalışmazlar; altı sigma projeleri üzerinde şirketteki

diğer işlerini yaparken çalışırlar. Kara kuşak projesi biter bitmez, ekip üyelerinden düzenli işlerinin bir parçası olarak altı sigma araçlarını kullanmayı sürdürmeleri beklenir.

10 ISO TS 16949:2002 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİNİN BİR ISIL İŞLEM FİRMASINA UYGULANIŞI

Bu başlık altında incelenecek maddeler ve numaraları ISO TS 16949 madde numaralarıdır. Kutu içerisinde yer alan ISO 9001 maddeleri incelenmeyecektir.

1 Kapsam

Bu teknik şartname ISO 9001:2000 ile birlikte otomotiv ile ilgili ürünlerin tasarımı ve geliştirmesi, üretimi ve uygun olduğunda montaj ve servisi için kalite yönetim sistemi şartlarını tanımlar. Tüm otomotiv tedarik zincirine uygulanabilecek şekilde dizayn edilmiştir.

2 Atıf Yapılan Standartlar

Bu kısımda kalite el kitabı içerisinde kendisine atıf yapılan standartlar belirtilir.

3.1 Otomotiv Sanayi İçin Terimler ve Tarifler

Bu kısımda kalite el kitabı içerisindeki terimler tanımlanır. Otomotiv endüstrisi için kullanılan terimler ve tanımları için ISO 9000:2000’de verilen terimler ve tanımlar ile ISO TS 16949/2002’de yer alan şu terimler kullanılır:

Kontrol Planı

Tasarım sorumlusu kuruluş

Hata önleme

Laboratuvar

Laboratuvar kapsamı

İmalat

Kestirimci bakım

Önleyici bakım

Ek navlun

Uzaktaki destek alanı

Tesis

Özel karakteristik

4 Kalite Yönetim Sistemi

4.1.1 Genel Şartlar-Ek

Dış kaynaklı süreç kontrolü ile ilgili Satın alma Süreci oluşturulur ve Satın Alma prosedürü oluşturularak süreç belirli kurallara bağlanır.

4.2.3.1 Mühendislik spesifikasyonları

Müşteri çizim/ şartname/ spesifikasyonların en güncel halinin elde bulundurulması esastır. Müşteri mühendislik spesifikasyon ve değişiklik talepleri 2 çalışma haftası içerisinde gözden geçirilerek, müşteriler, sonuç hakkında ve uygulamaya geçiş tarihi hakkında yazılı olarak bilgilendirilir Kuruluş, ürünü gerçekleştirmek için gerekli olan standart ve şartnamelerin gözden geçirilmesini sağlamaktan, gerekli birimlere dağıtımının yapıldığından, bu standart ve şartnamelerin uygulandığından emin olabilmek için prosesler oluşturur. TSE kaynaklı standartlar için üyelik alınarak ilgili standartların güncelliği takip edilir ve revizyona uğrayanların yenisi tedarik edilir. Yabancı standartlar için de aynı yol izlenir. Kuruluş her değişikliğin üretimde uygulandığına dair kayıtları da muhafaza eder.

4.2.4.1 Kayıtların Muhafazası

Kalite kayıtların muhafazası ile ilgili uygulama ve sorumluluklar “Kalite Kayıtlarının Kontrolü Prosedüründe” tanımlanır, saklama süreleri kayıtların türüne göre, varsa ilgili saklamaya yönelik yasal mevzuatlar ve müşteri istekleri göz önüne alınır.

5.1.1 Proses Verimliliği

Proses verimliliği ve tüm süreçlerin performans değerlendirmeleri YGG kapsamında izlenir.

5.4.1.1 Kalite Hedefleri-Ek

Hedef belirlemede şunlar dikkate alınır:

Firmanın her bir stratejisi için, performans iyileştirilmesinin uygun ve gerekli olduğu bütün alanlar için hedefler belirlenir. (Yani hedefler, hem mevcut ve potansiyel zayıflıklara, hem de gelecekte ortaya çıkabilecek yeni fırsatlara yöneliktir).

Konulan hedeflerin hepsi bir birleriyle uyumlu ve birbirini destekler biçimdedir.

Gelecekte karşılaşılabilecek durumlara, varsayımlara dayalı hedef ve standartlar geliştirilir.

5.5.1.1 Kalite için sorumluluk

Şartlara uymayan ürünler ve prosesler için düzeltici faaliyet başlatılması gerektiğinden bununla sorumlu olan yöneticiler uygunsuzluklardan haberdar edilir. Ürün kalitesinden sorumlu personel sorunları gidermek için üretimi durdurma yetkisine sahiptir. Ürün kalitesinden emin olmak ve kaliteyi sürekli kılmak için her vardiya da üretim faaliyetlerinden sorumlu personel bulundurulur.

5.5.2.1 Müşteri Temsilcisi

Üst yönetim müşteri şartlarına uyumu sağlamak için yetkili bir personel belirleyerek müşteri temsilcisi olarak atar.

5.6.1.1. Kalite Yönetim Sistemi Performansı

Yönetimin gözden geçirmesi planlanmış aralıklarla gerçekleştirilir. Yönetimin gözden geçirmesi için bir prosedür oluşturulabilir. Bu gözden geçirmelerde sürekli iyileştirme kapsamında sistem performansındaki değişimler de irdelenir. Gerekli hallerde düzeltici faaliyetlerin başlatılması sağlanır. Ayrıca izlenen kalite hedeflerinin değerlendirilmesi ve kalitesizlik maliyetlerinin düzenli raporlanması bu gözden geçirmelerin bir parçasıdır. Yönetim gözden geçirme sonuçlarının kayıtları muhafaza edilir.

5.6.2.1 Gözden Geçirme Girdisi-Ek

Yönetim gözden geçirme toplantılarının gündemi diğer konuların yanı sıra gerçek ve potansiyel işletme hatalarının analizi ve bunların kalite, emniyet veya çevresel etkilerini de kapsar.

6 Kaynak Yönetimi

6.2.2.1 Ürün Tasarım Yetenekleri

Firmada ürün tasarımı yapılmamaktadır. Tüm ürün tasarımları müşteri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu faaliyet kapsam dışıdır.

6.2.2.2 Eğitim

Kuruluş, ürün kalitesi üzerinde etkisi olan tüm personelin eğitim ihtiyaçlarını belirler. Eğitim prosedürü oluşturulur ve yıllık eğitim planları hazırlanarak personelin eğitim ihtiyaçlarının

giderilmesi sağlanır. Verilen eğitimlerinin etkinliklerini de sınav teknikleri ya da işbaşında görme ile izleyerek etkinliğin sağlandığından emin olur.(Bkz. Ek 2)

6.2.2.3 İşbaşı eğitimi

İşe alınan her yeni ve görev yeri değiştirilen personel için işbaşı oryantasyon eğitimi uygulanır. Bunun için gerekli prosedürler oluşturulur ve uygulanır. (Bkz. Ek 3)

6.2.2.4 Çalışanların motivasyonu ve yetkilendirilmesi

Belirlenen kalite hedeflerine ulaşmak ve sürekli iyileştirmeyi sağlamak için firmadaki en alt düzeyden üst yönetime kadar herkesin aynı hedefe doğru yürüyor olması esastır. Bu nedenle firmada toplam kalite bilinci geliştirilir. Firmada çalışan herkesin kaliteye katılımını sağlamak için öneri sistemi geliştirilmiş, çalışanların sürekli gelişmeye katkısı olabilecek öneriler sunması sağlanmaktadır. Çeşitli organizasyonlar yapılarak çalışanların motive olması amaçlanmaktadır.

6.3.1 Fabrika, tesis ve ekipman planlaması

Kuruluş, tesis ve teçhizat yerleşimi için planlar oluşturur. 5S sistemi uygulanarak işletme içerisinde en verimli ve etkin şekilde kullanımını sağlar, iş ve malzeme akışı kolaylaştırılır.

6.3.2 Beklenmedik durum planları

Doğal afetler(deprem, sel vb.) dışındaki acil durumlarda kuruluş müşteri tatminine zarar vermemek için olağanüstü durumlar için planlar oluşturur ve bu durumlar gerçekleştiğinde planları devreye sokarak iş akışına devam eder.

6.4.1 Ürün kalitesine ulaşmak için personel güvenliği

Kuruluş ürün güvenliği ve personel üzerindeki mevcut riskleri ortadan kaldırmak için iş güvenliğini sağlar. Bunun için iş güvenliği konularında eğitimler alınarak personelin bilinçlendirilmesi sağlanır. Bunun yanında işletme içerisinde yangın söndürme tesisatları oluşturulur ve taşınabilir yangın söndürme tüpleri işletme içerisinde belirli noktalara yerleştirilir. Doğalgaz sistemi için belirli noktalara gaz kesici vanalar konularak herhangi bir sorunda vanaların kapatılması sağlanır. Elektrik panolarına kilitlenebilir şarteller konulur, bu sayede bir operasyon için elektriği kesen personel başka bir personelin şarteli açmasına karşı korunmuş olur. Tavan vinçleri için bakım periyotları belirlenerek sık ve belirli aralıklarla bakım ve kontrollerinin yapılması sağlanır. Sıcak ürünlerle personelin temasının sağlanması

için işletme içerisinde sıcak ürünler fiziki engellemelerle korunan bir bölgede stoklanır. Personel için baret ve ucunda çelik bulunan ayakkabılar tedarik edilerek personelin korunması sağlanır.

6.4.2 Tesislerin Temizliği

5S çevre düzenleme sistemi uygulanarak temizlik ve temizlik kurallarının disipline edilmesi sağlanır.

7 Ürün Gerçekleştirme

7.1.1 Ürün Gerçekleştirmenin Planlanması-Ek

Ürün gerçekleştirme süreci ile ilgili müşterilerin takip edilmesini istedikleri özel dokümantasyon ve yöntemler olması durumunda bunlar aynen kullanılır.

7.1.2 Kabul kriteri

Kuruluş ürünler için kabul kriteri oluşturur ve gerektiğinde müşteriye onaylatır.

7.1.3 Gizlilik

Kuruluş müşteri ürünlerinin ve projelerin gizliliğini mutlaka sağlar.

7.1.4 Değişikliklerin Kontrolü

Firmada müşteri tarafından talep edilen tüm değişiklikler değerlendirilir ve müşteri gereklerine uygun olarak geçerli kılınma testleri yapılır. Müşteri ile birlikte, değişikliklerin fonksiyonellik, görünüm ve diğer parçalarla birlikte uyum üzerindeki etkisi gözden geçirilir.

Müşteri tarafından talep edilmesi durumunda ek doğrulama ve geçerli kılınma testleri de yapılır. Değişiklik yapılan tüm numuneler ve/veya üretim süreçleri müşteri bilgisine ve onayına sunulur.

7.2.1.1 Müşterinin Belirttiği Özel Karakteristikler

Özel karakteristikler, müşteri tarafından veya firma tarafından, ürün kalite planlamanın başlangıcında belirlenir ve FMEA, Kontrol Planlarında dokümante edilerek uygulanır.

7.2.2.1 Ürüne Bağlı Şartların Gözden Geçirilmesi –Ek

Müşteri siparişleri gözden geçirme sonucunu onaylanır, aksi takdirde müşteriden sapma istenir.

7.2.2.2 Kuruluşun imalat yapabilirliği

Teklif sipariş süreci kapsamında firma yapılabilirliği değerlendirir.

7.2.3.1 Müşteri ile iletişim-ek

Bilgisayar destekli ürün tasarım ve mühendislik analiz çalışmaları için müşteri sistemleri ile uyumlu kaynak ve ekipmanlar kullanılmaktadır.

7.3 Tasarım ve Geliştirme

KAPSAM DIŞI

7.4 Satın Alma

7.4.1.1 Yasal Uygunluk

Taşeron firmadan kimyasal malzeme temin edilecek ise, firmadan imalatın ve satışın yapıldığı ülkedeki çevre, elektrik ve elektromanyetik konuları ile ilgili yönetmelik ve düzenlemelere uygun üretim yaptıklarına dair belge istenir.

7.4.1.2 Tedarikçi Kalite Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi

Tedarikçi geliştirmede, tedarikçi performansları izlenir ve sonuca göre, tedarikçilere DÖF açılır. Ayrıca tedarikçi denetimleri yapılır ve eğitimler planlanır. Bu şekilde tedarikçilerin de kuruluşla birlikte gelişmeleri amaçlanır.

7.4.1.3 Müşteri Onaylı Kaynaklar

Müşteri ile ilgili ürün imalatında kullanılacak parça ve hammadde kaynakları için, eğer varsa, “müşterinin onaylı tedarikçi listesi” kapsamındaki taşeronlardan satın alır. Yeni çalışılmaya başlanılacak tedarikçiler bir ön değerlendirmeye tabi tutularak onaylı tedarikçi listesine alınır. Bu listede bulunmayan, ama seri üretim için malzeme sağlayan taşeron firmalardan malzeme satın almak için müşterinin onayı istenir.

7.4.3.1 Girdi Ürün Kalitesi

Satın alınan malzeme ve hizmetlerin nitelik ve özellikleri açısından teknik ve idari kabul gelen ürünün kalite belgesindeki teknik özellikler incelenerek yapılır. Gelen kalite

belgesindeki teknik detaylar bu kabulü belirlemek için yeterli değilse ya tedarikçiden ek bir belge istenir ya da ürün akredite bir kuruluştan analiz ettirilir. Analiz sonucuna göre ürün kabul edilir.

Yapılan kontroller sonucu ürünlerde görülen hatalar firma iadesi olarak kaydedilir ve sonuçlar ilgili taşeron firmaya bildirilerek uygunsuzluklarla ilgili düzeltici ve önleyici aksiyon başlatması istenir.

7.4.3.2 Tedarikçinin İzlenmesi

Tedarikçi performansları, 3 aylık periyotlarla, “Satın alma Prosedürü’nde belirtilen kriterlere göre izlenir ve Genel Müdür’e raporlanır.

7.5 Üretim Ve Hizmetin Sağlanması

7.5.1.1 Kontrol Planı

Proses yeterliliği veya performansının ilk numune onay prosesinde(PPAP) onaylandığı şekliyle sürdürülmesini sağlamak amacıyla, prosesler kontrol altında tutulmaktadır.

Özel karakteristiklerin bulunduğu veya müşteride problem olabilecek kritik operasyonlar SPC(İstatistiksel Proses Kontrolü) ile kontrol altında tutulmaktadır. Yapılan SPC çalışmalarında, belirgin proses hareketlerinde (ÖR: fırın arızası) sorun görüldüğünde sorunun kök sebebi tespit edilerek düzeltici faaliyetler başlatılarak prosesin yeniden kararlı duruma getirilmesi sağlanır.

7.5.1.2 İş Talimatları

Üretimde ürün kalitesini etkileyen proseslerin en doğru ve etkin bir şekilde yürütülmesini sağlamak için gerekli tüm talimatlar hazırlanmış ve personelin kolaylıkla ulaşabileceği noktalara yerleştirilmiştir.

7.5.1.3 İş Düzenlerinin Doğrulanması

İş düzenleri, malzeme değiştirme, iş değişimlerinde, ayar/arıza/bakım duruşları gibi hallerde numune çalışması yapılarak doğrulanır ve onaylandıktan sonra partiye başlanır.

7.5.1.4 Önleyici Ve Kestirimci Bakım

Proseslerin yeterliliğinin devamını sağlamak için, kullanılan makine ve teçhizatın gerekli bakım çalışmaları Bakım prosedürüyle belirli bir sistematığa bağlanmıştır.

7.5.1.5 Üretim Takımlarının Yönetimi

Firmada üretim için kullanılan cihazların bakım ve değiştirilmeleri belirli bir plan dahilinde gerçekleştirilmektedir.

7.5.1.6 Üretim Programlanması

Üretim 24 saatlik periyotlar halinde müşteri termin ve mevcut iş durumlarına göre programlanmaktadır. Olağanüstü durumlar da program ilgililerce revize edilmektedir.

7.5.1.7 Servisten Bilgi Geri -Beslemesi

Firma ısıtma işlem hizmeti verdiği için servis oluşturma durumu kapsam dışıdır.

7.5.1.8 Müşteri İle Servis Antlaşması

Müşteri sözleşmelerinde, servis anlaşması mevcut değildir.

7.5.2.1 Üretim ve Hizmetin Sağlanması İçin Proseslerin Geçerli Kılınması-ek

Madde 7.5.2 de belirtilen şartlar üretim ve hizmetin sağlanması için kullanılan proseslerin tümüne uygulanmaktadır.

7.5.3 Belirleme Ve İzlenebilirlik

7.5.3.1 Belirleme Ve İzlenebilirlik-Ek

7.5.3. teki Uygun olduğunda ibaresi uygulanmamaktadır

7.5.4.1 Müşteri Mülkiyetindeki Üretim Takımları

Müşteriye ait takım ve ekipmanların mülkiyetinin ayrı ayrı ve görsel olarak fark edilmesini sağlamak için takım ve ekipmanların üzerine tanım kartları konularak kodlama yapılır.

7.5.5.1 Depolama Ve Envanter

Hammadde/ ürünün kullanımına veya sevkiyatına kadar hasar görmesini veya bozulmasını önlemek amacıyla fabrika içinde kapalı alanda depolanır. Depo alanlarındaki hareket FIFO kuralına göre gerçekleştirilir. İlk giren ilk çıkar. Depo alanında bekleyen hammadde ve ürünler ilgililer tarafından belirli aralıklarla kontrol edilerek uygun bir durumda korunuyor olması sağlanır.

7.6.1 Ölçüm Sistemi Analizi

Kalite planında belirtilmiş ölçüm sistemleri için, MSA kılavuzuna göre Ölçüm Sistemleri Analizi gerçekleştirilerek ölçüm aletlerinin yetenekleri hesaplanır. Cihaz yer değişimleri, ayar ve kalibrasyonlarından sonra MSA tekrarlanır. (Bkz. Ek 10-11-12)

7.6.2 Kalibrasyon/Doğrulama Kayıtları

Ölçüm aletleri, Kalibrasyon Planı 'nda belirtilen periyotlarda akredite dış laboratuarlara kalibrasyon yaptırılmak üzere gönderilirler. Ayrıca firmada sertlik ölçüm aletlerine sertifikalı mastarlar ile her gün doğrulama yapılır. 760°C ve altı sıcaklıklarda çalışan termokupıllar 3 ayda bir, bu sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda çalışanlar ayda bir potansiyometre ile doğrulanır. (Bkz. Ek 4)

7.6.3 Laboratuvar Şartları

7.6.3.1 İç Laboratuvar

Müşteri spesifikasyonlarına göre garanti altına alınması gereken diğer ürün özelliklerinin ölçümleri firma laboratuvarlarında gerçekleştirilir. Burada yapılan işle ilgili tüm standartlar ve uygulama talimatları bulundurulmaktadır.

7.6.3.2 Dış Laboratuvar

Firma tarafından muayene, deney ve kalibrasyon servisleri için kullanılan dış/ticari/ bağımsız laboratuvarların ISO/IEC 17025 veya ulusal eşine göre akredite veya müşteri tarafından onaylı olmaları esas alınır.

8.1.1 İstatistiksel Araçların Tanımlanması

Proseslerde uygulanması gereken istatistiksel metodlar kalite planlaması sırasında tespit edilerek kontrol planlarına aktarılmakta ve uygulamaya alınmaktadır.

8.1.2 Temel İstatistik Kavramların Bilgisi

Gerekli olduğunda değişkenlik, kontrol (kararlılık), proses yeterliliği ve aşırı ayar gibi konuların tüm organizasyon tarafından bilinmesi sağlanmıştır.

8.2.1.1 Müşteri Memnuniyeti-Ek

Dış müşteri memnuniyetini ölçmek için; yılda bir kez yapılan anket ve müşteriden gelen performans raporları tarafından hazırlanan performans raporları kullanılır.

Müşteri memnuniyeti belirlenirken

-kalite performansı

-sevkiyat performansı

-müşterinin cirodaki payı gibi kriterler de göz önünde bulundurulur.

8.2.2.1 Kalite Yönetim Sistemi Tetkiki

Firma, iç tetkikçi sertifikalı iç tetkikçi/ler tarafından kalite yönetim sisteminin uygun bir şekilde yürütüldüğünü doğrulamak için her yıl planlı olarak tetkik edilir. (Bkz. Ek 6)

8.2.2.2 İmalat Prosesi Denetimi

Kuruluş her bir imalat prosesini etkinliğini belirlemek için tetkik eder.

8.2.2.3 Ürün Tetkiki

Ürünlerin boyut, ambalaj ve etiket gibi şartları karşıladığını doğrulamak amacıyla, Kalite Güvence Müdürlüğü tarafından ürün denetimleri yapılır.

8.2.2.4 İç tetkik Planları

Kalite sistemine katkısı olan tüm süreçler yılda en az bir kere olmak üzere denetimden geçer. Önemli iç ve dış uygunsuzlukların oluşması veya müşteri şikâyetleri olması durumunda ve Kalite Güvence Müdürü tarafından gerekli görüldüğü hallerde tetkik periyodu uygun şekilde değiştirilebilir.

8.2.2.5 İç Tetkikçilerin Nitelendirilmesi

Süreç denetimlerinde görev alacak denetçinin, uzman kuruluşlar tarafından eğitilmiş ve sertifikalı olması esastır. Proses denetimlerinde görev alacak denetçinin, müşterinin denetçi nitelendirme isteklerine uygun olması yeterlidir.

8.2.3.1 Üretim Proseslerinin İzlenmesi Ve Ölçülmesi

Üretim prosesleri, Üretim süreç performansı izleme/ ölçme/ analiz tablosuna göre ve “Üretim Süreci”ne göre ve Kontrol Planlarına göre izlenir/ ölçülür.

8.2.4.1 Yerleşim Muayenesi Ve Fonksiyonel Deneylere Tabi Tutma

8.2.4.2 Görüntü Amaçlı Malzemeler

Isıl işlem hizmeti, Müşteri tarafından görüntü parçası olarak nitelendirilmemektedir.

8.3.1 Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü-Ek

Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü, Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü Prosedürü'ne göre gerçekleştirilir. (Bkz. Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü Prosedürü)

Yapılan muayene ve deneyler sonucu belirlenen şartlara uymayan ürünler, uygun olanlara karışmalarını engellemek üzere özel olarak tanımlanır ve red mamül bölgesine alınır.

8.3.2 Yeniden İşlenmiş Ürünün Kontrolü

Yeniden işlem kararı verilen yarı mamul/ ürünler hata türleri baz alınarak oluşturulan talimata göre yeniden işlenir.

8.3.3 Müşteri Bilgilendirilmesi

Müşteri, uygun olmayan ürünün sevk edilmesi durumunda anında bilgilendirilir.

8.3.4 Müşterinin Sapma İzni

Firma tarafından üretilen ürünlerin onaylanandan farklı olması halinde “Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü prosedürüne göre müşteri onayı alınır. Bu tür partiler uygun şekilde tanımlanır.

8.4.1 Verilerin Analizi ve Kullanımı

Firma, müşteri ile ilgili problemlerin anında çözümü için önceliklendirmeler yapar, mevcut durumları gözden geçirerek uzun vadeli planlama için müşteri ile ilgili temel eğilimleri belirler ve kullanımla birlikte ortaya çıkan ürün bilgilerini zamanında müşteriye raporlar.

8.5.1.1 Kuruluşun Sürekli İyileştirilmesi

Bu kapsamda ,“YGG ve Süreç-Performans değerlendirmesi mevcuttur. (Sürekli iyileştirme planları, süreçler arası bir yaklaşımla, YGG toplantılarında saptanmaktadır.)

8.5.1.2 Üretim Prosesi İyileştirilmesi

Üretim prosesi ile ilgili, proses yetenekleri (Cpk’lar), seri üretim sırasında, belirli periyotlarda raporlanır analiz edilerek, mevcut eğilimlere göre iyileştirmeler planlanır.

8.5.2.1 Problem Çözme

Gerek iç, gerekse dış uygunsuzlukları çözmek için disiplinli ve sistematik problem çözme metodları kullanılır. Bunların bazıları Balık kılçığı, Beyin fırtınası, Pareto analizi’ dir.

8.5.2.2 Hata Önleme

Düzeltilici/ Önleyici faaliyet uygulamalarında, problemin büyüklüğüne ve karşılaşılan risk’e uygun, özellikle hata önleme tekniklerinin kullanılması sağlanmıştır. (Poka-Yoke, ..., vb.)

8.5.2.3 Düzeltici Faaliyet Etkisi

Uygunsuzluğun sebebini ortadan kaldırmak için uygulanan düzeltici faaliyetler ve kontroller benzer ürün ve proseslerde de uygulanır.

8.5.2.4 Red Edilen Ürünün Deney/Analizleri

Müşteriden gelen iadelerle ilgili olarak problem çözme ekibi tarafından ürün bazında hata sebeplerine yönelik incelemeler, mümkün olduğunca kısa sürede reaksiyon vermeyi sağlayacak şekilde yapıp istatistiksel bilgiler tutulur, aylık olarak raporlanır ve diğer departmanlara yayınlanır.

11 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Böyle bir sistemin kurulması için gerçekleştirilen çalışmanın en önemli yararı otomotiv endüstrisine çalışan birçok yeni firmanın müşteri olarak kazanımının sağlanılmasının mümkün olmasıdır. Otomotiv endüstrisine ait şartlar karşılandığında direk olarak otomotiv ana sanayine çalışan birçok müşteri ısıtma işlem hizmetini beklentilerini karşılayacak nitelikte almaya başlayacaktır. Her bir müşterinin kendi özel istekleriyle beraber müracatta bulunması firmanın sistematik ve operasyonel gelişimine pozitif katkılarda bulunacak, böylelikle firmanın hızlı gelişiminin sektörde duyulması sağlanacaktır. Kalitenin iyileştirilmesinde ve müşteri memnuniyetinin en üst seviyeye çıkarılmasında standardın uygulanmasıyla elde edilen faydalı sonuçlar ve standardın uygulanmadığı durumla uygulandıktan sonraki değişimlerin sonuçlarının karşılaştırılması incelendiğinde şunlar görülebilir:

1. Bilindiği üzere TS 16949 sürekli iyileşmeyi hedef alan, hataları kaynağında önleme üzerine kurulu aynı zamanda temin zincirindeki değişiklik ve kayıpları azaltan bir spesifikasyondur. Uygulamaların hayata geçirilmesiyle birlikte ilk olarak AIAG'ın geliştirdiği CQI-9 (continious quality improvement) kılavuzunun uygulanması sağlanarak önemli iyileştirmeler kaydedilmiştir.
2. Her yeni ürünün FMEA ve Kontrol Planlarıyla gözden geçirilmesi sağlanarak bu çalışmalar çerçevesinde prosesi hazırlanmıştır. Böylelikle ürün henüz işleme alınmadan ne gibi problemlerle karşılaşılabilceği bilinerek her bir problem için önlemlerin ya keşfedici ya da önleyici olarak ele alınmasının önü açılmaktadır. Bu çalışmaların yapılmasıyla birlikte geçmişte yaşanan birtakım problemlerin önüne geçildiği tespit edilmiştir. 2008 yılı ilk 4 ayının izlenen sonuçlarına göre çeşitli sebeplerden meydana gelen ürünlerdeki homojen olmayan sertlik problemleri ve bu problemleri doğuran sebepler Çizelge 11.1 ve Çizelge 11.2' de listelenmiştir.

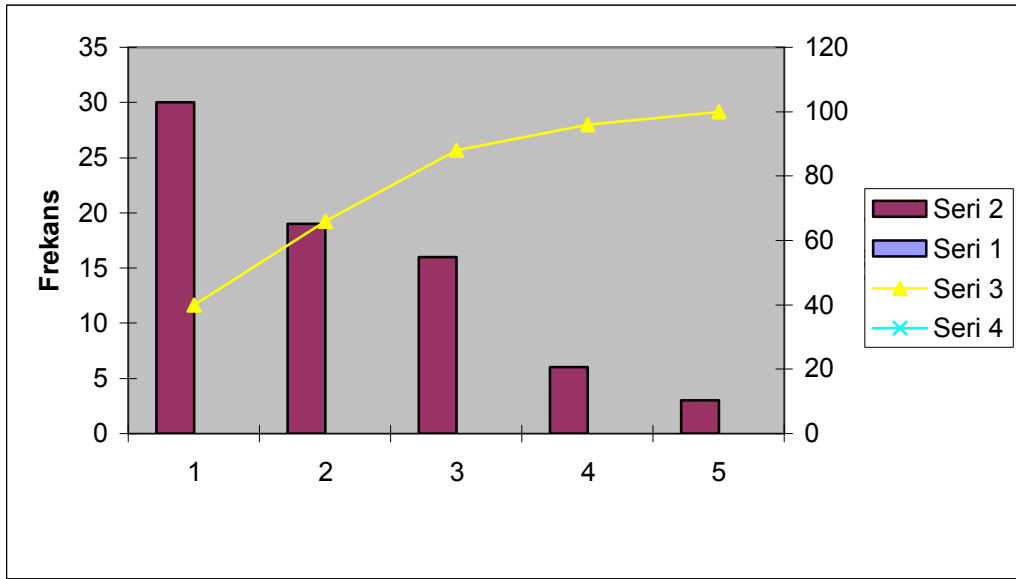
Çizelge 11.12008 yılı karışık sertliğe neden olan sebepler ve görülme sıklıkları

KARIŞIK SERTLİK	1.AY	2.AY	3.AY	4.AY	AYLIK ORTALAMA
Aşırı yükleme	8	7	7	8	7.5
Fan Arızası	6	5	4	4	4.75
Yağ karıştırıcı arızası	4	5	4	3	4
Hatalı ölçüm	2	1	2	1	1.5
Diğer	1	1	1	0	0.75
Toplam	21	19	18	16	18.5

Çizelge 11.22008 yılı karışık sertlik nedenleri toplamaları

KARIŞIK SERTLİK NEDENLERİ	HATA ADEDİ	%	KÜMÜLATİF %
Aşırı yükleme	30	40	40
Fan Arızası	19	26	66
Yağ karıştırıcı arızası	16	22	88
Hatalı ölçüm	6	8	96
Diğer	3	4	100
Toplam	74		

Sertlik değerlerindeki değişimin sebep olduğu sorunların belirlenmesi için PARETO analizi yapılmış, karşılaşılan hatalarını önem derecesine ve oranına göre grafik düzenlenmiştir. Aşırı yükleme, fan arızası, yağ karıştırıcı arızası, hatalı ölçüm ve diğer hataların sıklığı Şekil 11.1’ de verilmiştir. Grafikte görülen 1,2,3,4,5 sayıları Çizelge 11.2’ de verilen karışık sertlik nedenlerini sırasıyla ifade etmektedir.



Şekil 11.1 Karışık sertlik ve buna sebep olan etkenlerin pareto analizi grafiği

Pareto analizini mütekip yapılan çalışmalar ve alınan önlemler sonucu; Ek-16'da sözü edilen çalışmalardan sonra ortaya çıkan durum sistemin başarısını ortaya koymaktadır. Çizelge 11.3 ve Çizelge 11.4'de verildiği gibi homojen olmayan sertlik değerleri sorununa sebep olan aşırı yükleme sorunu devreye alınan otomatik yükleyici ünitesi ve ışık perdeleri sayesinde tamamen ortadan kaldırılmaktadır. Sistem, ürünlerin aşırı yüklenmesine izin vermemektedir. Benzer şekilde yağ tankı içerisinde bulunan sensörler vasıtasıyla yağ karıştırıcıda meydana gelen arızalar bilgisayar ortamında izlenmekte olup sistem otomatik alarm vererek operatörü uyarmaktadır.

Çizelge 11.3 2009 yılı karışık sertliğe neden olan sebepler ve görülme sıklıkları

KARIŞIK SERTLİK	1.AY	2.AY	3.AY	4.AY
Aşırı yükleme	0	0	0	0
Fan Arızası	2	1	1	2
Yağ karıştırıcı arızası	0	0	0	0
Hatalı ölçüm	1	1	1	1
Diğer	1	1	1	0
Toplam	4	3	3	3

Çizelge 11.42009 yılı karışık sertlik nedenleri toplamaları

KARIŞIK SERTLİK NEDENLERİ	HATA ADEDİ	%	KÜMÜLATİF %
Aşırı yükleme	0	0	0
Fan Arızası	6	46	46
Yağ karıştırıcı arızası	0	0	46
Hatalı ölçüm	4	31	77
Diğer	3	23	100
Toplam	13		

3. Bunun yanında 2008 yılının ilk 4 ayı müşteri şikayetleri oluşumu ve bu şikayetlere neden olan faktörler Çizelge 11.5 ve Çizelge 11.6' da görülmektedir.

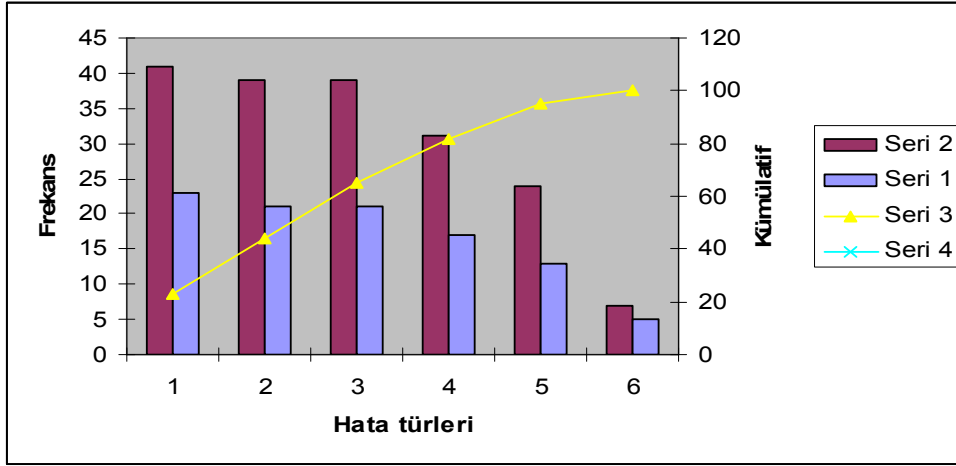
Çizelge 11.52008 yılı müşteri şikayeti neden olan sebepler ve görülme sıklıkları

MÜŞTERİ ŞİKAYETİ	1.AY	2.AY	3.AY	4.AY	AYLIK ORTALAMA
Tanımsız Malzeme	12	11	9	7	9,75
İmalat içi iş akış düzeninde aksaklık	8	8	7	8	7,75
Geriye dönük izlenebilirlikte sıkıntılar	9	11	10	9	9,75
CQI-9 şartlarının yerine getirilmesinde zorluklar	7	6	6	5	6
Proseslerin 24 saat süreyle izlenememesi	11	10	11	9	11,75
Diğer	2	2	1	2	1,75

Çizelge 11.62008 yılı müşteri şikayeti nedenleri toplamı

MÜŞTERİ ŞİKAYET SEBEPLERİ	HATA ADEDİ	%	KÜMÜLATİF %
Proseslerin 24 saat süreyle izlenememesi	41	23	23
Tanımsız Malzeme	39	21	44
Geriye dönük izlenebilirlikte sıkıntılar	39	21	65
İmalat içi iş akış düzeninde aksaklık	31	17	82
CQI-9 şartlarının yerine getirilmesinde zorluklar	24	13	95
Diğer	7	5	100
Toplam	181		

Yine benzer şekilde müşteri şikayetlerine neden olan etkenlerin belirlenmesi amacıyla PARETO analizi yapılmış, şikayetlerin önem derecesine ve oranına göre grafik düzenlenmiştir. Çizelge 11.5 ve Çizelge 11.6’da ki veriler yardımıyla Şekil 11.2’ de ki grafik düzenlenmiştir. Grafikte görülen 1,2,3,4,5 sayıları Çizelge 11.6’ de müşteri şikayet nedenlerini sırasıyla ifade etmektedir.



Şekil 11.2 Müşteri şikayetleri ve buna sebep olan etkenlerin pareto analizi grafiği

TS 16949 spesifikasyonu şartları yerine getirildikten sonraki durum ise Çizelge 11.7' de listelenmiştir.

Çizelge 11.7 2009 yılı müşteri şikayetine neden olan etkenler ve görülme sıklıkları

MÜŞTERİ ŞİKAYETİ	1.AY	2.AY	3.AY	4.AY
Tanımsız Malzeme	0	0	0	0
İmalat içi iş akış düzeninde aksaklık	1	0	1	1
Geriye dönük izlenebilirlikte sıkıntılar	0	0	0	0
CQI-9 şartlarının yerine getirilmesinde zorluklar	1	0	1	0
Proseslerin 24 saat süreyle izlenememesi	0	0	0	0
Diğer	1	1	1	2

Elde edilen bu sonuçlar sistemin başarısını ortaya koymaktadır.

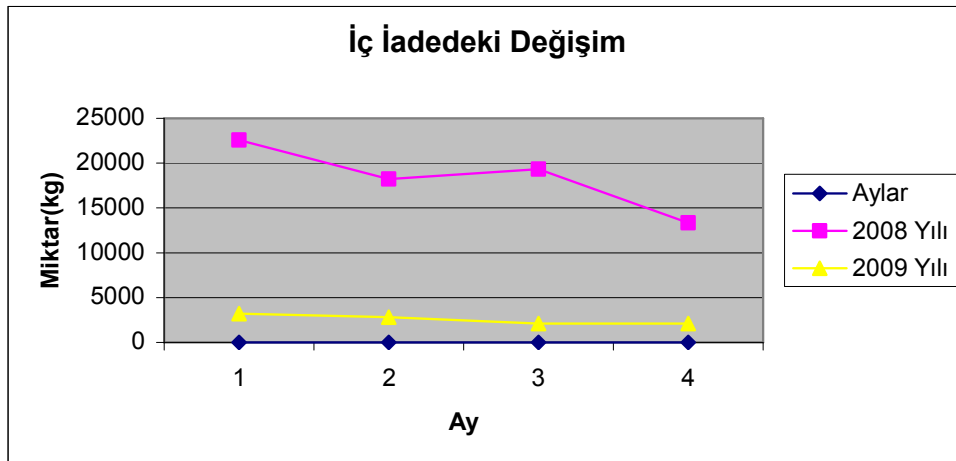
4. Ek-16’da ki çalışmalardan sonra işletme de ciddi anlamda hata oranlarında ve dolayısıyla iç ve dış iade oranlarında azalma meydana geldiği gözlemlenmektedir. İç ve dış iadeler de 2008 yılı ilk 4 ayı ile 2009 yılı ilk 4 ayının karşılaştırılması yapıldığında verimlilikteki artış görülmektedir. Çizelge 11.8’de 2008 yılına ait ve Çizelge 11.9’da 2009 yılına ait iç iade oranları verilmiş olup, bunların grafiği Şekil 11.3’ de gösterilmektedir..

Çizelge 11.82008 Yılı İç İade Oranı

2008 YILI			
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
22565 kg	18222 kg	19312 kg	13339 kg

Çizelge 11.92009 Yılı İç İade Oranı

2009 YILI			
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
3215 kg	2828 kg	2113 kg	2100 kg



Şekil 11.32008-2009 Yılı İç İadedeki Değişim Grafiği

Birinci ayda 23.000Kg olan iade oranı göreceli olarak düşmüş ve 4. ayda 12.000kg’ a düşürülmüştür.

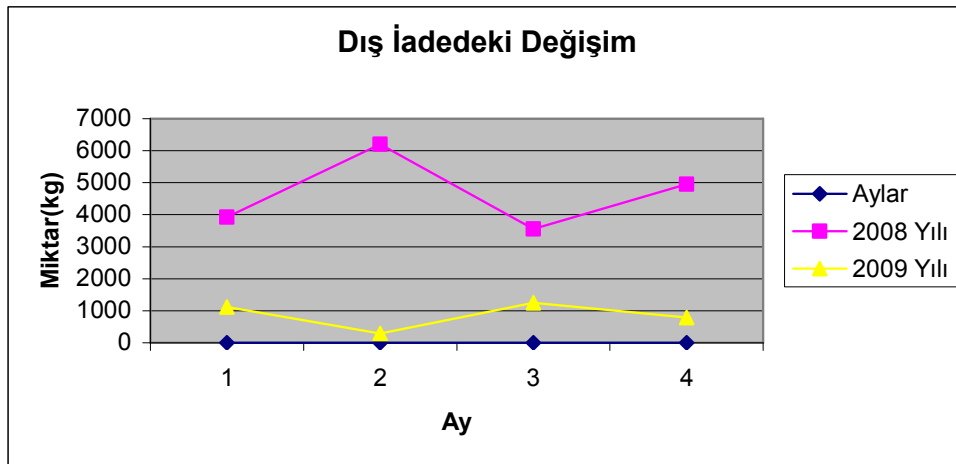
Benzer şekilde Çizelge 11.10’ da 2008 yılına ve Çizelge 11.11’ de 2009 yılına ait dış iade miktarları verilmiş olup, bunların grafiği Şekil 11.4’ de gösterilmektedir.

Çizelge 11.10 2008 Yılı İç İade Oranı

2008 YILI			
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
3927 kg	6200 kg	3550 kg	4950 kg

Çizelge 11.11 2009 Yılı İç İade Oranı

2009 YILI			
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
1115 kg	287 kg	1250 kg	785 kg



Şekil 11.4 2008-2009 Yılı Dış İadedeki Değişim Grafiği

- Bunlara paralel olarak 2008 yılında ilk 4 ayda müşteri tarafından açılan DÖF(Düzeltici Önleyici Faaliyet) ve 8D Aksiyon Raporlarında da azalmalar meydana geldiği

görülmektedir. 2008 yılının ilk 4 ayında müşteri tarafından açılan DÖF sayısı 14 iken 2009 yılı ilk 4 ayında müşteri tarafından açılan DÖF sayısı 5 de kalmaktadır. Bu, iyileşmenin en önemli somut göstergelerinden birisidir.

6. İç ve dış iadelerin azalmasına girdi oluşturan en önemli faktör otomotiv endüstrisinin ısıtım işlem üreticilerinden talep ettiği CQI-9 spesifikasyonunun uygulanmasıdır. Bu çerçevede ürünlerin fırınlardan çıkmaya başlamasını takiben her iki saatte bir sertleştirme ve meneviş sonrası ayrı ayrı yüzey ve çekirdekten yapılan ölçümler ilgili forma kaydedilmektedir. Her fırın için günde bir kez mikro yapı ve dekarbürizasyon incelemesi yapılmakta, böylelikle proseslerin sürekli bir şekilde kontrol altında tutulması sağlanmaktadır. Soğutma yağlarının 3 ayda bir analizleri yapılarak, viskoziteleri, parlama noktaları, kalıntı miktarları belirlenerek soğuma eğrileri çıkarılmaktadır. Bu sayede ısıtım işlemin en önemli girdilerinden birisi olan sertleştirme ortamının sürekli takibi sağlanmakta ve oluşabilecek hataların önüne geçilmektedir.
7. TS 16949 şartlarını karşılayabilmek amacıyla gerçekleştirilen yatırımlar arasında PET (Process Enhancement Technology) sistem adı verilen bir yazılım en önde gelmektedir. PET sistem aracılığıyla ürünün fırına şarj edilmesinden çıkışına kadar geçirdiği tüm evreler gerçek zamanlı olarak izlenip 24 saat süreyle kayıt altına alınabilmektedir. Proses esnasında yaşanabilecek uygunsuzluklar da kaydedilerek ileriye dönük aksiyonlar alınmasında önemli girdiler oluşturmaktadır. Birçok proses dışı uygunsuzluğu önleyen ve kişisel operatör hatalarını engelleyen bir sistem olan PET ürün kalitesini arttırarak kayıtlı proses değerleri oluşturulmasına ve operatör inisiyatiflerinin proses yönüne çekilmesine katkılar sağlamaktadır.
8. Isıtım işlemin, hatta metalurjik hizmet sağlayan tüm işletmelerin en önemli ve prosesi birinci dereceden etkileyen kontrol cihazı olan termokupl; kalibrasyon, doğrulama ve değiştirme periyotlarının arttırılmasıyla daha güvenilir fırın ve proseslerin elde edilmesi sağlanmaktadır. Böylelikle potansiyel hataların önüne geçilerek verimlilikte ciddi artışlar elde edilmektedir. Örneğin; yılda bir kez termokupl değişimi yapıldığı dönemlerde 2. altı aylık kalibrasyonda ortalama 20-30°C'lik sıcaklık sapması tespit

edilerek buna göre proses sıcaklıkları belirlenirken, termokupl değişim periyodu 6 aya çıkarıldıktan sonra sıcaklık sapmaları ortadan kaldırılmaktadır.

9. TS 16949 spesifikasyonun en önemli olumlu etkileri evre ve düzenleme üzerinde görülmektedir. Bu erevede 5S evre düzenlemesi baz alınarak birtakım değişiklikler gerçekleştirilmiştir. İşletme içerisinde varolan ancak hiç kullanılmayan ekipmanlar işletmeden tamamen uzaklaştırılmaktadır. Nadir olarak kullanılan ekipmanlar için genel bir depo oluşturulmuş ve ilgili ekipmanlar orada stoklanmaya başlanılmıştır. Ayda birden fazla kullanılan ekipmanlar de işletmeye yakın bir depoda muhafaza edilmektedir. Her an kullanılması gereken ekipmanlar ise işletmede oluşturulmuş raflarda tutulmaktadır. Bununla birlikte işletme içi ürün sahaları tabelalarla tanımlanarak belirli bir düzenin oluşması sağlanmaktadır. Temizlik için işletmedeki bir kişi bu işle görevlendirilerek işletme içerisinde düzenli olarak temizlik yapılması sağlanmaktadır. Temizlik cihaz ve ekipmanlar için aynı zamanda bir muayenedir. Temizlik yapılarak cihazlar muayeneden de geçirilmekte eksiklik ve hatalar tespit edilerek kalıcı çözümler oluşturulmaktadır. Tüm bu işlemlerden daha önemlisi bu çalışmaları standart bir hale getirerek disiplini sağlamaktır. Bu nedenle çalışanlar için 5S eğitimi düzenlenerek çalışanların bu konuda geniş bir bilgiye sahip olması sağlanmıştır. evre düzenlemesi sayesinde operatörlerin alet ve ekipman arama süreleri azalmakta iş harici harcanan zamandan ciddi tasarruflar sağlanmaktadır. Organize, temiz ve düzenli bir çalışma ortamı oluşturulduğundan iş kazalarının önüne geçilmesine yardımcı olunmakta ve daha güvenli bir çalışma ortamı oluşturulmaktadır. Bölge ve raf tanımlamaları sayesinde en verimli çalışma ortamı oluşturulmuştur. 5S uygulaması kendisini, azalan makine arızaları, artan verimlilik, azalan israf, artan iş güvenliği, yükselen motivasyon, artan kar, iyileşen tedarikçi-müşteri ilişkileri ile göstermektedir.

10. Gerçekleştirilen nleyici ve kestirimci bakımlarla, fırın ve cihazların arızalanmaları engellenerek iş kayıpları ve duruşlar minimum seviyelere çekilmektedir.

11. PPAP sunumları gerçekleştirilirken ürün bazında SPC ve MSA alışmaları yapılmaktadır. SPC alışmaları yapılırken toleransın %60'ının içerisinde kalmaya

dikkat edilerek en uygun ve kararlı proseslerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede küçük çaplı sorunlarda dahi toplam tolerans içerisinde kalınması sağlanmaktadır. Buna paralel olarak kararlı prosesler sayesinde kalite kontrol sarf giderlerinde de ciddi maliyet azalmaları sağlanmıştır. Ürün üretilirken proses kontrol altında tutulduğu için son kontrolde ölçüm sayıları azaltılarak ve numune hazırlama sarf giderleri ve çalışan personelin zaman kayıpları azaltılarak daha verimli çalışma ortamı oluşturulmaktadır.

12. Aynı şekilde her ürün için yapılan MSA çalışmaları ile ölçüm cihazlarının yetenekleri hesaplanarak tekrar yapılabirlik ve tekrar üretilebilirlik ile farklı veri kategorileri sayıları hesaplanır. Böylece ölçüm cihazlarının prosesi kontrol yetenekleri belirlenerek elde edilen sonuçlara göre cihazların kalibrasyon ve değiştirilme periyotları belirlenmektedir. Yapılan çalışmalar ekte incelenebilir. (Bkz. Ek-10,11,12)

13. TS 16949 spesifikasyonunda, ISO 9001'den farklı olarak bir de eğitim prosedürünü zorunlu hale getirmiştir. Bu kapsamda çalışan personelin farkındalık ve bilinçlerinin, iş motivasyonlarının arttırılması amacıyla planlanan çeşitli eğitimler hayata geçirilmektedir. Gerçekleştirilen eğitimler sayesinde personelin motivasyonu artmakta buna paralel olarak da işteki verimi yükselmektedir. Yine eğitimler sayesinde işin yapıldığı alanındaki talimatlara uyum oranlarında yükselmeler gözlenmektedir.

Sonuç olarak TS 16949 spesifikasyonu şartlarının uygulanmasıyla, işletmenin sektördeki prestiji ve tanınırlığı artmış, mevcut müşterilerle ilişkilerde gözle görülür iyileşmeler meydana gelmekte, müşteriden gelen iş miktarları yükselmiş ve yeni müşteriler kazanılmaktadır. Firmanın geriye dönük bilgilere ulaşabilme ve izlenebilirlik yeteneği yükselmiş, işletme birimleri arasındaki bilgi alış veriş daha sağlıklı hale getirilerek koordinasyon artmıştır. Verilen çeşitli eğitimlerle mevcut personelin işe bakışı ve farkındalığı olumlu yönde değişerek firmaya ve ürün kalitesine olan etkisi gelişmiştir. Ürünlerdeki hata oranı azalarak maliyetler düşmüş ve buna paralel olarak verimlilikte ciddi artışlar meydana gelmiştir. Müşteri şikayetleri azalarak müşterilerden gelen düzeltici faaliyet istekleri minimum seviyelere indirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Automotive Quality Systems Handbook (Second Edition), 2005, Pages 95-114
David Hoyle
- [2] Applying collaborativedesign and modularized assembly for automotive ODM supply chain integration. (Amy J.C Trappey, David W. Hsiao) Computers in Industry, Volume 59, Issues 2-3, March 2008, Pages 277-287
Amy J.C. Trappey, David W. Hsiao
- [3] APQP-PPAP Eğitim notları- Inotec Eğitim Merkezi, Nisan 2008
- [4] Implementation of APQP-concept in design of QMS (M.Bobrek, M.Sokovic), 13th international scientific conference on achievements in mechanical and materials engineering, 16-18 May 2005
- [5] Kalite geliştirme için istatistiksel yöntemler-A.Naci Uğur, Makine Yüksek Mühendisi İTÜ 1960
- [6] İstatistiki proses kontrol uygulamaları için bir sistem tasarımı-Burçin M.Durman, Yrd.Doç.Dr.Fatma Pakdil, 7. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, 2005
- [7] İstatistiksel proses kontrol tekniklerinden biri olan pareto analizi ile çimento sanayinde bir uygulama-Selami Özcan, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi cilt 2, sayı 2, 2001
- [8] Quality Strategy, Strategic Control Systems, and Organizational Performance-Christopher D.ITTNER and David F. LARCKER, University of Pennsylvania, 1997
- [9] A study into the use of the process failure mode and effect analysis (PFMEA) in the automotive industry in the UK-K.G.Johnson, M.K.Khan, Ford Motor Company, Journal of Materials Processing Technology, Volume 139, Issues 1-3, 20 August 2003, Pages 348-356
- [10] Kayan NURCAN, “Kalite Kavramı ve Gelişimi I”, Standart Ekonomik ve Teknik Dergi, Yıl 35, Sayı 419, Kasım 1996, s. 103.
- [11] Efil İSMAİL, “Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kaliteye Ulaşmada Önemli Bir Araç – ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi”, Uludağ Üniversitesi Yayınları, Yayın No 110, Bursa, 1996, s. 5-6.
- [12] Özgen HÜSEYİN, Savaş HALİL, “Verimlilik ve Kalite Arasındaki İlişkinin Toplam Kalite Yönetimi Anlayışı Açısından Analizi”, Standart Ekonomik Dergi, Yıl 36, Sayı 422, Şubat 1997
- [13] FMEA, Hata Modu-etki Analizi, 6sigma yeşilkuşak eğitimi, Hayes Lemmerz International, 2006
- [14] Şimşek, M., Sorularla Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri, Alfa Basım Yayım Ltd. Şti., İstanbul, 2000.
- [15] EQOC, European Organization for Quality Control, Glossary, 3rd Edition, Rotterdam, 1972.
- [16] Akın, Besim, Vedat Erol, Canan Çetin, Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1998.

- [17] Gülizar Hoyur, Sıfır Hata ve Hata Önleme Tekniği Olarak Poka Yoke, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul 2001
- [18] Stamatis, D. H., Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory to Execution, ASQC Quality Press, Milwaukee, 1995.
- [19] Boyacıoğlu, B., Hata Etkileri Analizi – FMEA, Elginkan Vakfı Eğitim Semineri, 1998.
- [20] Yılmaz, B. S., Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi: hata türü ve etki Analizi, Vol.2, No.4, 2000.
- [21] Yılmaz, A. , Hata Türü ve Etki Analizi , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul,1997.
- [22] Motor Vehicle Company, Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Process (Process FMEA), Society of Automotive Engineers (SAE), 2000.
- [23] Aktaş, S., Hata Türü ve Etkileri Analizi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Bitirme Tezi, İzmir, 1997.
- [24] Ford Motor Company, Failure Mode and Effects Analysis Handbook, Ford Motor Company, Dearborn, 2000
- [25] Duman, E. , Hata Türü ve Etkileri Analizi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul,2001.
- [26] Bilgin, M. , Tasarımda Kalite ve FMEA Metodu , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1994.
- [27] Revelle, J. B., Moran, J. W. & Cox, C. A., The QFD Handbook, John Wiley and Sons, New York, 1998.
- [28] İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri-Tuğba Yıldız, Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul 2007
- [29] Otosan İnönü Fabrikası-İstatistiki operasyon kontrolü uygulama kılavuzu-Çeviri: Serhan Dilbaz, 2003
- [30] Otokar Otobüs Karoseri A.Ş. Ergüder Gürel kişisel eğitim notları, 2006
- [31] AKIN BESİM ve ÖZTÜRK ERKAN, İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması, Marmara Üniversitesi, İstanbul 2005
- [32] 6 sigma uzman kara kuşak Salih ARSLAN in eğitim notları, 2006
- [33] Automotive Quality Systems Handbook (Second Edition), 2005, Pages 95-114 David Hoyle (pages 553-674)
- [34] MESS Eğitim Vakfı Eğitim Seminer Notları, 29.10.2008
- [35] FMEA 4. Revizyon Bilgilendirme Eğitimi Notları-İnotec Yönetim danışmanlık A.Ş.
- [36] İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Verimlilik Analizi Dersi Ödevi, Latif Ulu, Ocak 2005

- [37] Love, Fred “Six Sigma:What does it really mean?”, informed Outlook, 1999
- [38] Implementing Six sigma, Breyfogle,Forrest W.,2000, ss.4-5
- [39] The value of six sigma, quality digest, Thomas Pyzdek, 1999
- [40] Organizing Six Sigma, Christopher J. Zampogna, Boise State University, 2001

İNTERNET KAYNAKLARI

[41] 8D, Ali Karakan, İnternet kaynağı, www.yenimuhendis.com

EKLER

Ek 1 Kalite Kayıtlarının Kontrolü Prosedürü

Amaç

Firma Kalite Yönetim Sistemi çerçevesinde tutulan tüm kalite kayıtların tanımlanması, muhafazası, korunması, tekrar elde edilebilir olması, saklama süresi ve elden çıkarılması ile ilgili esasları belirlemek.

Kapsam

Kalite sistemini etkileyen tüm kalite kayıtlarını kapsar.

Tanımlar

Kalite: Bir ürün veya hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan, özelliklerinin toplamıdır.

Kalite Kaydı: Kalite yönetim sistemini ve ürün kalitesini etkileyen tüm kayıtlardır.

Kalite Güvencesi: Ürün veya hizmetin, kalite için belirlenen istekleri karşılamak maksadıyla, yeterli güveni sağlaması için gereken planlı ve sistematik faaliyetlerin bütünüdür.

Sorumluluklar

Bu prosedürün hazırlanması, revizyonu, iptali, dağıtılması ve arşivlenmesinden Kalite Güvence Müdürü, uygulanmasından tüm bölüm sorumluları sorumludur.

İlgili Dökümanlar

Kalite Kayıtları Arşivleme Tablosu

Uygulama

Her bölüm ile ilgili kalite kayıtlarının tanımlanması ve saklanma süreleri bölüm sorumluları tarafından Kalite Güvence Müdürüne sözlü veya yazılı olarak bildirilir.

Sürelerin belirlenme işlemi; ilgili bölüm sorumluları tarafından, ihtiyaca ve yasal kurallara göre gerçekleştirilir.

Bölüm sorumlularından gelen talep doğrultusunda; Kalite Güvence Müdürü tarafından Kalite Kayıtları Arşivleme Tablosu oluşturularak tüm bölümlere yayınlanır.

Belirlenmiş saklama sürelerinde arşivleme ve koruma işlemleri Kalite Kayıtları Arşivleme Tablosu'na göre ilgili sorumlular tarafından gerçekleştirilir.

Kayıtların ilgili bölümlerde muhafazası; tanımlanmış klasörlerde ve belirtilen süreler içerisinde dolaplar içinde gerçekleştirilir. Dolaplar üzerinde “Yangında İlk Kurtarılacak” ibaresi bulunur.

Bölümlerde muhafaza süreleri dolan kayıtlar arşive kaldırılarak, belirtilen süreler içinde arşivde tutulur. Arşivde yangın tehlikesine karşılık yangın söndürücü bulundurulur.

Kalite kayıtlarının arşivde saklama süresinin dolması sonucunda, tekrar kullanılmayacak şekilde yırtılarak imhası, bölüm sorumlusu tarafından Kalite Güvence Müdürüne bilgi verilerek gerçekleştirilir.

Ek 2 Eğitim Yönetimi Prosedürü

Amaç

Firma çalışanlarının eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi ve karşılanması.

Kapsam

Bu prosedür firmada çalışan tüm personeli kapsar.

Tanımlar

Herhangi bir özel tanımlama yoktur.

Sorumluluklar

Bu prosedürün hazırlanması, revizyonu ve dağıtımından Kalite Güvence Müdürü, uygulamasından tüm firma personeli sorumludur.

İlgili Dökümanlar

Eğitim Planı Formu

Eğitim İhtiyaç Belirleme Formu

Personel Eğitim Talep Formu

Eğitim Katılım Tutanağı

Eğitim Anket Formu

Eğitim Etkinlik Değerlendirme Formu

Personel Sicil Kartı

İç Yazışma Formu

Uygulama

Her yıl, bölüm sorumluları kendi personelinin ihtiyaç duyacağını düşündüğü eğitimleri, Eğitim İhtiyaç Belirleme Formu ile belirler ve Kalite Güvence Müdürü'ne bildirir. Ayrıca çalışanlar, bireysel olarak eğitime ihtiyaç duyduklarında, Eğitim Talep Formu'nu doldurarak Kalite Güvence Müdürüne iletir.

Kalite Güvence Müdürü, kendisine iletilen Eğitim İhtiyaç Belirleme Formları ve Personel Eğitim Talep Formlarını değerlendirir ve bunlara istinaden o yıla ait Eğitim Planını oluşturur.

Eğitim planına dahil edilen eğitimlerden, kurum dışından karşılanacak eğitimler için, uygun eğitim kurumlarından teklif alınır. Kalite Güvence Müdürü, alınan teklifleri değerlendirerek, eğitim alınacak kurumları belirler.

Eğitim planına dahil edilen eğitimlerden, kurum içinde verilecek eğitimler için; eğitimi verecek kişiler belirlenerek eğitim planında belirtilir.

Hazırlanan Eğitim Planı genel müdür onayına sunulur. Dönem içerisinde eğitim planında değişiklik olursa, eğitim planı revize edilerek yeniden genel müdür onayına sunulur.

Eğitim planında belirlenen eğitimlerden 1 hafta öncesinde, katılacak kişilere, eğitim yeri, tarihi ve saati Kalite Güvence Müdürü tarafından İç Yazışma Formu ile bildirilir.

Gerçekleşen her eğitim sonunda, Eğitim Katılım Tutanağı doldurulur. Alınan eğitim, Eğitim Anket Formu ile katılımcılar tarafından değerlendirilerek Kalite Güvence Müdürüne teslim edilir.

Kuruluş dışı alınan eğitimler için katılım sertifikaları Kalite Güvence Müdürü tarafından, Eğitim Kuruluşundan temin edilir ve bir kopyası Kalite Yönetiminde kalacak şekilde katılımcılara, sertifikaları dağıtılır.

Kalite Güvence Müdürü, alınan eğitim ile ilgili bilgileri Personel Müdürlüğü'nde bulunan Personel Sicil Kartına işletir, Eğitim Katılım Sertifikalarını ve Firma içi eğitimlerin eğitim notlarını dosyalar.

Alınan her eğitimden 1 ay sonra bölüm sorumluları, sınavla ya da işbaşı tespitlerini baz alarak eğitime katılan personelini, Eğitim Etkinlik Değerlendirme Formu ile değerlendirerek sonuçları Kalite Güvence Müdürüne iletir. Sonuçlar 1 ay içerisinde gelmediği takdirde Kalite Güvence Müdürü uygun gördüğü durumda en fazla 1 hafta ek süre verebilir. Bu süre sonunda eğitim etkinliklerinin değerlendirildiğine dair kanıtlar ulaşmazsa Kalite güvence tarafından uygunsuzluk başlatılır.

Eğitim Etkinlik Değerlendirme Formu'nda Değerlendirme sonucu %70 puan ve üzeri alan personel yeterli, %70 puan altı alan personel yetersiz olup, teorik ve uygulamalı olarak yeniden eğitime tabi tutulur.

Ek 3 İşe Alma ve İşbaşı Oryantasyon Prosedürü

Amaç

Bu prosedürün amacı firmanın ihtiyaç duyduğu yeterlilikteki personelin işe alınmasını ve işe alınmayı takiben mümkün olan en kısa zamanda işi tanımasını, adapte olmasını, çalışma koşulları hakkında bilinçlenmesini ve uygunluğunun değerlendirilmesini sağlamaktır.

Kapsam

Bu prosedür firmaya alınan tüm yönetici ve çalışanları kapsar.

Tanımlar

Herhangi bir özel tanımlama yoktur.

Sorumluluklar

Bu prosedürün hazırlanması, revizyonu, iptali, dağıtılması ve arşivlenmesinden Kalite Güvence Müdürü, uygulanmasından Personel Müdürü sorumludur.

İlgili Dökümanlar

İş Başvuru Formu

Oryantasyon Eğitimi Formu

Personel Talep Formu

Uygulama

Personel ihtiyacının doğmasıyla birlikte ihtiyacı olan bölüm Personel Talep Formuyla birlikte İnsan Kaynaklarına personel talebinde bulunur. Talep edilen personel eğer mavi yakalıysa İnsan Kaynaklarından sorumlu müdür tarafından onaylanması yeterlidir. Ancak, talep edilen personel beyaz yakalıysa Genel Müdür'ün onayı alınmalıdır. Talep edilen personelin aranma durumu herhangi bir yöntemle gerçekleştirilebilir. O an ki şartlara göre İnsan Kaynaklarından sorumlu müdür uygun bulduğu bir yöntemle personel aramaya başlayabilir.

İnsan Kaynaklarından sorumlu müdür ilanı vermeden önce talep edilen personelin organizasyondaki yerine göre yetkinliklerini inceleyerek talep formundaki bilgilerle bir çelişki olup olmadığını kontrol eder.

Talep formu ve o görev için gerekli olan asgari düzeydeki yetkinlikler dikkate alınarak ilgili kişiler için, İnsan Kaynaklarından sorumlu müdür tarafından bir ön değerlendirme yapılarak personeli talep eden birim yöneticisine bildirilir.

Personeli talep eden birim yöneticisi, kendisine gönderilen özgeçmiş içerisinden uygun bulduklarını seçer ve İnsan Kaynaklarına bildirir. Bu sonuçlar ışığında seçilen adaylar mülakat için görüşmeye çağrılır. Mülakata gelen adayın eğer mevcut bir özgeçmişi yoksa İş Başvuru Formunu doldurur.

Mülakata ilgili birim yöneticisiyle beraber İnsan Kaynaklarından sorumlu müdür de eşlik eder. Mülakat sonucunda adayların içerisinden en uygun bulunan aday işe alınır.

Yeni personel İnsan Kaynakları bölümünün talep ettiği evrakları tamamlamadan işbaşı yapamaz. Yeni personelin mülakat sırasında oluşturulan özgeçmişi de dosyasına konur.

Resmi işlemleri tamamlanıp işbaşı yapan personele firma tanıtım kataloğu ve iş akış krokisi verilir ve kısaca yapılan işin niteliği tarif edilir. Eğer işe alınan personel beyaz yakalıysa İnsan kaynakları tarafından organizasyondaki tüm birimlere götürülerek tanıştırılır.

İnsan Kaynakları yeni alınan personeli Oryantasyon Eğitimi Formu ile çalışacağı birim yetkilisine teslim eder. Birim yetkilisi yeni personele çalışacağı yeri ve varsa masa, dolap vs. gibi eşyaları gösterir.

Oryantasyon Eğitimi Formu, personel işe başladığında kendisine doldurulmuş olarak verilmelidir. Belirlenmiş standart bir oryantasyon planının olmadığı hallerde İnsan Kaynakları yeni personelin çalışacağı birim dikkate alınarak bu planı yaptırır. Böylesi hallerde birim yetkilisi yeni personelin görev tanımını da dikkate alarak, oryantasyon sırasında bulunacağı birimleri, bulunma sürelerini ve bu süre içinde öğrenmesi gereken konuları bu forma işler. Oryantasyon işbaşı tarihini takiben en geç 3 iş günü içinde başlatılmalıdır.

Oryantasyon sırasında bulunulan her birim, o birimini yetkilisi tarafından kalite sistem dökümanları ve işleyiş, dikkat edilmesi gereken konular da dahil olmak üzere tanıtılır. Her birimdeki oryantasyon tamamlandıktan sonra o birimin yetkilisi formda kendisi için ayrılmış kısmı doldurarak çalışanla beraber çalışanın kendi birimine gönderir.

Oryantasyon tamamlandıktan sonra yeni personelin 3 aylık bir çalışma periyodundan sonra değerlendirilmesi amacıyla Genel Müdür'ün de katılımıyla bir değerlendirme yapılır ve personelin işe devam etmesi, yeniden oryantasyona tabi tutulması ya da çıkışının verilmesi konusunda karar verilir.

Ek 4 Kalibrasyon Prosedürü

Amaç

Bu prosedürün amacı, firmada kullanılan tüm ölçü ve kontrol ekipmanlarının listelenmesi, kalibrasyon ve doğrulama ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bu faaliyetlerin planlı olarak gerçekleştirilmesinin sağlanmasıdır.

Kapsam

Bu prosedür, firmada kullanılacak tüm ölçüm ve kontrol ekipmanlarını kapsar.

Tanımlar

Kalibrasyon: Ölçü aletinin, doğruluğu tanımlanmış ve izlenebilir kontrol cihazları ile akredite bir kalibrasyon firması tarafından yapılan kontrol, varsa sapma miktarlarının belirlenmesi ve mümkünse ayarının yapılması.

Doğrulama: Ölçü aletinin, bir referans ile karşılaştırılması.

İlgili Dökümanlar

Ölçü Aletleri Listesi

Doğrulama Raporu Formu

Kalibrasyon Takip Formu

Kalibrasyon/Doğrulama Planı Formu

Kalite Kayıtlarının Kontrolü Prosedürü

Sıcaklık Sistemleri Doğrulama Formu

Haftalık Doğrulama Testi Formu

Sıcaklık Gösterge Sistemleri Doğrulama Talimatı

Sorumluluklar

Bu prosedürün hazırlanması, revizyonu, dağıtımından Kalite Güvence Müdürü, uygulanmasından Kalite Güvence Müdürü, Kalite Kontrol ve Proses İzleme Görevlileri ile Vardiya Sorumluları sorumludur.

Uygulama

Firmadaki Ölçme ve Kontrol Aletlerinin Listelenmesi

Firmada kullanılan tüm Ölçü Aletleri; Ölçü Aletleri Listesine Kalite Güvence Müdürü tarafından işlenir. Tüm ölçü aletleri listelenirken kalibrasyon gereği ya da doğrulama gereği listede belirtilir. Bu işaretleme yapılırken ölçü aletinin nerede kullanıldığı, ölçülecek kriterin hassasiyeti göz önüne alınarak işlenir.

Ölçü Aletlerinin Kalibrasyonu

Kalibrasyon işlemi, akredite kalibrasyon firmalarında yapılır. Gelen tüm sertifikalar Kalite Güvence Müdürü tarafından incelenir ve kalibrasyon sonucuna göre ve ölçü aletinin kullanıldığı yere göre sonuç değerlendirilir. Sonuç uygun değil ise ölçü aleti listeden çıkartılır ve kullanım dışı olarak tanımlanır.

Ölçü Aletlerinin Doğrulaması

Firmada yapılan doğrulama (gerek görülen) için birim sorumlusu tarafından talimat hazırlanır ve doğrulama işlemleri bu talimatlara göre yapılır (Sıcaklık Gösterge Sistemleri Doğrulama Talimatı. Yapılan doğrulama işlemleri, Doğrulama Raporu Formu'na, Sıcaklık Sistemleri Doğrulama Formu, Haftalık Doğrulama Testi Formu işlenir. Doğrulama sonucu bu raporda belirtilir.

Ölçü Aletlerinin Tanımlanması, Kalibrasyon Doğrulama / Durumlarının Belirtilmesi

Tüm ölçü aletleri aşağıda tanımlandığı biçimde kodlanır.

XX – XX

— Kaçınıcı ölçü aleti olduğu
— Ölçü aleti tanımı

Ölçü aletlerinin üstünde kalibrasyon yapan firmalar tarafından yaptırılan, kalibrasyon yapıldığı tarih ve sonraki kalibrasyon tarihini gösteren etiketler mevcuttur. Firmada doğrulama yapılan ölçü aletinin doğrulama durumu; Kalite Güvence Müdürü tarafından aşağıda tanımlı etiket doldurularak ve ilgili ölçme aletinin üzerine yapıştırılarak tanımlanır.

Ölçü Aleti Kod No

Doğrulama Tarihi

Bir Sonraki Doğrulama Tarihi

Onay

Kalibrasyon / Doğrulama Planının Yapılması

Firmadaki tüm ölçü aletleri için Kalite Güvence tarafından yıllık kalibrasyon / doğrulama planı formu hazırlanır. Bu plan Kalibrasyon Takip Formuna işlenir. Doğrulama yapılacak ölçü aletleri de bu plana işlenir. Ölçü aletlerinin kalibrasyon ve doğrulama süreleri tavsiye edilen süreler olacağı gibi kullanıldığı yer, kullanma sıklığı ve ölçüm aralığı düşünülerek Kalite Güvence Müdürü tarafından değiştirilebilir.

Yeni Ölçü Aletlerinin ve Teçhizatların Listeye Alınması

Firmaya alınan yeni ölçme aletleri veya teçhizatlar Kalite Güvence Müdürü'ne verilir ve kodlaması yapılır. Ölçü aletinin kalibrasyon veya doğrulama gereği incelenir. Eğer gerekiyorsa kalibrasyona gönderilir ya da doğrulama yapılır. Her yeni ölçme aleti Ölçü Aletleri Listesi'ne ilave edilir ve liste revize edilerek yeniden yayınlanır.

Ek 5 Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü Prosedürü

Amaç

Giriş, proses ve son kontrol aşamalarında tespit edilen, uygun olmayan yardımcı malzemelerin ve “müşterinin temin ettiği ürünlerin” tanımlanma, ayırma, elden çıkartma ve yanlışlıkla kullanılma yada sevk edilmesini önleme yöntemlerini belirlemek.

Kapsam

Firma içinde kullanılan tüm yardımcı malzemeleri ve müşteri tarafından temin edilen ürünleri kapsar

Tanımlar

Uygun Olmayan Ürün: Müşteri tarafından belirlenen şartları sağlamayan ürün.

Tedarikçi: Bir ürünü sağlayan kuruluş veya kişi.

Sorumluluklar

Bu prosedürün hazırlanması, revizyonu, iptali, dağıtılması ve arşivlenmesinden Kalite Güvence Müdürü, uygulanmasından üretim ve kalite kontrol bölümleri sorumludur.

İlgili Dökümanlar

Ara Kontrol Talimatı

Son Kontrol Talimatı

Malzeme Tanıtım/Kontrol Kartı

Müşteri Hata Bildirim Formu

Uygun Olmayan Ürün Formu

Malzeme Kabul Formu

Kalite Kayıtlarının Kontrolü Prosedürü

Uygulama

Müşteriden Gelen Malzemelerdeki Uygunsuzluk Durumu

Parça görünür özelliklerinin sonucu malzeme uygun ise, sevk elemanı, müşteriden gelen malzemenin üzerine Malzeme Kabul Formunu ilişitirir ve gerekli alanları doldurarak ürünü sevk alanına aldırır.

Sevk elemanı malzeme ile ilgili olarak Malzeme Kabul formunu doldurur. Parça görünür özelliklerinin kontrolü sonucu malzeme red ise sevk elemanı malzeme kabul formunun alt kısmındaki malzeme tanıtım/kontrol kartını, RED bölgesine kırmızı etiket yapıştırarak tanımlar.(NOT: Aynı kart son kontrolde Kalite Kontrol İnspektörleri tarafından da kullanılmaktadır.)

Sevk elemanı Malzeme Kabul formunun ilgili alanlarını doldurduktan sonra red olan malzemeyi İşletme Müdürü'ne bildirir. İşletme Müdürü red olan malzemeyi değerlendirir.

Değerlendirme sonucu malzeme uygun değil ise ürün red bölgesine alınır. Müşteri Kalite Güvence Müdürü tarafından Müşteri Hata Bildirim formuyla bilgilendirilir. Ürün müşteriye sevk elemanı tarafından sevk edilir.

Müşteri ürünün uygun olduğunu ve geri sevk edilmeden işlem yapılmasını belirtirse hata bildirim formuna ilgili açıklamaları yazar ve onaylayarak firmaya geri gönderir.

Müşteri ürünün iade edilmesini kabul ediyorsa hata bildirim formuna ilgili açıklamaları yazar ve onaylayarak firmaya geri gönderir.

Satın alma iade işlemleri için müşteri tarafından onaylanmış hata bildirim formu ile bilgilendirilir.

Red malzemelerin müşteriye iadesi, satın alma müdürü tarafından yapılır.

Tedarikçiden Gelen Malzemelerdeki Uygunsuzluk Durumu

Üretim esnasında kullanılan yardımcı malzemeler (Azot, Metanol, Soğutma Yağları, Bor Yağı vb..) tedarikçiden temin edilirken, beraberinde analiz raporları da tedarikçiden alınır. Tedarikçilerden temin edilen analiz raporları kalite kayıtlarının kontrolü prosedürüne göre arşivlenir.

Malzeme sonuçları uygun değil ise tedarikçi uyarılır. Malzeme kullanılmayacak durumda ise satın alma tarafından tedarikçiye iade edilir. Dönem içerisinde tedarikçi değerlendirme prosedürüne göre tedarikçi değerlendirilir.

Üretim Prosesleri Sırasında Ürünlerde Karşılaşılan Uygunsuzluk Durumu

Vardiya sorumlusu ve kalite kontrol inspektörü tarafından Ara Kontrol Talimatına ve Kontrol Planına göre prosesler sırasında yapılan kontrol sonucu tespit edilen uygun olmayan ürün için, Kalite Güvence Müdürü denetiminde Uygun Olmayan Ürün Formu düzenlenir. Uygun olmayan üründe hata nedeni işletme müdürü veya işletme sorumlusu tarafından belirlenerek,

işletme sorumlusu veya vardiya sorumlusu tarafından fırın ayar ve kontrollerin yapılması sağlanır.

Hatalı ürünler, Uygun Olmayan Ürün Formu ve Malzeme Tanıtım/Kontrol Kartı ile tanımlanır. Uygun Olmayan Ürün formunda hatalı ürünlerle ilgili yapılacak muameleler açıklanır.

Parçaların ısıtıl işlemleri esnasında Fabrikanın herhangi bir bölgesinde yere düşmüş parçalar kesinlikle hurdaya atılmalıdır.

Isıl işlemleri yapılmış ürünler herhangi bir kartla (malzeme tanıtım/kontrol, malzeme kabul) tanımlanmamışsa parçalar karantina bölgesine alınmalıdır.

Sevk Öncesi Ürünlerde Karşılaşılan Uygunsuzluk Durumu

Kalite kontrol ve proses izleme elemanları Son Kontrol Talimatına ve Kontrol Planına göre yapılan kontroller sırasında tespit edilen uygun olmayan ürünler için, Kalite Güvence Müdürü denetiminde Uygun olmayan ürün formu düzenler ve kalite kontrol elemanı tarafından malzeme tanıtım/kontrol kartı üzerine kırmızı etiket yapıştırılarak hatalı malzemeler tanımlanır.

Uygun olmayan ürünlerin tekrar işleme ile düzeltilmesi söz konusu ise, Uygun Olmayan Ürün Formu üzerinde düzeltme işaretlenir ve gereken düzeltme işlemlerinin açıklaması yapılarak düzeltme alanına alınması sağlanır. Uygun olmayan ürünün izlenebilirliğini sağlamak için kalite kontrol elemanları tarafından malzeme kabul numarasına ‘R’ harfi yazılarak ‘RED’ raporu çıkartılır. Düzeltme işlemleri yapılan ürünler kalite departmanı tarafından Ara veya Son Kontrol Talimatına ve Kontrol Planına göre kontrol edilerek, uygunsuzluğu giderilmişse tekrar raporlama sırasında Malzeme Kabul numarasına ‘RK’ olarak yazılarak malzemenin uygunluğu belirtilir. Uygunsuzluğun giderilmesi ardından sevk işlemleri gerçekleştirilir.

Müşteriden Sapma Talebi

Müşteri şartlarını karşılamayan, ancak çok kritik olmayan hatalı ürünler için, kalite güvence sorumluluğunda, müşteriden sapma talep edilir. Bunun için; hata ile ilgili olarak müşteriye yazılı olarak detaylı bilgi verilir ve müşterinin vereceği karara göre hareket edilir.

Müşteriden İade Olan Ürünlerin Uygunsuzluk Durumu

Müşteriden iade olan ürünler firmaya geldiğinde ürün kabul ve sevk elemanı tarafından Malzeme Kabul formuna ‘İade’ olarak giriş yapılır. Kalite kontrol elemanları tarafından uygun olmayan ürün formu doldurulur ve yapılacak düzeltme işlemleri yazılır.

Düzeltilme işleminden sonra malzeme uygun ise uygun olan ürünlerin raporlanmasında kalite kontrol elemanları kabul numarasına ‘’MK’’ ibaresi kullanarak uygunluğunu ve sevke hazır olduğunu belirtir.

Ek 6 İç Tetkik Prosedürü

Amaç

Bu prosedürün amacı kalite yönetim sisteminin, üretim proseslerinin ve ürünlerin tetkikini yapmak ve sorumlulukları belirlemektir.

Kapsam

Kalite Yönetim Sistemi kapsamında tüm bölümlerde gerçekleştirilen firma içi tetkikleri kapsar.

Tanımlar

İç Tetkik: Kalite Yönetim Sistemi dahilinde sistemin uygunluğunu ve etkinliğini gözden geçirmek ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlamak için periyodik olarak gerçekleştirilen incelemelerdir.

Denetçi: Kalite Yönetim Sistemi ve İç Tetkikçi eğitimlerini almış ve en az 1 iç tetkike katılmış şirket personelidir. Denetçiler, kendi sorumluluklarındaki süreçleri denetleyemezler.

Sorumluluklar

Bu prosedürün hazırlanmasından, dağıtımından ve revizyonundan kalite güvence müdürü, uygulanmasından tüm süreç sorumluları ve denetçiler, onaylanmasından genel müdür sorumludur.

İlgili Dökümanlar

İç Tetkik Planı Formu

İç Tetkik Soru Listesi

Düzeltilici/Önleyici Faaliyet Formu

İç Tetkik Raporu Formu

Düzeltilici/Önleyici Faaliyet Takip Formu

İç Yazışma Formu

Kalite Kayıtları Prosedürü

Uygulama

Firma da iç denetimler yılda en az bir kez, planlı olarak ve kalite güvence müdürü gerekli gördüğü zamanlarda plansız olarak yapılır.

Kalite güvence müdürü tarafından, her yılın başında denetlenecek bölümler için, İç Tetkik Planı hazırlanır. İç Tetkik Planının hazırlanmasında daha önceki denetim sonuçları ve önceki

düzeltilici önleyici faaliyetler göz önünde bulundurulur. Planın hazırlanması aşamasında, kalite güvence müdürü tarafından ilgili denetçiler ve bölüm yöneticileri ile görüşülerek uygun zamanlar göz önünde bulundurulur.

İç Tetkik Planına son hali verildikten sonra tüm denetçilere bir kopyası dağıtılır.

Tetkikçi, tetkik edilecek bölümü tetkik tarihinden en geç 1 hafta önce İç Yazışma Formu ile tetkik tarihini bildirir. Tarihte mutabakat sağlandıktan sonra, kapsamı içeren İç Tetkik Soru Listesi tetkik yapılacak bölüm sorumlusuna verilir.

Denetçiler, hazırladıkları tetkik sorularına göre tetkiki gerçekleştirir. Tetkik sırasında tespit edilen uygunsuzlukları ve olumlu yönleri soru listesine not alır. Tetkik bitiminde İç Tetkik Raporu düzenlenir ve her bir uygunsuzluk için Düzeltici/Önleyici Faaliyet Formu (FR KY 003) oluşturularak, giderilmesi ile ilgili gerekli faaliyetlerin planlanması ve termininin belirlenmesini sağlar.

Tetkik sonucunda tüm Düzeltici/Önleyici Faaliyet Formlarının bir nüshası ve İç Tetkik Raporu tetkik edilen bölüm sorumlusuna ve kalite güvence müdürüne kayıt için verilir. Kalite güvence müdürü Düzeltici/Önleyici Faaliyet'lere birer numara vererek Düzeltici/Önleyici Faaliyet Takip Formu ile takibe alır.

Tüm iç tetkik bulguları ve takibi yönetimin gözden geçirmesi toplantıları gündemine taşınarak yönetimin bilgilendirilmesi sağlanır.

Üretim süreci denetlemelerinde müşteri denetlemelerine uygun sorular ve formatlar kullanılır. Ayrıca firma üretim ve sevkiyatın uygun aşamalarında fonksiyonellik, paketleme ve etiketleme gibi ürünlerin belirlenmiş gereklilikleri sağlayıp sağlamadığını kontrol amacıyla tetkik edilir.

Tüm aşamalarda tutulan iç tetkik kayıtları Kalite Kayıtları Prosedürü'ne uygun şekilde muhafaza edilir.

İç Tetkikçi Kalifikasyonu

İç denetim faaliyetlerini yürütecek, iç denetçilerin aşağıdaki kalifikasyona sahip olmaları gerekmektedir.

- a) İç denetçi eğitimi almış olmalı: İç Denetçi Eğitimi yetkin bir kuruluşun (tescil organı, otomotiv sanayi derneği vs.) sağladığı dış kurs-seminer veya yetkin bir danışman / eğitmenin sağladığı firma içersinde verilen eğitim olabilir.

- b) Firmada; Sorumlu, Mühendis, Şef veya Müdür seviyesinde görev yapıyor olmalı.
- c) Müşteri özel isteklerini, Kalite Yönetim Sistemi Standardı (ISO TS 16949) maddelerini, firma süreçlerini biliyor olmalı.
- d) SPC, FMEA, APQP, PPAP, MSA yöntemleri eğitimi (firma içi-firma dışı) almış ve bilgisine sahip olmalı.
- e) Süreç odaklı denetim yaklaşımını bilmelidir.

Ek 7 Düzeltici ve Önleyici Faaliyet Prosedürü

Amaç

Kalite Yönetim Sisteminin etkin işleyişi sırasında belirli bir faaliyet ya da ürünle ilgili olarak ortaya çıkabilecek uygunsuzlukların giderilmesi ve ortaya çıkabilecek potansiyel uygunsuzlukların olası sebeplerinin giderilerek uygunsuzluğun oluşmasının önlenmesi amacıyla yapılacak faaliyetlerin esaslarının belirlenmesi.

Kapsam

Kalite Yönetim Sistemi çerçevesinde yürütülen tüm faaliyetler.

Tanımlar

Düzeltici Faaliyet: Ortaya çıkmış uygunsuzlukları gidermek ve tekrarını engellemek için yapılan faaliyetler.

Önleyici Faaliyet: Olası uygunsuzlukların oluşmasını engellemek için yapılan faaliyetler.

Sorumluluklar

Bu prosedürün hazırlanması, revizyonu, iptali, dağıtılması ve arşivlenmesinden Kalite Güvence Müdürü, uygulanmasından tüm bölüm yöneticileri sorumludur.

İlgili Dökümanlar

Düzeltici/ Önleyici Faaliyet Formu

Düzeltici/Önleyici Faaliyet Takip Formu

İç Tetkik Prosedürü

Kalite Kayıtlarının Kontrolü Prosedürü

Uygulama

Düzeltici veya önleyici faaliyetlerde;

- Mevcut veya potansiyel uygunsuzlukların gözden geçirilmesi ve kök nedeninin belirlenmesi,
- Uygunsuzluğun tekrarının veya uygunsuzluğun önlenmesi için faaliyet ihtiyacının belirlenmesi

Faaliyet (ler) in belirlenmesi ve uygulanması,

- Başlatılan faaliyetlerin sonuçlarının kayıtları,
- Başlatılan düzeltici veya önleyici faaliyetlerin gözden geçirilmesi

Çalışmaları yapılır. Bu çalışmalar yapılırken, düşünülen çözüm önerilerinin, karşılaşılan / potansiyel problemin büyüklüğüne ve taşıdığı riske göre değerlendirilmesi gerekir.

Düzeltilici veya önleyici faaliyetler sonucunda alınması öngörülen tedbirler uygulanırken, bunların kalite sistem dokümantasyonuna etkileri dikkate alınır ve gerekli görüldüğü hallerde dokümantasyon güncellenir.

Düzeltilici faaliyet gereksinimi müşteri iadesi veya şikayeti ile ortaya çıktığında, Kalite Güvence Müdürü tarafından uygunsuzluk tespit edilerek tanımlanır ve müşteri düzeltici faaliyet konusunda bilgilendirilir. Her bir müşteri şikayeti kaydedilerek düzeltici faaliyet çalışmaları başlatılır. Çalışmalar tamamlandıktan sonra etkinlik değerlendirmesi için yapılan faaliyetler yerinde doğrulanır ve form kapatılarak müşteri bilgilendirilir.

Firma kök nedeni bularak hatayı kaynağından engellemek amacıyla sistematik bir problem çözme yönetimine sahiptir. 8D yönetimi esas alınarak problem çözme ekibi kurulur ve ekip hatalarla ilgili kök nedene inerek çözüm üretir. Bunun için;

1. Uygunsuzluk açık ve net olarak tanımlanır,
2. Bu uygunsuzluğun ortaya çıkmasına neden olan unsurlar tanımlanır. (Gerektiğinde Beyin Fırtınası, Balık kılçığı(neden-sonuç diyagramı) vb. kullanılır)
3. Çözüm önerileri üretilir (Gerektiğinde faaliyet planı hazırlanır)
4. Çözümle ilgili acil/orta vadeli önlemler, uygulama tarihi ve sorumlu(lar) saptanır,
5. Uzun vadeli önlemler, uygulama tarihi ve sorumlu(lar) saptanır,
6. Hataların tekrarının önlenmesi için faaliyetler yazılır
7. Uygulamalar doğrulama amacıyla takip edilir ve önlem etkinliği değerlendirilerek onaylanır.

Firmada temel prensip hataların gerçekleşmeden önlenmesi olmalıdır. Bu nedenle firma potansiyel hataları henüz oluşmadan kaynağında önlemeyi esas alır. Süreç içerisinde önleyici faaliyetlerin düzeltici faaliyetlerden fazla olması istenir. Bu maksatla;

Hata önleyici sistemlerin oluşturulması için fırsat yaratılır. Hatasızlaştırma (poka-yoke), önleme faaliyeti olarak ele alınır ve uygunsuzluğun sürekliliğini ortadan kaldırır.

Önleyici faaliyetler kapsamında sistematik bir biçimde proses FMEA uygulaması gerçekleştirilir. FMEA ekibi oluşturularak her bir proses için hataların oluşmadan tespiti ve önlenmesi için FMEA çalışmaları gerçekleştirilir.

Ek 8 FMEA(Hata Türleri ve Etkileri Analizi) Talimatı

Amaç

Bu talimatın amacı firma bünyesinde bir takım kurularak yapılan ve hataları önceden tespit edip ortadan kaldırmaya yarayan FMEA'nın nasıl hazırlanacağını tanımlamaktır.

Kapsam

Firma bünyesinde gerçekleştirilen ve ürün üzerinde etkisi olan tüm proses ve operasyonları kapsar.

Tanımlar

Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA): Ürün veya prosesin karşılaşılabileceği olası hataları ve bunların etkilerini tanımak, değerlendirmek, hatanın oluşma ihtimalini ortadan kaldıracak veya azaltacak faaliyetleri tanımlayarak müşteriye ulaşmasını önleme metodudur.

Süreç(Proses) FMEA: Süreç FMEA; herhangi bir süreçten sorumlu mühendis/ekip tarafından, süreçte ortaya çıkabilecek olası Hata Türleri ve ilgili sebeplerinin tüm kapsamıyla ele alındığı, tanımlandığı ve çözümlendiği analitik bir tekniktir.

İlgili Dökümanlar

FMEA Kitapçığı

FMEA Formu

Kontrol Planı Formu

Uygulama

FMEA çalışması, APQP takımı tarafından yürütülür. Yapılacak çalışmaların etkinliği açısından çeşitli disiplinlerden kişilerin katılımı daha uygundur. Bu sebeple firmada FMEA çalışmasına, Kalite Güvence, Üretim Planlama ve üretim birimlerinden en az birer kişi mutlaka katılır. Bunun yanında üst yönetimden bir kişinin de çalışmalara katılması istenir. Bir kişi ekip lideri olarak projeyi yürütür.

FMEA hazırlanırken özel karakteristikler dikkate alınır.

FMEA çalışması yapılacak olan ürün veya proses belirlenerek bu çalışma için gerekli olan, proses akış şemaları, ürün teknik şartname bilgileri, hammadde, ilgili standartlar, benzer ürün/proseslerle ilgili geçmiş dönem tecrübeleri hazır bulundurulur.

Müşteri tarafından özel bir form kullanılması talep edilmediği takdirde firma FMEA formu kullanılır.

Belirlenen operasyonlar ve prosesler için muhtemel hata durumu sütununa belirlenen hatalar listelenir. Hatalar listelenirken olabilme ihtimali olan tüm hatalar yazılır. Hatanın muhtemel etkileri sütununda oluşacak hata şeklinin müşterinin görebileceği, hissedebileceği, fark edebileceği etkileri değerlendirilir. Burada müşteri ürünün sahibi olabileceği gibi son kullanıcı da olabilir. Son kullanıcı için etkiler daima ürün ve sistem performansı olarak tarif edilir. Örneğin; düşük performans, aracın çalışmaması, gürültü yapması vb. Ancak ürünün sahibini ilgilendiren hatalar yazıldığında kullanım yerinde uygunsuzluk, kırılma, operatörü tehlikeye atma vb. ifadeler kullanılır.

Etki sütununa şiddet tablosundan ilgilenilen hataya uygun olarak, bu hatanın müşteriye olan etkisinin ciddiyetine göre bir değer seçilerek yazılır.

Potansiyel nedenler sütununa hataya sebep olan tüm nedenler yazılır. Yazım açık ve herkesin anlayabileceği şekilde yapılmalıdır. Bundan sonraki olasılık sütunu bahsedilen hataların gerçekleşebilme sıklığıdır. Buradaki değerde olasılık tablosundan o hatanın gerçekleşebilme ihtimaline en uygun değer seçilerek yazılır. Öngörülen kontrol önlemleri sütunu, önleyici ve keşfedici olarak tanımlanmıştır. Önleyici kısma hatanın oluşmasına izin vermeyecek önlemler, keşfedici kısma ise hatanın oluşuktan sonra yakalanmasını ve müşteriye yine de hatalı ürünün gönderilmesine izin vermeyecek önlemler yazılır. Saptanabilirlik sütunu, mevcut tüm proses kontrollerinin hatayı ne derece saptayabildiğinin ifadesidir. Saptanabilirlik tablosundaki skala ile değerlendirilir.

RÖS sütununda ise Risk Öncelik Sayısı değerlendirilir. Buradaki değer etki, olasılık ve saptanabilirlik sütunlarındaki değerlerin çarpım ifadesidir. RÖS değeri 100 sayısından büyük olan tüm hatalar için bir önleyici faaliyet planlanır. Bunun dışında RÖS değerine bakılmaksızın şiddetin 7 den büyük olduğu tüm hatalar için yine önleyici faaliyet belirlenmelidir. Bunun için önerilen faaliyetler sütununda önerilen faaliyetlerin listesi yapılır.

Bu faaliyetlerin yürütülmesindeki temel amaç etki, olasılık ve saptanabilirlik değerlerinden herhangi birisini ya da hepsini azaltmaktır.

Önerilen her bir faaliyet için sorumlu ve terminler, sorumluluk ve termin sütununda belirtilir. Önerilen faaliyetler gerçekleştirildikten sonra gerçekleştirilen faaliyetler sütununda belirtilir ve RÖS değeri yeniden hesaplanır.

FMEA yaşayan bir doküman olduğundan herhangi bir proses değişikliğinde ya da ekipman, ölçüm cihazı vb değişikliklerde revize edilmelidir.

Ek 9 MSA (Ölçüm Sistemleri Analizi Talimatı)

Amaç

Bu talimatın amacı kontrol planlarında belirtilen her türlü ölçüm ve test ekipmanlarının sonuçlarındaki değişikliklerin tespit edilmesi için birtakım istatistiksel çalışmaların yürütülmesidir.

Kapsam

Firmada APQP bağlantılı kontrol planlarında belirtilen tüm ölçü ve test ekipmanları ile bunları kullanan kullanıcıları kapsar.

Tanımlar

Ölçüm Sistemleri Analizi: MSA ölçüm cihazından ve ölçüm cihazının kullanımından doğan varyasyonu bulma, mühendislik toleransı ile ölçüm varyasyonunun miktarını karşılaştırma ve ölçüm prosesini iyileştirerek toplam değişkenliği azaltmayı amaçlayan istatistiksel bir yöntemdir.

Ölçüm Cihazı: Ölçümleri elde etmek için kullanılan ölçülecek parametreye uygun herhangi bir cihaz.

Ölçüm Sistemi: Ölçülen karakteristiğe numara tayin eden operasyonlar, yöntemler, ölçüm cihazları ve diğer cihazlar, yazılım ve personel toplamı; ölçümleri elde etmek için kullanılan proseslerin tümü.

Sapma: Sapma, ölçümlerin gözlemlenen ortalaması ve referans değeri arasındaki farktır. Kabul edilen referans değeri veya master değer olarak ta bilinen referans değeri, ölçülen değerler için hemfikir olunan referans olarak işe yarayan bir değerdir.

Tekrarlanabilirlik: Tekrarlanabilirlik, bir ölçüm cihazı bir ölçümcü tarafından birçok kez kullanılarak, aynı numunenin aynı karakteristiğini ölçerken elde edilen ölçümlerin varyansıdır.

Tekrar Yapılabilirlik: Tekrar yapılabilirlik, değişik ölçümcülerin aynı ölçüm cihazını kullanarak, aynı numunenin aynı karakteristiğini ölçerken elde ettikleri ölçümlerin ortalamalarının varyansıdır.

Kararlılık: Kararlılık, aynı numuneler üzerinde, uzun bir zaman periyodu içinde tek bir karakteristiği ölçerken, bir ölçüm sistemiyle elde edilen ölçümlerin toplam varyansıdır.

Doğrusallık: Doğrusallık, ölçüm cihazının beklenen çalışma aralığı boyunca Sapma değerleri arasındaki farktır.

İlgili Dökümanlar

MSA Kitapçığı

Kontrol Planları

Uygulama

Genel Bilgiler

Her ölçüm sisteminin değişik istatistiksel özelliklere sahip olması gerekmesine rağmen, bütün ölçüm sistemlerinin sahip olması gereken belirli özellikler vardır. Bunlar:

- 1) Ölçüm sistemi istatistiksel olarak kararlı olmalıdır. Bu, ölçüm sistemindeki varyansların özel sebeplerden değil sadece genel sebeplerden kaynaklanması anlamına gelir.
- 2) Üretim prosesinin değişkenliğiyle karşılaştırıldığında ölçüm sisteminin değişkenliği daha küçük olmalıdır.
- 3) Spesifikasyon limitleriyle karşılaştırıldığında değişkenlik küçük olmalıdır.
- 4) Ölçümün artışları, proses değişkenliği veya spesifikasyon limitlerinden daha küçük olanına göre küçük olmalıdır. Artışlar için genel bir kural, proses değişkenliği ve spesifikasyon limitlerinden daha küçük olanının onda birinden daha büyük olmamasıdır.
- 5) Ölçülen parçalar farklılaştıkça, ölçüm sisteminin istatistiksel özellikleri değişebilir. Eğer böyle olur ise, ölçüm sisteminin en büyük(en kötü) değişimi, proses değişimi veya spesifikasyon limitlerinden en küçük olanına göre küçük olmalıdır.

Bir ölçüm sisteminin değerlendirilmesinde birinci basamak doğru değişkenin ölçüldüğünü doğrulamaktır. Eğer yanlış değişken ölçülüyorsa, ölçüm sisteminin ne kadar doğru veya hassas olduğu önemli değildir. Bu, yarar sağlamaksızın kaynakların tüketilmesi anlamına gelecektir.

Bir sonraki basamak ölçüm sisteminin kabul edilebilir olması için hangi istatistiksel özelliklere sahip olduğunu belirlemektir. Bu belirlemeyi yapmak için, verilerin nasıl kullanılacağını bilmek önemlidir. Bunu bilmeden, uygun istatistiksel özellikler belirlenemez.

İstatistiksel özellikler belirlendikten sonra ölçüm sisteminin bu özelliklere zaten sahip olup olmadığını değerlendirmek gerekir.

Ölçüm sisteminin değerlendirilmesi genellikle iki safhada yapılır:Safha 1 ve Safha 2. Safha 1’de, ölçüm prosesini anlamak ve bizim ihtiyaçlarımızı karşılayıp karşılamayacağını belirlemek isteriz. Safha 1 testinin iki hedefi vardır. Birincisi ölçüm sisteminin ihtiyaç duyulan istatistiksel özelliklere sahip olup olmadığını belirlemektir. Bu tip testler ölçüm sistemi kullanılmaya başlanmadan önce gerçekleştirilmelidir. Eğer test, ölçüm sisteminin uygun özelliklere sahip olduğunu gösterirse, sistem amaçlanan kullanım için kabul edilebilir sayılır ve kullanılabilir.

Diğer tarafta, eğer ölçüm sistemin doğru özelliklere sahip olmadığı görülüyorsa, kullanılmamalıdır. Genelde, bir ölçüm sisteminin kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek için çeşitli farklılıkta testler gerekmektedir.

Safha 1 testinin ikinci hedefi, hangi çevre faktörlerinin ölçüm sistemi üzerinde kayda değer bir etkisi olduğunu keşfetmektir. Örneğin, Safha 1 testi, ortam sıcaklığı faktörlerden birisi olmak üzere, değişik seviyelerde çeşitli çevresel faktörler içerir. Eğer Safha 1 testi ortam sıcaklığının ölçümlerin kalitesini belirgin bir şekilde etkilediğini gösterirse, Kalite Bölümü , ölçüm sisteminin atmosfer kontrollü bir ortamda uygulanmasını seçebilir. Diğer tarafta, eğer test, ortam sıcaklığının farkedilebilir bir etkisi olmadığını gösterirse, ölçüm sistemi kaygı duyulmadan atölyede kullanılabilir.

Safha 2 testinin hedefi, kabul edilebilir olarak gözüken bir ölçüm sisteminin uygun istatistiksel özelliklere sahip olup olmadığını belirlemektir. “Ölçüm R&R” olarak adlandırılan çalışma Safha 2 testinin bir biçimidir. Safha 2 testi sık sık normal kalibrasyon programı, bakım programı, ve metroloji programının rutin bir bölümü olarak gerçekleştirilir, fakat bunlardan bağımsız olarak da yapılabilir.

Test prosedürü tamamen belgelenmelidir. Belgeleme şunları içerir.

- Örnekler
- Ölçülecek kalemlerin seçimi ve test yönteminin uygulanacağı çevre şartları spesifikasyonları.
- Spesifikasyonlara uygun olarak verilerin nasıl toplandığı, kaydedildiği ve analiz edildiği.
- Anahtar terim ve kavramların uygulamayla ilgili tanımları.
- Eğer prosedür, özel standartların kullanımına ihtiyaç duyarsa, test belgelemesi bu standartların depolanma, korunma ve kullanım açıklamalarını içerir..

Safha 1 testini tamamlamak için başka istatistiksel yöntemlere gerek duyulabilir, ve sıcaklık, ışıklandırma,vb. gibi faktörlerin ölçüm sistemi varyansı üstündeki etkileri incelenmelidir.

Safha 1 testi için kabul edilebilir istatistiksel yöntemler genel istatistik literatüründen kolayca elde edilebilir.

Bir ölçüm sistemi değeriendirilirken üç temel nokta çözümlenmelidir. Birincisi, ölçüm sistemi yeterli ayırım yapma özelliğine sahip midir? İkincisi, ölçüm sistemi zamana göre istatistiksel olarak stabil midir? Üçüncüsü, istatistiksel özellikler beklenen aralık içinde tutarlı mıdır ve proses analizi veya kontrolü için kabul edilebilir mi?

Bu belirlemeler en doğru şekilde proses varyansına göre yapılır. Ölçüm hatalarını sadece tolerans dağılımı olarak raporlama alışkanlığı, sürekli proses gelişiminin önem kazandığı pazar rekabeti için yetersizdir.

Ölçüm sistemi hataları beş kategoriye ayrılır; Sapma, tekrarlanabilirlik, tekrar yapılabilirlik, kararlılık ve doğrusallık.

Ölçüm sistemi çalışmasının bir amacı, ortam şartlarıyla etkileşen ölçüm sistemlerinin, ölçüm varyansı miktarı ve çeşitleriyle ilgili bilgi elde etmektir. Tekrarlanabilirlik ve kalibrasyon Sapmaini tanımak ve bunlar için kabul edilebilir limitler belirlemek, çok yüksek tekrarlanabilirliğe sahip aşırı kesin ölçüm aletleri sağlamaktan daha pratik olduğu için bu bilgi değerlidir. Böyle bir çalışmanın uygulamaları şunları sağlar:

- 1) Yeni ölçüm ekipmanını kabul etmek için kriterler.
- 2) Bir ölçüm cihazını diğeriyle karşılaştırma olanağı.
- 3) Yetersiz olduğu düşünülen bir ölçüm cihazının değeriendirilmesi.
- 4) Ölçüm aletinin tamir öncesi ve sonrası durumlarının karşılaştırılması.
- 5) Bir üretim prosesi için, proses varyansını ve kabul edilebilirlik seviyesini hesaplamak için gereken bir bileşen.

Ölçüm Sistemi Ayırımı

Bir ölçüm sistemini seçerken veya analiz ederken ölçüm sisteminin ayırımı önem kazanır; yani ölçüm sisteminin ölçülen karakteristiklerdeki küçük değişimleri bile tespit edebilme ve doğru olarak gösterme yeteneğı; çözünürlük olarak da adlandırılır. Ekonomik ve fiziksel sınırlar sebebiyle ölçüm sistemi, bir proses dağılımının bütün parçalarını, ayrı veya farklı

karakteristiklere sahip olarak algılamayacaktır. Bunun yerine ölçülmüş karakteristikler, ölçülmüş değerler aracılığıyla veri kategorilerine gruplandırılır. Aynı veri kategorisindeki tüm parçalar ölçülmüş karakteristikler için aynı değere sahip olacaktır.

Eğer ölçüm sistemi yeterli bir ayırma sahip değilse, bireysel parça karakteristik değerlerinin miktarını belirlemek ve proses varyansını tanımlamak için uygun bir sistem olmayabilir. Eğer bu durum söz konusuysa, daha iyi ölçüm teknikleri kullanılmalıdır.

Yeterli ayırım için geleneksel kural olan görünen çözünürlüğün, tolerans aralığının en fazla onda biri olmasının yerine, prosesin altı sigma standart sapmasının en fazla onda biri olması da kullanılabilir.

MSA Uygulaması

Yöntemler özellikle şu istatistiksel özellikleri değerlendirir: tekrarlanabilirlik, tekrar yapılabilirlik (R&R), Sapma, kararlılık, ve doğrusallık.

Buna göre; kritik olmayan ölçmelerde kullanılan tüm test ve ölçüm aletleri için öncelikle akredite laboratuarlarda gerçekleştirilen kalibrasyon ve firmada izlenebilir standartlara göre gerçekleştirilen doğrulama faaliyetlerinden önce ve sonra master ile yapılan ölçümler sonucunda kalibrasyon / ayar çalışmalarının sisteme yarar getirip getirmediği kontrol edilir. Kalibrasyon ve doğrulama çalışmaları sonucunda kontrol planında yer alan ölçülerdeki sapmalar hesaplanır ve buna ölçüm belirsizliği eklenerek o noktadaki toplam sapma bulunur, kontrol planında kullanılan yere göre belirlenen kabul/red kriterleri ile şu şekilde karşılaştırma yapılır;

Önemli kategorisindeki ölçüler için; Toplam Sapma değeri $< 0.10 \times \text{Ölçü Toleransı}$

Normal kategorisindeki ölçüler için; Toplam Sapma değeri $< 0.30 \times \text{Ölçü Toleransı}$

Sonuçları MSA için ilgili kontrol planına kabul olarak işlenir.

Kritik ölçüler için ise toplam sapma analizine ilave olarak R&R çalışması yapılarak sonucun her iki uygulama için ölçü aleti MSA sonucunun $< 10\%$ veya $< 30\%$ (verilecek karara göre) kriterini karşılaması koşulu aranır, (Müşteri farklı şekilde belirtmemiş ise)

Koşullar karşılanmadığı takdirde ölçüm sistemiyle ilgili olarak Kalite Birimi tarafından karar verilir bu karar alternatifleri ileride açıklanmaktadır.

Eğer Sapma göreceli olarak fazlaysa, aşağıdaki olası nedenleri araştırın:

- 1) Mastarda hata.

- 2) Aşınmış elemanlar
- 3) Aletlerin yanlış ölçü birimlerine ayarlanması.
- 4) Aletlerin yanlış özellikleri ölçmesi.
- 5) Aletlerin doğru kalibre edilmemesi.
- 6) Ölçümü yapan kişinin aletleri yanlış kullanması.

Eğer tekrarlanabilirlik, tekrar yapılabilirliğe göre büyükse, nedenleri:

- 1) Cihazların bakıma ihtiyacı vardır.
- 2) Ölçüm aletleri, daha sağlam olması için yeniden tasarlanmalıdır.
- 3) Ölçüm için gereken mengene ve lokasyon geliştirilmelidir.
- 4) Çok fazla, parça-içi farklılık vardır.

Eğer tekrar yapılabilirlik, tekrarlanabilirliğe göre daha büyükse, nedenleri:

- 1) Ölçümcü, ölçüm aletini kullanma ve okuma konularında daha iyi eğitilmelidir
- 2) Ölçüm aleti kadranındaki kalibrasyon net değildir.
- 3) Ölçümcünün, ölçüm aletini sürekli olarak kullanmasına yardımcı olması için bazı sabit tezgahlara ihtiyaç duyulabilir.

Ölçümler yapıp veriler elde edildikten sonra, ilgili excel dosyasına yazılır. Bundan sonraki hesaplama işlemleri otomatik olarak yapılır.

Ölçüm cihazı tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirliğin(%GRR) kabulü için anahatlar (Müşteri farklı istemediyse):

%10 Hatanın altı	Ölçüm Sistemi kabul edilebilir.
%10-30 Arası hata	Ölçüm sistemi şartlı kabul edilir.
%30 Hatanın üzeri	Ölçüm sisteminin geliştirilmesi gerekir.

Bunun yanında ndc değerinin de sistemin kabul edilebilmesi için 5 değerinden büyük olması gerekir.

Ek 10 HRC Ölçümlü Ölçüm Aleti Yetenek Hesaplama Raporu

		ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (Veri Toplama)				Tarih: 14.04.2008							
Parça Adı		PUL		Karakteristik		HRC ÖLÇÜMÜ		Cihaz Adı		ROCKWELL SERTLİK CİHAZI			
Parça Kodu				Ölçü		36 - 43 HRC		Cihaz Kodu		H4			
Operatör Adı													
VERİLER													
Sıra No	Ölçümcü	Ölçüm No	PARÇA NO										Ortalamalar
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	A	1	39,000	40,000	36,000	43,000	38,000	42,000	40,000	37,000	41,000	40,000	
2		40,000	41,000	36,000	43,000	39,000	43,000	41,000	38,000	40,000	39,000		
3		39,000	40,000	37,000	43,000	39,000	42,000	41,000	37,000	40,000	40,000		
4	Ortalama		39,333	40,333	36,333	43,000	38,667	42,333	40,667	37,333	40,333	39,667	$\bar{X}_A = 39,8$
5	Aralık		1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	$\bar{R}_A = 0,9$
6	B	1	40,000	41,000	36,000	43,000	39,000	42,000	40,000	38,000	40,000	40,000	
7		39,000	40,000	36,000	42,000	39,000	42,000	41,000	38,000	40,000	39,000		
8		39,000	40,000	36,000	43,000	38,000	43,000	41,000	37,000	41,000	40,000		
9	Ortalama		39,333	40,333	36,000	42,667	38,667	42,333	40,667	37,667	40,333	39,667	$\bar{X}_B = 39,7667$
10	Aralık		1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	$\bar{R}_B = 0,9$
11	C	1	39,000	40,000	37,000	43,000	39,000	42,000	41,000	38,000	41,000	40,000	
12		39,000	40,000	36,000	43,000	38,000	43,000	40,000	37,000	40,000	40,000		
13		39,000	41,000	36,000	42,000	38,000	42,000	41,000	38,000	41,000	39,000		
14	Ortalama		39,000	40,333	36,333	42,667	38,333	42,333	40,667	37,667	40,667	39,667	$\bar{X}_C = 39,7667$
15	Aralık		0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	$\bar{R}_C = 0,9$
16	Parça Ort.(Xp)		39,222	40,333	36,222	42,778	38,556	42,333	40,667	37,556	40,444	39,667	$\bar{X} = 39,7778$
			Rp= Xpmax - Xpmin										$R_p = 6,55556$
17	([$\bar{R}_A =$] + [$\bar{R}_B =$] + [$\bar{R}_C =$]) / [#Ölçümcü Sayısı =] =												$\bar{R} = 0,9$
18	(Max $\bar{X} =$) - (Min $\bar{X} =$) =												$X_{DIFF} = 0,03333$
19	($\bar{R} =$) x ($D_4 =$) =												$UCL_R = 2,943$
r	2	3	4	5	6	7	8	9	10	r : Ölçümcünün bir Parçayı Ölçüm Sayısı			
D ₄	3,27	2,57	2,28	2,11	2	1,92	1,86	1,82	1,78	n : ölçülen Parça sayısı			
$X_{p1} = [X_{a1} + X_{b1} + X_{c1}] / 3$										k : Ölçümcü sayısı			
Xa1 A ölçümcüsünün 1. Parça ölçümleri ortalaması										D ₄ : ölçüm sayısı için sabit			
Açıklamalar :													
HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY													
VOLKAN AVDALLAR KALİTE YÖNETİCİSİ													

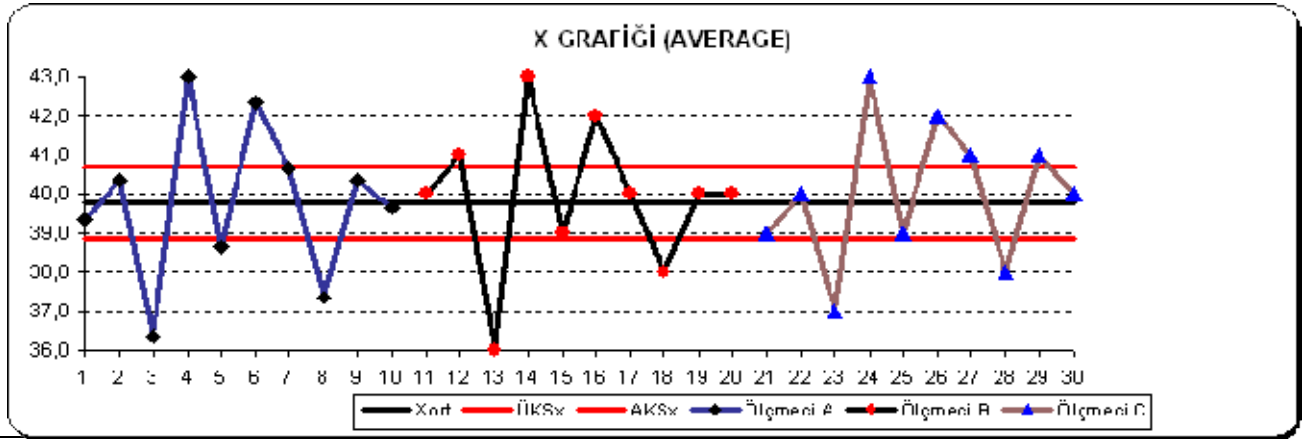
		ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (Sonuç- Değerlendirme)		Tarih: 14.04.2008	
Parça Adı	PUL	Karakteristik	HRC ÖLÇÜMÜ	Cihaz Adı	ROCKWELL SERTLİK CİHAZI
Parça Kodu		Ölçü	36 - 43 HRC	Cihaz Kodu	H4
$\bar{R} = 0,9$		$\bar{X}_{DIFF} = 0,033$		$R_p = 6,55556$	
ÖLÇÜM UNİTESİ ANALİZİ				% TOPLAM DEĞİŞKENLİK	
Tekrarlanabilirlik - Ekipman Değişkenliği (EV)				% EV = 100x[EV / TV]	
$EV = \bar{R} \times K_1$ $= 0,53172$				24,94	
				Ölçüm- r	K ₁
				2	0,8862
				3	0,5908
Tekrar Edilebilirlik - Ölçümcü Değişkenliği				% AV = 100x[AV / TV]	
$AV = \sqrt{(X_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / (n \times r))}$ $= 0,09550$				4,48	
				Ölçümcü-k	K ₂
				2	0,7071
				3	0,5231
Tekrarlanabilirlik & Tekraredilebilirlik (GRR)				%GRR = 100x[GRR / TV]	
$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$ $= 0,54023$				25,34	
				Parça- n	K ₃
Parça Değişkenliği (PV)				% PV = 100x[PV / TV]	
$PV = R_p \times K_3$ $= 2,06238$				96,736	
				2	0,7071
				3	0,5231
				4	0,4467
				5	0,403
				6	0,3742
Toplam Değişkenlik (TV)				ndc = 1,41 (PV / GRR)	
$TV = \sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2}$ $= 2,13196$				= 5,3828	
				7	0,3534
				8	0,3375
				9	0,3249
				10	0,3146
Açıklamalar :					
HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY					
VOLKAN AVDALLAR KALİTE YÖNETİCİSİ					



ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (X-R Dağılımı)

Parça Adı	PUL	Karakteristik	HRC ÖLÇÜMÜ
Parça Kodu		Ölçü	36 - 43 HRC

GRAFİK ANALİZ SONUÇLARI



Toplam nokta adeti

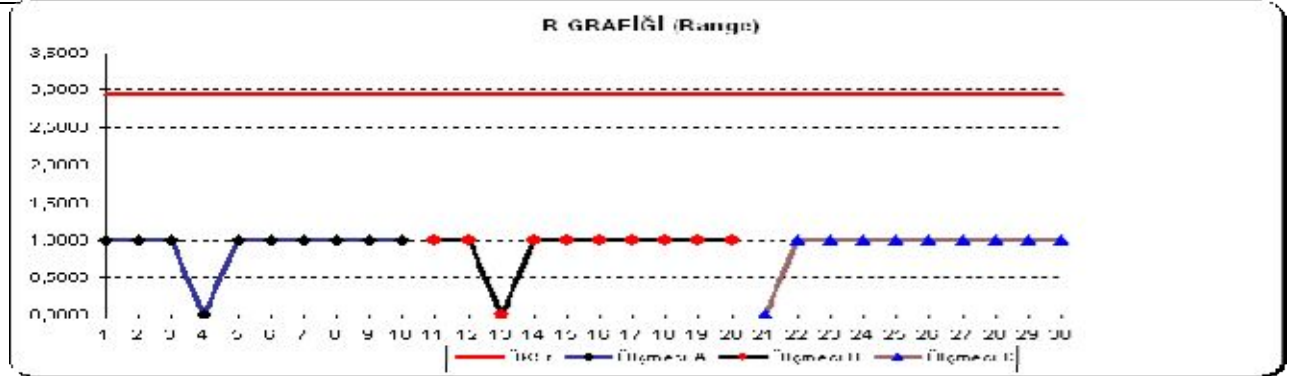
30

Sınırlar dışında kalan nokta adeti

15

Sınırlar dışında kalan noktaların % Oranı (Hedef Değer: %50 ve üstü)

50,0



Değerlendirme ve Sonuç

Uygun	☒
Şartlı Kabul	☐
Red	☐

HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY

VOLKAN AVDALLAR

KALİTE YÖNETİCİSİ

Ek 11 HB Ölçümlü Ölçüm Aleti Yetenek Hesaplama Raporu

		ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (Veri Toplama)										Tarih: 14.04.2008	
Parça Adı		DRIVE MEMBER		Karakteristik		HB ÖLÇÜMÜ		Cihaz Adı		BRINELL			
Parça Kodu				Ölçü		185 - 228 HB		Cihaz Kodu		SERTLİK CİHAZI			
Operatör Adı										H4			
VERİLER													
Sıra No	Ölçümcü	Ölçüm No	PARÇA NO										Ortalamalar
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	A	1	193,000	210,000	185,000	222,000	198,000	202,000	225,000	193,000	218,000	210,000	
2		195,000	210,000	188,000	225,000	202,000	205,000	228,000	193,000	215,000	212,000		
3		195,000	212,000	185,000	222,000	202,000	205,000	225,000	195,000	218,000	210,000		
4	Ortalama		194,333	210,667	186,000	223,000	200,667	204,000	226,000	193,667	217,000	210,667	$\bar{X}_A = 206,6$
5	Aralık		2,000	2,000	3,000	3,000	4,000	3,000	3,000	2,000	3,000	2,000	$\bar{R}_A = 2,7$
6	B	1	193,000	212,000	185,000	222,000	198,000	202,000	228,000	195,000	215,000	210,000	
7		195,000	210,000	188,000	225,000	202,000	202,000	228,000	195,000	218,000	212,000		
8		193,000	210,000	185,000	225,000	202,000	205,000	225,000	193,000	215,000	210,000		
9	Ortalama		193,667	210,667	186,000	224,000	200,667	203,000	227,000	194,333	216,000	210,667	$\bar{X}_B = 206,6$
10	Aralık		2,000	2,000	3,000	3,000	4,000	3,000	3,000	2,000	3,000	2,000	$\bar{R}_B = 2,7$
11	C	1	193,000	212,000	185,000	225,000	198,000	202,000	228,000	193,000	215,000	212,000	
12		193,000	210,000	185,000	225,000	202,000	205,000	225,000	195,000	218,000	210,000		
13		193,000	212,000	185,000	222,000	202,000	202,000	225,000	193,000	215,000	210,000		
14	Ortalama		193,000	211,333	185,000	224,000	200,667	203,000	226,000	193,667	216,000	210,667	$\bar{X}_C = 206,333$
15	Aralık		0,000	2,000	0,000	3,000	4,000	3,000	3,000	2,000	3,000	2,000	$\bar{R}_C = 2,2$
16	Parça Ort.(Xp)		193,667	210,889	185,667	223,667	200,667	203,333	226,333	193,889	216,333	210,667	$\bar{X} = 206,511$
			Rp= Xpmax - Xpmin										$R_p = 40,6667$
17	$([\bar{R}_A =] + [\bar{R}_B =] + [\bar{R}_C =]) / [\#Ölçümcü Sayısı =] =$											$\bar{R} = 2,53333$	
18	$(\text{Max } \bar{X} =) - (\text{Min } \bar{X} =) =$											$X_{DIFF} = 0,26667$	
19	$(\bar{R} =) \times (D_4 =) =$											$UCL_R = 8,284$	
r	2	3	4	5	6	7	8	9	10	r : Ölçümcünün bir Parçayı Ölçüm Sayısı			
D4	3,27	2,57	2,28	2,11	2	1,92	1,86	1,82	1,78	n : ölçülen Parça sayısı			
$X_{p1} = [X_{a1} + X_{b1} + X_{c1}] / 3$												k : Ölçümcü sayısı	
X_{a1} A ölçümcüsünün 1. Parça ölçümleri ortalaması												D_4 : ölçüm sayısı için sabit	
Açıklamalar :													
HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY													
VOLKAN AVDALLAR KALİTE YÖNETİCİSİ													

		ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (Sonuç-Değerlendirme)		Tarih: 14.04.2008	
Parça Adı	DRIVE MEMBER	Karakteristik	HB ÖLÇÜMÜ	Cihaz Adı	BRINELL
Parça Kodu		Ölçü	185 - 228 HB	SERTLİK CİHAZI	
				Cihaz Kodu	H4
$\bar{R} =$	2,53	$\bar{X}_{DIFF} =$	0,267	$R_p =$	40,6667
ÖLÇÜM UNİTESİ ANALİZİ				% TOPLAM DEĞİŞKENLİK	
Tekrarlanabilirlik - Ekipman Değişkenliği (EV)				% EV = 100x[EV / TV]	
$EV = \bar{R} \times K_1$ $= 1,49669$				11,62	
				Ölçüm-r	K ₁
				2	0,8862
				3	0,5908
Tekrar Edilebilirlik - Ölçümcü Değişkenliği				% AV = 100x[AV / TV]	
$AV = \sqrt{(X_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / (n \times r))}$ $= 0,23497$				1,82	
				Ölçümcü-k	K ₂
				2	0,7071
				3	0,5231
Tekrarlanabilirlik & Tekraredilebilirlik (GRR)				%GRR = 100x[GRR / TV]	
$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$ $= 1,51503$				11,76	
				Parça- n	K ₃
Parça Değişkenliği (PV)				% PV = 100x[PV / TV]	
$PV = R_p \times K_3$ $= 12,79373$				99,306	
				2	0,7071
				3	0,5231
				4	0,4467
				5	0,403
				6	0,3742
Toplam Değişkenlik (TV)				ndc = 1,41 (PV / GRR)	
$TV = \sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2}$ $= 12,88313$				= 11,907	
				7	0,3534
				8	0,3375
				9	0,3249
				10	0,3146
Açıklamalar :					
HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY					
VOLKAN AVDALLAR KALİTE YÖNETİCİSİ					



ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (X-R Dağılımı)

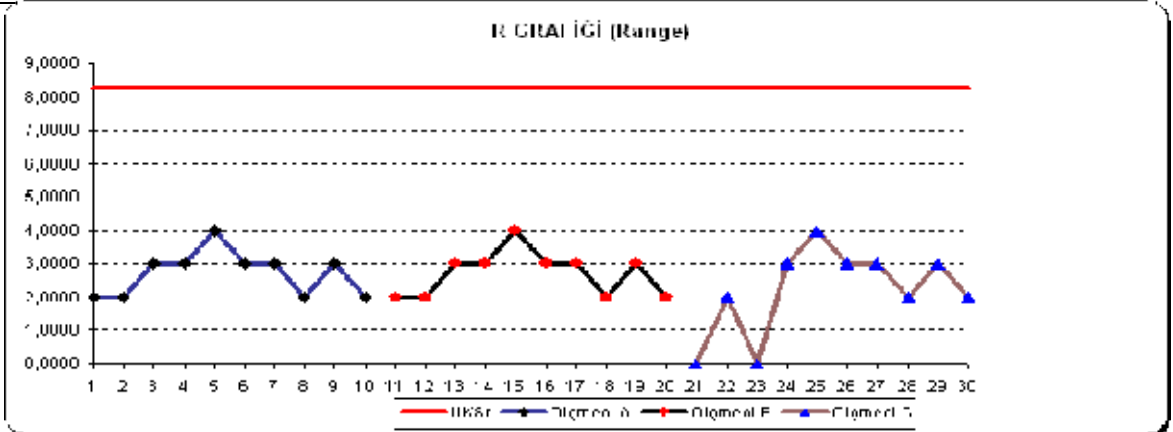
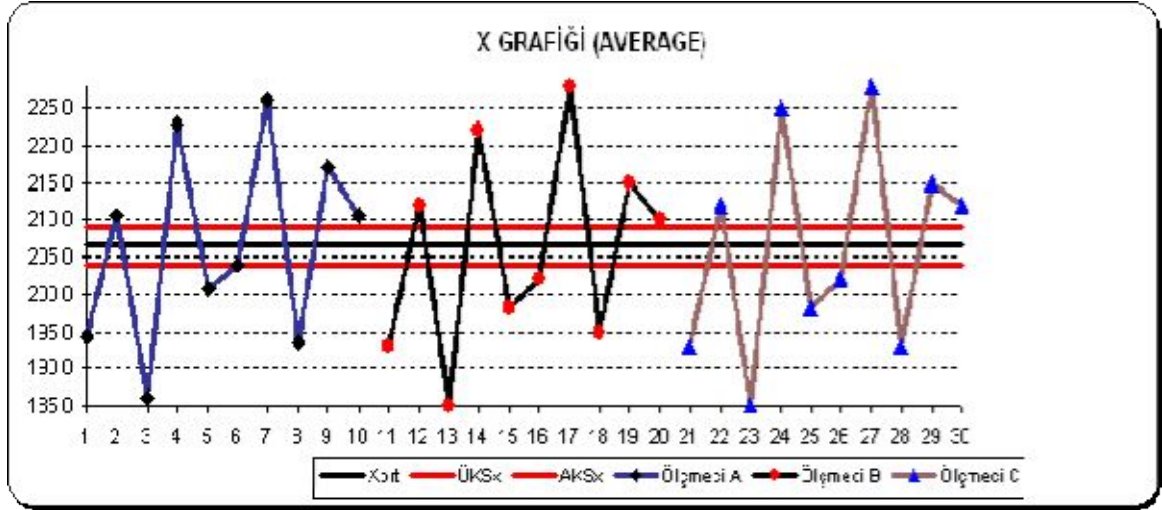
Parça Adı
Parça Kodu

DRIVE MEMBER

Karakteristik Ölçü

HB ÖLÇÜMÜ
185 - 228 HB

GRAFİK ANALİZ SONUÇLARI



HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY

VOLKAN AVDALLAR
KALİTE YÖNETİCİSİ

Ek 13 HV Ölçümlü Ölçüm Aleti Yetenek Hesaplama

		ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (Veri Toplama)										Tarih: 15.03.2009	
Parça Adı		MAKAS PİMİ			Karakteristik			HV ÖLÇÜMÜ			Cihaz Adı		VICKERS
Parça Kodu					Ölçü			400 - 550 HV			Cihaz Kodu		SERTLİK CİHAZI
Operatör Adı													
VERİLER													
Sıra No	Ölçümcü	Ölçüm No	PARÇA NO										Ortalamalar
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	A	1	475,000	515,000	452,000	480,000	512,000	520,000	470,000	505,000	478,000	512,000	
2		478,000	512,000	452,000	484,000	515,000	515,000	475,000	500,000	475,000	512,000		
3		478,000	512,000	450,000	484,000	515,000	520,000	472,000	505,000	478,000	515,000		
4	Ortalama		477,000	513,000	451,333	482,667	514,000	518,333	472,333	503,333	477,000	513,000	$\bar{X}_A = 492,2$
5	Aralık		3,000	3,000	2,000	4,000	3,000	5,000	5,000	5,000	3,000	3,000	$\bar{R}_A = 3,6$
6	B	1	478,000	515,000	450,000	484,000	515,000	520,000	472,000	505,000	478,000	515,000	
7		478,000	515,000	450,000	480,000	512,000	520,000	475,000	502,000	478,000	512,000		
8		478,000	515,000	452,000	482,000	515,000	518,000	470,000	500,000	478,000	512,000		
9	Ortalama		478,000	515,000	450,667	482,000	514,000	519,333	472,333	502,333	478,000	513,000	$\bar{X}_B = 492,467$
10	Aralık		0,000	0,000	2,000	4,000	3,000	2,000	5,000	5,000	0,000	3,000	$\bar{R}_B = 2,4$
11	C	1	478,000	512,000	452,000	482,000	515,000	520,000	472,000	500,000	478,000	512,000	
12		475,000	512,000	455,000	480,000	515,000	522,000	475,000	500,000	475,000	512,000		
13		475,000	515,000	452,000	482,000	515,000	515,000	470,000	502,000	475,000	512,000		
14	Ortalama		476,000	513,000	453,000	481,333	515,000	519,000	472,333	500,667	476,000	512,000	$\bar{X}_C = 491,833$
15	Aralık		3,000	3,000	3,000	2,000	0,000	7,000	5,000	2,000	3,000	0,000	$\bar{R}_C = 2,8$
16	Parça Ort.($\bar{X}_p$)		477,000	513,667	451,667	482,000	514,333	518,889	472,333	502,111	477,000	512,667	$\bar{\bar{X}} = 492,167$
			Rp= Xpmax - Xpmin										$R_p = 67,2222$
17	$([\bar{R}_A =] + [\bar{R}_B =] + [\bar{R}_C =]) / [\# \text{Ölçümcü Sayısı} =] =$												$\bar{\bar{R}} = 2,93333$
18	$(\text{Max } \bar{X} =) - (\text{Min } \bar{X} =) =$												$X_{DIFF} = 0,63333$
19	$(\bar{\bar{R}} =) \times (D_4 =) =$												$UCL_R = 9,592$
r	2	3	4	5	6	7	8	9	10	r : Ölçümcünün bir Parçayı Ölçüm Sayısı			
D ₄	3,27	2,57	2,28	2,11	2	1,92	1,86	1,82	1,78	n : ölçülen Parça sayısı			
$X_{p1} = [X_{a1} + X_{b1} + X_{c1}] / 3$													k : Ölçümcü sayısı
X_{a1} A ölçümcüsünün 1. Parça ölçümleri ortalaması													D ₄ : ölçüm sayısı için sabit
Açıklamalar :													
HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY													
VOLKAN AVDALLAR KALİTE YÖNETİCİSİ													

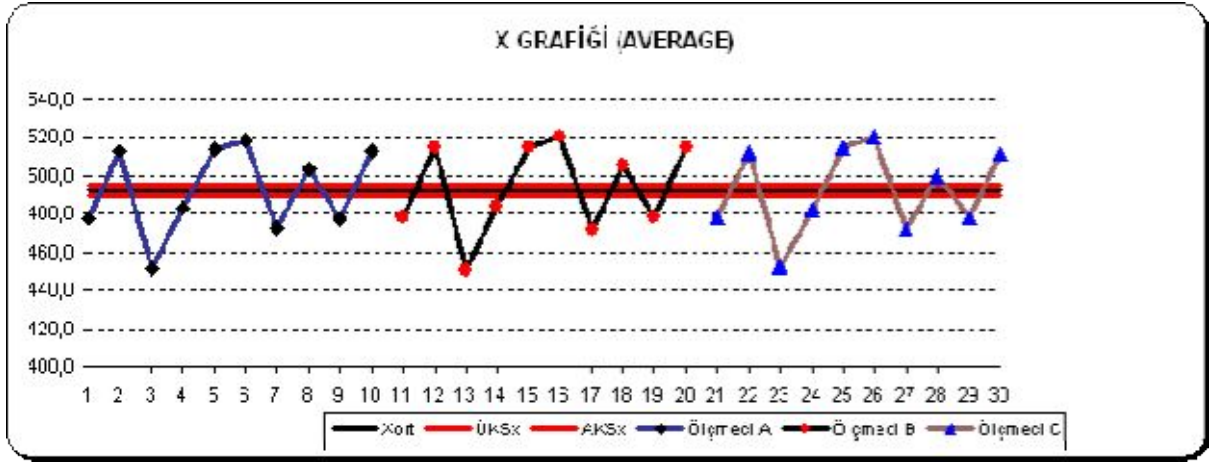
		ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (Sonuç- Değerlendirme)		Tarih: 15.03.2009	
Parça Adı	MAKAS PİMİ	Karakteristik	HV ÖLÇÜMÜ	Cihaz Adı	VICKERS SERTLİK Cİ
Parça Kodu		Ölçü	400 - 550 HV	Cihaz Kodu	
$\bar{R} =$	2,93	$\bar{X}_{DIFF} =$	0,633	$R_p =$	67,2222
ÖLÇÜM UNİTESİ ANALİZİ				% TOPLAM DEĞİŞKENLİK	
Tekrarlanabilirlik - Ekipman Değişkenliği (EV)				% EV = 100x[EV / TV]	
$EV = \bar{R} \times K_1$ $= 1,73301$				8,17	
				Ölçüm- r	K ₁
				2	0,8862
				3	0,5908
Tekrar Edilebilirlik - Ölçümcü Değişkenliği				% AV = 100x[AV / TV]	
$AV = \sqrt{(X_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / (n \times r))}$ $= 0,09822$				0,46	
				Ölçümcü-k	K ₂
				2	0,7071
				3	0,5231
Tekrarlanabilirlik & Tekraredilebilirlik (GRR)				%GRR = 100x[GRR / TV]	
$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$ $= 1,73579$				8,18	
				Parça- n	K ₃
Parça Değişkenliği (PV)				% PV = 100x[PV / TV]	
$PV = R_p \times K_3$ $= 21,14811$				99,665	
				2	0,7071
				3	0,5231
				4	0,4467
				5	0,403
				6	0,3742
Toplam Değişkenlik (TV)				ndc = 1,41 (PV / GRR)	
$TV = \sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2}$ $= 21,21923$				= 17,179	
				7	0,3534
				8	0,3375
				9	0,3249
				10	0,3146
Açıklamalar :					
HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY					
VOLKAN AVDALLAR KALİTE YÖNETİCİSİ					



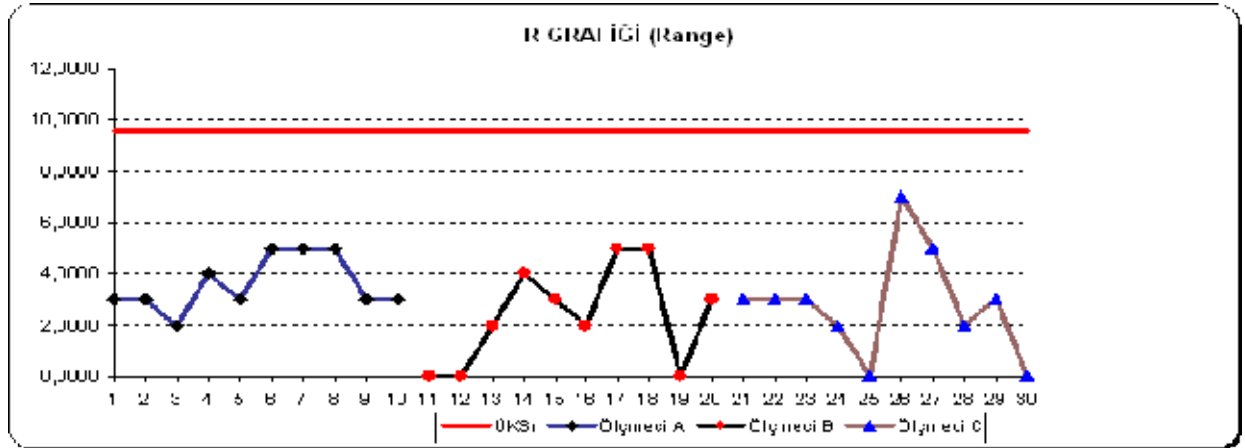
ÖLÇÜM ALETİ YETENEK HESAPLAMA RAPORU (X-R Dağılımı)

Parça Adı	MAKAS PİMİ	Karakteristik	HV ÖLÇÜMÜ
Parça Kodu		Ölçü	400 - 550 HV

GRAFİK ANALİZ SONUÇLARI



Toplam nokta adeti	30
Sınırlar dışında kalan nokta adeti	30
Sınırlar dışında kalan noktaların % Oranı (Hedef Değer: %50 ve üstü)	100,0



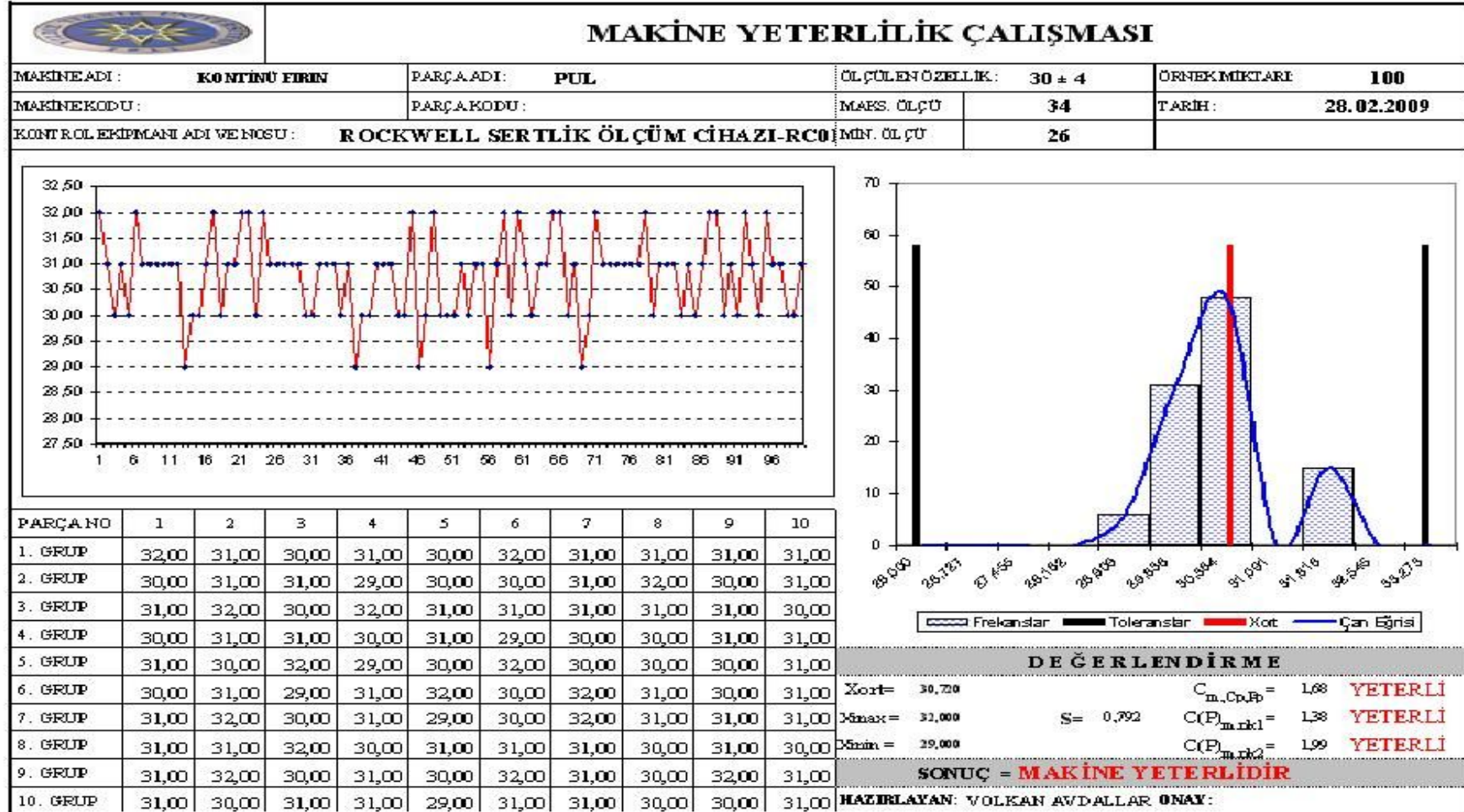
Değerlendirme ve Sonuç

Uygun	☒
Şartlı Kabul	☐
Red	☐

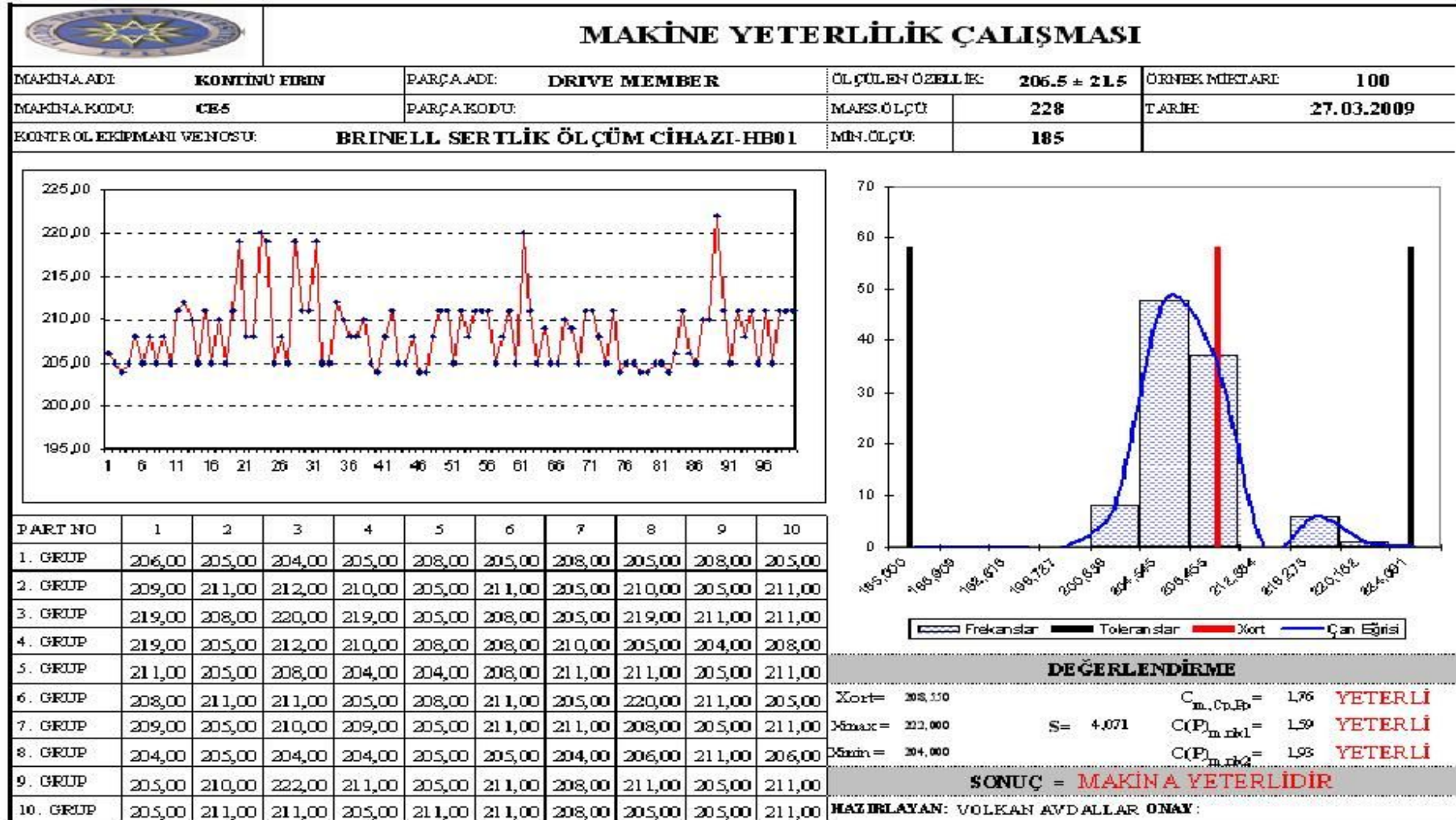
HAZIRLAYAN : İSİM / ÜNVAN / ONAY

VOLKAN AVDALLAR
KALİTE YÖNETİCİSİ

Ek 14 HRC Ölçümlü Proses Yeterlilik Çalışması (SPC)



Ek 15 HB Ölçümlü Proses Yeterlilik Çalışması



Ek 16 Islah Prosesi İçin FMEA Çalışması



PROSES FMEA UYGULAMA FORMU
PROCESS FMEA APPLICATION FORM
HATA DURUMU VE ETKİLERİ ANALİZİ (PROSES)
POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS)

Firma Adı :
Firm Name :
Parça Adı :
Part Name :
Parça / Resim Numarası :
Part / Drawing Number :
Çekirdek Takım :
Core Team :

Proses FMEA Lideri :
Proses FMEA Başlangıç ve Bitiş Tarihleri :

The Leader
Of Process FMEA
Starting & Finishing
Date Of Process FMEA
VOLKAN AVDALLAR

FMEA Sıra No :
FMEA Number :
Sayfa :
Page :
FMEA Tarihi (Rev.) :
FMEA Date (Rev.) :
FMEA Rev. No :
FMEA Rev. Number :00

Proses Fonksiyonu Process Function	Muhtemel Hata Durumu Potential Failure Mode	Hatanın Muhtemel Etkileri Potential Effect (s) of Failure	Etki Sev.	C / C	Hata Mekanizması / Potansiyel Nedenler Potential Cause (s) / Mechanism (s) of Failure	Ölçülebilirlik Meas.	Öngörülen Kontrol Önlemleri (Önleyici) Current Process Controls (Prevention)	Öngörülen Kontrol Önlemleri (Keşfedici) Current Process Controls (Detection)	Sapama oranı Defect	RÖS	Önerilen Faaliyetler Recommended Actions	Sorumluluk ve Termin Responsibility & Target Completion Date	Düzeltilici Faaliyet Sonuçları Action Results				
													Gerçekleştirilen Faaliyetler Actions Taken				
10 GİRİŞ KONTROL	YÜZEYİ UYGUN OLMAYAN ÜRÜNLERİN KABULÜ	ISIL İŞLEM SONRASI YÜZEY HATALARI GÖRÜLEBİLİR	7		ÜRÜNLERİN KABULLERİ YAPILIRKEN YETERLİ KONTROL EDİLMEMESİ	4		GÖZ KONTROLÜ YAPILMALI	5	140	ÜRÜNLER KASA KASA GÖZLE KONTROL EDİLECEK	ÜRETİM PLN. SEVK MÜD.	ÜRÜNLER GÖZLE KONTROLÜ YAPILDIKTAN SONRA TANIMLANARAK İŞLETMEYE KABUL EDİLİYOR.	7	3	3	63
	ÇARPIK, VURUK, ÇATLAK VB. DEFORMASYONLU ÜRÜNLERİN KABULÜ	ISIL İŞLEM SONRASI DEFORMASYONDA ARTIŞ OLABİLİR KULLANIM YERİNDE UYGUNSUZLUK TESPİT EDİLEBİLİR	7		ÜRÜNLERİN KABULLERİ YAPILIRKEN YETERLİ KONTROL EDİLMEMESİ	4		GÖZ KONTROLÜ YAPILMALI	5	140	HER KASADAN MİN 10 ADET NUMUNE GÖZLE KONTROL EDİLECEK	ÜRETİM PLN. SEVK MÜD.	ÜRÜNLER GÖZLE KONTROLÜ YAPILDIKTAN SONRA TANIMLANARAK İŞLETMEYE KABUL EDİLİYOR.	7	3	3	63
	İRSALİYEDEN GÖSTERİLEN MİKTARDAN FARKLI MİKTARLI ÜRÜNLERİN KABULÜ	MÜŞTERİYE MEVCUTTAN EKSİK YA DA FAZLA MİKTARDA ÜRÜN İRSALİYE EDİLEBİLİR	1		ÜRÜNLERİN KABUL EDİLİRKEN MİKTAR KONTROLÜNÜN YAPILMAMASI	3		MİKTARSAL KONTROL YAPILMALI	5	15	HER KALEM ÜRÜN TARTILARAK, MİKTARSAL DOĞRULAMA SONUCUNA GÖRE KABUL EDİLECEK	ÜRETİM PLN. SEVK MÜD.	ÜRÜNLERİN HER KALEMİ İÇİN TARTIM YAPILARAK MÜŞTERİ İRSALİYESİ İLE KARŞILAŞTIRILYOR VE SONUCA GÖRE ÜRÜNLER İŞLETMEYE KABUL EDİLİYOR	1	3	3	9
	GÜNCEL MÜŞTERİ ŞARTNAMESİ OLMAYAN ÜRÜNLERİN KABULÜ	ŞARTNAME REVİZE EDİLMİŞ OLABİLİR, HATALI İŞLEM YAPILABİLİR	9		ÜRÜNLER İÇİN GÜNCEL ŞARTNAME TALEP EDİLMEMESİ	5		HER SEVKİYATLA ŞARTNAMESİ GELMEYEN ÜRÜNLERİN KABULÜ YAPILMAMALI, ŞARTNAME TALEP EDİLMELİ	6	270	HER SEVKİYATLA ŞARTNAMESİ GELMEYEN ÜRÜNLERİN KABULÜ YAPILMAYACAK, ŞARTNAME TALEP EDİLECEK	ÜRETİM PLN. SEVK MÜD.	ŞARTNAMESİ OLMAYAN ÜRÜNLER BEKLETİLEREK ŞARTNAME TALEBİ YAPILYOR VE ŞARTNAME ALINDIKTAN SONRA ÜRÜNLER İŞLETMEYE KABUL EDİLİYOR.	9	3	3	81
20 YÜKLEME	ÜRÜNLERİN AŞIRI YÜKLENMESİ	ÜRÜNLERİN İÇİNDE SERTLEŞEMEYEN ÜRÜNLER KALABİLİR	10		YÜKLEME MİKTARININ HATALI TANIMLANMASI	6	FİRINDA OTOMATİK YÜKLEME ÜNİTESİ MEVCUTTUR VE AŞIRI YÜKLEMİYİ ENGELLEYİCİ İŞİK PERDELERİ SAYESİNDE FİRINA BELİRLİ BİR SEVİYEDEN FAZLA MALZEME VERİLMESİ MÜMKÜN DEĞİLDİR	AŞIRI MALZEME GİRİŞİ OLDUĞUNDA SİSTEM ALARM VERMEKTEDİR	6	360		İŞLETME MÜDÜRÜ	FİRIN BELİRLENMİŞ PROSES DEĞERLERİ İLE ÇALIŞTIRILYOR, DEĞİŞİMLERE SİSTEM OTOMATİK OLARAK İZİN VERMİYOR.	10	1	1	10
	ÜRÜNLER YÜKLENİRKEN TRANSFER NOKTALARINDA EZİK VE VURUKLAR OLUŞABİLİR	OLUŞAN EZİK VE VURUKLAR ISIL İŞLEM SONRASINDA PARÇANIN KULLANIM YERİNDE SORUNLARA SEBEP OLABİLİR	7		TRANSFER NOKTALARINDA KORUYUCULARIN OLMAMASI YA DA DEFORME OLMUŞ OLMASI	7	TRANSFER NOKTALARI POLİÜRETAN MALZEMEDEN MAMÜL ÜRÜNLERLE KAPLIDIR	KORUYUCU MALZEMEDE DEFORMASYON FIRININ GÜNLÜK KONTROLLERİNDE TESPİT EDİLMEKTEDİR	6	294	FİRININ GÜNLÜK KONTROLLERİNDE TRANSFER NOKTALARINDAKİ KORUYUCU MALZEME DE KONTROL EDİLECEK	İŞLETME MÜDÜRÜ	GÜNLÜK KONTROLLERDE TRANSFER NOKTALARINDAKİ KORUYUCU MALZEME KONTROL EDİLMEKTEDİR	7	4	4	112

30 TAVLAMA	ÜRÜNLERİN YETERİ KADAR TAVLANAMAMASI SONUÇU SERTLEŞME YETERSİZLİĞİ	ÜRÜNLERDE HOMOJEN OLMAYAN SERTLİK DEĞERLERİ ELDE EDİLEBİLİR	10	AŞIRI ÜRÜN YÜKLENMESİ	4	FİRINDA OTOMATİK YÜKLEME ÜNİTESİ MEVCUTTUR VE AŞIRI YÜKLEMİYİ ENGELLEYİCİ İŞİK PERDELERİ SAYESİNDE FİRINA BELİRLİ BİR SEVİYEDEN FAZLA MALZEME VERİLMESİ MÜMKÜN DEĞİLDİR	AŞIRI MALZEME GİRİŞİ OLDUĞUNDA SİSTEM ALARM VERMEKTEDİR	6	240	ÜRÜNLERİN FİRIN PROGRAMI YAPILIRKEN YÜKLEME MİKTARIDA KAYDEDİLECEK	İŞLETME MÜDÜRÜ	FİRIN BELİRLENMİŞ PROSES DEĞERLERİ İLE ÇALIŞTIRILYOR, DEĞİŞİMLERE SİSTEM OTOMATİK OLARAK İZİN VERMİYOR.	10	1	1	10
	YETERLİ ÇEKİRDEK SERTLİĞİNİN ELDE EDİLEMESİ	ÜRÜNLERİN ÇEKİRDEĞİNİN DE İSİNABİLECEĞİ KADAR SÜRE TAVLANMAMASI	10	TAV FİRINI BANT HIZININ YÜKSEK OLUŞU	4	FİRIN PET SİSTEMİ KAYITLI PROSES DEĞERLERİNİN DIŞINA ÇIKILMASINA SİSTEM İZİN VERMİYOR	SİSTEMDE 24 SAAT KAYIT ALTINA ALINAN DATALAR GERİYE DÖNÜK İNCELENECEK	6	240		İŞLETME MÜDÜRÜ	FİRIN BELİRLENMİŞ PROSES DEĞERLERİ İLE ÇALIŞTIRILYOR, DEĞİŞİMLERE SİSTEM OTOMATİK OLARAK İZİN VERMİYOR.	10	1	1	10
	TAV FİRINI SICAKLIK HOMOJENSİZLİĞİ	HOMOJEN OLMAYAN SERTLİK DEĞERLERİ OLUŞABİLİR	10	SİRKÜLASYON FANLARINDAN BİR YA DA DAHA FAZLASININ ÇALIŞMAMASI	5	FANLARDAN BİRİNDE OLUŞABİLECEK ARIZA SONUCU SİSTEM OLARAK ALARM VEREREK DURMAKTADIR		6	300	FAN ARIZALARINA KARŞI YEDEK FANLAR BULUNDURULACAK	İŞLETME MÜDÜRÜ	FAN ARIZALARINDA SİSTEM OTOMATİK OLARAK DURMAKTADIR, FİRMADA ARIZALARI KISA SÜREDE ÇÖZMEK İÇİN YEDEK FANLAR BULUNDURULMAKTADIR	10	3	2	60
	FARKLI PARÇALARIN ARKA ARKAYA GİRİŞLERİNDE SONRADAN GİREN PARÇANIN PROSES FARKLILIĞINDAN ETKİLENMESİ	ÜRÜNLER HATALI PROSESE GÖRE İŞLEM GÖRECEĞİNDEN İSTENİLEN MUKAVEMET DEĞERLERİNE ULAŞILAMAZ	10	ÜRÜNLERİN ARKA ARKAYA İŞLEME GİRMESİ	6	FARKLI ÖZELLİKTEKİ ÜRÜNLER ARKA ARKAYA İŞLEME ALINDIĞINDA PET SİSTEM SONRADAN GİREN ÜRÜNÜ TANIMLAYARAK PROSES DEĞERLERİNİ O ÜRÜNÜN GEÇTİĞİ BÖLGELER İÇİN OTOMATİK AYARLAMAKTADIR.	SİSTEMDE 24 SAAT KAYIT ALTINA ALINAN DATALAR GERİYE DÖNÜK İNCELENECEK	6	360	ÜRÜNLER PROGRAMLANIRKEN PET SİSTEM ARALIK VERME KURALLARINA GÖRE PROGRAMLANACAK	ÜRETİM PLN. SEVK MÜD.	ÜRÜNLER PROGRAMLANIRKEN PET SİSTE ARALIK KURALLARINA GÖRE ARALIK BELİRLENMEKTEDİR	10	1	1	10
	YÜZEY KİRLİLİĞİ	KAPLAMALI ÜRÜNLERİN KAPLAMA PROSESİNDE KAPLANMAMA DURUMU OLUŞABİLİR, KAPLAMASIZ ÜRÜNLER KULLANILAMAZ	4	UYGUN OLMAYAN GAZ ATMOSFERİYLE ÇALIŞMA	5	SİSTEM, SONUCU İSPATLANMIŞ KAYITLI PROSES DEĞERLERİYLE OTOMATİK OLARAK ÇALIŞMAKTA GAZ DEĞERLERİNDE OLUŞAN DEĞİŞİMLERDE SESLİ ALARM VERMEKTEDİR	SİSTEMDE 24 SAAT KAYIT ALTINA ALINAN DATALAR GERİYE DÖNÜK İNCELENECEK	6	120		İŞLETME MÜDÜRÜ	FİRIN BELİRLENMİŞ PROSES DEĞERLERİ İLE ÇALIŞTIRILYOR, DEĞİŞİMLERE SİSTEM OTOMATİK OLARAK İZİN VERMİYOR.	4	1	1	4
		KAPLAMALI ÜRÜNLERİN KAPLAMA PROSESİNDE KAPLANMAMA DURUMU OLUŞABİLİR, KAPLAMASIZ ÜRÜNLER KULLANILAMAZ	4	YÜZEYİ TEMİZ OLMAYAN ÜRÜNLERİN ÖN YIKAMADAN GEÇİRİLMEYEN TAV FİRININA ŞARJ EDİLMESİ	5	PET SİSTEMDE KAYITLI PROSES DEĞERLERİNDE ÖN YIKAMA MEVCUT OLDUĞUNDA SİSTEM ÖN YIKAMASIZ ÜRÜNLERİN TAV FİRININA ŞARJ EDİLMESİNE İZİN VERMEZ.		6	120	YÜZEYİ TEMİZ OLMAYAN ÜRÜNLERİN PROSESLERİ ÖN YIKAMALI OLARAK KAYDEDİLECEK	İŞLETME MÜDÜRÜ	FİRIN BELİRLENMİŞ PROSES DEĞERLERİ İLE ÇALIŞTIRILYOR, DEĞİŞİMLERE SİSTEM OTOMATİK OLARAK İZİN VERMİYOR.	4	1	1	4
		KAPLAMALI ÜRÜNLERİN KAPLAMA PROSESİNDE KAPLANMAMA DURUMU OLUŞABİLİR, KAPLAMASIZ ÜRÜNLER KULLANILAMAZ	4	SERTLEŞTİRME YAĞINDAN ÇIKAN ÜRÜNLERİN ARA YIKAMADA TEMİZLENMEDEN MENEVİŞ FİRININA GİRMESİ	5	PET SİSTEMDE KAYITLI PROSES DEĞERLERİNDE ARA YIKAMA MEVCUT OLDUĞUNDA SİSTEM ARA YIKAMASIZ ÜRÜNLERİN MENEVİŞ FİRININA ŞARJ EDİLMESİNE İZİN VERMİYOR.		6	120	GEREKLİ ÖZEL HALLERİN DIŞINDA ARA YIKAMASIZ PROSES KAYDI YAPILMAYACAK	İŞLETME MÜDÜRÜ	FİRIN BELİRLENMİŞ PROSES DEĞERLERİ İLE ÇALIŞTIRILYOR, DEĞİŞİMLERE SİSTEM OTOMATİK OLARAK İZİN VERMİYOR.	4	1	1	4

50 TEMPERLEME	TEMPER FIRINI SICAKLIK HOMOJENSİZLİĞİ	HOMOJEN OLMAYAN SERTLİK DEĞERLERİ OLUŞABİLİR	10		TEMPER FIRINI SİRKÜLASYON FANLARINDAN BİR YA DA BİRKACININ ÇALIŞMAMASI	5	FANLARDAN BİRİNDE OLUŞABİLECEK ARIZA SONUCU SİSTEM OTOMATİK OLARAK ALARM VERMEKTEDİR	6	300	FİRMADA FAN ARIZALARI İÇİN YEDEK FANLAR BULUNDURULACAK	İŞLETME MÜDÜRÜ	FAN ARIZALARINDA SİSTEM OTOMATİK OLARAK ALARM VERMEKTEDİR, FİRMADA ARIZALARI KISA SÜREDE ÇÖZMEK İÇİN YEDEK FANLAR BULUNDURULMAKTADIR	10	3	2	60
	ANİ SICAKLIK YÜKSELMESİ	ÜRÜNLER BU SICAKLIKTAN ETKİLENEREK İSTENİLMEYEN MUKAVEMET DEĞERLERİ VE UYGUNSUZ MİKROYAPI OLUŞABİLİR.	10		TERMOKUPİLLARDA OLUŞAN ARIZA	4	FİRINDA SICAKLIK YÜKSELMELERİNİ ENGELLEYEN VE MEVCUT TERMOKUPILI KONTROL EDEN YÜKSEK SICAKLIK TERMOKUPILI BULUNMAKTADIR.	6	240		İŞLETME MÜDÜRÜ	FİRINDA TERMOKUPİLLARI KONTROL EDEN AŞIRI SICAKLIK TERMOKUPİLLARI MEVCUTTUR VE ANİ SICAKLIK YÜKSELMELERİNE İZİN VERMEKTEDİR	10	1	1	10
60 SON KONTROL	TALİMATLARDA BELİRTİLENDEN DAHA AZ SAYIDA NUMUNE ALINMASI	YETERLİ SAYIDA NUMUNE ÖLÇÜLMESİNE BAĞLI OLARAK OLUŞABİLECEK HOMOJENSİZLİK HATALARI TESPİT EDİLEMEYEBİLİR	10		AZ SAYIDA NUMUNE ÖLÇÜLMESİ SONUCU ŞARJIN BÜTÜNÜNÜ TEMSİL EDEN ÖRNEKLEME YAPILAMAMASI	5	İLGİLİ TALİMATLARDA BELİRTİLEN SAYIDA NUMUNE ÖLÇÜLECEK	6	300		KALİTE GÜVENCE MÜD.	TALİMATLARDA BELİRTİLMİŞ PERİYOTLAR VE ADETLERE GÖRE ÖLÇÜM YAPILMAKTADIR	10	3	3	90
	ÖLÇÜM CİHAZINDA OLUŞABİLECEK SAPMA	HATALI ÖLÇÜM YAPILABİLİR VE UYGUN ÜRÜN UYGUNSUZ, UYGUNSUZ ÜRÜN UYGUN OLARAK TANIMLANABİLİR	10		CİHAZ KALİBRASYON VE DOĞRULAMALARININ EKSİK OLUŞU	4	ÖLÇÜM CİHAZLARINA YILDA BİRKEZ KALİBRASYON YAPTIRILACAK, HERGÜN MASTERLARLA DOĞRULANACAK	6	240	GÜNLÜK DOĞRULAMALARDA HATALAR TESPİT EDİLMEKTEDİR	KALİTE GÜVENCE MÜD.	ÖLÇÜM CİHAZLARI HER YIL KALİBRE ETTİRİLMEKTE VE HERGÜN MEVCUT MASTERLARLA DOĞRULAMA YAPILMAKTADIR	10	3	3	90
	MALZEME TANIMSIZLIĞI	İŞLEM GÖREN PARÇALARLA GÖRMEYEN KARIŞABİLİR, UYGUNSUZ MALZEMELERLE UYGUN OLANLAR KARIŞABİLİR	10		MALZEMELERİN TANIMLANMAMASI	5	ÜRÜNLER FİRMAYA TESLİM ALINDIKTAN İTİBAREK TANIMLANMAKTA, FİRMA İÇİNDE TANIM KARTIYLA DOLAŞMAKTA VE İŞLEM SONRASI UYGUN ÜRÜNLER YEŞİL, UYGUN OLMAYANLAR ÜRÜNLER İSE KIRMIZI ETİKETLE TANIMLANACAK.	6	300		KALİTE GÜVENCE MÜD.	ÜRÜNLER FİRMAYA TESLİM ALINDIKTAN İTİBAREK TANIMLANMAKTA, FİRMA İÇİNDE TANIM KARTIYLA DOLAŞMAKTA VE İŞLEM SONRASI UYGUN ÜRÜNLER YEŞİL, UYGUN OLMAYANLAR ÜRÜNLER İSE KIRMIZI ETİKETLE TANIMLANMAKTADIR	10	3	3	90

Ek 17 Kontrol Planı (Ek 16'da Verilen FMEA'ya aittir)

 ÜRÜN VE PROSES KONTROL PLANI SAYFA.../1.../1...																
PRODUCT & PROCESS CONTROL PLAN Page																
☐ PROTOTİP Prototype			☒ ÖNSEİ Pre-lau			☒ SERİ ÜRETİM Serial Production			ANAHTAR PERSONEL Key Contact V. AVDALLAR		TARİH (ORJ) : Date (Orig.)		TARİH (REV.): Date (rev.)		REV. NO : 00 Rev. Number	
KONTROL PLAN NUMARASI : Control Plan Number									EKİP : Core Team		V.AVDALLAR , M.ASAY, S.YILMAZ,		MÜŞTERİ MÜHENDİSLİK ONAYI Customer Engineering Approval / Date (If req'd)			
PARÇA NUMARASI / SON REVİZYON SEVİYESİ Part Number / Latest Change Level									İMALATÇI / FABRİKA ONAYI / TARİH Supplier / Plant Approval / Date (If req'd)		MÜŞTERİ KALİTE ONAYI / TARİH Customer Quality Approval / Date (If req'd)					
PARÇA İSMİ / TANIMI Part Name / Description									İMALATÇI / FABRİKA Supplier / Plant		TERMOSEN HEAT TREATMENT		DİĞER ONAYLAR / TARİH Other Approval / Date (If req'd)		DİĞER ONAYLAR / TARİH Other Approval / Date (If req'd)	
PARÇA / PROSES NO Part / Process Number	PROSES İSMİ / OPERASYON TANIMI Process Name / Operation Description	MAKİNE , CİHAZ , DAYAMA , FİKSÜR , İMALAT PARÇALARI Machine , Device , Jig , Tools , For Mfg.	KARAKTERİSTİKLER Characteristics			ÖZEL KARAK. T. SINIF. Special Char. Class	METODLAR Methods						AKSİYON PLANI/ DÜZELTİCİ FAALİYET Reaction Plan/Corrective Action			
			NUMBER No	ÜRÜN Product	PROSES Process		ÜRÜN / PROSES ŞARTNAMESİ / TOLERANSI Product / Process Specification / Tolerance	DEĞERLENDİRME ÖLÇME TEKNİKLERİ Evaluation Measurement Technique	NUMUNE Sample BÜYÜKLÜĞÜ Size		FREKANSI Freq.	KONTROL METODU Control Method		HATASIZLAŞTIRMA Error- Proofing		
10	GİRİŞ KONTROL		1	YÜZEY TEMİZLİĞİ				GÖZ KONTROLÜ	3 PARÇA	HER KONTEYNER	NİTEL KONTROL					
			2	ÇARPIK, VURUK, ÇATLAK VB KONTROLÜ				GÖZ KONTROLÜ	3 PARÇA	HER KONTEYNER	NİTEL KONTROL					
			3	MİKTARSAL KONTROL				GÖZ KONTROLÜ	3 PARÇA	HER KONTEYNER	NİTEL KONTROL					
			4	SURFACE RUST CONDITION				GÖZ KONTROLÜ	3 PARÇA	HER KONTEYNER	NİTEL KONTROL					
			5	GÜNCEL ŞARTNAME KONTROLÜ				GÖZ KONTROLÜ	3 PARÇA	HER KONTEYNER	NİTEL KONTROL					

20	YÜKLEME		1	MİKTARSAL KONTROL	OTOMATİK YÜKLEYİCİ		PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ	PET SİSTEM KONTROLÜ	TÜM ÜRÜNLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ DIŞINA ÇIKMAYA İZİN VERMİYOR
			2	EZİK, VURUK KONTROLÜ	OTOMATİK YÜKLEYİCİ		MÜŞTERİ ŞARTNAMESİ	GÖZ KONTROLÜ	TÜM ÜRÜNLER	HER ŞARJ	GÖZ KONTROLÜ	TRANSFER NOKTALARI POLİÜRETAN KORUCULARLA KAPLI
30	TAVLAMA	CAN-ENG	1		TAVLAMA SICAKLIĞI		PET SİSTEMDE KAYITLI PROSES DEĞERLERİ	TERMOKUPL VE PET SİSTEM PROSES İZLEME	TÜM VERİLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ DIŞINA ÇIKMAYA İZİN VERMİYOR
			2		TAVLAMA SÜRESİ		PET SİSTEMDE KAYITLI PROSES DEĞERLERİ	TERMOKUPL VE PET SİSTEM PROSES İZLEME	TÜM VERİLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ DIŞINA ÇIKMAYA İZİN VERMİYOR
			3		FIRIN ATMOSFERİ		PET SİSTEMDE KAYITLI PROSES DEĞERLERİ	ATMOSFER KONTROL PROBU VE PET SİSTEM PROSES İZLEME	TÜM VERİLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ DIŞINA ÇIKMAYA İZİN VERMİYOR
40	SOĞUTMA(SERTLEŞTİRME)	YAĞ TANKI	1		SOĞUTMA SICAKLIĞI		YAĞDA SOĞUTMA	TERMOKUPL VE PET SİSTEM PROSES İZLEME	TÜM VERİLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ DIŞINA ÇIKMAYA İZİN VERMİYOR
		YAĞ TANKI	2		KARIŞTIRMA		YAĞDA SOĞUTMA	PET SİSTEM PROSES İZLEME	TÜM VERİLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	KARIŞTIRICI ÇALIŞMADIĞINDA SİSTEM ALARM VERİYOR

50	MENEVİŞLEME	CAN-ENG	1		MENEVİŞ SICAKLIĞI		PET SİSTEMDE KAYITLI PROSES DEĞERLERİ	TERMOKUPL VE PET SİSTEM PROSES İZLEME	TÜM VERİLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ DIŞINA ÇIKMAYA İZİN VERMİYOR
			2		MENEVİŞ SÜRESİ		PET SİSTEMDE KAYITLI PROSES DEĞERLERİ	TERMOKUPL VE PET SİSTEM PROSES İZLEME	TÜM VERİLER	HER ŞARJ	PET SİSTEM	PET SİSTEM PROSES DEĞERLERİ DIŞINA ÇIKMAYA İZİN VERMİYOR
60	SON KONTROL	ROCKWELL, BRINELL VE VICKERS DERTLİK ÖLÇÜM CİHAZI	1	YÜZEY SERTLİĞİ			MÜŞTERİ ŞARTNAMESİ	ROCKWELL, BRINELL VE VICKERS SERTLİK ÖLÇÜM YÖNTEMİ	3 PARÇA	HER 2 SAATTE BİR		
		ROCKWELL, BRINELL VE VICKERS DERTLİK ÖLÇÜM CİHAZI	2	ÇEKİRDEK SERTLİĞİ			MÜŞTERİ ŞARTNAMESİ	ROCKWELL, BRINELL VE VICKERS SERTLİK ÖLÇÜM YÖNTEMİ	3 PARÇA	HER 2 SAATTE BİR		
		METAL IŞIK MİKROSKOBU	3	MİKROYAPI KONTROLÜ			MÜŞTERİ ŞARTNAMESİ	METALOGRAFİK ANALİZ	1 PARÇA	HER ŞARJ		
		MALZEME KABUL VE MALZEME TANITIM/ KONTROL KARTI	4	ÜRÜN TANIMLAMA				GÖZKONTROLÜ	HER ÜRÜN GURUBU	HER ŞARJ	NİTEL KONTROL	

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	03.04.1984	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1998-2002	Orhan Cemal Fersoy Lisesi
Lisans	2002-2007	Yıldız Üniversitesi Kimya Metalurji Fak. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2007-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Üretim Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

2007-Devam Ediyor Termosan Isıl İşlem San. Ve Tic. A.Ş.