



T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE HATA TÜRÜ ETKİLERİ
ANALİZİ (FMEA) VE BİR UYGULAMA

Hazırlayan
Gamze ARAN

İşletme Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Doç. Dr. Osman ÇEVİK

TOKAT – 2006

TEŞEKKÜR

Tez aşamasındaki yardımlarından dolayı, değerli hocam Sayın Doç. Dr. Osman Çevik başta olmak üzere, çalışmanın uygulamasını yaptığım Yenmak Piston&Segman San. Ve Tic. A.Ş. çalışanlarından Bekir Yalçın Bey'e ve aileme çok teşekkür ederim.

Ekim, 2006

Gamze ARAN

ÖZET

Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) tekniği sistem, tasarım, süreç ve servis konularında hataları ortaya çıkmadan tanımlamayı ve gidermeyi veya en azından kullanıcıdaki etkisini ortadan kaldırmayı hedefleyen bir mühendislik tekniğidir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi, sistemdeki tüm hata türleri için iyileştirme yapılmasının planlanması yerine, sistemin bütünü üzerinde en büyük katkıyı sağlayacak hata türlerini önceliklendiren bir yöntemdir. Çünkü hata türlerinin hepsi için, veri derleme ve analizi de büyük zaman ve işgücü gerektirmektedir. FMEA'nın başlangıcında ön eleme yapmak ve sadece önemli olarak belirlenen parçalar için veri derlemek, tekniğin etkinliğini arttırmaktadır.

Bu çalışmada kalite iyileştirme sürecinde FMEA tekniği incelenmiştir. Yenmak Piston&Segman San. Ve Tic. A.Ş'de üretilen motor pistonlarına uygulanan Proses FMEA ele alınıp, süreçleri incelenmiştir. Piston üretim sürecinde karşılaşılan hatalar FMEA tekniğine göre analiz edilmiş, tekniğin firmanın kalite fonksiyonlarını iyileştirme konusundaki başarısı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hata Türü Ve Etkileri Analizi (FMEA), Kalite iyileştirme.

ABSTRACT

Failure mode and effect analysis (FMEA) is an engineering technique that is used to identify and eliminate known and/or potential failures, problems, errors and so on from the system, design, process and service before they reach the customer.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) is a technique for prioritizing the failure modes that provides the largest contribution on the product instead of improvement planning on many failure modes. But, data collecting and analyzing for many failure modes require a lot of time and human work. Selecting significant parts of a product and collecting /analyzing data for only these parts as an effective way for FMEA applications.

In this study, FMEA technique is examined for quality improving process. Process FMEA is discussed and examined for engine piston which is produced in Yenmak Piston & Segman San. Ve Tic. A.Ş. The failure which is met when piston is produced, is analysed for FMEA technique. Then it is demonstrated that its success about improving firm's quality functions.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Quality Improving.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kalite Kavramı.....	3
1.2. Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi.....	7
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.2. Yöntem.....	15
4. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA).....	16
4.1. FMEA'nın Tarihi Ve Günümüz Endüstrisindeki Yeri.....	16
4.2. Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) Tanımları.....	17
4.2.1. FMEA ile İlgili Kavramlar.....	20
4.2.2. FMEA'nın Amaçları.....	24

4.2.3. FMEA Metodunun Uygulandığı Durumlar.....	24
4.2.4. FMEA’da Uygulama Öncesinde Dikkat Edilecek Hususlar.....	25
4.2.5. FMEA Uygulamalarındaki Güçlükler.....	26
4.2.6. FMEA’nın Yararları.....	28
4.2.7. FMEA’nın Diğer Kalite Teknikleri ile İlişkisi.....	31
4.3. Hata Türü Ve Etkileri Analizinin (FMEA)Yöntemi	34
4.3.1. Başlangıç Çalışmaları.....	39
4.3.1.1. FMEA Kapsamının Belirlenmesi.....	39
4.3.1.2. FMEA Takımının Kurulması.....	41
4.3.1.3. FMEA Yapılacak Sistem, Tasarım, Proses veya Servisin İncelenmesi.....	42
4.3.2. FMEA Yapılan Sistem, Tasarım, Proses veya Serviste Yer Alan Hatalara Yönelik Çalışmalar.....	43
4.3.2.1. Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi.....	44
4.3.2.2. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi.....	47
4.3.2.3. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi.....	50
4.3.2.4. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi.....	52
4.3.3. Hata Türlerinin Değerlendirilmesi	52
4.3.3.1. Ortaya Çıkma Değerlerinin Belirlenmesi.....	55
4.3.3.2. Ağırlık Değerlerinin Belirlenmesi.....	57

4.3.3.3. Saptama Değerinin Belirlenmesi.....	59
4.3.3.4. Risk Öncelik Sayısının Hesaplanması.....	61
4.3.3.5. FMEA Formu.....	62
4.3.4. Risk Öncelik Sayısının Değerlendirilmesi.....	63
4.3.4.1. Önlem Alınacak Hata Türlerinin Belirlenmesi... ..	63
4.3.5. Önlemlerin Uygulanması.....	64
4.4. Hata Türü Ve Etkileri Analizinin (FMEA) Çeşitleri.....	65
4.4.1. Sistem FMEA	66
4.4.2. Tasarım FMEA.....	68
4.4.2.1. Tasarım FMEA Çalışma Ekibi.....	70
4.4.2.2. Tasarım FMEA'da Hata Türü.....	71
4.4.2.3. Tasarım FMEA'da Hata Etkisi.....	72
4.4.2.4. Tasarım FMEA'da Hata Nedenleri.....	73
4.4.2.5. Tasarım FMEA'da Kontrol Önlemleri.....	73
4.4.3. Proses FMEA.....	74
4.4.3.1. Proses FMEA Çalışma Ekibi.....	76
4.4.3.2. Proses FMEA'da Hata Türü.....	77
4.4.3.3. Proses FMEA'da Hata Etkisi.....	79
4.4.3.4. Proses FMEA'da Hata Nedenleri.....	80
4.4.3.5. Proses FMEA'da Kontrol Önlemleri.....	80

4.4.4. Servis FMEA.....	81
5. UYGULAMA.....	84
5.1. Uygulamanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtımı.....	84
5.1.1. Adres ve İletişim Bilgileri.....	84
5.1.2. Misyon ve Vizyon.....	84
5.1.3. Tarihçe ve Şirket Tanıtımı.....	85
5.1.4. Personel Durumu.....	85
5.1.5. İşletmede Üretilen Ürünler.....	85
5.1.5.1. Dizel Ve Benzinli Araçlardaki Pistonlar.....	86
5.1.5.2. Pistonlar , Pimler Ve Segmanlar.....	87
5.1.5.3. Piston Hareketi.....	88
5.1.5.4. Piston Motorun Çalışması.....	88
5.2. Bulgular.....	90
5.2.1. FMEA Uygulaması.....	90
5.2.1.1. Başlangıç Çalışmaları.....	94
5.2.1.2. Piston Üretim Sürecinde Meydana Gelebilecek Hatalar, Nedenleri, Etkileri ve Mevcut Kontroller.....	94
5.2.1.3. Ortaya Çıkma, Ağırlık ve Saptama Değerlerinin Belirlenmesi ve Risk Öncelik Sayısı Hesabı.....	97
5.2.1.4. Hataların RÖS Değerlerine Göre Sıralanması ve Öncelikle Önlem Alınacak Hataların Belirlenmesi.....	97

5.2.1.4.1. Alfin Birleşme.....	99
5.2.1.4.2. Pim Delik Çapının Toleranslar Dahilinde Olmaması.....	100
5.2.1.4.3. Piston Koniklik ve Ovallık Ölçüsünün Toleranslar Dahilinde Olmaması.....	100
5.2.1.5. Öngörülen Önlemler Sonrası İçin Ortaya Çıkma, Ağırlık ve Saptama Değerlerinin Bulunup Yeni RÖS Değerlerinin Hesaplanması.....	101
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	102
KAYNAKLAR.....	104
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	130

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Kalitenin İki Bileşeni.....	6
Tablo 1.2. Değişen Zorlayıcı Etkiler ve Geliştirilen Stratejiler.....	8
Tablo 4.1. Tasarım ve Proses FMEA’da Değerlendirme için Kullanılacak Yöntemlerin Seçim Kriterleri.....	54
Tablo 4.2. Ortaya Çıkma Derecelendirme Tablosu.....	56
Tablo 4.3. Ağırlık Derecelendirme Tablosu	58
Tablo 4.4. Saptama Derecelendirme Tablosu	60
Tablo 5.1. RÖS Değerlerine Göre Sıralanmış Hatalar.....	98

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1. Kalite Sistemi İçinde FMEA'nın Yeri.....	33
Şekil 4.2. FMEA Süreci.....	38
Şekil 4.3. FMEA Formu Örneği.....	62
Şekil 4.4. FMEA Çeşitleri.....	67
Şekil 5.1. İçten Yanmalı Motorun Bir Silindirinde Bulunan Ana Parçalar.....	89
Şekil 5.2. Piston İş Akış Şeması.....	91

KISALTMALAR LİSTESİ

AIAG-The Automotive Industry Action Group

ASQC-The American Society for Quality Control

DOE-Design of Experiments

FMEA-Hata Türü Ve Etkileri Analizi

FTA-Fault Tree Analysis

İPK-İstatistiksel Proses Kontrol

MIL – P-Military Procedure

MIL STD-Military Standardized

QFD-Quality Function Deployment

RÖS-Risk Öncelik Sayısı

TKY-Toplam Kalite Yönetimi

1. GİRİŞ

Son yarım yüzyıl içinde kalite, işletmelerin en önemli rekabet silahlarından biri haline gelmiştir. Günümüzde ise kalite, hem yerel hem de küresel pazarda kalıcı olmanın baş gereklerinden biridir. Bu amaçlar doğrultusunda kalite iyileştirme sürecinde işletmeler çeşitli yöntemleri kullanmaktadırlar. Kalite iyileştirme; işletmelerin mamul veya hizmetlerinin kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktörleri belirleyerek bunları ortadan kaldırmak ve müşteri memnuniyet düzeyini artırmak için yapmış olduğu çalışmalardan oluşan bir süreçtir.

Kalite ve süreç iyileştirmede istatistiksel yöntemlerden yararlanılır. Japonya’da geniş kitlelere öğretilen ve en çok tanınan bu yöntemler “Ishakawa’nın yedi basit aracı” olarak bilinen çetele tablosu, sınıflandırma, histogram, pareto analizi, sebep sonuç diyagramları, serpilme ve kontrol çizelgeleridir. Ayrıca son yıllarda kalite çemberleri, Deming Döngüsü, deney tasarımı, yapay zeka teknikleri ve hata türü ve etkileri analizi yöntemleri de kalite iyileştirme sürecinde kullanılan teknikler arasında yerlerini almıştır.

General Motors (1998), firmalardaki sürekli gelişme arzusu ve FMEA (Failure Mode and Effect Analysis = Hata Türü ve Etkileri Analizi) uygulamalarının birbiriyle çok güçlü bir etkileşimde olduklarını, ikisinin de tek başına gerçekleşmesinin düşünülemeyeceğini belirtmektedir. Firmalar piyasada rekabet edebilmeleri için, çeşitli operasyonlardaki hatalarını önlemek veya risklerini azaltmak mecburiyetindedirler. FMEA; sistem, tasarım, proses veya serviste oluşabilecek hataların değerlendirmesini ve bu tür hataların (problemler, yanlışlıklar, riskler v.s.) sürekli azaltılmasını hedefleyen özel bir metodolojidir.

FMEA önleyici kalite güvencenin analitik bir tekniği olup; ürün geliştirme ve imalat birimlerinin önleyici kalite güvence faaliyetlerini geniş ölçüde tamamlayarak, kalite iyileştirme sürecinde önemli bir yere sahip olmuştur. FMEA'nın amacı; sistem, süreç ve ürünlere ait potansiyel hataların, oluşmadan önce, planlama ve geliştirme safhasında tespiti, önem derecelerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve önlenmesi için uygun önlemlerin alınmasını sağlamaktır. FMEA, hataların sistematik analizini ve giderilmesini sağlaması nedeni ile, hataların oluşturabileceği risklerin minimizasyonuna, hata maliyetlerinin düşürülmesine, güvenilirliğin artırılmasına ve kalitenin sistematik olarak geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, FMEA, işletmelerin rekabette üstünlük sağlamak için uygulamaya koydukları önleyici kalite güvence yaklaşımları arasında en çok ilgi çeken ve kabul göreni olmuştur.

FMEA, imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Özellikle otomotiv sektöründe bu teknik birinci tahminleme tekniği olarak kullanılmaktadır (Elliott, 1998: 12).

Yine, son dönemlerde otomotiv sektörü başta olmak üzere tüm sektörlerde hataların önlenmesine yönelik olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Zira FMEA; QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer Kalite Yönetim Sistemleri dahilinde zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışma, FMEA tekniğini tanıtmak ve bu metodun bir otomotiv yan sanayi işletmesindeki uygulaması hakkında ayrıntılı bilgi vermek amacı ile hazırlanmıştır.

FMEA'nın kalite iyileştirme sürecinde kullanılan bir teknik olması nedeniyle aşağıda kalite hakkında kısa bir bilgi sunulmuştur.

1.1. KALİTE KAVRAMI

Kalite sözcüğü Latince “qualis” kelimesinden köken almakla beraber “aslında öyle olmak” anlamındadır. (Uz, 1995 s:49-55). Geleneksel anlamda, ürünün, amaca ve kullanıma uygunluğundan (Juran, 1989:26), kullanımlara uygunluk derecesine (Crosby, 1979:3), spesifikasyonlara uygunluk derecesine (Feigenbaum, 1983) müşteri gereksinimlerini tatmin etmeye (Ishikawa, 1985:44) ve kusursuzluk anlayışına kadar birçok farklı tanım, aslında işletmelerin kalite konusunda anlayışlarındaki değişimi yansıtmaktadır. Kavram olarak kalite ise; değişik kaynaklar tarafından değişik şekillerde tanımlanmıştır (Kusiak, 1993). Bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir (Tekin, 1999; Taştan, 2002; Argüden, 2003; Filiz, 2003):

- Kalite bir ürün veya hizmetin değeridir.
- Kalite önceden belirlenmiş olan özelliklere uygunluktur.
- Kalite ihtiyaçlara uygunluktur.
- Kalite kullanıma ve amaca uygunluktur.
- Kalite, müşterinin şimdiki ve gelecekteki isteklerinin karşılanmasıdır.
- Kalite bir ürün ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan, özelliklerin toplamıdır.
- Kalite beklentileri aşmaktır.
- Kalite önlemdir; sorunlar ortaya çıkmadan önce çözümlerini oluşturur, ürün ve hizmetlerin yapısına kusursuzluk katar.
- Kalite verimlilik; işleri yapabilmek için gerekli eğitimden geçen, ihtiyaç duyduğu araç-gereç ve talimatlarla desteklenen personel ile elde edilir.

- Kalite bir süreçtir; süregelen bir gelişmeyi kapsar.
- Kalite, bir yatırımdır; uzun dönemde bir işi ilk defada doğru olarak yapmak, hatayı sonradan düzeltmekten daha ucuzdur.
- Kalite, bir ürün ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerinin toplamıdır.
- Kalite, kusursuzluk anlayışına sistemli bir yaklaşımdır.
- Amerikan Kalite Kontrol Kurumu kaliteyi “bir ürün veya hizmetin bütün özellik ve karakteristiklerinin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılama kabiliyeti” olarak tanımlamıştır.
- Japonya’da ise kalite kavramı geliştirilebilecek her şeyi belirtmektedir.

Genel kabul görmüş bir ifade olarak “Kalite müşteri memnuniyetidir.” tanımı verilebilir (Juran, 1989:5). Burada sözü edilen müşteri memnuniyetine ise 2 bileşenle ulaşılabilir: Ürün özellikleri ve kusursuzluk (Juran, 1989:5).

Bu iki bileşenin daha yakından incelenmesi bakış açısının genişletilmesi açısından gereklidir.

i- *Ürün özellikleri*; satış gelirleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Birçok sektörde potansiyel müşteriler istedikleri kalite düzeyine göre ayrılırlar. Örneğin lüks otel ya da sadece konaklama ihtiyacını karşılamak üzere düşünülmüş bir pansiyon; çok gelişmiş özelliklere sahip bir buzdolabı ya da sadece soğutma işlevine sahip bir buzdolabı şeklinde ürün veya hizmetin özellikleri belirlenmiş olabilir. Bu bileşen tasarım kalitesi olarak da düşünülebilir. Tasarım kalitesinin artırılması genellikle yüksek maliyeti getirir (Juran, 1989:6).

ii- *Kusursuzluk*; hurda, yeniden işleme, şikayetler ve kusurların yol açabileceği diğer zararlar yolu ile maliyetler üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bu bileşen uygunluk kalitesi olarak da düşünülebilir. Uygunluk kalitesinin artırılması genellikle düşük maliyeti getirir. Bunun yanında, kusursuzluk daha az şikayet ve daha yüksek müşteri memnuniyeti demektir (Juran, 1989:6).

Aşağıda yer alan tabloda bu iki bileşene ait özellikler yer almaktadır:

Tablo 1.1. Kalitenin İki Bileşeni

İmalat Sektörü	Hizmet Sektörü
Ürün Özellikleri	
Performans	Doğruluk
Güvenilirlik	Dakiklik
Dayanıklılık	Tamamlanmışlık
Kullanım kolaylığı	Saygı ve cana yakınlık
Satış sonrası servis edilebilirlik	Hizmeti veren kişinin bilgisi
Estetik	Müşteri ihtiyaçlarını sezme
Çeşitlilik ve geliştirilebilirlik	Estetik
İtibar	İtibar
Kusursuzluk	
Ürünün hatasız olarak üretilmesi, teslimat, kullanım ve servis hizmetleri süreçlerinde kusursuzluk	Hizmetin kusursuzluğu
Satış, faturalama ve diğer iş süreçlerinin kusursuzluğu	Satış, faturalama ve diğer iş süreçlerinin kusursuzluğu

Kaynak: Juran, J. M. (1989), *Juran On Leadership For Quality*, Free Press: New York.

1.2. KALİTE KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Kalite kavramı ile ilgili ilk bilgilere İ.Ö. 2150 tarihli Hammurabi Yasalarında karşılaşılmaktadır. Bu yasalarda yer alan hükümlerden birisi şu şekildedir: “Bir inşaat ustasının inşa ettiği bir ev, ustanın yetersizliği ve işini gerektiği gibi yapamaması nedeniyle yıkılarak ev sahibinin ölümüne yol açarsa o usta öldürülecektir.” İ.Ö. 1450 yılında ise, Eski Mısır’daki inşaatlarda çalışan kontrol elemanları taş bloklarının yüzeylerinin dikliğini telden oluşturdukları bir araçla kontrol etmektedirler. O dönemde, kaliteden anlaşılan işin doğru olarak yapılması idi. 19.yy’ nin ikinci yarısından itibaren, endüstriyel sistemin doğması ve üretimde büyük artışlar meydana gelmesi, kalite kavramının önemini bir anda ön plana çıkarmıştır. Kalite kavramının bir sistem olarak ele alınması ve önceden belirlenmiş ilkelere dayandırılması ise, ilk olarak A.B.D.’de ortaya çıkmış, daha sonra Japonya ve Avrupa’daki gelişmelerle zirveye ulaşarak, yönetim bilimi içerisindeki yerini almıştır. (Türkel, 1998:3)

Günümüz anlayışına varılana kadar kaliteye ulaşabilmek için değişik yollar izlenmiştir. Juran, Kalite için Liderlik adlı kitabında tarih boyunca kalitenin elde edilmesine yönelik çalışmaları Tablo 1.2’deki gibi özetlemiştir.

Tablo 1.2. Değişen Zorlayıcı Etkiler ve Geliştirilen Stratejiler

Şartlar ve Zorlayıcı Güçler	Kalite Yönetimine Yönelik Stratejiler
Açlık, yiyecek toplama	Yiyecek toplarken yapılan incelemeler
İşbölümü – gıda satıcıları	Kent pazarlarında müşterilerce yapılan incelemeler
İlk imalatçılar; zanaatkarların ortaya çıkışı	Zanaatkarların beceri ve itibarına duyulan güven
Şehirlerarası ticaretin yaygınlaşması	Örnek alma, muayene ile kontrol, teminatlar
Loncalar	Malzeme, proses ve ürün için belirlenen spesifikasyonlar; kontroller; denetlemeler
Sanayi Devrimi	Yazılı spesifikasyonlar; test laboratuvarları; muayenelerin geliştirilmesi; standardizasyon
Taylor Sistemi	Merkezi muayene departmanları
Hacim ve karmaşıklığın artması	Kalite güvence departmanları; kalite mühendisliği; güvenilirlik mühendisliği
II. Dünya Savaşı	İstatiksel kalite kontrolü üzerine çalışmalar
Japon Kalite Devrimi (Japon stratejileri) ve sonrası	Üst düzey yöneticilerin kalite sorumluluğu Kalite yönetiminin tüm işletme fonksiyonlarına mal edilmesine yönelik çalışmalar Kalitenin sürekli geliştirilmesi anlayışı Kalite kontrol çemberleri

Kaynak: Juran, J. M. (1989), *Juran On Leadership For Quality*, Free Press: New York.

Kalite kavramının çok boyutlu doğası ve buna bağlı olarak kalite sağlama görevinin günümüz koşullarında basit bir ayıklamanın çok daha ötesinde işletme organizasyonlarının içsel süreçleri ile birlikte, etkileşim halinde bulunduğu dışsal süreçleri de kapsamı kalitenin bir bütünsellik içinde ele alınması gereğini doğurmuştur.

Kaliteye bu bütünsellik içinde bakma gereği 1980'li yılların başından itibaren "Toplam Kalite" kavramının tüm dünyada yaygınlaşmasına neden olmuştur. Toplam kalite yönetimi, klasik anlamdaki yönetim anlayışının alternatifi olarak doğan, gelişen ve gelişimini devam ettiren bir anlayışın bugünkü adıdır (Şimşek, 1998, s.95).

Katılımcı ve destekleyici bir yönetim anlayışı içinde, en uygun kalite maliyeti ile müşterilere en üst düzeyde kalite güvencesi verebilen, kuruluşun ticari, finansal, teknik ve beşeri kaynaklarını optimize etme yolundaki faaliyetlerinin koordine edilmesi ve yönlendirilmesidir (Peşkircioğlu, 1994:104).

Toplam Kalite Yönetimi, yapılan işlerin bilimsel, rasyonel ve verimli olmasını sağlamak, müşterinin mevcut ve gelecekteki beklentilerinin tespit edilmesini ve bunların en ekonomik şekilde tam olarak karşılaştırılmasını hedefler (Kantarıcı, 1993:12). Toplam Kalite Yönetimi, üretilen ürün ve hizmetlerin yanı sıra, kuruluşun yönetiminin bir bütün olarak kalitesini ve verimliliğini artırmayı ve maliyetleri düşürmeyi amaçlar (Çevik, 2001:11)

Tüm dünyanın Japon mucizesi olarak bir süre sonra izlediği gelişmeler, artık Japon gerçeği olarak kabullenilmiş ve TKY, Amerika ve Avrupa dahil birçok ülkenin ve firmanın rekabet için benimsemeye gayret ettiği bir yönetim tarzı haline gelmiştir (Köseoğlu, 1997:4).

Prasad (1996), TKY'nin geleneksel kalite anlayışının aksine geri beslemenin kusurlu mamuller aracılığıyla değil, müşteri istekleriyle tetiklendiğini belirtmektedir.

Juran (1991:8), TKY'ni işletmeler için rekabette üstün olabilmede temel bir stratejik silah olarak kabul etmektedir. Higgins ve Vincze (1993:365) ise global rekabet ortamında toplam kalite yönetiminin bütün firmaların başarılarının devamı için en temel ön artılardan biri olduğunu belirtmektedir.

TKY, bir kuruluşta üretilen mal ve hizmetlerin, işletme süreçlerinin ve personelin sürekli olarak iyileştirme ve geliştirme yolu ile minimum toplam maliyet düzeyinde, Pazar artırımını vs. yollarla önceden belirlenmiş olan müşteri istek ve ihtiyaçlarının tüm kuruluş çalışanlarının katılımı ve kendilerinden beklenen sorumlulukları yerine getirmek suretiyle gerçekleştirilerek, performansının iyileştirilmesi stratejisidir (Bozkurt ve Asil, 1995:32). Söz konusu amaca ulaşabilmek için toplam kalite yönetimi anlayışına, insanların motivasyonu, grup çalışması, yetki devri, karlılık güven, açık ve çok yönlü iletişim, sistemin odak noktalarıdır (Türkmen, 1995:146).

Şirket ölçeğinde kalite kontrol ya da toplam kalite kontrol terimleriyle açıklanan kavram daha sonra bir yönetim paketi (Shiba, 1987), organizasyonların yönetiminde yeni bir düşünce tarzı (Chorn, 1991:31) ve organizasyonda fertlerin davranış ve tutumlarından stratejilere kadar bir çok konuda deyim gerektiren bir sistematik yönetim anlayışı olarak tanımlanmaktadır. Kavramın (1992:59) göre, bir yönetim felsefesi olarak ifade edilen kavram, Kantarcı'ya göre (1994:33), müşteri beklentilerinin belirlenmesi, tam ve ekonomik bir biçimde gerçekleştirilmesini amaçlayan, sürekli iyileştirmeyi öngören bir işletme anlayışıdır. Toplam kalite yönetiminin “ne olmadığına” bakmak da, bizi anlamlı bir tanıma ulaştırabilir: “Toplam kalite yönetimi, bir seri programın uygulanması değildir” (Price ve Chen, 1993:96).

TKY'nin uygulanmasında karılaılan ve başarısızla yol açan sorunlar ise (Varol, 1993:30; Peker, 1993:59);

- Tepe yöneticilerinin aktif katılımı olmaksızın, bir program olarak uygulamaya konulması,
- Kaliteyi geli tirmenin, irket yönetiminin arasına slogan olarak ortaya attı ı ve sonra da takipçisi olunmayan sıradan bir konu olarak algılanması, bir kalite politikasının ve sorumlulu unun yeterince olmayı ı,
- Yönetim ve özellikle çalı anların kalite ve rekabetin bilincinde olmamaları, sürekli geli menin önemli oldu unun tam olarak anla ılamaması,
- Yönetimin kabulü olsa dahi, felsefeyi uygulamak için gereken örgütsel düzenlemeler yapılmadan ve gerekli olan liderlik anlayı ı geli tirilmeden uygulamaya geçilmesi,
- TKY'nin tamamıyla bir de i im faaliyeti oldu u ve özel bir kültürel ortama ihtiyaç duydu u gerçe inin yeterince farkedilmemesidir.

Di er yandan, çalı anların toplam kalite yönetimi uygulamalarını, yukarıda belirtilen sorunların bir sonucu olarak yeterince anlayamaması ve direnç göstermesi bu felsefenin başarısını engelleyen sorunlardan bazılarıdır.

Sonuç olarak, program ve tekniklerin ötesinde bir anlayı çerçevesinde, TKY'ni dü ünmeke do ru olacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

FMEA tekni nin ilk ortaya çıktığı zamanlarda Legg (1978), mühendisleri bilgilendirme çalışmaları yapmıştır. Kara-Zaitri (1992) ve diğ erleri de önem derecelerinin belirlenmesinde mühendislere yardım etmiştir. Glichrist (1993) ise FMEA'da maliyet analizini de içeren bir model önermiştir.

Kasa ve Boran (1993), çalışmalarında FMEA tekniğ inin Toplam Kalite Yönetimi'ndeki yerine değ inmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, hatanın oluşum nedenlerine inerek, ortaya çıkışını önlemek, dolayısıyla kusursuzluğu hedeflemenin en akılcı çözüm olduğu ortaya çıkmıştır.

Stamatis (1995), çalışmasında tasarım ve proses FMEA'da değerlendirme için kullanılacak yöntemlerin seçim kriterlerini incelemiştir. Ben-Daya ve Abdul (1996), önerilen bu modeli eleştirmiş ve geliştirmiş bir model önermiştir. Yılmaz (1997), çalışmasında FMEA uygulamalarında karşılaşılan güçlükleri ele almıştır. Elektrik sistemleri üzerine FMEA'nın uygulamaları Price ve diğ erleri (1997) tarafından, ısı transferleri üzerindeki uygulamaları Pinna ve diğ erleri (1998) tarafından yapılmıştır. Çevresel risklerin değerlendirilmesi üzerinde ise Vandenbrande (1998) çalışmıştır.

Musubeyli (1999), ürünün önemli kalite karakteristiklerinin belirlenmesinde tasarım hata türü ve etkileri analizi ile kalite evinin birlikte kullanılması konulu bir çalışma yapmıştır. Çok sayıda parça içeren ürünlerin hata türlerinin önceliklendirilmesinde bu yaklaşımın kullanılmasıyla, iyileştirme faaliyetlerinin hızlı başlaması sağlanmış olup, servis oranlarında kısa sürede düşüş gözlenmiştir.

Bolat (2000), çalışmasında FMEA'nın yararları üzerinde durmuştur. İvmelendirici mıknatıslar üzerindeki uygulamaları ise Bellomo ve diğ erleri (2000) tarafından yapılmıştır.

Yılmaz (2000), Hata Türü Ve Etki Analizi başlıklı çalışmasında; bu tekniğin turizm sektörüne de uygulanabileceği ve sonucunda; turistik işletmelerin müşteri tatminini sağlamanın kolaylaşacağı, maliyetlerinin düşeceği, rekabet gücünün artacağı ve imajının güçleneceğini ortaya çıkarmıştır.

Gül (2001), çalışmasında; 3. Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı Yer Telsiz Atölyesindeki bakım onarımı yapılan telsizlerdeki geniş bant anten sisteminde karşılaşılan hataları FMEA tekniğine göre analiz etmiş, sonuç olarak antenin bakım onarım maliyetinde %96 düşüş gözlemlenmiştir.

Ayrıca risklerin önceliklendirilmesinde bulanık mantığın kullanılmasını Sankar ve Prabhu (2001) ve Pillay ve Wang (2003) önermişlerdir. Price (1998), FMEA'daki hataların mümkün bütün olasılıklarının benzetim yardımıyla göz önüne alınması ve önemli olanlarının otomatik olarak seçilmesi konusunda çalışmıştır.

Düzgüner (2002), çalışmasında; FMEA'yı ürün geliştirme sürecinde önleyici kalite güvence tekniği olarak ele almıştır. Çalışma kapsamında Bosh San. Ve Tic. A.Ş'de Tasarım FMEA için kontrol listeleri oluşturularak, tekniğin müşteri memnuniyetine katkısı gözlenmiştir.

Scipioni (2002), çalışmasında FMEA Formu örneği oluşturmuştur. Pillay ve Wang (2002), çalışmalarında genel bir FMEA prosedürünün içeriklerini belirlemişlerdir.

Eryürek ve Tanyaş (2003), Hata Türü Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı üzerine çalışmışlardır. Hatanın etkisini, boyutunu ve maliyetini birlikte değerlendiren bir uygulama çalışması sonucunda, klasik FMEA tekniğinde önleyicilik boyutu kuvvetlendirilmiş, karar verme aşaması daha

objektif hale getirilmiş, maliyet unsuru dahil edilmiş ve bütün olarak bakıldığında yöntem çok daha etkin hale gelmiştir.

Pillay ve Wang (2004), saptama derecelendirme, ağırlık derecelendirme ve ortaya çıkma derecelendirme tablolarının oluşturulması ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Çalışma sonucunda skalalar oluşturularak FMEA tekniği uygulamaya elverişli hale getirilmiştir.

Engin ve Kaya (2004), Trafik Kazalarının Önlenmesinde Hata Modu Ve Etkileri Analizi (HMEA) Modeli ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda FMEA tekniği kullanarak trafik kazası oranının düştüğü görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

Araştırma ikincil verilerle gerçekleştirilmiştir. Veriler, Yenmak Piston&Segman San. Ve Tic. A.Ş.'de uygulamanın yapıldığı toplantılarda görev alınarak elde edilmiştir.

Ayrıca, araştırma konusunda yapılmış yerli ve yabancı literatürden ve makalelerden ve web sayfalarından yararlanılmıştır.

3.2. YÖNTEM

Hizmet ve mal üretiminde kalite iyileştirme süreci kapsamında uygulanan kalite iyileştirme metotlarının çok sayıda ve kapsamlı olması sebebiyle, araştırma konumuz bunların içinden önemli yere sahip olan FMEA tekniği ile sınırlanmıştır. Araştırmanın temel yaklaşımının üretimde oluşabilecek hataları göz önüne alması sebebi ile çalışmada sadece Proses FMEA tekniği üzerine yoğunlaşmıştır.

Yapılan araştırmanın amacı, FMEA tekniğinin örnek bir uygulama üzerinde değerlendirilmesinin yapılması ve metodun kalite iyileştirme sürecinde etkisinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, uygulamanın yapıldığı firmada üretilen PY.1643 kodlu özel bir piston incelenmiştir.

İnceleme sürecinde, öncelikle belirlenen ürüne ait iş akış şeması çıkartılmıştır. Daha sonra iş akış sürecine göre üründe oluşabilecek potansiyel hatalar, etkileri, nedenleri ve kontrol önlemleri; toplanan FMEA ekibi tarafından beyin fırtınası yöntemiyle belirlenmiştir.

Ortaya çıkan bulguların değerlendirilmesi ile birlikte konu olan bu metodun, firmanın mevcut kalite güvence sistemleri içindeki yeri değerlendirilmiştir.

4. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)

4.1. FMEA'NİN TARİHİ VE GÜNÜMÜZ ENDÜSTRİSİNDEKİ YERİ

FMEA tekniği Amerikan Ordusu tarafından geliştirilmiştir. Bu konuda hazırlanmış ilk prosedür Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and

Criticality Analysis başlığıyla basılan 9 Kasım 1949 tarihli MIL – P – 1629 (Military Procedure)'dur. İlk olarak sistem ve ekipman hatalarının değerlendirilmesi için kullanılmış bir güvenilirlik saptama tekniğidir. Hatalar üstlenilen projenin başarısı ile personel ve ekipman güvenliği açısından sınıflandırılmıştır. Personel ve ekipman güvenliğinin vurgulanması dikkat çekicidir. Günümüzde halen ABD silahlı kuvvetlerinin MIL – STD 1629 A kodlu askeri standardıdır (<http://www.fmeca.com>).

Daha sonraları FMEA, 1960 – 1965 yılları arasında NASA tarafından ay seyahati programlarında da kullanılmıştır. Uzun bir süre gizli tutulan teknik 1970 – 1975 yılları arasında ABD uçak sanayinde, 1972 yılında Ford Motor Şirketi bünyesinde, 1975 yılında bilgisayar üretiminde ve Japon NEC firmasında ilk endüstriyel uygulamalarını bulmuştur. 1988 yılında Amerika'nın üç büyük otomotiv şirketi olan Chrysler, Ford ve General Motors tarafından kabul edilerek genel standart olarak benimsenmiştir. Teknik, Şubat 1993'ten itibaren AIAG (The [Automotive Industry Action Group](#)) ve ASQC (The [American Society for Quality Control](#)) tarafından da benimsenmiştir. Günümüzde FMEA; QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer Kalite Yönetim Sistemleri dahilinde zorunluluk haline gelmiştir (<http://www.fmeca.com>).

FMEA tekniğinin günümüzdeki uygulama alanlarına örnekler aşağıda verilmiştir (Düzgüner 2002:35):

- Uzay
- Atom
- Otomobil
- İlaç
- İletişim ve

-Ev gereçleri endüstrisi

4.2. HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TANIMLARI

Yeni ürün ve süreçlerde potansiyel hataların sistematik tespiti ve bu hata risklerinin önlenmesi amacı ile seri imalat öncesi ürün geliştirme ve planlama safhalarında kalite güvenceyi temin edici faaliyetlerin yürütülmesi ve önlemlerin alınması gerekmektedir. Yeni ürün fikrinden seri imalat aşamasına kadar hataların önlenmesi çabalarının bir anlamı da, müşterilerin kalite taleplerinin tüm ürün geliştirme süreci boyunca güvence altına alınmasıdır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi, yüzlerce hata türü için iyileştirme yapılmasının planlanması yerine, sistemin bütünü üzerinde en büyük katkıyı sağlayacak hata türlerini önceliklendiren bir yöntemdir. Ancak yüzlerce hata türü için, veri derleme ve analizi de büyük zaman ve işgücü gerektirmektedir. FMEA'nın başlangıcında ön eleme yapmak ve sadece önemli olarak belirlenen parçalar için veri derlemek, FMEA'nın etkinliğini artıracaktır. Tasarım aşamasında pek çok parça için FMEA yapılmasına ihtiyaç duyulabileceğinden önerilen model, ürün planlama ve planlama süresini de kısaltmış olacaktır (Musubeyli, 1999:18).

Herhangi bir hizmet veya ürünün tasarımından üretimine ve müşteriye sunuşuna kadar geçen sürede oluşan hatalar, istenmeyen bir durumdur. Ancak; tasarlayan insan olduğunda aslında hata kaçınılmazdır. Asıl problem, hatadan ders almamak, ilerlemesine ve maliyetinin daha da yükselmeden önlenmesini sağlamamakta yatmaktadır. Diğer taraftan hata sektörden sektöre de ciddiyeti açısından fark yaratmaktadır. Örneğin; herhangi bir otomobilin motorunda üretimden kaynaklanan bir hata, en fazla otomobilin durmasına neden olurken, bir uçağın motorundaki hata

yüzlerce insanın hayatına mal olabilir. Sonuçta her iki ürünü üreten şirketin de hata sonucu oluşan mali kayıpları olacaktır. Ancak uçak üreten firmanın belki de iflasına neden olacaktır. Bu perspektiften bakıldığında, hatanın müşteriye yansımadan önce çözümlenmesi durumunda, firmanın pazar kaybı dolayısı ile göğüslemesi gereken maliyeti azaltacağı kuşkusuzdur. Diğer taraftan üretim sırasında oluşan hatanın da üretimin mümkün olduğunca erken aşamasında ortadan kaldırılması, üretim maliyetini minimize edecektir. İşte Hata Türü ve Etkileri Analizi de bu anlayışla ortaya çıkmış, orijini kalitenin güvenilirlik olarak algılandığı roket, uçak ve nükleer santral üretimine dayanan bir metottur. FMEA; hatanın orijinine mümkün olduğunca yakın aşamasında çözümlenmesi, hata oluşumunun engellenmesi amacı ile kullanılan bir kalite geliştirme yöntemidir (<http://www.inoteconline.com/main/train/course/einv0600.asp>).

Hata Türü ve Etki Analizi, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekni idir. Hatanın ortaya çıkması ile doacak problemin müteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türü ve Etki Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, iddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır (Akın, 1998:7).

FMEA; ürünün tasarımını ve montaj süreçlerinin de ikenliklerini daha iyi kontrol altına alabilmek veya ortadan kaldırmak için kullanılan çok güçlü bir kalite aracıdır (Omdahl, 1988:19). En geniş anlamıyla, FMEA; bir sistem veya parça tasarımı gibi geçmişteki tecrübe ve endişelere dayanarak ve yanlış gidebileceği düşünülerek her bir konunun analiz edilmesini kapsayan bir mühendisin düşüncelerinin özetidir (Çiğdem,1994:3).

Modern kalite güvence metotları ileriye görebilmeyi ve sistematik analizleri mümkün kılmalıdır. Bu talebi FMEA tekniği (Failure Mode and Effect Analysis)

karşılacaktır. Bu haliyle FMEA bir ürünün verimli bir şekilde geliştirilmesinde kullanılan uygun bir tekniktir. Ana amacı, mümkün olduğunca potansiyel hataların ürün geliştirmenin en erken döneminde belirlenmesi ve giderilmesi için uygun önlemlerin alınmasıdır (Huang, 2000:603).

FMEA ürün geliştirme ve imalat planlamasına eşlik eden entegre bir risk analizidir. Amacı ürün geliştirme ve imalat planlama safhalarının kalitesini sorgulamak ve geliştirmektir (VDA, 1996:5). Zebedin (1998:826) ise FMEA'yı, önleyici kalite güvence kapsamında, bir risk analizi ve hata önleme metodu olarak tanımlamaktadır.

1980 yılında yayınlanan ve bu konuda yayınlanmış ilk standartlardan biri olan MIL -STD 1629A (Hata Türü, Etkileri ve Kritiklik Analizi Uygulaması için Prosedür)'da FMEA'nın genel tanımı "Sistemdeki her bir olası hata türünün, sistemdeki sonuçlarını veya etkilerini belirlemek ve önemlerine göre her bir hata türünü sınıflandırmak için analiz edildiği bir prosedürdür." şeklinde verilmektedir. Stamatis (1995:4), tanımı daha genişleterek "FMEA tasarım, proses, sistem ve hizmet ile ilgili bilinen ve/veya olası hataları, yanlışları ve problemleri müşteriye ulaşmadan belirlemeyi, tanımlamayı ve ortadan kaldırmayı amaçlayan mühendislik tekniğidir" şeklinde vermektedir.

Kısaca FMEA, bir mamulde oluşabilecek tasarım ve/veya proses kökenli tüm hata türlerinin önlenmesi için sistematik olarak yapılan bir analizdir denilebilir. Her tür hata/arıza'nın, müşteri üzerinde oluşturacağı olası etkilere göre analizler yapılır. Ve bu analizlerin hepsi ürün daha pazara çıkmadan önce, hatta tasarım ve/veya deneme üretimleri sırasında gerçekleştirir. Böylece herhangi bir hatanın daha oluşmadan önlenmesi sağlanmaktadır (<http://www.inoteconline.com/main/train/course/einv0600.asp>).

FMEA sistem, tasarım, proses ve serviste hataları müşteriye ulaşmadan önce, erken safhalarda önleyen en önemli yaklaşımlardan biridir. Gereği gibi ve uygun yönetilen herhangi bir FMEA sistem, tasarım, proses ve serviste mevcut olan riski azaltabilecek yararlı bilgiler sağlayacaktır. Bundan dolayı mantıklı ve gelişen bir potansiyel hata analizi metodu (yöntemi) görevlerin daha etkin yapılmasına müsaade edecektir (Yılmaz, 1997).

4.2.1. FMEA ile İlgili Kavramlar

Aşağıda FMEA ile ilgili çeşitli kavramların açıklamaları verilmiştir (<http://www.fmea.com>). Bu kavramların bazıları ileride ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Ancak, bütünlük arz etmesi bakımından toplu bir açıklamalar listesi verilmesi gereği duyulmuştur.

Müşteri: Hata türünden etkilenebilecek son kullanıcı, iç veya dış departmanlar, kişiler ve proseslerdir.

Fonksiyon: Bir proses veya üründen gerçekleştirmesi beklenen amaçlardır.

Hata Türü: Hata kategorisi olarak da kullanılmaktadır. İç ve dış müşterinin ihtiyaç, istek ve beklentileri ile örtüşmeyen; bir ürün veya prosesin arzulan fonksiyonunun gereği gibi veya hiç yerine getirilmemesidir.

Sistemlerde arıza veya hatalara neden olan şeyler rastsal veya doğal olaylar olabilir. Örneğin; bir bilgisayarın değişik ünitelerindeki hafıza, disk driver veya klavyede vb. hatalar olabilir. Hataları mekanizmalara veya sebep olan parçalara göre ayrı ayrı ele almak ve sonra hataların bağımsız olması koşuluyla, sistemin güvenilirliğini genellemek, parça hatalarına göre inceleyip, önlem almak olasıdır. Bunlara hata türleri

(modları) denilmekte ve hata sebepleri ile karıştırılmaması gerekmektedir (www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mkl_gos.php?nt=654 - 32k).

Hata Nedeni: Tasarım veya prosesin belli bir elemanının hata türü ile sonuçlanmasına yol açan faktördür.

Hata Etkisi: Müşterinin yaşayabileceği hoşnutsuzluk ve tehlike oluşturabilecek durumlardır. Müşteri; bir sonraki işlem, izleyen işlemler veya son kullanıcıdır. Gerçekleşmesi olası hatalar üzerinde çalışarak, hata veya hataların üretim, servis veya diğer parçalara yansımaları ve tümünün performansı üzerindeki etkisi belirlenir.

Mevcut Kontroller: FMEA çalışması yapıldığı sırada hatanın ortaya çıkmasını veya müşteriye ulaşmasını önlemek için kullanılmakta olan mekanizmalardır.

FMEA Elemanı: FMEA çalışmasında belirlenen veya incelenen konulardır. Hata türleri, etkileri, kontroller, gerçekleştirilen faaliyetler buna örnek olarak gösterilebilir.

Ortaya Çıkma: Hata nedeninin oluşması ve ürünün beklenen ömrü içinde kullanımı sırasında hata türüne yol açmasının ihtimalidir.

Saptama: Mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir.

Ağırlık: Hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir.

Risk Öncelik Sayısı: Belirlenen ortaya çıkma (O), ağırlık (A) ve saptama (S) değerleri kullanılarak elde edilen bir değerdir. Hata türlerini öncelik sırasına koymakta kullanılır.

Kritiklik: Hatanın ortaya çıkma ve müşteriye ulaşmadan bu hatanın saptanabilmesi ihtimallerinin çarpımıdır. Ek kalite planlaması gerektiren hataların önceliklerini belirlemede kullanılır.

Kritik Karakteristikler: Yasal düzenleme veya ürün veya hizmet emniyetini etkileyebilen karakteristiklerdir. Genel olarak, kritik karakteristikler aşağıdaki faktörler tarafından belirlenir (Stamatis, 1995:10):

- Mahkemeler – ürün sorumluluğu açısından
- Düzenleyici kurumlar – formel düzenlemeler ve/veya düzenlemeler açısından
- Endüstriyel standartlar – genel kabul görmüş endüstriyel uygulamalar açısından
- Müşteri talepleri – müşterilerin istekleri, ihtiyaçları ve beklentileri açısından
- Dahili mühendislik ihtiyaçları – geçmiş veriler, yeni teknoloji veya ürün veya hizmet tecrübesi açısından

Önemli Karakteristikler: Proses, ürün veya hizmet kalite özelliklerinin toplanması gereken verileridir. Bu karakteristikler, müşteri - tedarikçi konsensüsü ile tanımlanır. Tedarikçinin özel tasarımı kullanılırken, müşteri karakteristiklerini ve kalite gereksinimlerini etkileyecek dahili karakteristiklerin belirlenmesinde müşteri ve tedarikçi kalite planlama takımlarının katılımı zorunludur. Bütün önemli karakteristikler fizibilite aşamasında tayin edilmelidir (Yılmaz, 1997).

Anahtar Karakteristikler: Prosese hızlı geri bildirim sağlayan ölçü göstergeleridir, kalite sorunlarının hızlı bir şekilde düzeltilmesine kaynağında olanak sağlarlar. (Yılmaz, 1997).

FMEA’da üç tip anahtar karakteristik vardır.

- Rehber Karakteristik: Ürün veya servisin müşteriye ulaşmadan önce değerlendirilip analiz edilebilecek kalite ölçütüdür.
- Ara Karakteristik: Sevkiyat veya dağıtım sonrası fakat ürün veya hizmet müşterinin eline geçmeden önce değerlendirilip analiz edilebilecek kalite ölçütüdür.
- Sabıkalı Karakteristik: Ürün veya hizmet müşterinin eline geçtikten sonra müşteri memnuniyetini ölçmek için kalite ölçütünün değerlendirilip analiz edilmesidir.

Özel Proses Karakteristikleri: İmalat ve montaj sırasında değişkenliği belirli bir hedef değerde tutulması gereken proses karakteristikleridir.

Özel Ürün Karakteristikleri: Ürün güvenliğini etkileyebilecek, yasalara aykırı sonuçlara yol açabilecek veya müşteri memnuniyetinde önemli düşüslere yol açabilecek ürün karakteristikleridir.

4.2.2. FMEA’nın Amaçları

FMEA tekniğinin amaçlarını şöyle sıralamak mümkündür (Gül, 2001:17):

- Ürün veya proseste oluşabilecek hata türlerini, etkilerini ve kritiklerini kararlaştırmak
- Ürün veya proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek

- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle bağlantılı 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 ve böylece ürünün geliştirilmesini sağlamak
- Montaj veya imalat prosesi için sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de dokümanete etmek
- Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir FMEA proses geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak mantık örgüsü içinde yanlış gidebilecek her birimin analizini içeren) özetlemek.

4.2.3. FMEA Tekniğinin Uygulandığı Durumlar

Bir FMEA'nın uygulanmasını gerektiren durumlar aşağıda kısaca açıklanmıştır (Düzgüner, 2002:39):

- Emniyet, güvenlik ile ilgili parça ve fonksiyonlar söz konusu olduğunda,
- Ağır ve yüksek maliyet ile sonuçlanabilecek hata durumlarında,
- Yeni ürün veya proses geliştirmelerinde,
- Yeni teknoloji, malzeme ve proseslerde,
- Önemli tasarım ve proses değişikliklerinde,
- Mevcut ürünlerin yeni uygulama alanlarında,

- Kalite açısından yüksek risk beklentisi olan problemlerli parça ve proseslerde uygulanmaktadır.

4.2.4. FMEA'da Uygulama Öncesinde Dikkat Edilecek Hususlar

FMEA uygulamalarına katılacak ekip üyeleri, oturum öncesinde metoda ait temel bilgiler ile uygulamanın adımları konusunda bilgilenmeleri gerekmektedir. Bu bilgilendirme için, ilk FMEA oturumu öncesinde yaklaşık bir-iki saat arasında bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Metot konusunda uzman bir kişi, FMEA tekniği konusunda genel bir bakış açısı sunar ve uygulamanın doğru bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar (Düzgüner, 2002:41).

Hataların etki ve sebeplerini ortaya koymak için yapılan analiz sırasında da yine bazı tahminler ve kabuller söz konusu olacaktır. Çalışmanın ana hedefi problemlerin kullanıcılara ulaşmadan çözümlenmesi olduğundan bu kısımda yapılacak tahmin ve kabuller olayın bütününe verimi açısından son derece önemlidir (Yazgaç, 1993:4).

FMEA tekniği diğer risk analizi teknikleri gibi, girdi olarak sayısal verilere (olasılık, şiddet, keşfedilebilirlik) ihtiyaç duyar. Ancak pek çok durumda hazır veri mevcut değildir veya mevcut veriler yeterli ve güvenilir değildir. Bu durumda, çoğu kez sayısal veriler uzman yargısına başvurulmuş tahmin edilmektedir. Onlu skalada puanlamada katılımcıların konu ile ilgili bilgi seviyesi ve deneyimleri nedeniyle ciddi sapmalar olmakta, uzlaşım güçlüğü yaşanabilmektedir (Stamatis, 1995:13). Kişiler değerlerini sayısal olarak ifade etmekten çok, niteliksel olarak ifade etme eğilimindedir. Yani çoğu kez, bu yolla elde edilen veriler sayısal değildir. Uzman yargısına dayanılarak elde edilen bilgiler, niteliksel olma özelliğinden dolayı, bir dile ait sözcükler ve deyimler (az, çok az gibi) ile ifade edilen "bulanık bilgiler"dir. Bu terimler belirsizlikten çok, kötü tanımlanmış ifadeler olmaları nedeniyle kesin olmama halini

arttırmaktadır. Bu tür dilsel ifade bulan faktörlerin, olasılık kullanan yöntemler ile doğrudan incelenmesi mümkün olmamaktadır. Ayrıca olasılık puanı 2, şiddet puanı 8, keşfedilebilirlik puanı 3 olan bir hata türü, bu değerleri sırasıyla 4, 4, 3 olan bir hata türüyle aynı risk önceliğine sahip olabilmektedir ($RÖS=2 \times 8 \times 3=4 \times 4 \times 3$). Bu iki eksikliğin giderilebilmesi için, FMEA'nın bulanık kümeler yaklaşımıyla ele alınması çeşitli kaynaklarda önerilmektedir (Öndemir, Şen ve Baraçlı, 2004:2).

4.2.5. FMEA Uygulamalarındaki Güçlükler

FMEA uygulamalarında bazı güçlükler ile karşılaşılır. FMEA uygulamalarında karşılaşılan güçlüklerin başlıcaları şunlardır (Yılmaz, 1997:35):

- Veri kaynaklarının olmaması veya eksik olması,
- Ortak bir standart olmamasından dolayı kavram kargaşası,
- Yönetim ve organizasyonda yer alan kişilerin yöntemin kullanılmasına isteksizlik duymalarıdır.

Bu yöntemin uygulanmasında karşılaşılan en büyük güçlük veri eksikliğinden kaynaklanmaktadır. FMEA ile ilgili bütün bilgilerin etkin bir şekilde girildiği ve idare edildiği veri tabanlarının olmaması uygulamayı güçleştirir, sağlıklı sonuçlar alınmasını önler.

Yöntemin iki temel olumsuzluğu söz konusudur; birincisi hataların önlenmesine yönelik iyileştirmelerin saptanmasında yapılan değerlendirilmenin kısmi subjektifliği “ şiddet, olasılık ve keşfedilebilirlik kriterlerindeki puanlama kuralları uygulama yapan bir kuruluştan bir değerlendirilene göre değerlendirilenden FMEA'daki risk öncelik göstergesi hesaplama yönteminin doğal bir subjektiflik taşıdığı konusunda hemfikir olunmuştur” (Kara-Zaitri ve Flemming, 1997). İkinci ise saptama ve önleme bölümlerinin bazı

uygulamalarda birbirlerinden kopuk kalmalarıdır. Uygulamada çözümler öncelik belirleme grubundan bağımsız başka gruplara havale edilmekte bu durum çalışmanın bütünlüğünü bozarak etkinliğini azaltmaktadır (Dale ve Shaw 1990).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda FMEA tekniğine çeşitli eleştiriler getirilmiştir. Bu eleştirilerden başlıcası uygulama sonucunda aynı RÖS değerine sahip hata türleri oluşabilmesidir. Böyle bir durumda klasik FMEA yaklaşımının önerdiği sıralama önceliği kaynakların gereksiz yere sarf edilmesine yol açabilir. Eleştirilerden bir diğeri, yöntemde risk faktörlerinin ağırlıklarının eşit kabul edilmesi ve önemlerinin farklı olabileceğinin ihmal edilmesidir. Ayrıca verilerin olmadığı durumlarda teknik risk faktörlerini sayısallaştırmada yetersiz kalabilmektedir (Pillay ve Wang, 2003). FMEA'nın tekniğinden kaynaklanan bu problemleri gidermek için bulanık mantık yaklaşımından yararlanılmaya başlanılmıştır (Price ve Taylor, 2001; Pillay ve Wang, 2003).

4.2.6. FMEA'nın Yararları

Bir FMEA çalışmasına başlamanın en önemli nedeni gelişme ihtiyacıdır. Başarılı bir FMEA çalışması pek çok olumlu değişimi beraberinde getirecektir.

Yöntemin uygulanması sırasındaki temel hedef, olası hatanın sebebinin, dolayısıyla hatanın etkisinin minimuma indirilmesidir. Bu basit yaklaşım kalitatif veya kantitatif boyutta olabilir. Hangi boyutta olursa olsun sonuç, kilitlerin veya firmaların almak isteyecekleri veya alabilecekleri risk ile doğru orantılıdır (Eryürek ve Tanya, 2003).

Bolat (2000:74), FMEA tekniğinin uygulanması ile elde edilebilecek faydaları izleyen şekilde sıralamaktadır:

- Ürünün, tasarım, güvenilirlik, imalat teknolojisi ve emniyet alanlarındaki eksik, zayıf ve yetersiz noktalarını belirler.
- Olası maliyetlerini azaltır; kağıt üzerinde yapılan bir maliyet üretim aşamasında yapılmamasından çok daha ucuza mal olmaktadır.
- Ürünün pazara sunulma zamanını kısaltır; kağıt üzerinde maliyet yapmak, üretim aşamasında yapılmaktan çok daha az zaman alır.
- Çıkarımları azaltır.
- Ürün sorumluluğu konusunda riski azaltır.
- Müteri memnuniyetinin artmasını sağlar.
- İşletme imajını ve rekabet gücünü geliştirir.
- Kontrol/test süreçlerinin belirlenmesinde yardımcı olur.
- Düzeltici faaliyetleri tanımlar.
- Gelecekteki saha hatalarının, tasarım, süreç ve servis değişikliklerinde yardımcı olmak üzere dokümantasyon ve arşiv bilgilerin sağlar.

FMEA hataları önlemesi nedeniyle, hata maliyetlerini ve ürün riskinin azaltılmasını ve ürün güvenilirliğinin iyileştirilmesini sağlar. FMEA tekniği kararlı ve istikrarlı bir şekilde uygulandığında aşağıdaki başlıca faydalar elde edilir (VDA, 1996:9):

- İncelenen ürünlerin kalite, güvenilirlik ve emniyetinin geliştirilmesi
- Ürün değişiklikleri için harcanan zaman ve maliyetlerin azaltılması
- Risklerin azaltılması için alınan önlemlerin dokümantasyonu ve takibi

- Güçlü kontrol planlarının oluşturulması için yardımcı olması
- Mümkün hataların tespit edilmesi ve bu hata etkilerine ait şiddet derecelerinin değerlendirilmesi
- Ürün ve proseslerdeki zayıf noktaların giderilmesi ve problemlerin önlenmesi ile seri üretimin sorunsuz gerçekleştirilmesi ve müşteri temrinlerinin daha iyi sağlanması
- Kritik ve önemli ürün karakteristiklerinin belirlenmesinde yardımcı bir araç olması
- Üretimin daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi
- Müşteri hizmetlerinin daha da iyileştirilmesi
- Hataların ürün geliştirme, imalat ve kullanım safhalarında önemli ölçüde azaltılması
- Hatalı ürün geliştirmelerinin ve müşteri şikayetlerinin önlenmesi
- Tekrarlanan hataların devre dışı bırakılmasını veya tekrarlanmasının önlenmesi
- Ürünlerin hatalar nedeni ile sahadan geri çağırılma tehlikesinin azaltılması

FMEA'nın başarılı olmasında en önemli şartlardan birisi de zamanında uygulanmasıdır. FMEA ürün veya proses geliştirmenin en erken evrelerinde uygulanmalıdır (Schiegg, vd, 1999). Hatalar ortaya çıktıktan sonra FMEA'nın uygulanması fayda sağlamayacaktır veya çok sınırlı olacaktır. FMEA'nın tasarım veya prosesin içerisine hiç fark edilmeden oluşabilecek bir hatadan önce, uygulanması ile en büyük fayda elde edilmektedir. Tasarım ve proses değişikliklerinin en kolay ve en az maliyetle gerçekleştirilebilecek bir evrede, FMEA'nın özenli bir şekilde uygulanması,

ileride oluşabilecek zoraki tasarım veya proses değişiklikleri de o oranda az olmaktadır. Böylece bir FMEA ileride gerekecek bir değişiklik ihtimalini azaltmakta veya önlemektedir. Her bir değişiklik kendi içerisinde büyük riskler taşır veya başka problemlerin oluşmasına neden olabilir. FMEA uygulanması ile değişiklikler sonucunda oluşabilecek hatalar, sorunlar ve ek maliyetler de önlenmektedir. Ayrıca FMEA tekniğinin iyi eğitilmiş moderatörler, uygun yazılımlar ve doğru şekilde uygulanması ile işletmeler uzun dönem başarılarını güvence altına alabilirler (Vollrath, 2000:65).

FMEA tekniğinin en önemli uygulama nedenlerinden birisi de sürekli gelişme gerekliliğidir. FMEA uygulama sonuçlarının sistematik bir şekilde dokümantasyonu ürün geliştirme sürecindeki sürekli gelişmeyi desteklemektedir ve elde edilen bilgi birikiminin korunmasına veya gelecekteki projelerde faydalanılmasına imkan sağlamaktadır (Knapp, 1999:148). Ancak FMEA'dan en üst düzeyde fayda sağlanabilmesi için uygulamaların işletme kültürü ile bütünleşmesi gerekmektedir. Aksi durumda FMEA başarısı sınırlı kalacaktır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin sağladığı avantajlar incelendiğinde bu tekniğin, firmaların pazarda yüksek güvenilirliğe sahip, kaliteli ürünleri düşük maliyet ile tasarlamasını ve üretmesini sağladığı ve kötüye giden operasyon maliyetlerini kontrol altına alarak hataların müşteriye yansımadan en erken biçimde önlenmesine yardımcı olduğu görülmektedir. Bu teknik, geliştirdiği belgelendirme yapısıyla sürekli olarak güncelleştirilebildiğinden, uygulayan firmalara sonsuz bir kalite gelişimi ve müşteri memnuniyeti kazandırmaktadır.

Unutulmamalı ki; başarılı bir FMEA programı, çıkarılan sonuçların iyileştirme programlarına dönüştürülmesi ile gerçekleşir. Bütün organizasyon tarafından devamlı

iyileşme konusu benimsenmediği takdirde FMEA statik bir program olarak kalır (Taşyürek, 2004:1).

4.2.7. FMEA'nın Diğer Kalite Teknikleri ile İlişkisi

1980'li yılların başından beri kalite alanında yapılan çalışmaların, sistem veya ürün/hizmet oluşturulmasının her aşamasında karşılaşılabilecek sorunları belirleyip, ortadan kaldıracak, böylece hem güvenilirliği artıracak, hem de kalitede sürekli iyileştirme sağlayacak teknikler geliştirme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Sürekli iyileşme, geçmişteki sorunların öğrenilerek, gelecekte onların yeniden ortaya çıkmalarının önlenmesiyle gerçekleşecektir. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) de bu amaca hizmet eden bir tekniktir. FMEA, ürünün tasarım veya prosesini geliştirme ve yorumlamada yararlanılabilecek niceliksel bir tekniktir. FMEA, bu özelliklerinden dolayı Toplam Kalite Yönetimi'nde önemli bir yere sahiptir. Toplam Kalite Yönetimi'nde kaliteyi üretmek hedeflenir. Burada kontrol önemli olmakla birlikte kontrol yoluyla hatayı yakalamak, istenen başarıya götürmemektedir. Bunun yerine hatanın oluşum nedenlerine inerek ortaya çıkışını önlemek, dolayısıyla kusursuzluğu hedeflemek gerekmektedir. Bu yüzden ki, FMEA tekniği, Toplam Kalite Yönetimi'nde önemli bir işleve sahiptir (Kasa ve Boran, 1993).

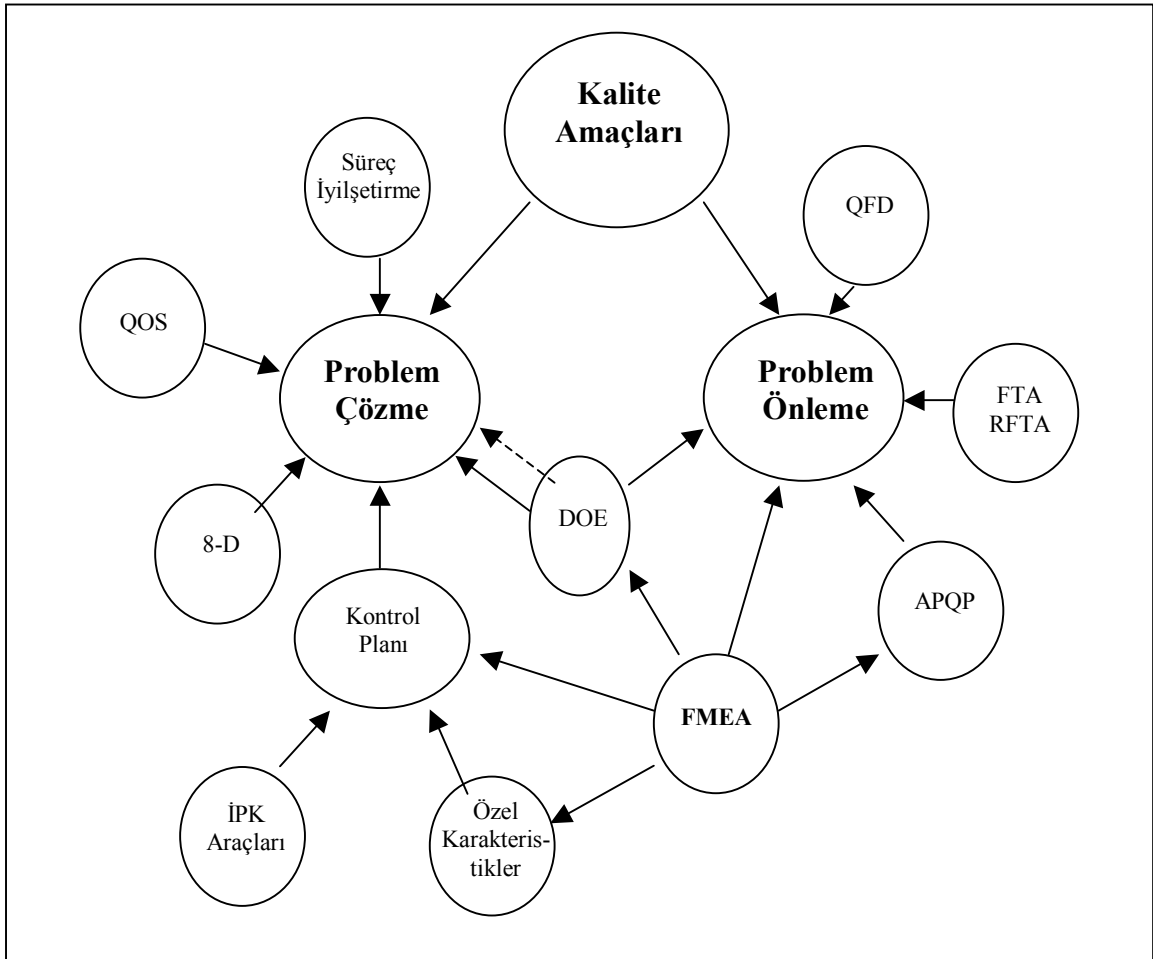
FMEA, kalite yönetim sistemlerinin de önemli bir parçasıdır. Şekil 4.1 tipik bir kalite sisteminde FMEA'nın yerini ve görevini göstermektedir.

Şekilde yer alan tekniklerden bazıları ile FMEA arasındaki ilişkiler aşağıda açıklanmaktadır:

Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis - FTA), grafiksel ve mantıksal olarak normal ve hatalı olası olayların etkilerinin kombinasyonlarını gösterir. FTA ile hata

nedenleri ve ortaya çıkma olasılığı bulunarak FMEA çalışmasında yararlanılabilir (Stamatis, 1995:5).

Kontrol Planı üreticinin belirli bir ürün, proses veya hizmet için kalite planlama faaliyetlerinin yazılı özetidir. Müşteri için önemli olan ve özel önlem gerektiren proses parametreleri ve tasarım karakteristikleri bu planda listelenir. FMEA da kritik ve önemli karakteristikleri belirler ve kontrol planı için başlangıç noktasını oluşturur (Stamatis, 1995:8).



Şekil 4.1. Kalite Sistemi İçinde FMEA'nın Yeri (<http://www.fmeca.com>)

Deney Tasarımında (Design of Experiments - DOE), belirli bağımsız değişkenler önceden belirlenmiş bir plana göre değiştirilirler ve bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri belirlenir. FMEA uygulamalarında DOE'nin en uygun kullanılışı birkaç bağımsız değişkenin veya hataların/hata nedenlerinin bileşik etkisinin belirlenmesinde olur.

Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment - QFD), müşteri girdilerinin tasarım, imalat ve servise kadar iletilmesinin, biçimi eve benzeyen bir dizi matris kullanarak fonksiyonlar arası bir takım tarafından yapıldığı bir ürün (hizmet) geliştirme sürecidir (Mazur, 1993). QFD ve FMEA'nın pek çok ortak tarafı vardır. FMEA genellikle, QFD içinde hata önleme aracı olarak kullanılmaktadır.

İstatiksel Proses Kontrol (Statistical Process Control - SPC), FMEA'da ortaya çıkma ve saptama değerlerini belirlemede ve hataların saptanmasında kullanılmaktadır.

FMEA, süreç iyileştirmede hangi süreçten ve/veya hatadan başlanacağını belirlemek amacıyla kullanılabilir.

4.3. FMEA'NIN YÖNTEMİ

Genel olarak bakıldığında FMEA tekniğinde olası hatalar tanımlanır; her bir olası hatanın nedenleri belirlenir, müşteri üzerindeki etkileri değerlendirilir, uygulanan kontroller gözden geçirilir, düzenleyici faaliyetler önerilir ve bunların uygulanması izlenir.

Hata önceliklerini belirlemede yardımcı üç bileşen vardır:

- Ortaya çıkma (O)
- Ağırlık (A)
- Saptama (S)

Ortaya Çıkma, hatanın sıklığını; Ağırlık, hatanın ciddiyetini (etkisini); Saptama, hatayı ürün müşteriye ulaşmadan tespit etme yeteneğini gösterir. Bu bileşenlerin değerlerini belirlemede pek çok yöntem vardır. Alışılmış yöntem, nümerik skalaların (risk ölçüt tablosu) kullanımınıdır (Yılmaz, 1997:45).

Bu aşamada bir FMEA projesine ne zaman ve hangi şartlar altında başlanması gerektiği sorusu akla gelebilir. Daha önce de belirtildiği üzere FMEA bilinen veya potansiyel problemlerin ortadan kaldırılması ile müşteri memnuniyetini arttırmayı amaçlayan bir metodolojidir. Bunu gerçekleştirmek için FMEA mümkün olduğunca erken, hatta bütün gerçekler ve bilgiler mevcut değilken başlatılmalıdır. FMEA'yı uygulayan kişiler bütün bilgilerin toplanmasını beklememelidir. Çünkü bütün veri ve bilgilere hiçbir zaman sahip olunamaz (Yılmaz, 1997:45).

Bu noktada akla gelen bir başka soruda bir FMEA çalışmasının ne zaman sona erdirileceğidir. Normal olarak FMEA yapılan sistem, tasarım, proses veya hizmet var oldukça FMEA devam eder. Sadece sistem, tasarım, ürün, proses veya servisin sona erdirilmesi veya sürdürülmesi kararı verildiğinde FMEA son bulur.

FMEA uygulamasının sonlandırılacağı bazı durumlar aşağıda sayılmıştır (Stamatis, 1995:16):

- Sistem FMEA, bütün donanımın belirlendiği ve tasarımın son şeklini aldığı noktada

- Tasarım FMEA, üretime geçişin kesin tarihi saptandığında
- Proses FMEA, bütün proseslerin belirlendiği, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarına taşındığı anda
- Servis FMEA, sistem tasarımı ve bireysel görevlerin tanımlandığı, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarında adreslendiği zaman sona erdirilmesi düşünülebilir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi uygulamasıyla standart bir uygulama süreci henüz yoktur. Çoğunlukla her işletme kendi organizasyon yapısına göre ve isteklerine göre bir uygulama süreci oluşturmuş ve bunu izlemektedir (Stamatis, 1995:17).

Uygulama süreçlerindeki farklılıklara rağmen genel bir FMEA prosedürü şu şekilde verilebilir (Pillay ve Wang, 2002):

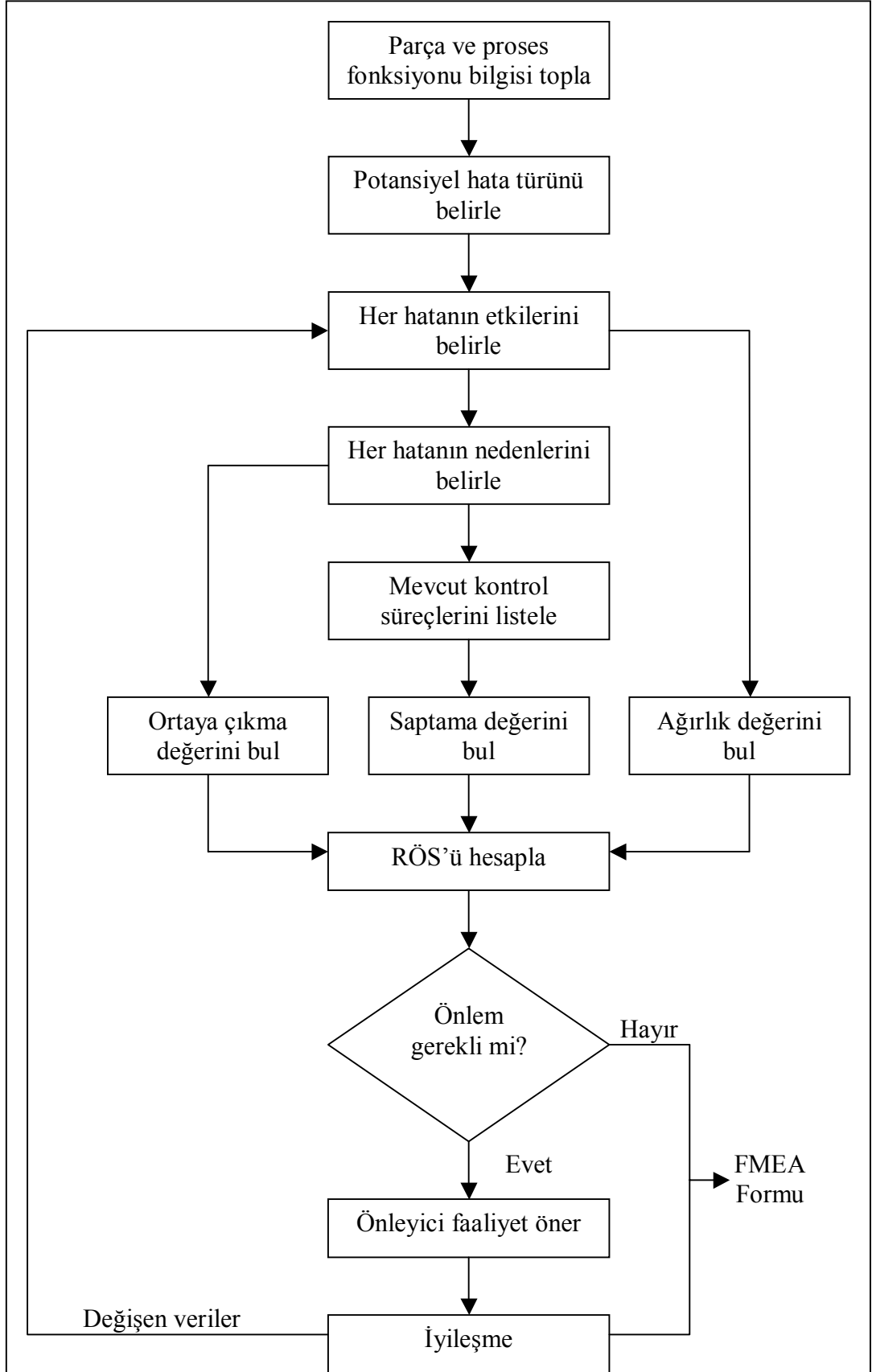
- i. Sistemin tam olarak çalıştığında ne yapması gerektiği tam olarak bilinmelidir.
- ii. Bileşenleri daha iyi anlayabilmek için sistem alt sistemlere veya parçalara bölünmelidir.
- iii. Şemalar, akış diyagramları ve benzeri tablolar kullanılarak sistemin bileşenleri ve bu bileşenler arasındaki ilişkiler belirlenmelidir.
- iv. Her sistem parçası için tam bir bileşen listesi oluşturulmalıdır.

- v. Sistemi etkileyebilecek operasyonel ve çevresel faktörler belirlenmelidir. Bu faktörlerin tek tek bileşenlerin performanslarını nasıl etkilediği belirlenmelidir.
- vi. Her bileşene ait hata türü ve bu hata türlerinin sistem parçalarını, alt sistemleri ve tüm sistemi nasıl etkilediği belirlenmelidir.
- vii. Her hata türü için tehlike derecesi (ağırlık) saptanmalıdır (Bunun için pek çok kalitatif sistem geliştirilmiştir.)
- viii. Hata türünün ortaya çıkma ve saptanabilme ihtimali tahmin edilmelidir. Somut istatistiksel verilerin olmadığı durumlarda bu ihtimal kalitatif yöntemlerle saptanabilir.
- ix. Ortaya çıkma, ağırlık ve saptanabilme değerleri belirlendiğinde her hata türü için Risk öncelik sayısı (RÖS) hesaplanabilir.
- x. RÖS değerine bakılarak önlem alınması gereken hata türleri kararlaştırılmalıdır.
- xi. Sistem performansını arttırmak için hata türü ile ilgili çözüm önerileri geliştirilmelidir. Bu öneriler iki kategoriye ayrılır.

Önleyici Faaliyetler: Bir hata durumunun önüne geçmek amaçlanır.

Düzeltilici Faaliyetler: Hata ortaya çıktığında kayıpları en aza indirmek amaçlanır.

- xii. Analiz özetlenir. Bunun için FMEA formları kullanılır.



Şekil 4.2. FMEA Süreci (Pillay ve Wang, 2002)

En genel haliyle yöntem beş ana adımda toplanabilir:

- Başlangıç Çalışmaları
- Olası Hata Türü, Nedenleri, Etkileri ve Hatayı Saptamak İçin Kullanılan Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi
- Ortaya Çıkma, Ağırlık ve Saptama Değerleri Belirlenerek Risk Öncelik Sayılarının Belirlenmesi
- Risk Öncelik Sayılarının Sıralanarak Önlem Alınacak Hataların ve Önlemlerin Belirlenmesi
- Belirlenen Önlemlerin Uygulanması, Yeni RÖS Değerlerinin Hesaplanması

Bu adımlar aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1. Başlangıç Çalışmaları

Başlangıç çalışmaları FMEA uygulaması öncesinde yapılması gereken hazırlıklardan oluşur. Bu aşama üç başlıkta incelenebilir:

- FMEA kapsamının belirlenmesi
- FMEA takımının kurulması ve
- FMEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin incelenmesi

4.3.1.1. FMEA Kapsamının Belirlenmesi

Çalışmanın başında FMEA'nın sınırları ve amacı tam olarak belirlenmelidir. Bunun yazılı bir doküman hazırlanıp buna incelenecek sistem, tasarım, proses veya servis hakkında bilgilerde eklenebilir. Kapsam belirlenirken ayrıca FMEA takımının

sorumluluklarını da ortaya konmalıdır. FMEA takımı oluşturulduktan sonra da FMEA kapsamı ile ilgili değişikliklere gidilebilir.

Daha önce de belirtildiği gibi bir FMEA çalışmasına başlamak için sistem, ürün veya proses için aşağıdaki durumlardan birinin gerçekleşmiş olması gerekir (www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=print&sid=6 - 24k - Ek Sonuç):

- Halihazır tasarımlar veya prosesler değiştirildiğinde
- Halihazır tasarımlar veya prosesler için yeni uygulamalara başlanacağında
- Halihazır tasarım veya proseslerde önemli hatalar görüldüğünde
- Yeni prosesler veya ürünler tasarlanması durumunda.

Çalışma sınırları iki şekilde belirlenir.

- İlk yöntemde tasarım veya üretim sürecinin bütün adımları içerilir, çalışmalar ilerlemeye bağlı olarak zaman içinde gerçekleştirilir.
- İkinci olarak, tasarım veya üretim sürecinin kritik olarak kabul edilen bazı adımları ele alınır. Tasarımda kritik olarak kabul edilen birim, bir parça veya bir alt montaj olabilir. Üretim süreci için ise kritik alan fonksiyonlardan oluşacaktır.

FMEA çalışmalarında dikkat edilmesi gereken önemli bir husus uygulama alanını çok büyük tutmak yerine küçük birkaç parçaya bölmektir. Böylece daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir husus mevcut durumun ve ulaşılmak istenen hedef değerinin sayısal olarak tanımlanmasıdır. Bu şekilde değerlendirme aşamasında önemli kolaylıklar sağlanabilir.

4.3.1.2. FMEA Takımının Kurulması

FMEA bir takım çalışmasıdır ve tek başına gerçekleştirilemez. Yöntemin grup yerine tek bir kişi tarafından uygulanması durumunda, analizin tamamlanarak bilgilerin FMEA tablolarında yer alması sağlanabilmesine rağmen değerlendirmelerde yanlılık ortaya çıkabileceğinden istenmez.

Her FMEA çalışması için takımlar özel olarak belirlenir. Takımlar çapraz fonksiyonlu ve çok disiplinli olmalıdır. FMEA takımı oluşturulurken çok çeşitli bakış açıları ve tecrübelerin bir araya getirilmesi amaçlanır.

FMEA çalışmasında (Yılmaz, 1997:50);

- FMEA konusunda uzman, takımı koordine etmekten sorumlu bir takım lideri olmalıdır.
- Takım elemanları incelenen süreci en iyi bilenlerden seçilmelidir.
- Takım elemanlarına tam zamanında eğitim verilmelidir.
- Grubu oluşturan üye sayısı yeteri kadar fikir üretebilecek ve konunun dağılmasına fırsat vermeyecek büyüklükte, örneğin 5 ila 8 kişi arasında olmalıdır.
- Olumlu sonuçların alınabilmesi için üst yönetimden kişilerin de grupta yer alması sağlanmalıdır.

FMEA ekibinin amacı aşağıda kısaca açıklanmıştır (Düzgüner, 2002:42):

- Mümkün olan en erken zamanda tüm ilgili bölümlerin birlikte ve eşzamanlı çalışması
- Daha geniş bir bilgi ve tecrübe birikiminin kullanılması

- Yeni fikirlerin arttırılması
- Erteleme yerine, yerinde ve zamanında hızlı bir şekilde kararların alınması
- Alınan kararların daha geniş katılımlı ortamda mutabakat sağlanması
- Bölümler arası işbirliğinin geliştirilmesi ve teşvik edilmesi

FMEA kapsamında analiz edilecek her bir eleman için en az bir ekip üyesi mevcuttur. Bu üyeler (Ford Motor Company, 1998:4):

- Olayın geçmişi hakkında rapor verebilen
- Elemanın teknik detaylarını bilen
- Mümkün hataları istenen fonksiyona bağlı olarak tanıyan veya tahmin edebilen kimselerden oluşur.

Genel kural olarak ekipte yer alması gereken birimler:

- Ürün geliştirme
- İmalat
- Montaj
- Satış
- Ürün(kalite) güvenilirliği ve emniyeti

4.3.1.3. FMEA Yapılacak Sistem, Tasarım, Proses veya Servisin İncelenmesi

FMEA projelerinin başarıya ulaşabilmesi için incelenen ürün veya sistem hakkında ayrıntılı bilgiye ulaşılmalıdır. Bu amaçla FMEA yapılacak konu ayrıntılı olarak incelenir.

İlk olarak ürün veya sistemin fonksiyonları, çalışma ve üretim şekli belirlenir. Tüm önemli fonksiyon ve işletim şartları, müşteri teknik şartnameleri ve tasarım unsurları dikkate alınarak tanımlanır. Ürün ömrü ve ürünün yeniden değerlendirilmesine kadar ki tüm safhalar göz önünde bulundurulur (Düzgüner, 2002:45).

Ürünün fonksiyonunu ve özellikleri ne kadar iyi tanımlanırsa, mümkün hata türleri de o kadar iyi belirlenebilir veya tanımlanabilir. Bu nedenle, sistem ve çevre şartları konusunda (ısı, toz, titreşim vs.) ayrıntılı bilgiler gerekmektedir (VDA,1996:3).

4.3.2. FMEA Yapılan Sistem, Tasarım, Proses veya Serviste Yer Alan Hatalara Yönelik Çalışmalar

Başlangıç çalışmaları bittiğinde FMEA'nın kapsamı, FMEA'yı yapacak kişiler ve FMEA yapılacak konu hakkında ayrıntılı bilgi elde edilmiş olur. Bu aşamadan sonra sıra FMEA yapılacak konuda yer alan hatalarla ilgili kısımlara gelmiştir. Bu kısım aslında çoğu zaman inceleme kısmı ile iç içe girmiş durumdadır. Daha sonraki aşamalara önemli ölçüde etki edeceğinden bu aşama titizlikle ele alınmalıdır.

Bu alt başlık altında,

- Olası hata türlerinin belirlenmesi
- Olası hata etkilerinin belirlenmesi
- Olası hata nedenlerinin belirlenmesi
- Olası hataları saptamak için yapılan kontrollerin belirlenmesi konuları incelenecektir.

4.3.2.1. Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi

Bu aşamada, parçadan talep edilen fonksiyon veya karakteristiklerin karşılanmaması durumlarına neden olabilecek, fonksiyonların yerine getirilememesi şekli ve çeşitleri tanımlanır. Hata türünün ihtimal olarak ortaya çıkacağı, ancak ortaya çıkmasının mecbur olmadığı varsayılır (Düzgüner, 2002:50).

Olası hata türleri saptanırken cevap aranan sorulardan bazıları şöyle sıralanabilir (Yılmaz, 1997:52):

- Sistem, tasarım proses veya servis ile ilgili olası sorunlar nelerdir?
- Parçanın belirlenen şartları karşılayamadığı durumlar nelerdir?
- Öngörülen mühendislik özelliklerini hiç göz önüne almadan, müşterinin itiraz edebileceği düşünülen herhangi bir unsur var mıdır?
- Bir sonraki veya daha sonraki operatör neyi kötü olarak değerlendirecektir?
- Son kullanıcı (müşteri) neyi kabul edilmez olarak tanımlayacaktır?

FMEA takımının olası hata türlerini belirlemek için kullanabilecekleri diğer bir yaklaşım, ürün veya sistemin performans, bütünlük, istenildiği zaman kullanıma hazır olma, güvenilirlik, dayanıklılık, faydalı ömür, estetik gibi özelliklerin birkaçına veya hepsine sahip olma durumu önceden belirlendiğinde bunun gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlemek olabilir. Olması istenen ancak gerçekleşmeyen özellik hatayı gösterecektir. Başlangıç olarak da benzer parçalar için geçmişte yapılan FMEA çalışmalarının, kalite raporlarının dayanıklılık ve güvenilirlik sorunlarının, ömür testlerinin ve ekip beyin fırtınasının incelenmesi ve yapılması uygundur (Gül, 2001:39).

Hata türlerini belirlemek için (Yılmaz, 1997:53);

- Müşteri şikayet raporları,
- Test raporları,
- Garanti verileri,
- Güvenilirlik analizi sonuçları,
- Benzer ürün ve sistem bilgileri,
- Benzer ürünler için daha önceden yapılmış FMEA çalışmaları sonuçları,
- Simülasyon çalışmaları sonuçları

gibi kaynaklardan sağlanan bilgilerden yararlanılır.

Genel olarak dört hata türü arasında ayırım yapılabilmektedir. Birinci ve ikinci tip hatalar ile daha çok karşılaşılmaktadır. Üçüncü ve dördüncü tipler bir çok FMEA’larda atlanılmaktadır (Ford Motor Company, 1998:8):

1.Tip Hata-Fonksiyon Yok: Sistem veya tasarım hiç çalışmıyor, devre dışı veya hiç beklenmedik bir olay meydana geliyor

2.Tip Hata- Düzensiz Fonksiyon: Tatmin etmeyen fonksiyon performansı söz konusudur.Spesifikasyonların bazıları veya belirli bir adedini karşılıyor, ancak tüm talep edilen özellikler veya sıfatları karşılamıyor. Bu kategoriye düzensiz (çok kuvvetli) fonksiyonlar ile zaman içerisinde düşen fonksiyon performansı da dahildir.

3. Tip Hata – Belirli Bir Süre Devre Dışı Kalan Fonksiyon: Talepleri karşılıyor ancak çevresel (sıcaklık, nem v.s) faktörler nedeni ile zamanla fonksiyonların belirli bir kısmının veya tümünden kaybedilmesi söz konusudur. Mümkün olan bu tür hatalarda

fonksiyonun tekrar tekrar devre dışı kalması söz konusudur. Sistem veya tasarım belirli bir süre eksiksiz çalışıyor, sonra çalışmıyor daha sonra tekrar çalışıyor.

4. *Tip Hata- İstenilmeyen/Ön Görülmeyen Fonksiyon:* Bir çok elemanlar arasında etkileşim söz konusudur. Elemanlar ayrı ayrı incelendiğinde doğru ve tam olarak çalışmakta, ancak ürünün veya prosesin toplam performansına, istenmeyen etkilere neden olmaktadır. Her bir elemana ait performansların kombinasyonu toplam performansın tatmin olmamasına ve dolayısıyla istenilmeyen bir fonksiyona neden olur.

Olası hata türlerine örnek olarak

- Kırılma
- Deforme olma
- Korozyona uğrama
- Açılmama
- Kapanmama
- Aşınma
- Delinme
- Sıkışma
- Hızın ayarlanamaması
- Açık devre (elektrik)
- Kısa devre (elektrik)
- Yeterli güç sağlanamaması
- Gürültü
- Renk uyumsuzluğu
- İşlememe
- Titreme
- Kesintili işleme,
- Düşük düzeyde işleme

verilebilir (Düzgüner, 2002:53).

4.3.2.2. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi

Daha önce de belirtildiği üzere olası hata etkisi, müşterinin yaşayabileceği hoşnutsuzluk ve tehlike oluşturabilecek durumlardır. Müşteri; bir sonraki işlem, izleyen işlemler veya son kullanıcıdır. FMEA uygulamalarında müşteri genellikle son kullanıcı olarak düşünülmektedir. Olası hata etkisi, hatanın ortaya çıkması durumunda, müşterinin neyin farkında olacağını gösterir. Kısaca, hata ile karşılaşan müşterinin tepkisini, yani olası hatayla karşılaştığında oluşan sonuçları tanımlar.

Bu aşamada “hata türü hangi mümkün etki veya sonuçları doğurur?” sorusu sorulur. Etkiler bir hatadan dolayı ortaya çıkan olaylar zincirleridir. Aşağıda hata etkilerinden kimin veya nelerin etkilenebilecekleri kısaca sıralanmıştır (Ford Motor Company, 1998:5):

- Konsept ve tasarım
- Sistem veya parça
- Bir üst sistem veya parça
- Nihai ürün (örn:otomobil)
- Müşteri
- Yasal talimatlar ve güvenlik

Hata etkileri tanımlanırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (Düzgüner, 2002:54):

- Bütün hata etkilerinin mümkün olduğunca tam ve doğru bir şekilde belirlenmesi
- Fonksiyonun en üst seviyeye (sistem, araç,çevre) olan etkilerinin tanımlanması

- Hata etkilerinin müşterinin fark edebileceği (tatmin olmama/rahatsız olma) şekilde tanımlanması
- Etkiler zincirinin (örn: parça-grup-sistem) sonradan anlaşılabilir şekilde tanımlanması

Mümkün etkiler izleyen sorular yardımıyla tespit edilebilir (Düzgüner, 2002:55):

- Bu hatalar izleyen hususlara ne tür etkilere neden olabilir?
- Alt komponentlerin çalışmasına, fonksiyonuna ve durumuna ne tür etkileri olabilir?
- Üst yapı grubunun çalışmasına, fonksiyonuna ve durumuna ne tür etkileri olabilir?
- Sistemin çalışmasına, fonksiyonuna ve durumuna ne tür etkileri olabilir?
- Ürünün performansına ve güvenliğine ne tür etkileri olabilir?
- Ürünün performansına ve güvenliğine ne tür etkileri olabilir?
- Müşteriler neler görür, hisseder veya fark ederlerdi ne tür etkileri olabilir?
- Yasal kanunların tutulmasına ne tür etkileri olabilir?

Parça, alt sistem ve sistem aralarında hiyerarşik bir yapı olduğuna dikkat edilmelidir. Örneğin, bir parça kırılabilir, bu ise montaj parçalarında vibrasyona neden olabilir ve sonuç olarak da sistem fonksiyonlarının belirli bir süre devre dışı kalmasına neden olabilir. Belirli bir süre devre dışı kalan fonksiyon ise aracın performansının düşmesine sonuç olarak da müşteri tatminsizliğine neden olur. Amaç, ekibin bilgi ve tecrübe birikimine uygun olarak hatalara ait etkilerin önceden görebilmesidir (Düzgüner, 2002:55).

Olası hata etkisi, “Bu hata türü ortaya çıkarsa ne tür sonuçlara yol açar?” sorusuna cevap aranarak saptanır. Olası hata etkilerini saptamada kullanılan kaynaklardan bazıları şöyle sıralanabilir (Stamatis, 1995:20):

- Müşteri şikayetleri
- Garanti verileri
- Benzer ürün için yapılmakta olan veya yapılmış FMEA sonuçları
- Güvenilirlik verileri
- İlgili deney çalışmalarının sonuçlarından elde edilen veriler

Olası hata etkilerine örnekler aşağıdaki gibidir (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=29>):

- Gürültü
- Arızalanmaya yatkınlık
- Tekrar kullanılamama
- Kazaya yatkınlık
- Müşteri memnuniyetsizliği
- Kötü görünüş
- Uyumsuzluk
- Yasalara aykırı durum
- Aşırı çaba isteme
- İmaj kaybı
- Yaralanma veya ölüm
- Yanlış işlem
- Kesintili işlem
- Tamir edilemeyen işlem
- Düşük performans
- Fonksiyonun yerine getirilememesi

4.3.2.3. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi

Hatanın nedeni, sonuçta bir hata türüne neden olacak, tasarım zayıflığının bir göstergesi şeklinde tanımlanır (Gül, 2001:40).

Çok yönlü ekibin FMEA uygulaması içerisinde en önemli görevi hata sebeplerinin analizidir. Tecrübeye dayalı ve özellikle de yeni hata sebeplerinin eksiksiz bir şekilde belirlenmesi ve listelenmesi FMEA tekniğinin önleyici olması yönünden önemlidir (Düzgüner, 2002:57).

Olası hata nedenlerini belirlemek için “Olası hata türüne yol açabilecek nedenler nelerdir?” sorusuna yanıt aranır.

Olası hata nedenleri belirlenirken şu hususlar dikkate alınmalıdır (Stamatis, 1995:20):

- Bir hata nedeni bir veya birden fazla hata türüne yol açabilir.
- Birden fazla hata nedeni tek bir hata türüne yol açabilir.
- Bir hata nedeni bir veya birden çok faktörün bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkabilir.

Hata nedenlerinin belirlenmesinde,

- Balık kılçığı diyagramı
- 3M + 1İ (Makine, malzeme, metot ve insan)

yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerin dışında, geçmiş dönem kayıtlarının yer aldığı veri bankaları, hata ağacı analiz tekniği, global 8D raporları, blok diyagramları, yaratıcılık yöntemleri de hata nedenlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Düzgüner, 2002:59).

Mümkün hataların her birisine ait sebepler beyin fırtınası yardımı ile belirlenebilir. İzleyen sorular sebeplerin belirlenmesinde yardımcı olabilir: (Ford Motor Company, 1998:3)

- Hatanın oluşmasına neler etki eder?
- Fonksiyonların yerine getirilememesi durumu ile hangi şartlarda karşılaşılır?
- Teknik spesifikasyonların karşılanmaması durumu nasıl ortaya çıkar?
- İstenilen fonksiyonun yerine getirilememesine neler neden olabilir?
- Karşılıklı olarak birbirine etki eden elemanların uyumsuz veya yanlış kombine edilme ihtimali nedir?
- Elemanların tam olarak birlikte çalışması için hangi spesifikasyonlar etkilidir?

Hata nedenlerine örnekler aşağıdaki gibidir (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=29>):

- Aşırı yüklenme
- Aşırı zorlanma
- Dengesizlik
- Uygun olmayan bakım talimatları
- Yanlış tanımlanmış malzeme kalınlıkları
- Kötü çevre koşulları
- Yanlış malzeme seçimi
- Uygun olmayan tasarım ömür kabulü
- İşgücünün eğitim yetersizliği
- Makine ayarsızlıkları
- Operatör hatası

4.3.2.4. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi

Mevcut kontroller FMEA çalışması yapıldığı sırada söz konusu hata türünün ortaya çıkmasını veya müşteriye ulaşmasını önlemek için kullanılmakta olan mekanizmalardır. FMEA çalışmasında düşünülmesi gereken kontroller sadece olası hata türünün saptanabilme derecesini bulmada katkıda bulunacak kontrollerdir. Bir hatanın ortaya çıkmasını önlemek veya azaltmak için yapılan kontroller ortaya çıkma derecesini bulmada katkı sağlarlar (Stamatis, 1995:21).

Bu kontroller genellikle istatistiksel proses kontrol (İPK) proses sonrası muayene ve testler ve master kontrolü şeklinde yapılabilir. Proses kontrolü öncelikle hatanın oluşmasını önlemeyi, hata sebebinin bularak düzeltici faaliyeti başlatmayı ve hata türünü ortaya koymayı planlamaktadır (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=29>).

Mevcut kontroller bulunurken “Bu hata türü nasıl saptanmaktadır?” ve “Bu hata türü nasıl fark edilmektedir?” sorularına cevap aranmaktadır (Düzgüner, 2002:66).

İşletmelerde yapılan ağırlık, boyut kontrolleri, çalışırlık testleri, kaçak kontrolleri, gözle muayeneler vb. önlemler mevcut kontrollere örnek gösterilebilir.

4.3.3. Hata Türlerinin Değerlendirilmesi

Olası hata türleri, etkileri, nedenleri ve mevcut kontroller belirlendikten sonra sıradaki süreç hata türlerinin kritikliklerine göre değerlendirilmesidir. Bilindiği üzere FMEA eldeki kaynakları en etkili biçimde kullanmayı amaçlar. Bu amacına da bütün hatalarla bir anda mücadele etmek yerine hataları işletme için bir öncelik sırasına koyarak ulaşır. FMEA uygulaması devam ettikçe ve hataların zaman içinde öncelikleri değiştikçe nihai amaç olan kusursuzluğa yaklaşılr.

Değerlendirme için her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. MIL – STD 1629A’da kritiklik ”Hata türünün ortaya çıkma sıklığının sonuçlarının göreceli ölçüsüdür” şeklinde tanımlanmaktadır. Kritiklik 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 Sayısı adı verilen bu sayı, hata ortaya çıkma ve bulunabilirlik risk faktörlerinin olasılık ile ve ağırlık risk faktörünün sözel olarak tanımlanan değerlerine belirli aralıkta yer alan sayılar atanıp matematiksel işlem uygulanması sonucu bulunur. Risk Öncelik Sayısının bir değeri veya anlamı yoktur sadece hataların kritiklik yönünden göreceli olarak karşılaştırılmasını ve sıralanmasını sağlar (Yılmaz, 1997:61).

İlerleyen bölümlerde hata türlerinin değerlendirilmesinin alt başlıkları olarak,

- Ortaya Çıkma
- Ağırlık
- Saptama
- Risk Öncelik Sayısı

konuları ele alınmaktadır.

Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenirken kullanılacak yöntem FMEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin durumuna göre seçilir. Tasarım ve proses FMEA yapılırken değerlendirmede kullanılacak yöntemlerin seçiminde yararlanılabilecek faktörler ve seçim kriterleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Tasarım ve Proses FMEA’da Değerlendirme için Kullanılacak Yöntemlerin Seçim Kriterleri

Eğer	Kullanılan	Seçim
Tasarım diğer tasarımlara benzer ise veya elimizde geçmişe ait veriler varsa	Benzer tasarımlardan elde edilen veriler veya geçmişe ait veriler; güvenilirlik verileri, mevcut dağılımlar, matematiksel modeller, simülasyon	Mevcut veriler ve/veya proses yetenek oranı (C_{pk})
Tasarımın veya benzerlerinin hata kayıtları mevcutsa	Güvenilirlik, tasarım ve gerçek dağılımlara dayanan geçmiş veriler, matematiksel modeller, simülasyon, kümülatif veriler ve/veya hata oranları	Mevcut veriler ve/veya kümülatif hata sayıları
Tasarım yeni ise ve/veya sayısal veriler mevcut değilse	Takım yargısı	Sübjektif kriterler, takımda uzlaşma sağlama
Eğer	Kullanılan	Seçim
Proste istatistiksel proses kontrol uygulanıyorsa	İstatistiksel veriler, güvenilirlik verileri, proses yeteneği, mevcut dağılımlar, matematiksel modeller, simülasyon	Mevcut veriler ve/veya proses yetenek oranı (C_{pk})
Proses diğer proseslere benzer veya geçmişe ait veriler mevcutsa	Geçmişe ait veriler ve benzer sistemlerin verileri, güvenilirlik verileri, proses yeteneği, mevcut dağılımlar, matematiksel modeller, simülasyon	Mevcut veriler ve/veya proses yetenek oranı (C_{pk})
Hatalarla ilgili geçmiş veriler varsa	Güvenilirlik, tasarım ve gerçek dağılımlara dayanan geçmiş veriler, matematiksel modeller, simülasyon, kümülatif veriler ve/veya hata oranları	Mevcut veriler ve/veya kümülatif hata sayıları
Proses yeniyse ve/veya mevcut sayısal hiçbir veri yoksa	Takım yargısı	Sübjektif kriterler, takımda uzlaşma sağlama

Kaynak: Stamatis, D. H. (1995), *Failure Mode And Effects Analysis – FMEA from Theory To Execution*, ASQC Quality Pres, Wisconsin.

4.3.3.1. Ortaya Çıkma Değerlerinin Belirlenmesi

Hatanın ortaya çıkma ihtimali, dikkate alınan sebeplerin bir sonucu olarak, hata önceden keşfedilmeden müşteri veya kullanıcıda hangi ihtimalle ortaya çıkacağını gösterir (Düzgüner, 2002:69).

Ortaya çıkma değerini belirlemek için iki farklı yaklaşım vardır (Stamatis, 1995:22).

- Birinci yaklaşımda, bir hata türü (veya hata nedeni) için ortaya çıkma değerini belirlemektir.
- İkincisinde ise ortaya çıkma değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya çıkan hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı esas alınır. Bu değer sözü edilen iki olasılık değerinin çarpımından bulunur.

Daha önce de belirtildiği gibi FMEA uygulamalarında ortaya çıkma değeri olasılık olarak belirlenmez. Bunun yerine kullanılan sistem ortaya çıkma ihtimali için çeşitli olasılık aralıkları oluşturmak ve ortaya çıkma değerini bu tabloda yer alan derecelere göre belirlemektir (Pillay ve Wang, 2002).

Hata türünün ne sıklıkta oluşabileceği hesaplanarak olasılık bir ila on arasında derecelendirilir. Grup üyelerinin bilgi birikimi ve tecrübelerine göre derecelendirme yapılır. Hata türünün oluşma sıklığı dikkate alınır ve olasılık derecelendirme tablosu kullanılır. Benzer bir proses varsa, buradaki istatistik bilgilerden yararlanır (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=29>).

Bu amaçla oluşturulmuş bir tablo aşağıda verilmiştir:

Tablo 4.2. Ortaya Çıkma Derecelendirme Tablosu

Ortaya Çıkma İhtimali	Derece	Hata İhtimali (İşgünü olarak)
Neredeyse hiç	1	< 1:1500000
Düşük	2	1:150000
	3	1:15000
	4	1:2000
Orta	5	1:1.000
	6	1:200
	7	1:100
Yüksek	8	1:50
	9	1:20
Çok yüksek	10	1:10

Kaynak: Düzgüner, E. (2002), *Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu Ve Bu Metodun Bir Sanayi İşletmesindeki Uygulaması*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

Yukarıda bir örneği verilen tablo sektörel olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Bazen derecelendirmede 1 -10 skalası yerine 1 – 5 skalası veya başka skalalar da kullanılmaktadır.

Hata nedeninin ortaya çıkma değerleri istatistiksel yöntemlerden ve benzer ürünlerden yararlanarak belirlenir. Her bir hata nedeninin, hata türünün oluşmasındaki katkısı ise varyans analizi, Taguchi teknikleri, Bayes analizi gibi istatistiksel yöntemlerle veya benzer ürünlerin verilerden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Somut verilerin

olmaması durumunda grup üyelerinin deneyimlerinden faydalanılır ve ortaya çıkma değerlerini kestirmeleri istenir (Stamatis, 1995:23). Sonuç olarak bu aşamanın sonunda her bir hata için kullanılan skalaya göre bir ortaya çıkma değeri saptanmış olur.

Ortaya çıkma ihtimali değerlendirilmesinde, ekipte birliğin sağlanması için, hep aynı değerlendirme kriterleri kullanılmalıdır. Ürün ömrü boyunca mümkün hata oranı öngörülen parçanın, alt sistemin veya sistemin ürün ömrü boyunca beklenen hata sayısı esas alınır. Belirlenen ortaya çıkma ihtimali değeri sadece değerlendirme ölçeği ile birlikte değerlendirilebilir ve bu değer ortaya çıkma ihtimali hakkında direkt olarak nümerik bir açıklama vermez (Düzgüner, 2002:71).

4.3.3.2. Ağırlık Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık, olası hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir. Hata ağırlığı etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki vardır. Hatanın etki düzeyi arttıkça ağırlık da artar. Ağırlık derecesini belirlemek için kullanılan veri kaynakları hata etkisini belirlemede kullanılanlarla aynıdır (Yılmaz, 1997:63).

Yapılan çalışmanın amacı hata türlerinin doğurabileceği sonuçları, niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmektir. Sonuç olarak her bir hata türü doğurabileceği kayıplara göre sınıflandırılmış olur. 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 (Stamatis, 1995:24).

Müşteriye olan etkisi açısından hatanın etkisi bir ile on arasında derecelendirilir. Bu dereceler hata türlerinin etkisiyle bağlantılıdır. Ürün tasarımı üzerinde yapılacak

değişikliklerle müşteri yönünden şiddet derecelendirilmesi yapılabilir ([http:// www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=29](http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=29)).

Bu amaçla oluşturulmuş bir tablo aşağıda verilmiştir:

Tablo 4.3. Ağırlık Derecelendirme Tablosu

Ağırlık (Müşteriye Etki)	Derece
Neredeyse hiç	1
Çok önemsiz	2
Önemsiz	3
Orta	4
	5
	6
Yüksek	7
	8
Çok yüksek	9
	10

Kaynak: Düzgüner, E. (2002), *Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu Ve Bu Metodun Bir Sanayi İşletmesindeki Uygulaması*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

Yukarıda bir örneği verilen tablo sektörel olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Bazen derecelendirmede 1 -10 skalası yerine 1 – 5 skalası veya başka skalalar da kullanılmaktadır.

Bu aşamanın sonunda her bir hata türü etkisine göre bir ağırlık derecesi ile eşleştirilmiş olur.

4.3.3.3. Saptama Değerinin Belirlenmesi

Saptama, mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir. Olası hata türünün, 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 ulaşabilme olasılığı olarak tanımlanır (Yılmaz, 1997:64).

Hataların saptanmasında, hata türlerinin veya sebeplerinin ortaya çıkacağı ve hatalı parça veya ürünlerin bir sonraki birime iletilmesi veya sevk edilmesinin ancak hata keşfedici önlemlerle azaltılabileceği varsayılır (Düzgüner, 2002:74).

Saptama değeri,

- Analiz edilen birimlerin benzerlerinden,
- Geçmiş dönem verilerinden,
- Ürün iç denetlemelerinden,
- Somut veri olmayan durumlarda grup üyelerinin deneyimlerinden yararlanılarak

bulunur.

Burada hata, sanki oluşmuş gibi varsayılmakta ve mevcut kontrol olanaklarıyla hata türüne sahip olan parçanın sevkini önleme olanağı derecelendirilmektedir. Burada da yine bir ile on arasında derecelendirme uygulanır (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=29>).

Bu amaçla oluşturulmuş bir tablo aşağıda verilmiştir:

Tablo 4.4. Saptama Derecelendirme Tablosu

Saptanabilirlik	Derece
Çok Yüksek	1
Yüksek	2
	3
Orta	4
	5
Az	6
	7
Çok az	8
	9
Neredeyse İmkansız	10

Kaynak: Düzgüner, E. (2002), *Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu Ve Bu Metodun Bir Sanayi İşletmesindeki Uygulaması*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

Yukarıda bir örneği verilen tablo sektörel olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Bazen derecelendirmede 1 -10 skalası yerine 1 – 5 skalası veya başka skalalar da kullanılmaktadır.

Bu aşama sonunda her bir hata türünün saptanabilirlik derecesi belirlenmiş olur.

4.3.3.4. Risk Öncelik Sayısının Hesaplanması

Risk Öncelik Sayısı (RÖS), belirlenen ortaya çıkma (O), ağırlık (A) ve saptama (S) değerlerinin çarpılması sonucu elde edilen bir değerdir (Ford Motor Company, 1998:9).

RÖS değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılıksal olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında atanan değerleri alınır. RÖS ile her bir hata türü (nedeni) için riskler tanımlandığından en büyük RÖS'ye sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir (Aydın, 2006:1).

Değişik uygulamalarda RÖS değerini hesaplamak için farklı risk faktörlerinin de kullanıldığı görülmüştür. Ancak RÖS değeri hesaplanırken vazgeçilemeyecek iki risk faktörü ortaya çıkma ve ağırlıktır. Bir FMEA çalışmasında, grup üyeleri önceliklerin oluşturulmasında bu iki faktör dışında başka faktörleri de göz önünde bulundurmak isteyebilir. Bu faktörler şunlar olabilir (Stamatis, 1995:25):

- Hatanın müşteri beklentilerindeki etkisi,
- Hatanın iç maliyetlerdeki etkisi,
- Çalışanların tecrübesiz olma olasılığı,
- Hatanın işletmenin diğer proseslerindeki etkisi.

Faktörler saptandıktan sonra RÖS değerinin hesabında kullanılacak yöntem yine grup tarafından belirlenebilmektedir.

4.3.3.5. FMEA Formu

FMEA çalışmasında elde edilen bilgileri düzenli olarak tutabilmek ve FMEA sürecini kolaylaştırmak için FMEA formlarından yararlanılır. FMEA formlarında,

- FMEA türü
- FMEA no'su
- FMEA sorumlusu
- Ürün/Sistem/Servis adı
- FMEA tarihi
- Revizyon no
- Hazırlayanın adı
- Proses Fonksiyonu
- Olası hata türü
- Olası hata etkileri
- Olası hata nedenleri
- Mevcut kontroller
- Ağırlık
- Ortaya çıkma
- Saptama
- RÖS
- Önerilen faaliyetler
- Önlemlerin sonuçları

gibi başlıklar bulunur.

Örnek bir FMEA formu aşağıda verilmiştir ([http:// www. altisigma. com/modules.php?name=News&file=article&sid=28](http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=28)).

FMEA Türü : _____				Ürün/Sistem/Servis : _____				Sayfa : /								
FMEA No : _____				FMEA Tarihi : _____												
FMEA Sorumlusu : _____				Revizyon : _____												
				Hazırlayan : _____												
										Ölçüm Sonuçları						
Proses Fonksiyonu	Olası Hata Türü	Olası Hata Etkileri	No:	Ağırlık	Olası Hata Nedenleri	Çözüm	Mevcut Kontroller	Saptama	RÖS	Önerilen Faaliyetler	Sorumlu/ Tamamlama Tarihi	Alınan Ölçüm	Ağırlık	Çözüm	Saptama	RÖS
Hazırlayanın İmzası										Onaylayan İsim ve İmza						

Şekil 4.3. FMEA Formu Örneği (Scipioni ve diğerleri, 2002)

4.3.4. Risk Öncelik Sayısının Değerlendirilmesi

Risk öncelik sayıları bulunduktan sonra hatalar bu değere göre sıralanır. Sonuç olarak hatalar kritikliklerine göre sıralanmıştır. Bu aşamadan sonra,

- RÖS değerleri değerlendirilerek önlem alınacak hata türleri ve
- Alınacak önlemler belirlenir.

4.3.4.1. Önlem Alınacak Hata Türlerinin Belirlenmesi

RÖS değerleri belirlenip hata türleri buna göre sıralandıktan sonra cevap verilmesi gereken soru “Öncelikleri belirlenmiş bu hatalardan hangileri için önlem alınmalıdır?” sorusudur. Bu amaçla uygulanan bir yöntemlerden bir tanesi RÖS değerleri için sınıf aralıkları oluşturarak bu sınıflar için bir histogram çizmektir. Böylelikle RÖS değerlerinin hangi aralıklarda yoğunlaştığı ve RÖS değerlerinin bariz olarak ayrıldığı noktalar belirlenebilir. Daha sonra bu ayrımlara göre öncelikli olarak önlem alınması gereken hata türleri saptanır.

Ford Motor Şirketi (1998:15), FMEA uygulamalarında RÖS değerlerine göre düzeltici önlem alma kararları şu ölçütlere göre yapılmaktadır;

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

Renault’da yapılan uygulamalarda ise $RÖS > 100$ olan hatalar düzeltici önlem alınması gereken risk taşıyan hatalardır. 100’ün üzerindeki en büyük değer en fazla risk taşıyacağından öncelikle ele alınacak hatayı verir.

Uygulamalarda RÖS ile ilgili rastlanan durumlardan biri de farklı hataların aynı RÖS değerine sahip olmasıdır. Aynı RÖS değerine sahip iki veya daha fazla hata varsa, öncelikle ağırlığı ve sonra da saptama değeri yüksek olan ele alınmalıdır. Ağırlığı 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 ulaşan hatalardan daha öncelikli olarak yaklaşılmalıdır (Stamatis, 1995:26).

4.3.5. Önlemlerin Uygulanması

Önlemlerin uygulamaya konması, FMEA'nın dinamik aşamasını oluşturur. Hata Türü ve Etki Analizi önleyici faaliyetleri dikkate almaktadır; hatalar gerçekleşikten sonra müşteri tatminini sağlamaya ya da kalite belgesi almaya yönelik faaliyetleri içermemektedir (Yılmaz, 2000:6). Öncelikle önlemleri uygulayacak kişiler ve bunları ne kadar sürede uygulamaya koyacakları belirlenir. Daha sonra öngörülen önlemlerin yeterli etkinlikte uygulamaya alınıp alınmadıkları belirlenir. Önlemlerin devreye alınması çok önemlidir. Bu aşamada kritik RÖS değerleri ortadan kaldırılıncaya kadar çözümler incelenir ve değerlendirilir. RÖS değerinin istenilen düzeylere düşürülmesi hedefine ulaşıldığında yeni RÖS değerlerini bulmak, bazı durumlarda da ortaya çıkabilecek yeni hata türlerini saptamak için yeni bir FMEA uygulamasına başlanabilir.

Düzeltilici Önlemler, olası hata türlerini veya nedenlerini ortadan kaldırmak ya da olumsuz etkilerini minimize etmek için tasarım, üretim süreci, malzeme, üretim yöntemi gibi çeşitli unsurlarda yapılacak iyileştirme faaliyetleridir (Usuğ, 2002:61). Düzeltme önlemlerinin hangi hatalar için öncelik taşıdığını belirleyebilmek amacıyla FMEA

hataların meydana gelme, şiddet, keşfedilebilirlik değerleri ile R.Ö.S kullanılır (Ulusoy, 1996:24).

4.4. FMEA'NİN ÇEŞİTLERİ

İlk FMEA uygulamaları donanıma yönelik olarak yapılmıştır. Metot yaygınlaştıkça fonksiyonel olarak prostedeki olası hataların belirlenip bunların giderilmesi için kullanılmaya başlamıştır. FMEA, daha sonraları tasarım ve hizmet alanlarında da uygulama bulmuştur.

Günümüzde genel olarak 4 çeşit FMEA olduğundan söz edilebilir. Bunlar (Sankar ve Prabhu, 2001):

- Sistem FMEA,
- Tasarım FMEA,
- Proses FMEA ve
- Servis FMEA'dır.

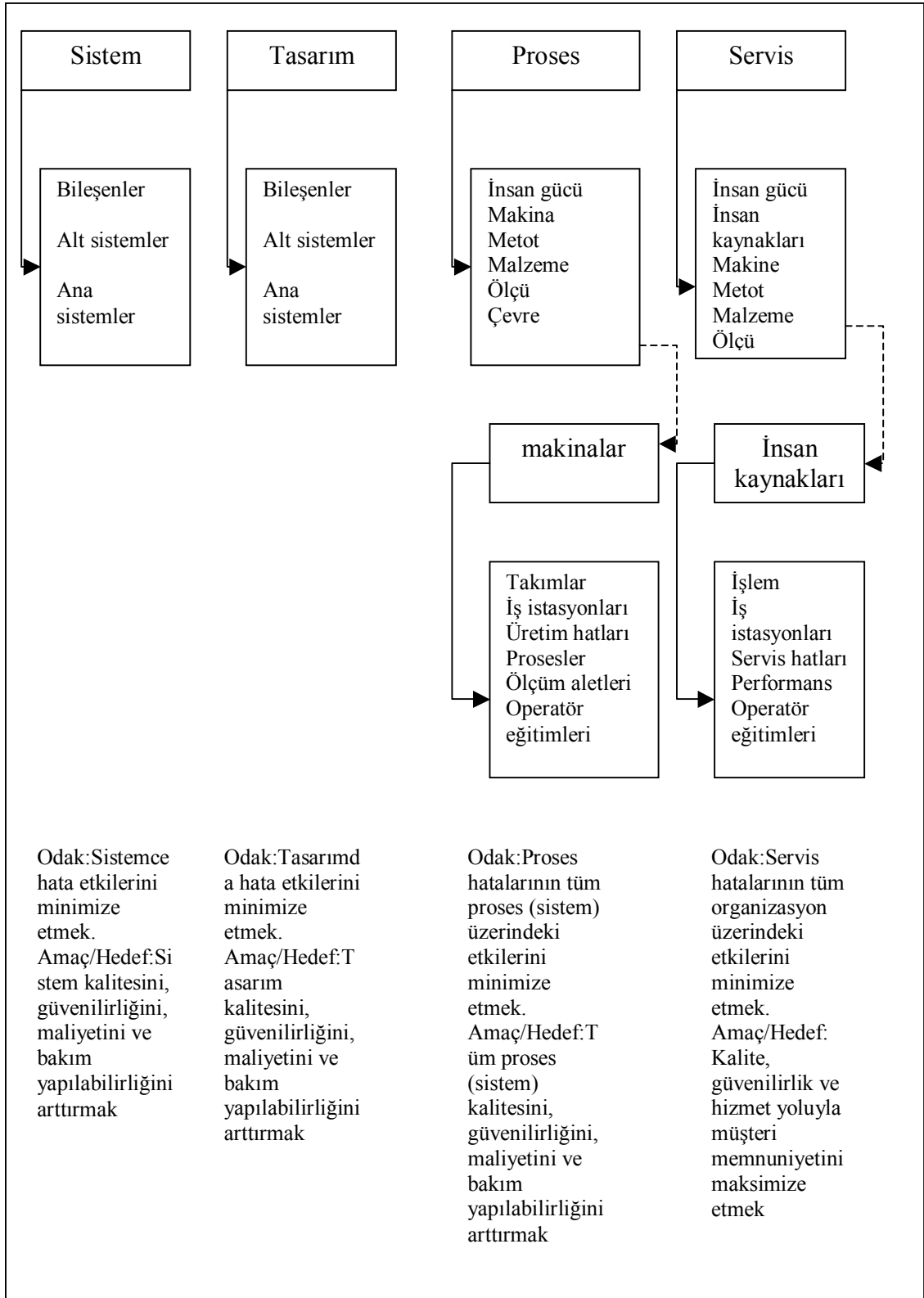
Ancak temel olarak bir ayırım yapmak gerekirse FMEA çalışmaları;

- Tasarım FMEA
- Proses FMEA

olarak ikiye ayrılabilir. FMEA çeşitleri arasındaki ilişki şekil 4.4'de ele alınmıştır. Bu dört FMEA çeşidi aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

4.4.1. Sistem FMEA

Sistem FMEA'da hedef; operasyonel (etkinlik ve performans) faktörler ile ekonomik faktörler arasında uygun bir denge tanımlamak ve oluşturmaktır. Bu hedefe ulaşmak için sistem FMEA; müşterinin belirlenmiş ihtiyaç, istek ve beklentileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sistem FMEA tasarım ve ilk konsept belirlemede sistem ve alt sistemlerin analiz edilmesinde kullanılır. Bir sistem FMEA çalışması, sistem yetersizliklerinden kaynaklanan sistemin fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerine odaklanır. Sistemler arası ilişkileri ve sistemin elemanlarını da kapsar. (Stamatis, 1995:16).



Şekil 4.4. FMEA Çeşitleri (Stamatis, 1995)

Sistem FMEA'nın faydaları şunlardır (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=print&sid=28>);

- Potansiyel problemlerin bulunabileceği alanlar daralır,
- Sistem seviyesindeki Teşhis prosedürleri için bir temel oluşturulmasına yardımcı olur,
- Fazlalıkların tespit edilmesine yardım eder,
- Optimum sistem tasarım alternatiflerinin seçilmesinde yol gösterir.

Sistem FMEA etkin bir şekilde uygulandığında; hata türü ile güvenlik konularını ortadan kaldıracak ve hataları azaltacak potansiyel tasarım faaliyetlerinin listesi, potansiyel hata türlerinin RÖS tarafından ağırlıklandırılmış bir liste ve aynı zamanda potansiyel hata türlerini tespit edebilecek potansiyel sistem fonksiyonlarının bir listesi elde edilebilir (TÜV Südwest FMEA Seminer Notları, 2002).

4.4.2. Tasarım FMEA

Tasarım FMEA, ürünlerin üretim kararı verilmeden önce uygulanır. Tasarımdaki hatalardan dolayı hizmet veya imalat aşamalarında ortaya çıkabilecek olası ürün hata şekillerini ele alır. Tasarım bütünlüğünü sürekli kılmak amacı doğrultusunda, tasarım aşaması dışında imalatta, montajda, donanımda ve müşterinin kötü kullanımından dolayı üründe oluşacak tasarımla ilgili sorunları tanımlar. Bu teknik ile sistem veya bileşenlerin güvenilirlik riskleri yazılı hale getirilir, her hata türünün etkisi analiz edilir ve düzeltici faaliyetler yani tasarım değişiklikleri tanımlanır (Yılmaz, 1997). Kısacası tasarımda mümkün olan tüm hataların belirlenmesi ve fiziksel olarak tanımlanması aşamasıdır (Düzgüner, 2002:50).

Tasarım FMEA tekniğinde iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşımda, sistem ya da ürün bir bütün olarak ele alınarak başlanır ve en alt birime kadar analiz edilir. İkincisinde ise, parça, bileşen gibi sistemlerin en alt düzeyindeki birimlerden başlanır, alt montaj, alt sistem gibi aşamaları geçerek sistemin ya da ürünün en son düzeyine kadar ilerlenir. Bu yaklaşımlardan birinin seçimi, sistemin ve sorunun büyüklüğüne bağlı olacaktır. Uygulamada kabul gören ikinci yaklaşımdır (Yılmaz, 1997).

Tasarım FMEA şu konuları kapsamalıdır (Gül, 2001:35):

- Bütün yeni parçaları
- Eski parçaların yeni uygulamalarını
- Parça değişiklikleri, örneğin satın alınan veya imal edilen parçalardaki geliştirmeleri

Tasarım FMEA çalışması, kalite güvence bölümleri, üretim bölümleri ve yan sanayilerden sağlanan bilgilere dayanarak, prototip çizimleri yayınlanmadan hemen önce süratle yapılmalıdır. Tasarım FMEA'nın deneme safhasından önce, tasarım esnasında yapılması gerekirken karmaşık ürünlerdeki ana riskli bölgeleri bulup ortaya çıkarmak için sistem geliştirilmesi esnasında veya bazı durumlarda ürün fizibilite çalışması esnasında dahi yapılması tavsiye edilebilir (Gül, 2001:35).

Tasarım FMEA sürekli yaşayan bir belgelendirme sürecidir ve tasarım kavramının tamamlanmasıyla başlatılmalı, ürünün geliştirilme evrelerindeki değişikliklerle sürekli olarak güncelleştirilmeli ve son çizimlerle de tamamlanmalıdır.

Tasarım FMEA'nın çıktıları şunlardır (Özkılıç, 2006:138):

- Risk Öncelik Sayısına göre sıralanmış potansiyel hata türleri listesi,
- Kritik ve/veya önemli hata karakteristiklerinin potansiyel listesi,
- Hata türlerini ortadan kaldıracak, güvenlik konularını ön plana çıkaracak ve ortaya çıkmayı azaltacak potansiyel tasarım önlemlerinin listesi,
- Uygun test etme, muayene ve/veya hata yakalama önlemleri parametrelerinin potansiyel listesi,
- Kritik ve önemli karakteristikler için önerilen potansiyel önlemlerin listesidir.

Tasarım FMEA'nın yararları da şöyle sıralanabilir (Özkılıç, 2006:138):

- Tasarım iyileştirme çalışmaları için öncelikleri belirler.
- Potansiyel hataların tasarım aşamasında iken belirlenmesini sağlar.
- Potansiyel güvenlik sorunlarının belirlenerek ortadan kaldırılmasına yardım eder ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesini sağlar.
- Önemli ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım eder.

4.4.2.1. Tasarım FMEA Çalışma Ekibi

FMEA çalışmasına karar verildikten sonra tasarım, üretim, montaj, kalite ve güvenilirlik konularında uzman mühendislerden oluşan bir ekip meydana getirilir. Ekip üyeleri içerisinde satın alma, servis, yan sanayiler ve konuya uygun diğer uzmanlar da bulunabilir. Çapraz fonksiyonel ekip yaklaşımı farklı görüş açılarının ifade edilmesini ve göz önüne alınmasını sağlar. Ekip üyelerinden en az birisi, FMEA'nın tüm

özelliklerini ve detaylarını bilmelidir. Bu kişi aynı zamanda çalışmada yönlendirici görevini de üstlenir (Duman, 2001:72).

Ekip lideri toplantıları organize eder, ekibin sekreterlik görevini yapar, ekibi yönetir ve yönlendirir, zaman kaybını önlemeye çalışır, ekibi sürekli kontrolü altında bulundurur. Ekip lideri tasarım FMEA çalışmasının başarılı bir şekilde yürütülüp tamamlanması için aşağıdaki bilgi ve dokümanların hazırlanmasından sorumludur (Gül, 2001:37):

- Parça tanımı (şartnamelere göre)
- Müşterilerdeki ürünlerin hata verileri (müşteri şikayetleri, garanti dahili değiştirmeler, hatalar ve bunların miktarları)
- Hata türleri
- Kontrol planları (düşünülen/var olan kontrol önlemleri)
- İlgili detaylı teknik çizimler, şemalar, resimler, şartnameler ve talimatlar
- Proses ve montaj akış şemaları
- Laboratuar testleri ve talimatları
- Parça numunesi (model veya prototip)
- Bir hata numunesi

4.4.2.2. Tasarım FMEA'da Hata Türü

Tasarım FMEA'da hata türü tanımlanırken “ürün/parça görevini tam olarak nasıl yerine getiremez veya başaramaz?” sorusuna yanıt aranır. Hata türünden kastedilen, bir

ürün veya parçanın ömrü boyunca beklenen performansını sağlayamamasıdır. Tasarım FMEA’da sadece ürün veya parçaların hataları incelenir (Gül,2001:38).

Bir parça için hangi durumda olursa olsun tasarım yararlarını, performans gereksinimlerini ve /veya müşteri beklentilerini sağlamayan husus, olası hata türü olarak tanımlanır. En basit anlamda bir hata; bir parçanın veya sistemin tasarımındaki amaç ile kendisine verilen fonksiyonu yapmaması veya eksik yapmasıdır. Hata türleri listelenirken, benzer ürünlerdeki deneyimlerden, benzer ürünlerden toplanan verilerden yararlanılır. Eğer yeni bir ürünse, ekiptekilerin teknik düşünceleri devreye girer. Belirli bir parçanın her bir fonksiyonu için hata türleri listelenir. Varsayım olarak, hatanın mutlaka meydana gelmesi gerekmez, fakat meydana gelebilir şeklinde düşünülür. Hata türleri olası performans türlerini tanımlar. Bir başlangıç olarak da benzer parçalar için geçmişte yapılan FMEA çalışmalarının, kalite raporlarının dayanıklılık ve güvenilirlik sorunlarının, ömür testlerinin ve ekip beyin fırtınasının incelenmesi ve yapılması uygundur. Belirli çalışma koşullarında (sıcak, soğuk, ıslak, kuru, tozlu vs.) ve belirli kullanma koşullarında (ortalama ömrün üzerinde, uygun olmayan şartlarda vb.) ortaya çıkabilecek hata türleri de göz önüne alınacaktır. Olası türleri, “fiziksel” veya “teknik” ifadelerle tanımlanmalı, müşteri tarafından fark edilen bir arıza belirtisi olarak tanımlanmamalıdır (Gül,2001:39).

4.4.2.3.Tasarım FMEA’da Hata Etkisi

Hata meydana geldiğinde müşteri üzerine ne tür bir etki yaratacağı tanımlanır. Her bir hata türü için bir etki veya sonuç tanımlanır. Hata meydana geldiğinde, müşterinin neyi fark edebileceği veya başına ne geleceği tanımlanır. Bunlar daima sistem veya ürün performansı açısından ifade edilmelidir. Eğer hata sonuçları yasal gereksinimleri karşılamıyorsa bu doğru bir not halinde belirtilmelidir (Gül, 2001:39).

4.4.2.4. *Tasarım FMEA’da Hata Nedenleri*

Hata nedeni, sonuçta bir hata türüne neden olacak, tasarım zayıflığının bir göstergesi şeklinde tanımlanır. Her bir hata türüne neden olabilecek bütün olası nedenler liste halinde sıralanmalıdır. Ana hata sebebi öyle açıklanmalıdır ki; hataların önlenmesine veya ortaya çıkma ihtimalinin azaltılması için gerekli iyileştirme önlemlerinin uygulanmasına imkan sağlamalıdır (Düzgüner, 2002:57).

4.4.2.5. *Tasarım FMEA’da Kontrol Önlemleri*

Kontrol önlemleri ürün hatalarının müşteriye giderek bir zarar vermemesi için üretici şirket tarafından konulan ortaya çıkarma önlemidir. Her bir hata sebebi için bu önlemler liste halinde yazılmalıdır.

Olası hataların tasarım sebeplerinin oluşumunu ve sonuç hata türünü önlemek veya ortaya çıkarmak için uygulanacak bütün kontroller listelenmelidir. Bu “mevcut kontroller” (mühendislik talimatları, tasarımın gözden geçirilmesi kalite kontrol talimatları, laboratuvar test talimatları, prototip testleri, saha testleri, satın alma talimatları ve standartları vs.) daha önce aynı veya benzer parçalar üzerinde uygulanmış veya uygulanmakta olan kontrol türleridir. Başlangıç olasılık ve keşfedilebilirlik, kullanılacak prototip ve modellerin temsili göz önüne alınarak, bu kontrollere dayandırılacaktır. Listelenen kontroller, doğrudan doğruya hatanın özel sebeplerini önlemeye veya ortaya çıkarmaya yönelik olmalıdır (Gül, 2001:40).

Tasarımcı, Tasarım FMEA’da uygulanacak tüm listelenen kontrol sistemlerinin geçerliliğinin diğer bölümlerden ve yan sanayiden teyidini sağlamalıdır. Aynı zamanda FMEA geliştirmesine yardımcı olmak üzere benzer parçalar için gerçekleştirilen proses çevrimleri ve kontrol yöntemlerine aşina olmalıdır.

Tasarım FMEA’da kontrol önlemleri; laboratuvar testleri, güvenilirlik kontrolü, tasarımın gözden geçirilmesi kontrolü, sahada deneme veya kıyaslama analizi vb. olabilir.

4.4.3. Proses FMEA

Proses FMEA, imalat ve montaj süreçlerini analiz etmede kullanılır. Proses veya montaj yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleri üzerinde odaklanır.

FMEA sonucu, proseste yapılan iyileştirmeler, bu tekniğin aynı zamanda proses geliştirme yaklaşımı olarak tanımlanmasını sağlar. Proses FMEA, kusursuz ürünler üretmek için analizcilere montaj ve imalat proseslerinde kullandıkları makineleri, aletleri, prosesleri ve insan gücünün etkilerini analiz ederek, imalat proseslerini değerlendirebilme yani zayıf noktalarını belirleme olanağını verir (Yılmaz, 1997:41). Donanım hataları, çalışanların hataları, uygun olmayan malzeme ve yöntemlerin kullanımı sonucu oluşan hatalar proses FMEA ile ürün üretime girmeden önce belirleneceğinden kusurları düzeltmek kolay olacaktır. Ancak, makine, malzeme, insan, yöntem, ölçme ve çevre olarak tanımlanan üretim bileşenleri arasında etkileşimlerin olması proses FMEA’nın daha zor ve zaman alıcı olarak tanımlanmasına neden olmaktadır (Stamatis, 1995:15).

Proses FMEA’nın çıktıları şunlardır ([www.odevsitesi.com /odevler /2005_6 / 114500- hata-turu-analizi-ve-etkileri.htm](http://www.odevsitesi.com/odevler/2005_6/114500-hata-turu-analizi-ve-etkileri.htm) - 7k - Ek Sonuç):

- Risk Öncelik Sayısına göre sıralanmış potansiyel hata türleri listesi,
- Kritik ve/veya önemli hata karakteristiklerinin potansiyel listesi,
- Kritik ve önemli karakteristikler için önerilen potansiyel önlemlerin listesi,

- Hata türlerinin nedenlerini ortadan kaldıracak, ortaya çıkmalarını azaltacak ve saptanma düzeylerini iyileştirecek potansiyel önlemler listesi.

Proses FMEA'nın yararları olarak da şunlar sıralanabilir (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=print&sid=28>):

- Proses yetersizliklerini belirler ve düzeltici ve önleyici faaliyetler planı önerir.
- Kritik ve/veya önemli karakteristikleri saptar ve kontrol planları geliştirmede yardımcı olur.
- Düzeltici ve önleyici faaliyetler için öncelik sırasını verir.
- İmalat veya montaj süreçlerinin analizinde yardımcıdır.
- Değişiklerin ne amaçla yapıldığını dokümante eder.

Proses FMEA aşağıdakilere ait üretim proseslerini kapsamalıdır (Gül, 2001:50):

- Bütün yeni ürünler/parçalar
- Değişiklik yapılan ürünler/parçalar
- Yeni üretim teknolojilerinin uygulandığı bilinen ürünler/parçalar

Proses FMEA çalışmasına başlamadan önce, üretim prosesini hangi kısmının göz önüne alınacağı tam olarak kararlaştırılmalıdır. Verilen bir ürün veya parça için tüm üretim prosesini kapsayacak şekilde FMEA çalışması yapmak gerekmez. Diğer taraftan, bir ürünün üretim prosesi olarak genelde değişik makinelerle işleme, şekillendirme, montaj ve muayene gibi hammadde halinden tamamlanmış ürün oluncaya kadar geçen tüm aşamalar anlaşılır. Bir proses FMEA çalışmasının bu kadar geniş faaliyet alanlarını kapsamaması olanaksızdır. Üretim prosesi, her birinin ürüne belirli bir özellik verdiği

bağımsız temel faaliyetler veya kademelere bölünür. Eğer ürün bir tam sistem veya ana grup ise, onu küçük parçalara bölmek gerekebilir. Parça analizi, grubu “ teknolojik olarak basit” elemanlara bölünerek gerçekleştirilir. Sadece bu yolla üretim prosesi için arzu edilen ayrıntı derecesine ulaşmak mümkündür (Gül, 2001:50).

Proses FMEA, üretim teçhizatının tanımının yapıldığı, fakat henüz bunların imalatının yapılmadığı anda yapılmalıdır ki; böylece ürün özelliklerinin yerine getirilmesinde daha iyi bir güvenilirlik sağlansın.

Proses FMEA, prosesin bir akış şeması ile başlamalıdır. Bu akış şeması, her bir işlemde üretilecek olan ürün özelliklerini belirlemelidir. Bazı etkilerin belirlenmesi ve bazı şiddet değerlerinin tahmini sorumlu tasarım mühendisinden veya eğer elde mevcut ise ilgili Tasarım FMEA çalışmasından sağlanabilir. Proseste ardışık gelen bir çok işlem varsa ve farklı olası hata türlerine sahipse, bu işlemlerin her birinin ayrı prosesler gibi listelemek uygun olabilir. Ürün/parçanın düzgün olarak üretilmesi veya montajı için gereken bütün proses aşamaları bir akış şeması çizilerek en iyi ayrıntısına kadar incelenir.

4.4.3.1. Proses FMEA Çalışma Ekibi

Proses FMEA ekibinin bir prosesi incelerken üretim, kalite ve servis bölümlerinden gerekli verileri toplaması gerekmektedir. Bu nedenle ekibin prosesi iyi tanıyan kişilerden oluşması gerekmektedir.

Müşteri tanımının, normalde son kullanıcı olarak görülmesine karşılık, bir proses FMEA’da müşteri; daha sonra üretim veya montaj işlem ve kademeleri olabileceği gibi servis faaliyetleri de olabilir.

Proses FMEA ekibine üretim mühendisinin liderlik yapması çalışmayı daha doğru yöne götürecektir. Ekip lideri çalışmanın başarılı olması için aşağıdaki bilgi ve dokümanların hazırlanmasından sorumlu olmalıdır (Gül, 2001:52):

- Detaylı teknik çizim ve resimler
- Prosesin akış şemaları
- Taşıma şekli ve yapısı
- Muayene planı (kontrol önlemlerini göz önüne alan) ve mühendislik talimatları
- Yeni bir parça numunesi
- Kusurlu bir parça numunesi

4.4.3.2. Proses FMEA'da Hata Türü

Proses FMEA'da hata türü tanımlanırken “cihaz / tezgah / kalıp görevini tam olarak nasıl yerine getiremez veya başaramaz?” sorusuna yanıt aranır. Hata türünden kastedilen, bir proses veya işlemin hedeflere göre çalışmaması veya tasarıma uygunluğunu sağlayamamasıdır. Proses FMEA'da sadece proses tarafından neden olunan hatalar incelenir.(bunun anlamı tasarımla ilgili ortaya çıkabilecek kritik durumlar üzerinden çalışmanın mümkün olmayacağı demek değildir.) Ürünün sadece müşteriye teslim edilmeden hemen ortaya çıkabilecek hataları değil, ürünün ömrü boyunca çıkabilecek hatalar göz önüne alınmalıdır. Her bir proses fonksiyonu için, bütün olası hata türleri ortaya çıkma olasılığından bağımsız olarak sıralanırlar. Proses problemi veya hata türünün anlamı, bir kademe (veya tüm makine) çalışmıyor veya üretim prosesi tasarım beklentilerini karşılamıyor demektir. Hata, prosesin uygunsuzluğu

olarak varsayılır. Prosesin belirlenen hedeflerini karşılamıyor olmasıdır. Olası hata türü, bir parça veya grubun belirlenen mühendislik gereksinimleri veya özel proses gereksinimlerini karşılamada başarısız olabileceği bir tavır olarak tanımlanır. Bu reddin sebebinin bir tanımıdır. Bir sonraki işlemdeki olası hata türü ile yakından ilişkisi olan bir sebep veya bir önceki işlemdeki hata türü ile yakından ilişkisi olan bir sonuç olabilir. Bununla beraber FMEA'nın hazırlanmasında, gelen parçanın /malzemenin doğru olduğu varsayılmaktadır. Ekibin yaklaşımı, bütün durumların doğruluğunu güvence altına almada kullanılmalıdır (Gül, 2001:53).

Belirli bir işletmede bir parça veya prosesin fonksiyonları yönünden bütün olası hata türleri liste olarak yazılır. Varsayım olarak, hatanın olabileceği, fakat mutlaka olmasının gerekmediğidir. Proses mühendisi şu sorulara cevap verebilecek durumda olmalıdır:

- Şartnameleri karşılama durumunu parça nasıl başaramaz?
- Mühendislik talimatlarını önemsemeksizin, müşteri (son kullanıcı, bir sonraki aşamadaki montaj veya servis) neyi kötü olarak düşünebilecektir?

Benzer proseslerle bir kıyaslama veya benzer parçalarla ilgili müşteri (son kullanıcı veya bir sonraki aşama) şikayetlerinin, kalite, dayanıklılık ve güvenilirlik sorunlarının tekrar gözden geçirilmesi önerilen bir başlangıç noktasıdır. İlave olarak, tasarımın amacının bilinmesine de gereksinim vardır.

Proses hata türü, “proses nasıl yanlış gidebilir?” sorusunu cevaplandırır. Üretim prosesi hatası aşağıdaki kademelerin herhangi birinden meydana gelebilir (Gül, 2001:55):

- Hammaddeler,

- Stok veya yarı bitmiş ürün
- Prosesleme (presle şekillendirme, makinede işleme, yüzey kaplama, kaynak, ısıtma işlemi vs.)
- Montaj
- Muayene/test (üretim prosesinin bütün aşamalarında)
- Taşıma, nakliye ve depolama

Üretim prosesi hata türlerini listelemeden önce, belirtilen problemlerin pek çoğunun bir tasarım FMEA'da ürün hata türlerinin sebepleri olarak tanımlanabileceğine dikkat edilmelidir. Bunun nedeni üretim prosesi problemlerinin ürün hata türlerine sebep olmasıdır.

4.4.3.3. Proses FMEA'da Hata Etkisi

Hatanın olabilecek sonuçları, hata türünün müşteriler üzerindeki etkileri olarak tanımlanırlar. Bu bağlamda müşteriler, gelecek işlemlerde veya konumda, bayi ve/veya ürünün kullanıcıları olabilir. Hatanın olası etkisi değerlendirilirken her biri göz önünde bulundurulmalıdır.

Hatanın sonuçları, müşterilerin nelere dikkat edecekleri veya başlarına neler geleceği yönünde tanımlanır. Son kullanıcı için sonuçlar daima ürün veya sistem performansı yönünden göz önüne alınmalıdır. Eğer müşteri üretimin bir sonraki veya daha sonraki işlemi/konumu ise, sonuçlar proses/işleme performansı yönünden ifade edilmelidir (Gül, 2001:55).

Ürün hata türlerinin bazıları, Tasarım FMEA tarafından diğer yöntemler kullanılarak belirlenenlerin aynıları olabilir. Ürün mühendisi ile tasarımcı,

iyileştirmeleri önerirken her ne kadar farklı yolları izleseler de, her iki teknik arasında belirli oranda çakışma olduğu gerçeğinden hareket ederek, tasarım, üretim ve kalite güvence arasında yakın işbirliği gerekmektedir.

4.4.3.4. Proses FMEA'da Hata Nedenleri

Hatanın olası nedeni olarak, düzeltilebilecek veya kontrol edilebilecek şeyler yönünden hata türünün nasıl oluşabileceği tanımlanabilir.

Her bir hata türüne sebep olabileceği düşünülen olası bütün nedenler sıralanmalıdır. Tanımlar özlü fakat olabildiğince tam yapılarak, nedenlerle düzeltici faaliyetler arasında doğru olarak ilişkilendirilmeleri sağlanır.

Hata nedeni, proses esasında hangi problemlerin meydana gelebilme nedenlerini gösterir. Neden, hedeflere, bir kusur veya hasara karşı korumasızlık yönünden üretim prosesinin bir yetersizliği olarak görülmelidir. Nedenlerin pek çoğu hata ile karşılıklı doğrudan ilişkili olmadığından ve nedeni düzeltmek veya kontrol etmek için, örneğin bir deney tasarımı, hangi ana nedenlerin esas etkileyici oldukları ve hangilerinin en kolay şekilde kontrol edilebileceğine karar vermek için göz önüne alınabilir (Gül, 2001:56).

4.4.3.5. Proses FMEA'da Kontrol Önlemleri

Kontrol önlemleri, hata türünün meydana gelmesini önleyen veya çıkabilecek hata türünün keşfeden kontroller olarak tanımlanırlar. Bunlar, İstatistiksel Proses Kontrol gibi prosesle ilgili kontroller olabileceği gibi proses sonrası muayene/testler de olabilirler. Muayene/denemeler söz konusu işlemde yapılabileceği gibi, söz konusu hata türünü ortaya çıkarabilecek daha sonraki işlemlerde de olabilir.

Hata nedenlerini önlemek için benimsenen (yeni üretim prosesleri için) veya halen kullanılan (mevcut üretim prosesleri için) önlemler sıralanırlar ki; bununla hata türleri ve etkileri belirlenebilirler.

Yeni bir üretim prosesi için, kontrol (örneğin: mühendislik talimatları, proses çevrimleri, kalite kontrol sistemleri) normal olarak benzer proseslerdekiyle tamamlanır veya yerine getirilirler. Diğer bir deyişle, onlar hatanın belirli nedenlerini önleme ve/veya belirleme önlemleridir. Başlangıç olasılığı ve keşfedilebilirlik değerlerinin tahmini bu önlemlere dayandırılarak yapılır (Gül, 2001:57).

Proses FMEA'da kontrol önlemleri: kabul kontrolleri, ürün kontrolleri, proses kontrolleri, son kontroller vb. olabilir.

4.4.4. Servis FMEA

Müşteriye servis henüz ulaşmadan analiz edilmesinde yardımcı olur. Bu analizin uygulanmasıyla; geliştirme faaliyetleri arasında önceliklendirme yapılması ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi sağlanır. İş akışının, sistem ve proses analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, işteki hataların ve kritik önemli işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajlar sağlar. Analizin uygulanmasıyla sistem ve prosesi takip etmek için liste oluşturularak, potansiyel kritik veya önemli iş ve proseslerin RÖS ile ağırlıklandırılmış listesi yardımıyla sınırdaki potansiyel servis ile ilgili hataların yok edilmesinin sağlanması mümkün olmaktadır. Tasarım FMEA'sının tamamlanmış olarak kabul edilebilmesi, ancak üretim için onay ve bir başlangıç tarihinin verilmesi ile olabilir.

Proses FMEA'sının tamamlanmış olarak kabul edilebilmesi için bütün

operasyonların belirlenerek değerlendirilmesi ve kontrol planlarında ise kritik olan bazı önemli özelliklerin oluşturulması ile mümkün olabilir (TÜV Südwest FMEA Seminer Notları, 2002).

FMEA bir defa başladıktan sonra yaşayan bir doküman olmakta ve tasarım ile proseste önemli sayılabilecek değişiklikler olduğunda ise bu değişikliklerle uyum sağlanarak aktüel duruma tekrar uyarlanmaktadır. Bu sözü edilen değişikliklerin ürün üzerindeki etkiler de sürekli değerlendirilerek üretim ile montaj prosesi yetersizliklerin tespitine çalışılmaktadır. Proses FMEA, proseste yapılan değişikliklerde, mevcut proseste önemli hatalar görüldüğünde ve her yeni proseste tekrardan başlatılır. En etkili haliyle bir FMEA, bir prosesin geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerinin özetlenmesidir. Bunu yaparken, geçmiş tecrübelerden yararlanılarak yanlış gidilebilecek her nokta tek tek analiz edilecektir. Bu sistematik yaklaşım, proses şartlarını geliştirirken izlediği düşünce disipliniyle aynı paraleldedir. Proses FMEA'ları aynı zamanda yeni bir makine veya ekipman proseslerinin geliştirilmesinde de yardımcı olur. Bu durumda kullanılacak olan metot aynı olup, yalnızca dizayn edilmekte olan makine veya ekipman, mamul kabul edilmelidir (TÜV Südwest FMEA Seminer Notları, 2002).

Servis FMEA'nın çıktıları şunlardır ([www.odevsitesi.com /odevler/ 2005_6/114500-hata-turu-analizi-ve-etkileri.htm](http://www.odevsitesi.com/odevler/2005_6/114500-hata-turu-analizi-ve-etkileri.htm) - 7k - Ek Sonuç):

- Risk Öncelik Sayısına göre sıralanmış potansiyel hata türleri listesi,
- Kritik veya önemli proses veya işlemlerin potansiyel listesi,
- Darboğaz yaşanan proses veya işlemlerin potansiyel listesi,
- Hataları ortadan kaldıracak potansiyel önlemler listesi,

- Gözlenecek sistem veya proses fonksiyonlarının potansiyel listesidir.

Servis FMEA'nın sağladığı faydalar şöyle sıralanılabilir (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=print&sid=28>):

- İş akışının analiz edilmesinde yardımcıdır.
- Sistem ve/veya proseslerin analiz edilmesinde yardımcıdır.
- İşlem yetersizliklerini belirler.
- Kritik veya önemli işlemleri belirler ve kontrol planlarının geliştirilmesinde yardımcı olur.
- İyileştirme çalışmaları için öncelikleri ortaya koyar.
- Değişiklerin ne amaçla yapıldığını dokümante eder.

5. UYGULAMA

5.1. UYGULAMANIN YAPILDIĞI İŞLETMENİN TANITIMI

5.1.1. Adres ve İletişim Bilgileri

Şirket Adı: Yenmak Piston&Segman San. Ve Tic. A.Ş.

Adres: 2. Organize Sanayi Bölgesi Kırım Caddesi Sarıççek Sokak No:12

KONYA.

Telefon: 0. 332. 239 01 35

Fax: 0. 332. 239 01 36

Web Adresi: www.yenmak.com.tr

E-mail Adresi: yenmak@yenmak.com.tr

5.1.2. Misyon ve Vizyon

YENMAK A.Ş. sürekli gelişmenin müşteri memnuniyeti ile sağlanabileceğini kabul etmiş ve tüm faaliyetlerini müşteri memnuniyetinin artırılmasına odaklanmış bir kuruluştur. Müşteri memnuniyetini sürekli artırmak amacıyla Toplam Kalite Yönetimi felsefesini bir yönetim şekli olarak benimsemiştir.

Kurulan Kalite Yönetim Sisteminin amacı, bütün faaliyetleri planlı ve uyumlu bir şekilde yürütmek, kaliteden ödün vermeyerek her türlü müşteri memnuniyetsizliğinin önüne geçmek, katma değer katkısı olmayan faaliyetleri minimize edip maliyetleri düşürmek ve rekabet şansını artırmak için etkin bir yönetim anlayışını yerleştirmektir (TS-EN-ISO 9001:2000).

5.1.3. Tarihçe ve Şirket Tanıtımı

YENMAK Piston & Segman Sanayi Ve Ticaret A.Ş. 1995 yılında Konya'nın 2. Organize Sanayi bölgesinde , Bütün araçlar için piston ve pim üretmek amacı ile kurulmuş olup EN ISO 9001:2000 standardına göre kurulan kalite yönetim sistemi kapsamında üretimini devam ettirmektedir. Şirket 10.000 metrekarelik alan üzerine yerleştirilmiştir.

Kuruluştaki bugüne kadar gelinen noktada pistonu; kendi bünyesindeki dökümhanesinde spektrometrik kontrol altında indüksiyon ocaklarda hazırlanmış alaşımli maddenin kokil kalıplarda montaj tasarımına uygun şekilde dökülmesinden elde etmektedir. Gerekli Giriş Kalite Kontrollerinden sonra modern Computerized Numerical Control (CNC) makineler ile donatılmış işleme bölümünde şekillenen pistonlar son kalite kontrollerden geçerek müşterisine sunulmaktadır.

2002 yılı kayıtlarına göre yıllık 320.000-350.000 adet arasında piston ve pim üretilerek yurtiçinde bayileri vasıtası ile dağıtılmakta ve başta Avrupa olmak üzere yurtdışı ülkelere ihraç edilmektedir.

5.1.4. Personel Durumu

Şirkettin personel sayısı toplam 175 kişidir. Bunların 150'si mavi yakalı 25'i beyaz yakalı personeldir.

5.1.5. İşletmede Üretilen Ürünler

İşletmede piston pim ve segman üretimleri yapılmaktadır.

5.1.5.1. Dizel Ve Benzinli Araçlardaki Pistonlar

Piston ve silindir ilk olarak buhar gücüyle çalışan motorun bulunmasından sonra görülmüştür. 1765 yılında James Watt (1736-1819), buhar gücüyle çalışan pistonun ileri-geri veya aşağı-yukarı hareketi nedeniyle meydana gelen aşırı ısınmanın soğutulmasını ve pistonun krank milini eksenine etrafında döndürecek şekilde çalışmasını başarmıştır (<http://www.tayyareci.com/akademi/motor.asp>).

Bir asır sonra, 1876'da Alman mucit makine mühendisi Nicolaus Otto ve Gottlieb Daimler ateşleme ve yanmanın silindir içinde yapıldığı, benzinle çalışan, günümüzdeki otomobil motorunun ilk örneğini yaptı. Benzinle çalışan bu motor; buhar motoruna göre çok hafif, daha güvenli, çalıştırılması ve kullanılması daha kolaydı (<http://www.tayyareci.com/akademi/motor.asp>).

İçten yanmalı ilk motor, 1860 yılında yanabilen bir gazın hava ile birlikte tutuşturulması ile pistonların hareket etmesini sağlayan Fransız mühendis, Alphonse de Rochas tarafından geliştirildi. Nicolaus August Otto (1832-1891) 1860'lı yıllarda motorlar ile ilgilenmeye başlayan gezgin bir Alman satıcıydı. Tasarladığı içten yanmalı motorun kendinden önceki örneklerinden en önemli farkı, hava ve gaz karışımını ateşlemeden önce sıkıştırarak alınan verimi artırması ve böylece motorların kullanım alanlarını çeşitlendirmesidir ([www.ttgvg.org.tr / tur / 07_gencler_icin / 73082001. htm](http://www.ttgvg.org.tr/tur/07_gencler_icin/73082001.htm) - 23k -).

Motor yapmak ve geliştirmek için bir fabrika kuran Otto'nun motorlarının, işlevselliği, güvenilirliği ve sessiz olması sebebiyle gelen yoğun talep üzerine sonraki on yıl içinde 30,000 motor üretilmiştir. Otto motoru otomobil ve motorsikletlerin yapımını kolaylaştırmış, uçakların yapılmasına imkan sağlamış ve bu motorun toplum,

yaşam biçimleri ve çevre üzerindeki etkisi çok büyük olmuştur ([www. ttgv.org.tr /tur/07_gencler_icin/73082001.htm](http://www.ttgiv.org.tr/tur/07_gencler_icin/73082001.htm) - 23k -).

5.1.5.2. Pistonlar , Pimler Ve Segmanlar

Piston yakıttaki potansiyel enerjiyi krankı çeviren kinetik enerji haline getirir. Piston motor silindirinde aşağı yukarı hareket eden silindir şeklinde içi oyuk bir parçadır. Etrafında segmanların bulunduğu kanallalar vardır. Pistonlar silindire kolayca girecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sıkı ve tam geçmeyi segmanlar sağlarlar.

Pistona işini yapması için 4 hareket gereklidir (ikisi yukarı ikisi aşağı). Birincisi emme hareketidir. Bu aşağı doğru bir hareket olup silindiri yakıt ve hava karışımı ile doldurur. İkincisi yukarı doğru olup karışımı sıkıştırmaya yarar. Piston silindirin içinde gelebileceği maksimum yüksekliğe gelmeden bujiler kıvılcımla yakıtı ateşler. Bu pistonun üçüncü hareketini aşağı doğru yapmasına sebep olur. Üçüncüye yanma hareketi de denir. Dördüncü ve de egzoz hareketinde yanmış gazlar egzoz sistemi ile dışarı atılır (www.otoyedekleri.com/v8motor.html - 16k -).

Pimler pistonu piston kollarına bağlar. Piston kolu pistonun içindeki oyuktan yukarı doğru gelir. Pistonla biyel kolunu bağlayarak, Piston kuvvetini biyel koluna taşır. Biyel kolundaki piston pimi burçları ile pistondaki pim yuvaları arasında bağlantı görevi yapar. Piston piminin sert , yıpranmağa dayanıklı bir yüzeye ve özlü bir iç yapıya sahip olması gerekir ([odevsitesi. com/default.asp? islem=dok_indir & odevno =129566](http://odevsitesi.com/default.asp?islem=dok_indir&odevno=129566) - 72k -).

Pistonlar hafif ve ısıyı iyi geçirdikleri için alüminyumdan yapılmıştır. Pistonların çeşitli fonksiyonları vardır. Öncelikle patlamanın sağladığı kuvveti kranka aktarırlar, böylece krankın dönmesi sağlanmış olur. Pistonlar ayrıca hareketli bir sıkıştırıcı vazifesi

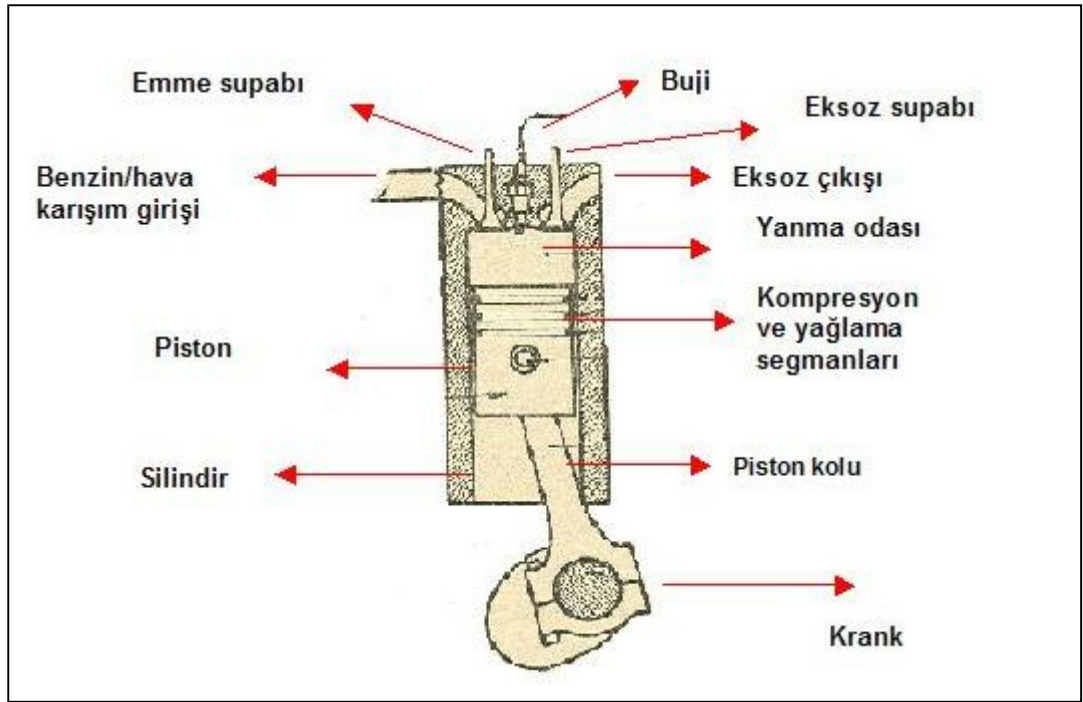
görürken patlamayı silindirin içinde tutarlar. Ayrıca piston kolunun küçük kenarı için rulman gibi çalışır. En zor iş ise patlamadan doğan ısıdan kurtulup başka yere gitmesini sağlamaktadır. Pistonun başı yada tacı patlayıcı kuvvetle karşı karşıya kalan kısımdır. Düz, içbükey, dışbükey yada türbülanslı ilerletmek üzere veya patlamayı kontrol için herhangi bir şekilde olabilir (www.otoyedekleri.com/v8motor.html - 16k -).

5.1.5.3. Piston Hareketi

Pistonlar aynı bisiklet pedalı çeviren bacaklar gibidirler. Bacaklarımızı piston gibi düşünün, pedalların üzerinde aşağı yukarı gider gelirler. Pedallar ise piston kolları gibidirler, bacaklarınıza "bağlanmışır". Pedallar ise tekerleri döndüren bisiklet krankına bağlıdır. Otomobilin bulunmasında bisikletin rolü çok büyük olmuştur, hatta Henry Ford'un ilk otomobilini "Quadrisiklet" (dört tekerlekli bisiklet) diye adlandırmışlardır (www.otoyedekleri.com/v8motor.html - 16k -).

5.1.5.4. Piston Motorun Çalışması

Piston silindir içinde aşağı yukarı hareket eder. Bu hareket piston kolu ile krank miline aktarılır ve krank milinin ekseni etrafında dönmesini sağlar.



Şekil 5.1. İçten Yanmalı Motorun Bir Silindirinde Bulunan Ana Parçalar
(<http://www.tayyareci.com/akademi/motor.asp>)

Bir motorda gücün sağlanması dört aşamada gerçekleşir (<http://www.tayyareci.com/akademi/motor.asp>).

Birinci aşama: Piston silindirin üst seviyesinden aşağıya doğru hareket etmeye başladığında emme supabı açılarak yanma odasına benzin / hava karışımı alınır.

İkinci aşama: Emme supabı kapandıktan sonra piston yukarı hareket ederek benzin / hava karışımını sıkıştırır.

Üçüncü aşama: Sıkıştırmanın en üst seviyesinde bujinin çıkardığı kıvılcımla benzin / hava karışımı ateşlenir. Benzin / hava karışımının yanmasıyla meydana gelen genişleme nedeniyle piston hızlı aşağı hareket eder.

Dördüncü aşama: Piston tekrar yukarı harekete başladığında eksoz supabı açılarak yanmış karışım dışarı atılır.

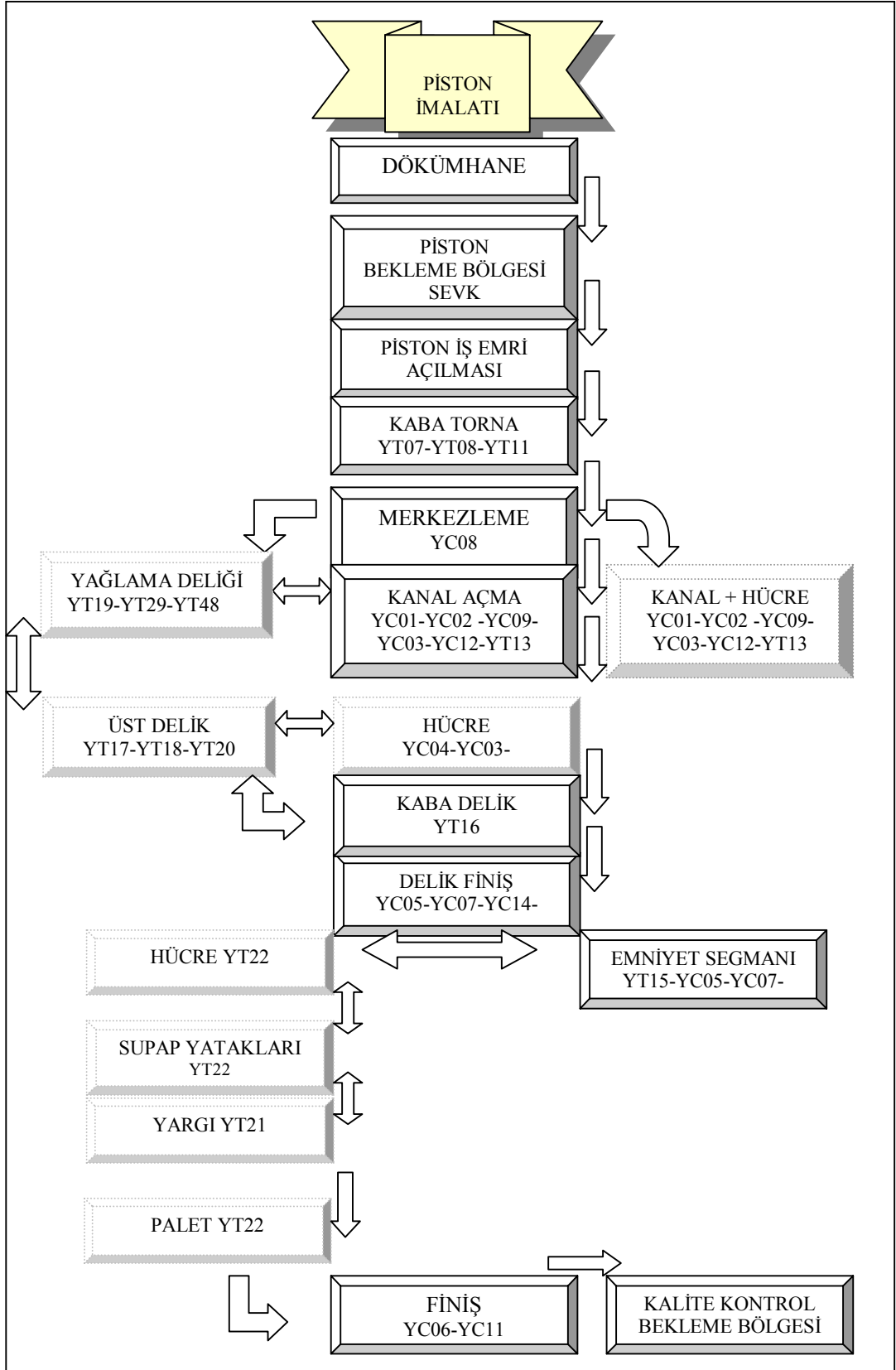
Bu şekilde çalışan motorlar, dört zamanlı motor olarak adlandırılır.

5.2. BULGULAR

5.2.1. FMEA Uygulaması

YENMAK Piston&Segman San.Ve Tic. A.Ş'de gerçekleştirilen FMEA uygulaması temel olarak 5 aşamadan oluşmaktadır:

- İşletmenin, ürünün ve üretim sürecinin incelenmesi
- Proseste meydana gelen hataların, hata nedenlerinin, hata etkilerinin ve bu hataları önlemede kullanılan mevcut kontrollerin saptanması
- Ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerlerinin atanması, Risk Öncelik Sayısının hesabı
- Hataların RÖS'e göre sıralanıp önlem alınması gereken hataların ve önlemlerin saptanması
- Öngörülen önlemler sonrası için ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerlerinin bulunup yeni RÖS değerlerinin hesaplanması



Şekil 5.2. Piston İş Akış Şeması

Proses Açıklamaları

Dökümhanede dökümü gerçekleştirilen pistonlar, piston bekleme bölgesine sevk edilir ve piston iş emri açılarak imalat atölyesinde aşağıda gösterilen sırada işlem görmeye başlar:

Dış Çap Tornalama: Dökümhaneden işlenmek üzere imalat atölyesine gelen pistonların ilk olarak tabi olduğu operasyon dış çap tornalamadır. Bu operasyonda pistonun dış çapı $+0,50/-0,10$ toleransları dahilinde işlem görür.

Merkezleme: Dış çap tornalama operasyonundan sonra pistonlar merkezleme operasyonuna tabi tutulur. Bu operasyonda pistonun flanş çapı, flanş derinliği, merkezleme derinliği ölçüleri, Ek-1'de gösterilen teknik resimdeki ölçü ve toleranslar dahilinde işlenmektedir.

Kanal Açma: Merkezleme operasyonu tamamlanan pistonlar kanal açma operasyonu için ilgili tezgahlara gönderilir. Kanal açma operasyonunda pistonların; piston tepe bölgesi dış çapı, piston etek bölgesi dış çapı, segman kanal dip çapları, piston tam boyu, piston kanal z mesafesi ölçüleri ve piston segman genişlikleri teknik resimdeki gösterilen ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Yağlama Deliği: Kanal açma operasyonundan geçen pistonlar, yağ deliği çapları ve yağ deliği-etek ucu arası mesafesi işlemleri için ilgili tezgahlara gönderilir.

Kaba Delik: Kanal açma ve yağlama deliği operasyonları tamamlanan pistonlar kaba delik operasyonu için ilgili tezgahlara gönderilir. Bu operasyon dahilinde pistonun pim delik çapı, kompresyon yüksekliği ve pim deliği eksen kaçıklığı ölçüleri teknik resimde gösterilen ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Hücre Açma: Kaba delik operasyonundan geçen pistonlar hücre açma operasyonunun gerçekleştirilmesi için ilgili tezgahlara gönderilir. Bu operasyonda, hücre ağız çapı, hücre eksen kaçıklığı, hücre derinlikleri ve hücre çukur radüsleri teknik resimde gösterilen ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Delik Finiş: Kaba delik operasyonundan geçen pistonlar, pim deliğinin son olarak işlendiği operasyon olan delik finiş operasyonu için ilgili tezgahlara gönderilir. Burada pistonun pim delik çapı, kompresyon yüksekliği ve pim deliği eksen kaçıklığı ölçüleri tam toleranslarda işlenmektedir.

Emniyet Segmanı Kanalı Ve Havşa Açma: Bu operasyonda emniyet segmanı kanal genişlikleri, pim emniyet kanalları arası mesafe, dış havşa çapı ve emniyet segmanı kanal dip çapları teknik resimde gösterilen ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Frezeleme (Palet, Yargı, Subap): Bu operasyonda, pistonda segmanların takıldığı bölgelerde, iç bölge radius'u ve iç bölge genişliğinin verilmesi amaçlı işleme yapılmaktadır.

Finiş: Piston imalatının son aşamasıdır. Bu operasyon; pistonun motorda tam olarak görevini yerine getirmesi için, piston dış çapları (koniklik a,b,c kontrolü) ve piston dış çapları (ovallik a,b,c kontrolü) ölçülerinin toleranslar dahilinde işlenmesinden ibarettir.

Tüm operasyonları tamamlanan pistonlar son kontrollerinin yapılması için Final Kalite Kontrol bölümüne gönderilir ve ambalajlama işlemleri yapılır.

5.2.1.1. Başlangıç Çalışmaları

FMEA kapsamı olarak piston imalatının tamamı belirlenmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere FMEA bir ekip çalışmasıdır. YENMAK Piston&Segman San. Ve. Tic. A.Ş’de gerçekleştirilen bu çalışmanın ekip üyeleri şunlardır:

- FMEA Proje Lideri
- Kalite Güvence Müdürü
- İmalat Müdürü
- Dökümhane Müdürü
- Kalite Mühendisi
- Kalıp Formeni

FMEA ekibi ilgili konularda beyin fırtınası yaparak problemi incelemektedir.

5.2.1.2. Piston Üretim Sürecinde Meydana Gelebilecek Hatalar, Nedenleri, Etkileri ve Mevcut Kontroller

Yapılan kapsamlı inceleme sonucunda piston üretiminde meydana gelebilecek 10 hata bulunmuştur. Bu hatalarla ilgili bilgi aşağıda verilmektedir:

1. Merkezleme Derinliğinin tolerans dahilinde olmaması (Tolerans Dışı):

Hatanın oluşmasına; döküm esnasında maçaların olması gereken yerden aşağıda veya yukarıda oturması ve kaba torna operasyonunda pistonun salgılı işlenmesi neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; merkezleme farkından dolayı pistonların istenen ağırlıkta olmaması ve farklı ağırlıkta olan pistonların motora takılması durumunda motorun gürültülü çalışmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; mevcut

döküm proses kontrollerinin Ek-2' de gösterilen numune alma yöntemine göre alınması karşımıza çıkmaktadır.

2. Hücre Eksen Kaçıklığı: Hatanın oluşmasına; döküm sürecinde alt flanşın ters bağlanması, operatör, resim ve ölçü hatası neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; enjektör püskürtmesinin istenen yerde olmaması ve pistonun aşağı yukarı hareketinde kasıntı geçirmesine neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; mevcut döküm proses kontrollerinin numune alma yöntemine göre alınması karşımıza çıkmaktadır.

3. Hücre Derinliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı): Hatanın oluşmasına; operatör, resim, ölçü hatası neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; motordaki gücün azalmasına veya yakıt tüketiminin fazla olmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; mevcut döküm proses kontrollerinin numune alma yöntemine göre alınması karşımıza çıkmaktadır.

4. Alfin Birleşme Hatası: Hatanın oluşmasına döküm esnasında alfinin yeterince ısıtılmadan ve yüzey pürüzlülüğü giderilmeden kalıba yerleştirilmesi veya talaşlı imalatta kaba tormalama işlemi sırasında operatörün; takımı, parçaya yüksek hızda yaklaştırması neden olabilir. Bu hata pistonun motora takıldıktan sonra pistonun tepe bölgesinin kopmasına neden olur. Hata için kontrol önlemi olarak ultrason cihazı ile kontroller sıkılaştırılmalıdır.

5. Kanal Çap Ve Genişliklerinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı): Hatanın oluşmasına; tezgah, uç, hatalı ölçüm neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; kanal çap ve genişlikleri istenen değerlerden fazla ise; yağ yakmasına, az ise segmanın yuvaya oturmuyarak, görevini yapamaz hale gelmesine neden olmasıdır.

Kontrol önlemleri olarak; ölçümü onaylanmış referans numune kullanılması gerekmektedir.

6. *Strok Yüksekliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)*: Hatanın oluşmasına; döküm sürecinde alt flanşın olması gereken yerden yüksek veya alçak yerleştirilmesi delik finişte hatalı işleme neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; strok boyu istenen değerden uzunsa pistonun üst kapağa vurmasına ve bloğu çatlatmasına; kısa ise; yakıtın fazlalaşmasına ve gücün azalmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; ölçümü onaylanmış referans numune kullanılması gerekmektedir.

7. *Pim Delik Çapının Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)*: Hatanın oluşmasına; tezgah, uç, operatör, ölçü aleti neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; biyel kolunun çatlamasına, perno yağlamasının sorunlu olmasına, pernonun takılamamasına, vuruntu olmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; kontrollerin sıkı tutulması, ölçüm onayının yapılması gerekmektedir.

8. *Koniklik-Ovallık Ölçüsünün Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)*: Hatanın oluşmasına; ucun aşınması, tezgahın uygun parametreye göre işlememesi neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; ölçü toleranstan büyükse piston krepaj yapmasına, küçükse silindire vurup, ses çıkarmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; kontrollerin sıkı tutulması, ölçüm onayının yapılması gerekmektedir.

9. *Pistonlarda Isıl İşlem Uygulamasında Sertlik Dağılımının Homojen Olmaması*: Hatanın oluşması ısıl işlem cihazındaki teknik bir sorundan veya ısıl işlem süresinden kaynaklanmaktadır. Olası hata, pistonun yüksek ısılarda çalışırken piston yüzeylerindeki genişleme oranlarının farklı olmasına, motorun yağ yakmasına, motor

gömleğinin aşınmasına ve pistonun krepaj yapmasına neden olur. Hatanın kontrol önlemi olarak, laboratuvar sertlik ölçüm numune sayısı arttırılmalıdır.

10. Ergitmede Alaşımın Özelliklerinin İstenen Değerde Olmaması: Hatanın oluşmasına gerekli alaşımın hazırlanması için kullanılacak maden oranlarında operatör tarafından yanlışlık yapılması neden olmaktadır. Bu olası hata; pistonun motor içerisindeki yüksek ısılarda -alaşımındaki hata nedeninden dolayı- erimesine ve belirli bölgelerinin kopmasına motorun zarar görmesine neden olur. Hatanın kontrol önlemi olarak ocak şarj talimatlarına uyulmasının sağlanması, numunelerini sıklaştırılması ve spektrometre cihazı analiz sonuçlarının gerçek değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir.

5.2.1.3. Ortaya Çıkma, Ağırlık ve Saptama Değerlerinin Belirlenmesi ve Risk Öncelik Sayısı Hesabı

Ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerlerini belirlemek üzere 10'luk skala kullanılmıştır. Değerler saptanırken mümkün olduğunca geçmiş verilerden yararlanılmaya çalışılmış, ortaya çıkma ağırlık değerleri ve saptama değerleri ekip üyeleri tarafından belirlenmiştir. RÖS değeri hesaplanırken “Çarpma ile RÖS Hesabı” yöntemi kullanılmıştır. Yapılan uygulamanın FMEA formu Ek-2’de verilmiştir.

5.2.1.4. Hataların RÖS Değerlerine Göre Sıralanması ve Öncelikle Önlem Alınacak Hataların Belirlenmesi

Şekil 5.3’deki grafikten de görülebileceği üzere ilk üç sırada yer alan hatalar diğerlerinden bariz bir şekilde ayrılmaktadır. Öncelikli olarak bu hatalar için önlemler saptanmalıdır. FMEA uygulamalarında genel uygulama $RÖS \geq 100$ olan hatalar için öncelikli olarak önlem almaktır. Ancak uygulama küçük ölçekte bir işletmede yapıldığı

için bu şekilde bir yol izlenmesine karar verilmiştir. Aşağıda bahsedilen hataların RÖS değerleri tablosu yer almaktadır:

Tablo 5.1. RÖS Değerlerine Göre Sıralanmış Hatalar

Sıra No	Hata	RÖS
1	<i>Merkezleme Derinliğinin tolerans dahilinde olmaması</i>	84
2	<i>Hücre Eksen Kaçıklığı</i>	56
3	<i>Hücre Derinliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	54
4	<i>Alfin Birleşme Hatası</i>	160
5	<i>Kanal Çap Ve Genişliklerinin Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	42
6	<i>Strok Yüksekliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	42
7	<i>Pim Delik Çapının Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	140
8	<i>Koniklik-Ovallik Ölçüsünün Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	120
9	<i>Pistonlarda Isıl İşlem Uygulamasında Sertlik Dağılımının Homojen Olmaması</i>	32
10	<i>Ergitmede Alaşımın Özelliklerinin İstenen Değerde Olmaması</i>	42

Önlem saptamak ve önlemleri uygulamak için hazırlanan plan şu şekildedir:

1. Aşamada Önlem Uygulanacak Hatalar:

- Alfin Birleşme
- Pim Delik Çapının Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)
- Koniklik-Ovallik Ölçüsünün Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)

2. Aşamada Önlem Uygulanacak Hatalar:

- Merkezleme Derinliğinin tolerans dahilinde olmaması (Tolerans Dışı)

- Kanal Çap Ve Genişliklerinin Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)
- Hücre Eksen Kaçıklığı
- Hücre Derinliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)
- Strok Yüksekliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)
- Ergitmede Alaşımın Özelliklerinin İstenen Değerde Olmaması
- Pistonlarda Isıl İşlem Uygulamasında Sertlik Dağılımının Homojen Olmaması

Yukarıda verilen hatalar için saptanan önlemler uygulanmaya başladıktan ve bu önlemler RÖS üzerinde beklenen derecede düşme sağladıktan sonra yeniden bir FMEA yapılacak böylece yeni durum için hata öncelikleri bulunacaktır. Amaç daha önce de belirtildiği üzere sürekli iyileştirme ile arzulanan kalite seviyesine ulaşmaktır.

Birinci aşamada ele alınacak hatalar için öngörülen önlemler şöyledir:

5.2.1.4.1. Alfin Birleşme

Yapılan FMEA analizi sonucunda RÖS değeri yüksek bulunan alfin birleşme hatasının saptama olasılığı yüksektir ve alfin birleşmeden oluşan hatanın şiddeti yüksek oluşu için bu hatanın RÖS değerini düşürebilmek için, saptama olasılığını düşürmek amaçlanmıştır. Bu amaçla alfin birleşme hatasını tespit edebilme kabiliyetine sahip ultrason cihazı alınması kararlaştırılmıştır. Bu cihaz teknik özellikleri sayesinde pistondaki alfin birleşme hatalarını tespit edilebilmektedir. Ayrıca ultrason cihazı alfin hatasının döküm prosesinden mi yoksa talaşlı imalatta mı gerçekleştiği hususunda bize bilgi vermektedir. Ultrason cihazı pistonun alfin hatasını ve hataya sebebiyet veren nedenlerini tespit edebilmektedir ve tespit edilen bu nedenler üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılabilmesine imkan vermektedir. Böylelikle ultrason cihazı üretilen

pistonların kalitesini artıracaktır ve bu konudaki müşteri şikayetlerinin ortadan kalkmasına yardımcı olacaktır.

5.2.1.4.2. Pim Delik Çapının Toleranslar Dahilinde Olmaması

Bu hatanın tespit edilememesi sonucunda firmayı uğratacağı zararların yüksek olması nedeni ile şiddeti yüksektir. Ayrıca bu hata konusunda da firma sık sık sorun yaşamış ve müşteri şikayetleri ile karşılaşmıştır. FMEA ekibinin yapmış olduğu çalışma sonucu firma içerisinde delik finiş operasyonunda yapılan örnekleme tekniği ile alınan numunelerin delik çaplarını ölçmek için kullanılan cihazların yeterli hassasiyete sahip olmaması nedeni ile hatanın tespit edilemediği görülmüştür. Bu konuda yapılan araştırma sonucu 1/100000 hassasiyete sahip havalı etamik cihazının alınması ve kontrol numunelerinin sıkılaştırılmasına karar verilmiştir. Yapılan kontrol önlemi sonucunda üretilen pistonların delik çaplarının istenilen ölçüler içerisinde olması ve hatanın tespit edilememe olasılığının azaltılması sağlanacaktır. Bu sayede hatanın RÖS değeri düşecektir.

5.2.1.4.3. Piston Koniklik ve Ovallık Ölçüsünün Toleranslar Dahilinde Olmaması

Bu hatanın önlenmesi için koniklik ve ovallık ölçüm noktalarının artırılmasına karar verilmiş ancak eldeki cihazların yetersizliği, eğitimli personel eksikliği ve bu kontrol işleminin uzun sürmesi nedeni ile maliyetlerin yükseleceği üretim performansının düşeceği FMEA ekibi tarafından tespit edilmiştir. Bu amaçla yapılan araştırma sonucu koniklik ve ovallık ölçülerinin kontrolü için morposs cihazı alınmasına karar verilmiştir. Ayrıca morposs cihazının birçok noktayı aynı anda ölçebilmesi özelliği sayesinde hem üretim performansı artacak hem de zaman kaybı

azaltılmış olacağından maliyetlerde düşüş sağlanacaktır. Morposs cihazının 1/1000 hassasiyette olması proses toleransları ile firma tarafından istenilen toleransların dengelenmesine imkan verecektir. Bu sayede firma tarafından üretilen pistonların kalitesi dünya standartları seviyesine gelecek ve müşterilerden gelebilecek şikayetler önlenmiş olacaktır. Bu hatalara karşı alınan önlemler sonucu hata RÖS değeri azaltılabilecektir.

5.2.1.5 Öngörülen Önlemler Sonrası İçin Ortaya Çıkma, Ağırlık ve Saptama Değerlerinin Bulunup Yeni RÖS Değerlerinin Hesaplanması

Öncelikli belirlenen 3 hata için saptanan önlemler uygulandığında RÖS faktörlerinde aşağıdaki değişmelerin olacağı öngörülmüştür:

Alfin Birleşme Hatası → Saptama 2'ye düşecektir. RÖS = 64

Pim delik çapının toleranslar dahilinde olmaması → Saptama değeri 2'e düşecektir. RÖS = 56

Piston Koniklik ve Ovallik ölçüsünün toleranslar dahilinde olmaması → Saptama değeri 3'e düşecektir. RÖS = 72

Görüldüğü üzere en önemli üç hata için saptanan önlemlerin uygulanması durumunda RÖS değerleri 100'ün altına düşmekte ve yeterli bir iyileşme sağlanmaktadır. Yapılan FMEA analizine ait form Ek-3'de verilmiştir. FMEA çalışması sonucu altı aylık müşteri şikayetleri sayılarında %52 azalma gözlenmiştir. Ayrıca alfin birleşme hatasından kaynaklanan müşteri şikayetlerinde %62, pim delik çapı ve koniklik ovallik ölçülerinden kaynaklanan müşteri şikayetlerinde ise %53 azalma gözlenmiştir. Müşteri şikayetlerine ait formlar Ek-4 ve Ek-5'de verilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kalitenin özünde yer alan müşteri tatmininin en üst düzeye çıkarılması ve müşterinin gereksinimlerinin eksiksiz karşılanması, müşteriye hatasız ürünlerin sunulmasıyla sağlanabilir. Amacı, müşterilere sunulacak bir üründe ortaya çıkabilecek hataların henüz gerçekleşmeden ve ürün müşteriye ulaşmadan belirlenmesi ve önlenmesi olan Hata Türü ve Etki Analizi uygulandığı işletmelerde yüksek bir kalite standardı ve yüksek düzeyde müşteri tatmini sağlamaktadır.

FMEA tekniği pazarda firmaların yüksek güvenilirliğe sahip, kaliteli ürünleri düşük maliyet ile tasarlanmasını ve üretmesini sağlamakta; kötüye giden operasyon maliyetlerini kontrol altına alarak hataların müşteriye yansımadan en erken biçimde önlenmesini sağlamaktadır. Bu teknik geliştirdiği dokümantasyon yapısıyla sürekli olarak güncelleştirilebildiğinden sürekli bir kalite gelişimi ve müşteri memnuniyetini de beraberinde uygulayıcı firmalara kazandırmaktadır. Unutulmamalıdır ki ancak sonuna kadar getirilmiş bir FMEA başarıya ulaşabilir. Bunun için de üst yönetimin desteği ve çalışanların motive edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmaya konu olan FMEA uygulaması, Yenmak Piston&Segman San. Ve Tic. A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir. Piston üretiminde bir çok firma ile rekabet etmek zorunda olan Yenmak Piston&Segman San. Ve Tic. A.Ş., ürettiği ürünlerde yakalayacağı kalite ve üretim verimliliği ile rekabet gücünü arttırmayı hedeflemektedir. Piston, motor performansını etkileyen önemli aksamlardan biridir. Piston üretiminde istenilen özellik; dayanıklılık ve dünya standartlarında bir üretim kalitesidir. Otomobil ve motor üreticileri, motor pistonlarını kendileri üretmek yerine yedek parça üretimi yapan kuruluşlardan temin etmeyi yeğlerler. Otomobil firmaları bu tedarikçilerini sıkı denetimlerden geçirmekte ve istenilen kalitenin yakalanması için yaptıkları çalışmalarını

kontrol etmektedirler. Bu yüzden Yenmak Piston&Segman San. Ve Tic. A.Ş. üretimde kaliteyi yakalayabilmek için kurulan kalite yönetim sisteminin işler halde olması için gerekli çalışmaları yapmaktadır.

Yapılan çalışmada piston imalatı incelenmiş ve 10 hata türü bulunmuştur. Bu hata türlerinin etkileri, nedenleri ve bu hata türlerini müşteriye ulaşmadan saptamak için alınan mevcut kontroller dikkate alındığında 10 risk öncelik sayısı hesaplanmıştır. Bu değerlerin 3 tanesi ≥ 100 kriterini sağladığı için bunların öncelikli olarak ele alınması gerektiğine karar verilmiştir. Bu nedenle RÖS değeri diğerlerinden bariz şekilde ayrılan ilk üç hatanın ilk aşamada, kalan 7 hatanın da ikinci aşamada ele alınmasına karar verilmiştir. Böylelikle ilk aşamada elde edilecek olumlu sonuçların, işletmede FMEA çalışmasına olan inancı arttıracacağı düşünülmüştür. İlk üç hata için belirlenen önlemler sonunda RÖS değerleri 100'ün altına düşürülmüştür. Yapılan FMEA çalışması sonucunda müşteri şikayetlerinde ortalama %52 oranında bir düşüş sağlanmıştır. Ayrıca öncelikli olarak önlem alınması gereken 3 hatada ise; %62, %53 ve %53 oranlarında azalmalar gözlenmiştir.

Yapılan çalışma firmanın kalite iyileştirme sürecinde büyük bir öneme sahiptir. Ancak bilindiği gibi kalite iyileştirme süreklilik arz eden bir süreçtir. Bu yüzden FMEA tekniği ile kontrol önlemleri alınan operasyonların İPK teknikleriyle izlenmesi ve desteklenmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akın, B. (1998), *ISO 9000 Uygulamasında İletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi*, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- Argüden, Y. (2003), "Kalite Nedir" 10 Mayıs 2006.
([www.arge.com/default.aspx?pgID=570&clt=1 - 73k](http://www.arge.com/default.aspx?pgID=570&clt=1-73k))
- Aydın, Ö.Ö., "Kalitede Mükemmellik İçin: Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)" 15 Eylül 2006.
(<http://www.ikademi.com/showthread.php?p=816>)
- Bellomo P., C.E. Rago, C.M. Spencer and Z.J. Wilson (2000), "Novel Approach To Increasing The Reliability Of Accelerator Magnets", *IEEE Transaction on Applied Superconductivity*, 10(1): 284-287.
- Ben-Daya, M. and R. Abdul (1996), "A Revised Failure Mode And Effects Analysis Model", *International Journal of Quality and Reliability Management*, p.43-47.
- Bolat, T. (2000), *Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İletmelerinde Uygulanması)*, Beta Basım Yayım Da ıtım A. ., İstanbul, s. 74.
- Bozkurt, R. ve N. Asil (1995), "Kalite Politikası Oluşturma Süreci", *MPM Verimlilik Dergisi*, Cilt 24, Sayı 3, Sayfa 32-33.
- Chang, R. I. (1993), *Total Quality Management Goes Nowhere*, Training and Development, January, p. 23-29.
- Chorn, N. H. (1991), *Total Quality Management: Panacea or Pitfall?*, *International Journal of Physical Distributions and Logistics Management*, Vol. 21(8): 31-35.
- Crosby, P. B. (1979), *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*, New York, New American Library.
- Çevik, O. (2001), *Toplam Kalite Yönetimi*, GaziOsmanPaşa Üniversitesi İ.İ.B.F

Yayınları, No:05, Araştırma Serisi No:04 sayfa 11.

Çetinerler, E., Uçak Pistonları” 17 Mayıs 2006.

(<http://www.tayyareci.com/akademi/motor.asp>)

Çiğdem, S. (1994), *Hata Türü ve Etkileri Analizi*, Koç Holding A.Ş. Eğitim ve Geliştirme Merkezi, İstanbul.

Dale, B. G and P. Shaw (1990), “Failure Mode and Effects Analysis in the U.K. Motor Industry (A State-of-the-art Study)”, *Quality and Reliability Engineering International*, 6(1): 179-188.

Duman, E. (2001), *Hata Türü Ve Etkileri Analizi*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Düzgüner, E. (2002), *Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu Ve Bu Metodun Bir Sanayi İşletmesindeki Uygulaması*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

Elliott, J.B. (1998), *Risk Analysis - Two Tools You Can Use to Assure Product Safety and Reliability*, The Validation Consultant, Booth Scientific Inc., p.12.

Engin, O. ve İ. Kaya (2004), “Trafik Kazalarının Önlenmesinde Hata Modu Ve Etkileri Analizi (HMEA) Modeli”, *Polis Bilimleri Dergisi*, Cilt: 6 Sayı:1-2.

Eryürek, Ö.F. ve M. Tanya (2003), “Hata Türü Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı”, *TÜ Mühendislik Dergisi*, 2(6): 31-40.

Feigenbaum, A.V. (1983), *Total Quality Control*, Third Edition, New York: McGraw-Hill.

Filiz, A., “Hata Türü Ve Etkileri Analizi” 25 Temmuz 2006

(www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mkl_gos.php?nt=654 - 32k).

- Filiz, A. (2003), "Kalitesizliğin maliyeti", 26 Temmuz 2006
(www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mkl_gos.php?nt=520 - 32k)
- Ford Motor Company, (1998), *FMEA Training Handbook*, Version-2.
- General Motors, (1998), *FMEA Reference Manual*, General Motors Corporation, Detroit, Michigan.
- Gilchrist, W. (1993), *Modelling failure Modes and Effects Analysis*, International Journal of Quality and Reliability Management, Bradford, p. 16-23.
- Gül, B. (2001), *Kalite Yönetiminde Hata Türü Ve Etkileri Analizi*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Huang, G.Q. (2000), *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Over The www*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 16 (8): 603-608.
- Higgins, J. and J. Vincze (1993), "Strategic Management" (Fifth Ed), *Forthworth: The Dryden Press*.
- Juran, J. M. (1989), *Juran's Quality Control Handbook*, McGraw-Hill: New York.
- Juran, J. M. (1989), *Juran On Leadership For Quality*, Free Press: New York.
- Juran, J. M. (1991), *Strategies for World-Class Quality*, Quality Progress. (March), p. 81-85.
- Ishikawa, K. (1985), *What Is Total Quality Control: The Japanese Way*, London: Printece-Hall.
- Kantarıcı, H. (1993), *Toplam Kalite Kontrol ve Endüstri İlişkileri İle Etkileşimi*, Önce Kalite, 1(2): 12.
- Kantarıcı, H. (1994), *Sanayi'de Toplam Kalitenin Yaşama Geçirilmesi*, Toplam Kalite Yönetiminde Türkiye Perspektifi, İstanbul, TKY ArKom. s. 33-39.
- Kara-Zaitri C., A. Keller and P. Fleming (1992), "A Smart Failure Mode And Effect

- Analysis Package", *Proc. Annual Reliability and Maintainability Symposium*, p.414-421.
- Kara-Zaitri, C. and P.V. Fleming (1997), "Applications of Fuzzy Inference Methods to Failure Modes Effects and Criticality Analysis", *International Conference on Safety And Reliability*, p. 2403-2414.
- Kasa, H. ve S. Boran (1993), "FMEA Ve Toplam Kalite Yönetimi İçin Önemi", *YA/EM93 Yöneyem Araştırması Endüstri Mühendisliği 15. Ulusal Kongresi "Küreselleşme Ve Türk Endüstrisi" Bildiriler Kitabı*, s. 87.
- Kavrakoğlu, İ. (1992), *Toplam Kalite Yönetimi*, İstanbul, Kalder Yayınları No:1.
- Knapp, C. (1999), *Projekt-FMEA-Know-how-Sicherung*, Durch Systematisches Methodeneinsatz bei Entwicklungsprojekten, Konferenz-Einzelbericht: Deutsches Projektmanagement Forum, p.148-158.
- Köseoğlu, M. (1997), *TKY ve Verimlilik Arasındaki İlişki*, Kalkınmada Anahtar Verimlilik, 9(97), s. 4-5.
- Kusiak, A. (1993), *Concurrent engineering*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Legg, J.M. (1978), *Computerized Approach For Matrix-Form FMEA*, IEE Transactions on Reliability, R-27(4).
- Mazur, G. H. (1993), *Qfd For Service Industries: From Voice Of Customer To Task Deployment*, The Fifth Symposium on Quality Function Deployment: Novi, Michigan.
- MIL STD 1629A (1984), *Procedures For Performing A Failure Mode Effects And Criticality Analysis*, ABD Savunma Bakanlığı.
- Musubeyli, E. N. (1999), *Ürünün Önemli Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesinde*

Tasarım Hata Türü Ve Etkileri Analizi İle Kalite Evinin Birlikte Kullanılması,
yayınlanmış doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
Eskişehir.

Omdahl, T.P. (1988), *Reliability, Availability, And Maintainability Dictionary*,
Milwaukee: ASQC Quality Pres.

Öndemir, Ö., C. G. Şen ve H. Baraçlı (2004), “Hata Türü Ve Etkileri Analizinde
Bulanık Mantık Yaklaşımının Kullanılabilirliği”, *Yöneylem Araştırması /
Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, 15-18 Haziran 2004,
Gaziantep – Adana.

Özkılıç, Ö., “İş Sağlığı Ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri Ve Risk Değerlendirme
Metodolojileri” 10 Eylül 2006.

(www.tisk.org.tr/download/yayinlar/is_sagligi_veguvenligi_metodolojileri.pdf)

Peker, Ö. (1993), *Toplam Kalite Yönetimi ve TS-9000 Standartları*, Verimlilik Dergisi
(TKY özel sayısı), s. 47-61.

Peşkircioğlu, N. (1994), *Toplam Kalite Yönetimi Sistemi ve ISO 9000 Standartları*,
MPM Verimlilik dergisi, 23(1): 104.

Pillay, A. and J. Wang (2003), “Modified Failure Mode And Effects Analysis Using
Approximate Reasoning”, *Reliability Engineering and System Safety*, 79(1):
69–85.

Pinna T., R. Caporali, G. Cambi, L. Burgazzi, A. Poucet and M.T Porfiri (1998),
"Failure Mode and Effect Analysis on ITER Heattransfer Systems", *Fusion
Engineering and Design*, 42(1): 431-436.

Prasad, B. (1996), *Concurrent Engineering Fundamentals Volume I*, Prentice-Hall Inc.:

New Jersey.

- Price, C. J., J. Michael, and E. Eva Chen (1993), "Total Quality Management in a Small, High-Technology Company", *California Management Review. I Spring*, p. 96-117.
- Price C.J., N. Snooke, D.R. Pugh, J.E. Hunt and M.S. Wilson (1997), "Combining Functional And Structural Reasoning For Safety Analysis Of Electrical Designs", *The Knowledge Engineering Review*, 12(3): 271-287.
- Price C.J. (1998), *Function-Directed Electrical Design Analysis, Artificial Intelligence in Engineering*, p. 445-456.
- Price, C. J. and N. S. Taylor (2001), "Automated Multiple Failure FMEA", *Reliability Engineering and System Safety*, 76(1): 1–10.
- Sankar N.R. and B.S. Prabhu (2001), "Application Of Fuzzy Logic To Matrix FMECA", *Review of Progress in Quantitative Non-destructive Evaluation*, 20(1): 1987-1994.
- Schiegg, H., vd., *Early, In-Process FMEA Application*, *Qualitat Zyverlassigkeit*, 44(7): 879-882,884.
- Scipioni, A., G. Saccarola, A. Centazzo and F. Arena (2002), "FMEA Methodology Design, Implementation And Integration With Haccp System In A Food Company", *Food Control*, 13(1): 495–501.
- Shiba, S. (1987), *New Dimension of Quality Management*, Statistical Process Control, Proceedings of the Ist. International Conference, June, London.
- Stamatis, D. H. (1995), *Failure Mode And Effects Analysis – FMEA from Theory To Execution*, ASQC Quality Pres, Wisconsin.
- Şimşek, M., "Toplam Kalite Yönetimi" 14 Mayıs 2006.

(www.angelfire.com/dragon/asif/T.HTM - 732k)

Taştan, M., “Toplam Kalite Yönetimi” 15 Eylül 2006.

(<http://www.humanresourcesfocus.com/tky.asp>)

Taşyürek, M., “Hata türleri ve etkileri analizi” 29 Kasım 2006.

(<http://www.fisek.org.tr/projeler>)

TS-EN-ISO 9001:2000, (2006), “Kalite Yönetim Sistemi”, Yenmak Piston&Segman
San. Ve Tic. A.Ş.

Türkel, A., “Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi” 12 Mayıs 2006.

(www.istanbul.meb.gov.tr/kalitekurulu/tky_klavuz_aciklama/kavramlar/kavram_09.htm - 25k -)

Türkmen, İ. (1995), *Toplam Kalite Yönetimine Geçiş ve Uygulamada Başarıyı*

Engelleyen Faktörler, MPM Verimlilik Dergisi Özel Sayı, s. 146.

Ulusoy, G. (1996), *FMEA Eğitim Notları*, Erkunt Sanayi A.Ş., Ankara.

Usuğ, C. (2002), *Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (HTEA) Ve Üretim Ve Hizmet*

Sektörü Uygulamaları, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Uz, M.H. (1995), *Temel Sağlık Hizmetlerinde Kalitenin Sürekli İyileştirilmesi için*

Gereken Önkoşullar ve Bu konudaki Danimarka Tecrübeleri. Sağlık Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetiminin Yeri, ed. ÇORUH, M. Haberal Eğitim Vakfı – Ankara, 1995, s. 49-55.

Varol, K. . (1993), *Topyekün Kalite Yönetimi*, Görü , s. 26-30.

Vandenbrande, W.W. (1998), *How To Use FMEA To Reduce The Size Of Your Quality Toolbox*, Quality Progress, p. 97-100.

VDA, (1996), *Quality Management in the Automotive Industry*, Quality Assurance Before Series Production, 4(2): 5.

Vollrath, M. (2000), *FMEA requires Methodical Know-How And Support By The Management*, Qualitat und Zuverlassigkeit, 46(1):65-68.

Yazgaç, E. (1993), *Toplam Kalite*, Koç Holding Malzeme ve Kmal Koordinatörlü ü, İstanbul.

Yılmaz, A. (1997), *Hata Türü Ve Etki Analizi*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz,B.S. (2000), *Hata Türü Ve Etki Analizi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt 2, Sayı:4.

Zebedin, H. (1998), *FMEA From The Standpoint Of An Engine Developer*, The practical application of a designrelated FMEA and evaluation in an FMEA database, Qualitaet und Zuverlaessigkeit, 43(7): 826-828, 830-832.

“Failure Mode and Effect Analysis” 19 Temmuz 2006.

(<http://www.fmeca.com>)

“Hata Türleri Ve Etkileri Analizi”11 Nisan 2006.

(<http://www.inoteconline.com/main/consult/inova/inv06.asp>)

“Hata Türleri Ve Etkileri Analizi” 12 Temmuz 2006

(<http://www.inoteconline.com/main/train/course/einv0600.asp>)

“Pistonlar, Segmanlar Ve Pimler” 25 Ağustos 2006.

(www.otoyedekleri.com/v8motor.html - 16k -)

“Piston Pimi” 26 Ağustos 2006

(odevsitesi.com/default.asp?islem=dok_indir&odevno=129566 - 72k -)

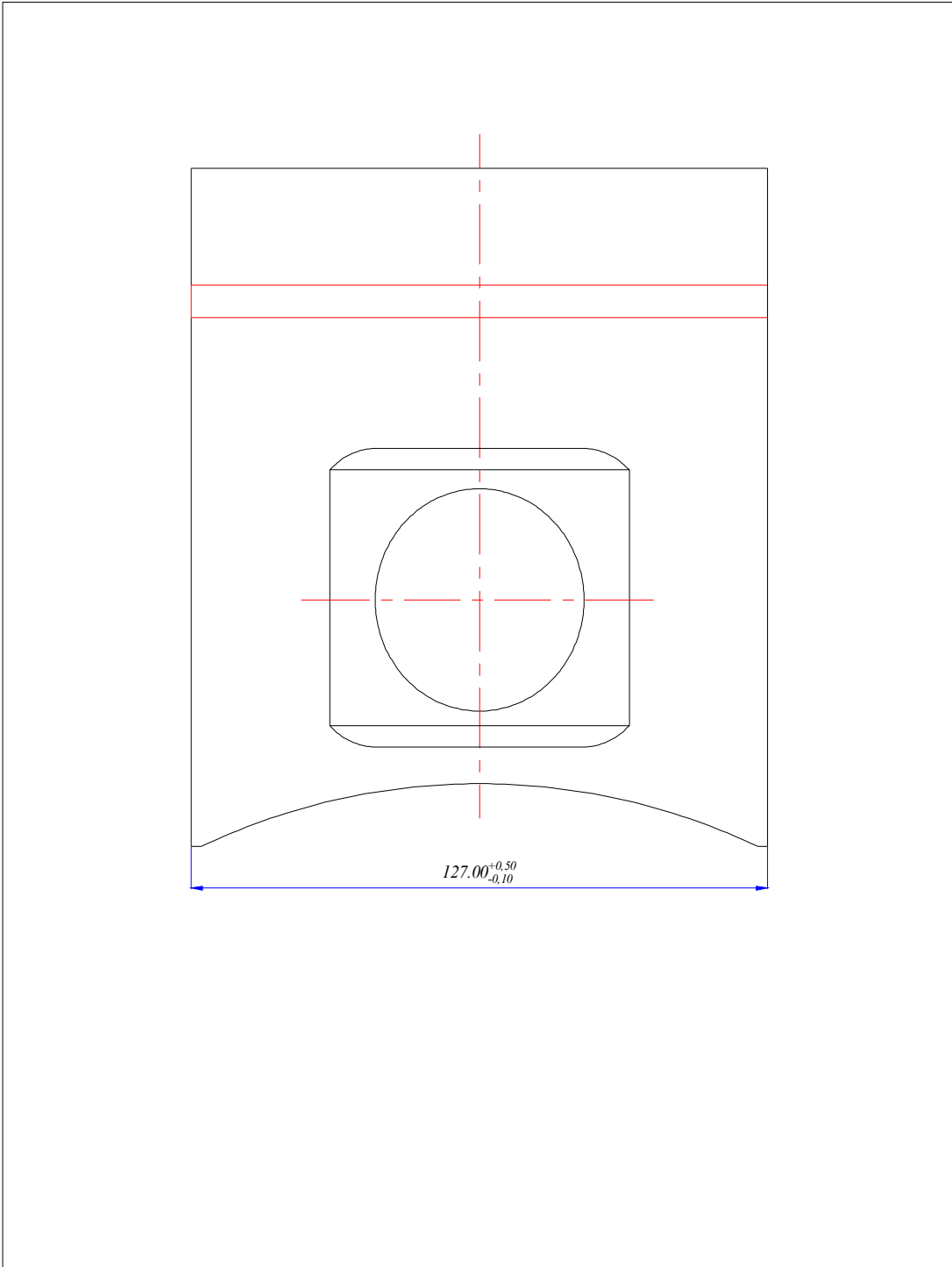
“Teknoloji Tarihinde Bu Ay” 20 Nisan 2006.

(www.ttgvtur.org.tr/tur/07_gencler_icin/73082001.htm - 23k)

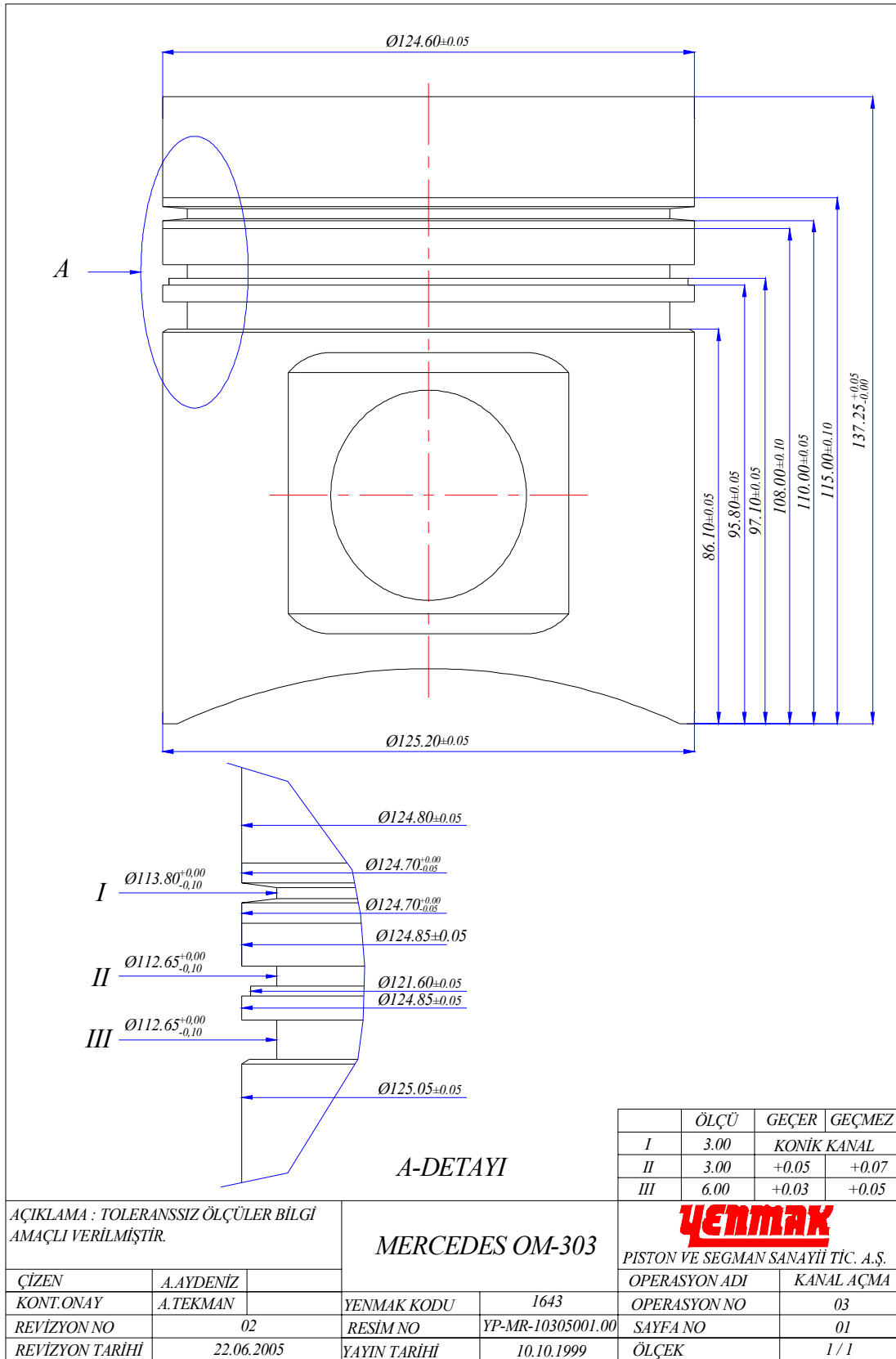
“TÜV Südwest FMEA Seminer Notları” 2002 – İstanbul, 10 Ağustos 2006.

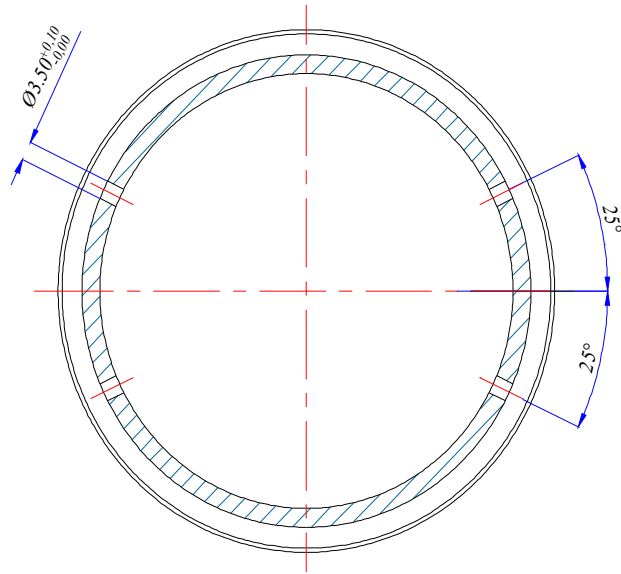
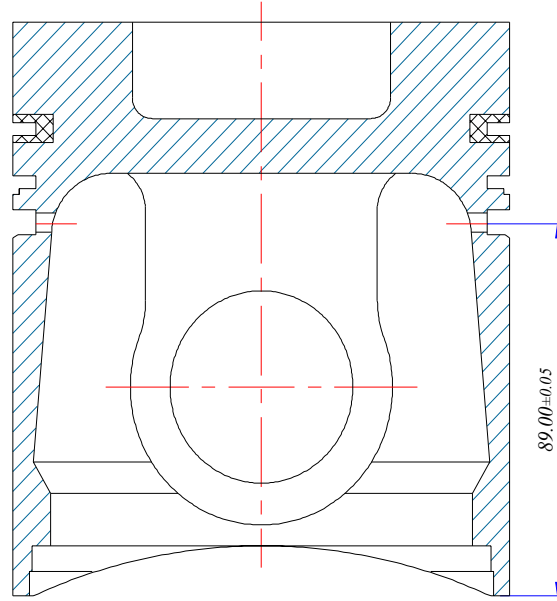
(http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=print&sid=28)

EKLER
EK-1
PİSTON İMALATINA AİT TEKNİK RESİMLER



AÇIKLAMA :			MERCEDES OM-303		YENMAK	
			Ø125		PISTON VE SEGMAN SANAYİİ TİC. A.Ş.	
ÇİZEN	A.AYDENİZ		YENMAK KODU	1643	OPERASYON ADI	KABA DELİK
KONT.ONAY	A.TEKMAN		RESİM NO	YP-MR-10305001.00	OPERASYON NO	01
REVİZYON NO	01		YAYIN TARİHİ	10.10.1999	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	22.06.2005				ÖLÇEK	1 / 1





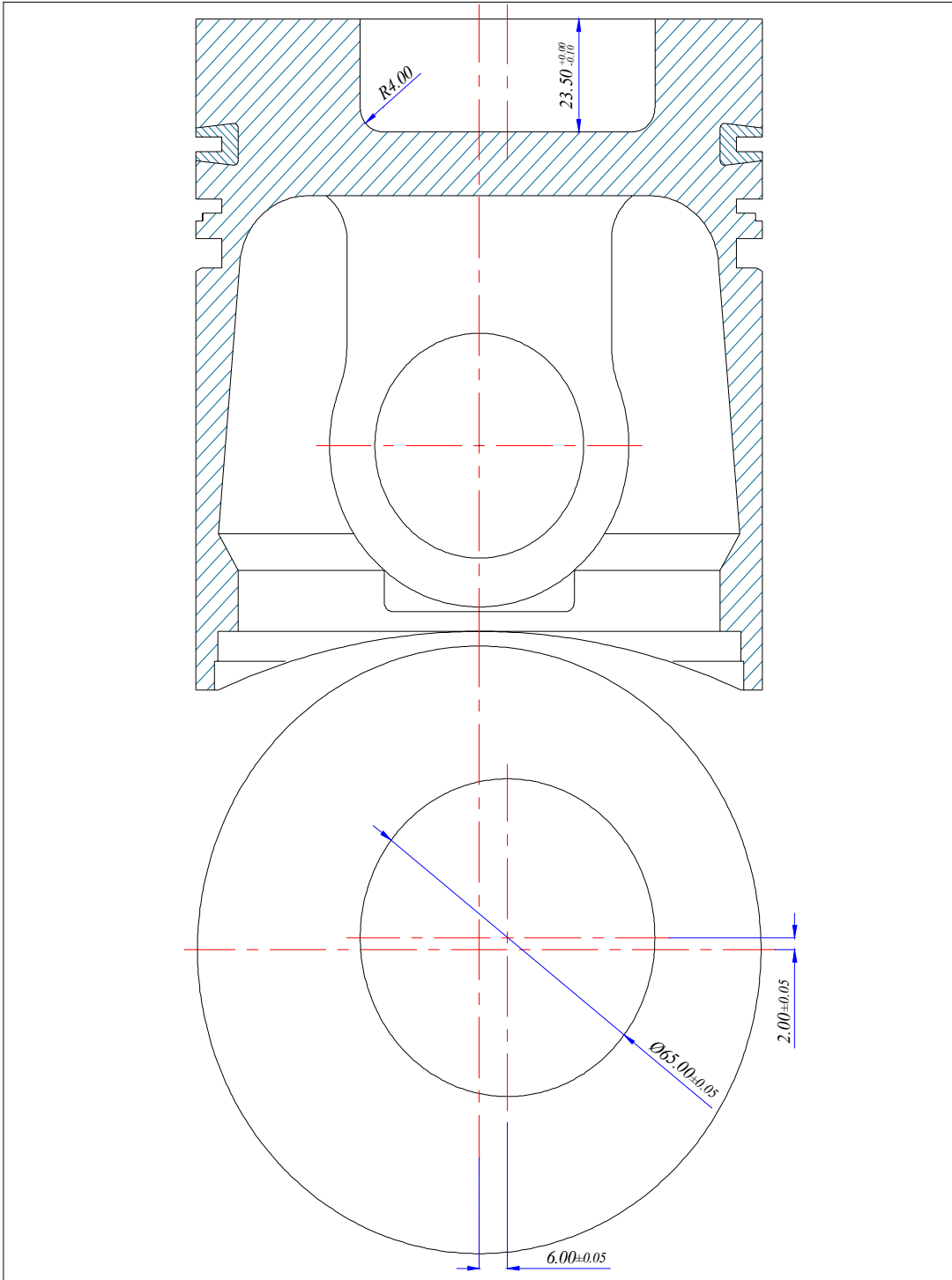
AÇIKLAMA:

MERCEDES BENZ
OM 303

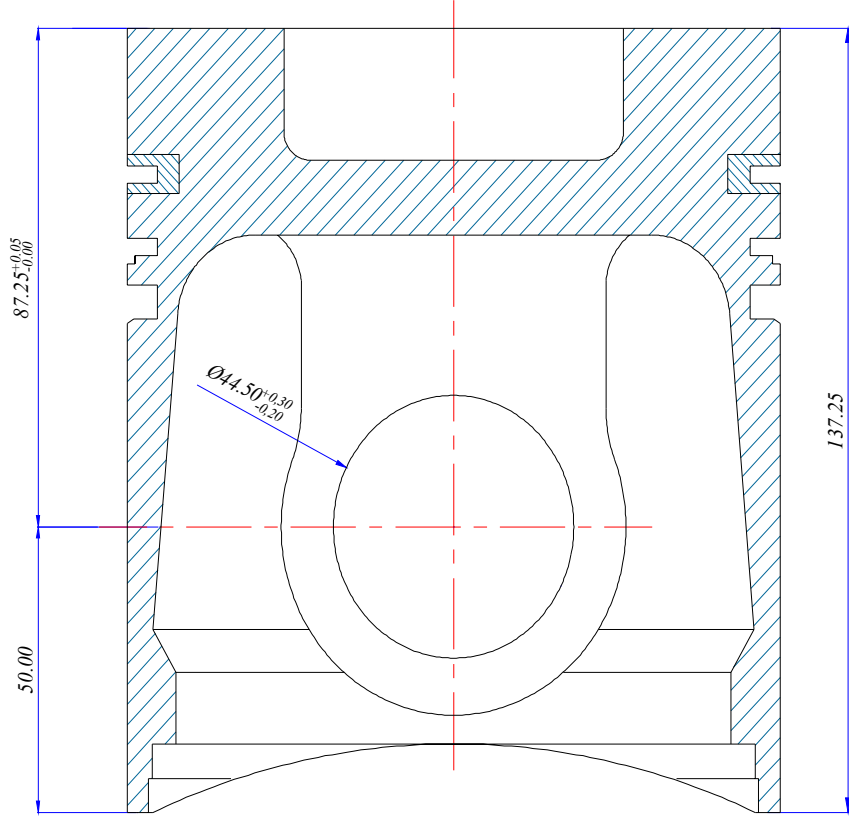
YENMAK

PISTON VE SEGMAN SANAYİİ TİC. A.Ş.

ÇİZEN	A.AYDENİZ			OPERASYON ADI	YAĞLAMA DELİĞİ
KONT.ONAY	A.TEKMAN	YENMAK KODU	1643	OPERASYON NO	04
REVİZYON NO	01	RESİM NO	YP-MR-10305001.00	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	22.06.2005	YAYIN TARİHİ	10.10.1999	ÖLÇEK	1 / 1



AÇIKLAMA : TOLERANSIZ ÖLÇÜLER BİLGİ AMAÇLI VERİLMİŞTİR.			MERCEDES BENZ OM 303		YENMAK PISTON VE SEGMAN SANAYİİ TİC. A.Ş.	
ÇİZEN	A.AYDENİZ		YENMAK KODU	1643	OPERASYON ADI	HÜCRE
KONT.ONAY	A.TEKMAN		RESİM NO	YP-MR-10305001.00	OPERASYON NO	05
REVİZYON NO	02		YAYIN TARİHİ	10.10.1999	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	22.06.2005				ÖLÇEK	1 / 1



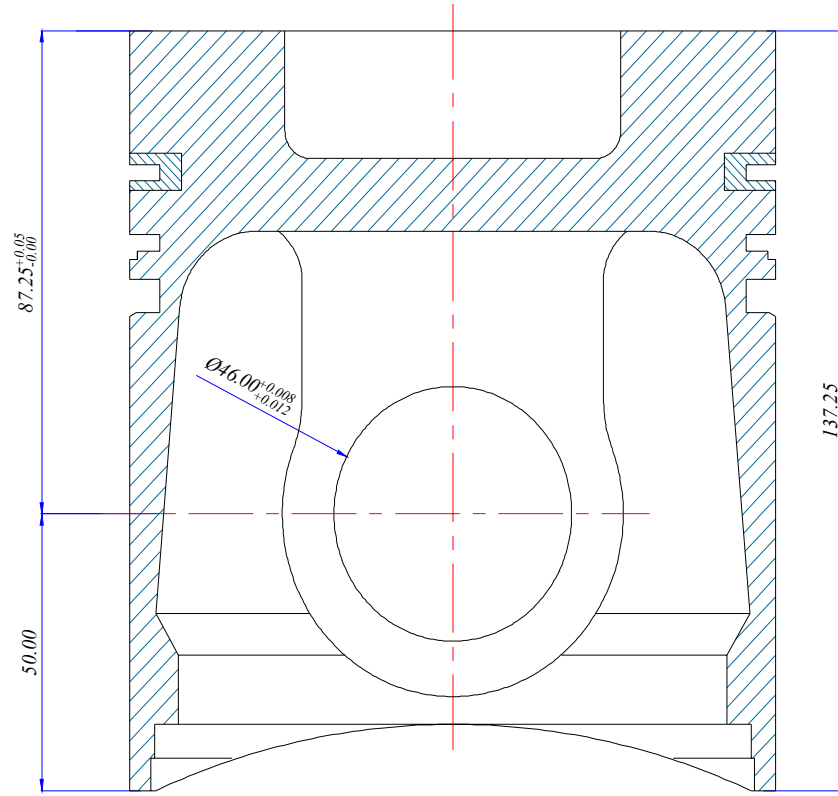
AÇIKLAMA :

MERCEDES OM-303
Ø125

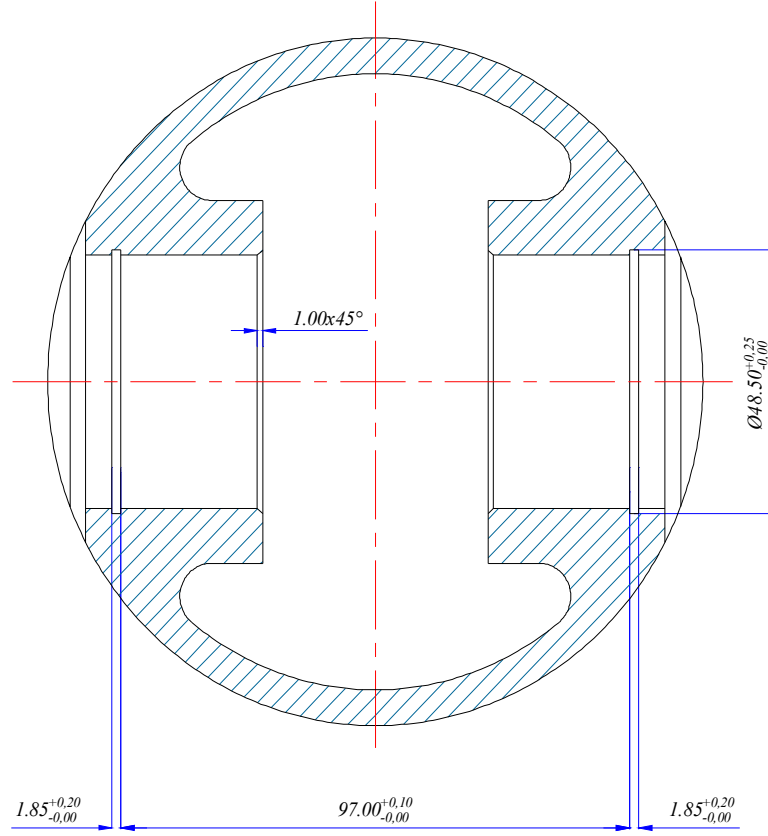
YENMAK

PISTON VE SEGMAN SANAYİİ TİC. A.Ş.

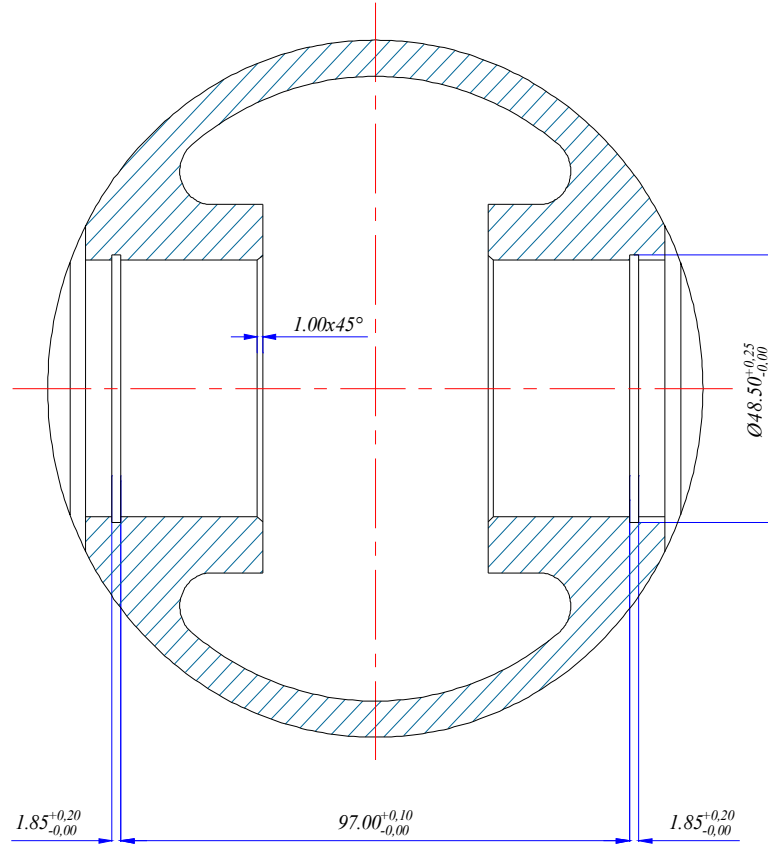
ÇİZEN	A.AYDENİZ			OPERASYON ADI	KABA DELİK	
KONT.ONAY	A.TEKMAN		YENMAK KODU	1643	OPERASYON NO	06
REVİZYON NO	01	RESİM NO	YP-MR-10305001.00	SAYFA NO	01	
REVİZYON TARİHİ	22.06.2005	YAYIN TARİHİ	10.10.1999	ÖLÇEK	1 / 1	



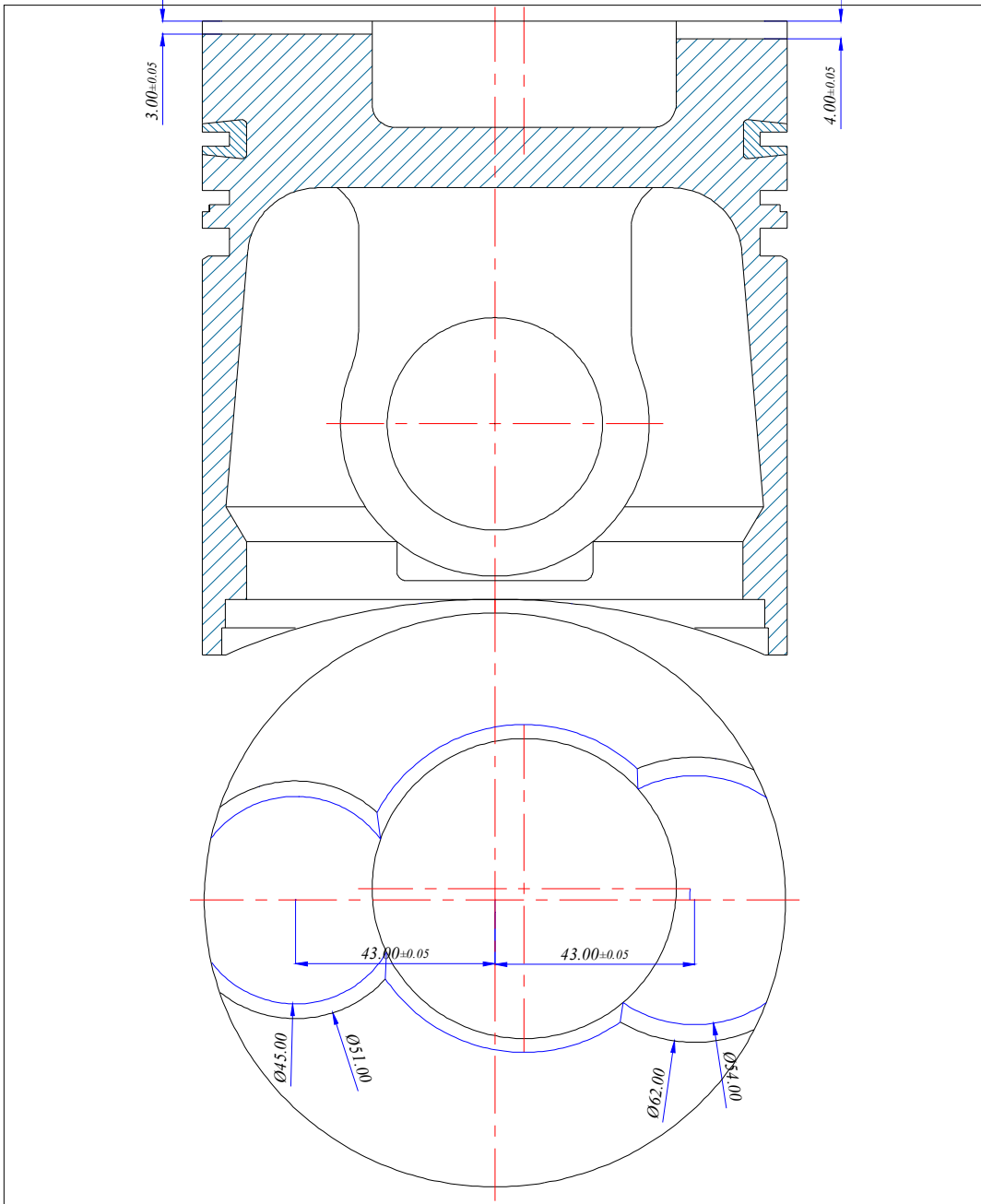
AÇIKLAMA :		MERCEDES OM-303 Ø125		YENMAK PISTON VE SEGMAN SANAYİİ TİC. A.Ş.	
ÇİZEN	A.AYDENİZ				
KONT.ONAY	A.TEKMAN	YENMAK KODU	1643	OPERASYON ADI	DELİK FİNİŞ
REVİZYON NO	01	RESİM NO	YP-MR-10305001.00	OPERASYON NO	07
REVİZYON TARİHİ	02.06.2004	YAYIN TARİHİ	10.10.1999	SAYFA NO	01
				ÖLÇEK	1 / 1



AÇIKLAMA :			MERCEDES OM-303		YENMAK	
			Ø125		PISTON VE SEGMAN SANAYİİ TİC. A.Ş.	
ÇİZEN	A.AYDENİZ		YENMAK KODU	1643	OPERASYON ADI	EMN.SEGMANI
KONT.ONAY	A.TEKMAN		RESİM NO	YP-MR-10305001.00	OPERASYON NO	08
REVİZYON NO	01		YAYIN TARİHİ	10.10.1999	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	22.06.2005				ÖLÇEK	1 / 1



AÇIKLAMA :			MERCEDES OM-303 Ø125		YENMAK PISTON VE SEGMAN SANAYİ TİC. A.Ş.	
ÇİZEN	A.AYDENİZ		YENMAK KODU	1643	OPERASYON ADI	EMN.SEGMANI
KONT.ONAY	A.TEKMAN		RESİM NO	YP-MR-10305001.00	OPERASYON NO	08
REVİZYON NO	01		YAYIN TARİHİ	10.10.1999	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	22.06.2005				ÖLÇEK	1 / 1



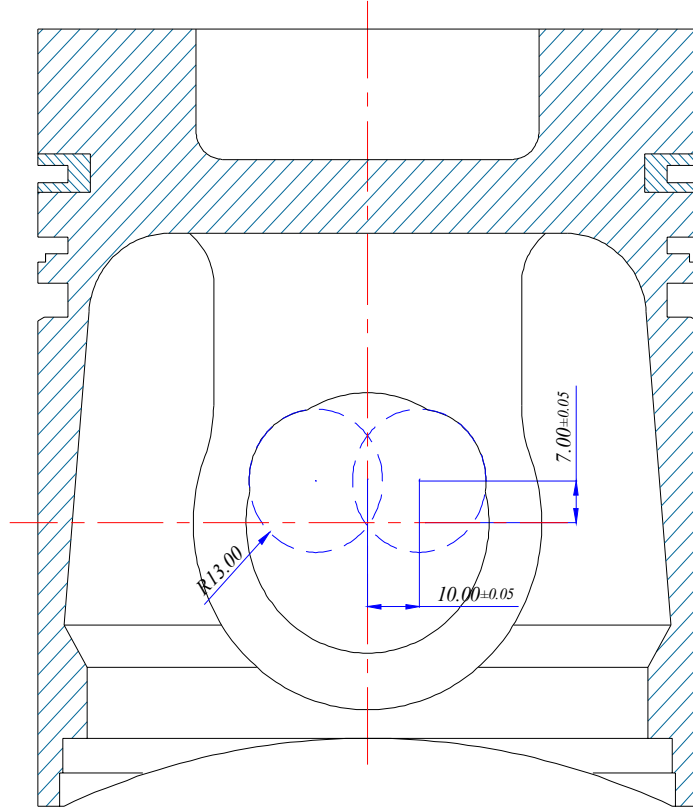
AÇIKLAMA : TOLERANSSIZ ÖLÇÜLER BİLGİ
AMAÇLI VERİLMİŞTİR.

MERCEDES BENZ
OM 303

YENMAK

PISTON VE SEGMAN SANAYİ TİC. A.Ş.

ÇİZEN	A.AYDENİZ	YENMAK KODU	1643	OPERASYON ADI	SUPAP
KONT.ONAY	A.TEKMAN	RESİM NO	YP-MR-10305001.00	OPERASYON NO	10
REVİZYON NO	02	YAYIN TARİHİ	10.10.1999	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	22.06.2005	ÖLÇEK			1 / 1



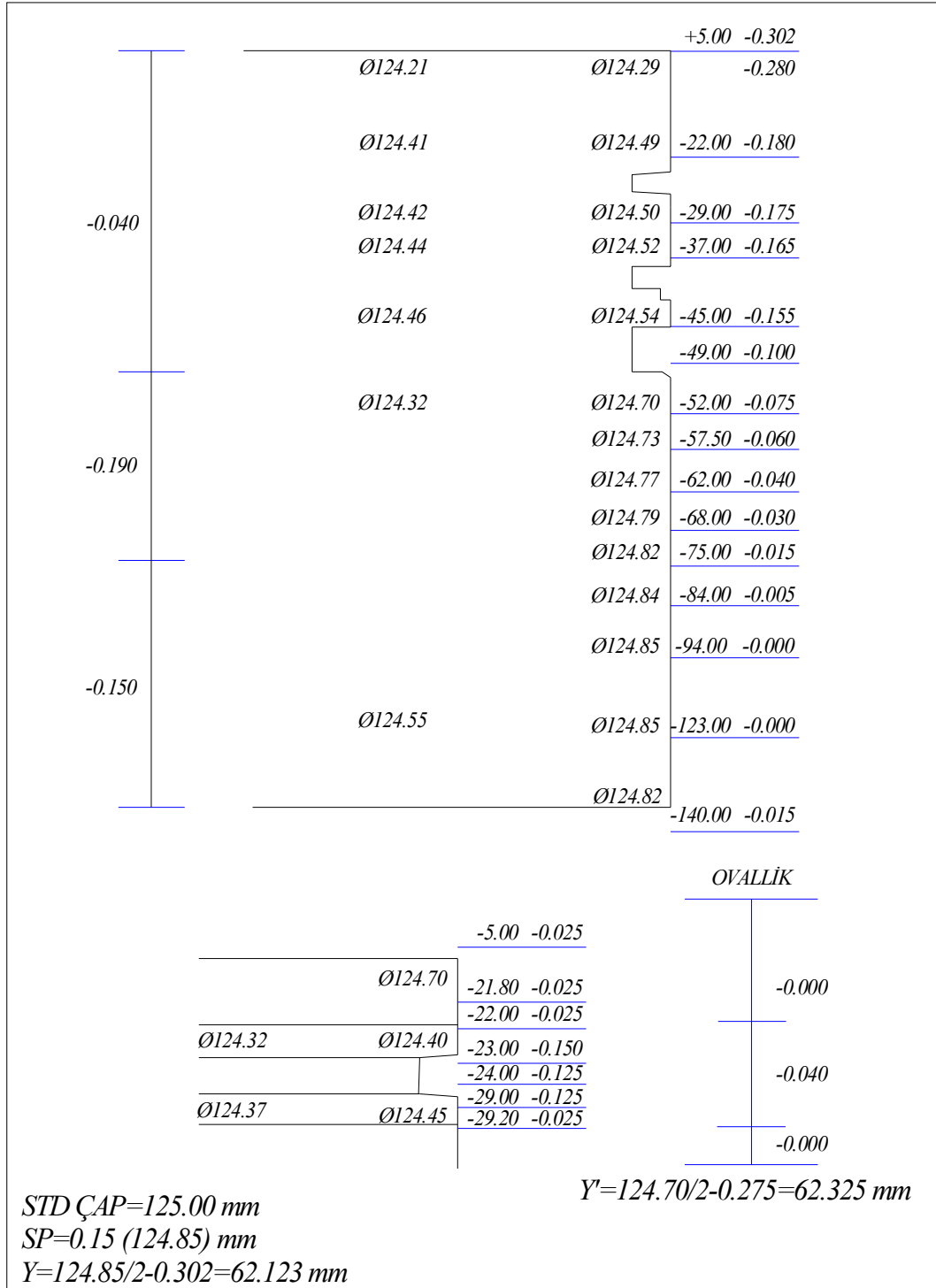
AÇIKLAMA :

MERCEDES OM-303
Ø125

YENMAK

PISTON VE SEGMAN SANAYİ TİC. A.Ş.

ÇİZEN	A.AYDENİZ			OPERASYON ADI	PALET	
KONT.ONAY	A.TEKMAN		YENMAK KODU	1643	OPERASYON NO	09
REVİZYON NO	01		RESİM NO	YP-MR-10305001.00	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	02.06.2004		YAYIN TARİHİ	10.10.1999	ÖLÇEK	1 / 1



AÇIKLAMA :			MERCEDES BENZ		YENMAK	
			OM 303		PISTON VE SEGMAN SANAYİ TİC. A.Ş.	
ÇİZEN	MERSÖZ		YENMAK KODU	1643	OPERASYON ADI	FİNİŞ
KONT.ONAY	A.TEKMAN		RESİM NO	YP-MR-10305001.00	OPERASYON NO	11
REVİZYON NO	03		YAYIN TARİHİ	10.10.1999	SAYFA NO	01
REVİZYON TARİHİ	04.08.2005				ÖLÇEK	1 / 1

EK-2
YENMAK PİSTON&SEGMAN A.Ş NUMUNE ALMA TALİMATI

1. **AMAÇ VE KAPSAM** : Girdi, üretim aşaması ve nihai ürün kalite planlarında belirtilen izleme ve ölçmeler için numune alma yönteminin belirlenmesidir.
2. **UYGULAMA SORUMLUSU** : İlgili planda belirtilen numune alma ve/veya izleme ve ölçme sorumluları.
3. **UYGULAMA**
 - 3.1 İş Emri açılan her ürün miktarını bir parti olarak kabul et.
 - 3.2 Numune alınacak ürün partisini oluşturan ürünler ambalajlı ise ambalaj sayısını parti büyüklüğü olarak kabul et.
 - 3.3 Alınacak numune sayısını ve muayene seviyesini ilgili kontrol planı, kalite planı veya talimatta aksi belirtilmiyor ise aşağıdaki normal muayene tablosundan belirle.
 - 3.4 Numune alırken; alınan numunelerin partiyi temsil etmesi için partinin ön/orta/arka veya alt/orta/üst kısımlarına yakın yerlerden veya üretim aşamasında 1. /2. /3. vardiyada üretilen ürünlerden eşit ağırlıkta olacak biçimde numune almaya dikkat et.
 - 3.5 Yapılan muayene ve deneylerde herhangi bir özelliği uygun çıkmayan ürün sayısı aşağıdaki tabloda sıfır hata olarak belirtilen “Kabul Edilebilir Kusurlu Ürün Sayısı” na eşit ise partiyi kabul et. Aksi halde partiyi %100 kontrol et ve ürünleri seç.

1. Tip Muayene Seviyesi (Gevşek Muayene) Numune Alma Tablosu

Parti Büyüklüğü	Numune Sayısı	Kabul Edilebilir Kusurlu Ürün Sayısı
2-25	2	0
26-150	3	0
151-1200	5	0
1201-35.000	8	0
35.001-500.000	13	0

TS 2756-1/Nisan 1995 Muayene Seviyesi S2, Tekli, Normal Muayene, AQL=0,65

2. Tip Muayene Seviyesi (Normal Muayene) Numune Alma Tablosu

Parti Büyüklüğü	Numune Sayısı	Kabul Edilebilir Kusurlu Ürün Sayısı
2-15	2	0
16-50	3	0
51-150	5	0
151-500	8	0
500-3.200	13	0
3.201-35.000	20	0

TS 2756-1/Nisan 1995 Muayene Seviyesi S3, Tekli, Normal Muayene, AQL=0,1

3. Tip Muayene Seviyesi (Sıkı Muayene) Numune Alma Tablosu

Parti Büyüklüğü	Numune Sayısı	Kabul Edilebilir Kusurlu Ürün Sayısı
2-15	2	0
16-25	3	0
26-90	5	0
91-150	8	0
151-280	13	0
281-500	20	0
501-1.200	32	0
1.201-3.200	50	0
3.201-10.000	80	0

EK 4
2005 Yılı II. Altı Aylık Müşteri Şikayet-Öneri Listesi

SIRA NO	ŞİKAYET ÖNERİ NO	TARİH	MÜŞTERİ ADI	ÜRÜN KODU	HATA KODU
001	2005-105	07.07.2005	Müşteri 1	2163.080	HT-04
002	2005-106	09.07.2005	Müşteri 2	1879.000	HT-04
003	2005-110	27.07.2005	Müşteri 3	1372.000	HT-08
004	2005-113	11.08.2005	Müşteri 4	1512.000	HT-01
005	2005-116	17.08.2005	Müşteri 5	1961.000	HT-10
006	2005-118	17.08.2005	Müşteri 6	1961.000	HT-07
007	2005-119	17.08.2005	Müşteri 7	2030.000	HT-12
008	2005-120	23.08.2005	Müşteri 8	1480.000	HT-07
009	2005-122	23.08.2005	Müşteri 9	41832494	HT-11
010	2005-123	24.08.2005	Müşteri 10	1512.000	HT-04
011	2005-124	31.08.2005	Müşteri 11	1480.000	HT-04
012	2005-125	31.08.2005	Müşteri 12	2202.000	HT-07
013	2005-127	31.08.2005	Müşteri 13	20-9800	HT-08
014	2005-139	05.09.2005	Müşteri 14	1670.000	HT-03
015	2005-139	05.09.2005	Müşteri 15	1674.000	HT-01
016	2005-155	10.10.2005	Müşteri 16	1877.000	HT-04
017	2005-159	07.11.2005	Müşteri 17	2202.000	HT-08
018	2005-162	07.11.2005	Müşteri 18	1904.000	HT-08
019	2005-165	20.11.2005	Müşteri 19	1512.000	HT-07

Not:Firmanın ticari çıkarları için müşteri isimleri verilmemiştir.

Ek 5
2006 Yılı I. Altı Aylık Müşteri Şikayet-Öneri Listesi

SIRA NO	ŞİKAYET ÖNERİ NO	TARİH	MÜŞTERİ ADI	ÜRÜN KODU	HATA KODU
001	2006-191	02.02.2006	Müşteri 1	1372.000	HT-07
002	2006-194	15.02.2006	Müşteri 2	2120.000	HT-05
003	2006-195	21.02.2006	Müşteri 3	1408.000	HT-04
004	2006-198	27.02.2006	Müşteri 4	1397.060	HT-06
005	2006-199	07.03.2006	Müşteri 5	1961.000	HT-09
005	2006-199	07.03.2006	Müşteri 6	1961.000	HT-11
005	2006-199	07.03.2006	Müşteri 7	1851.000	HT-12
006	2006-201	10.03.2006	Müşteri 8	1340.000	HT-01
007	2006-202	29.03.2006	Müşteri 9	1430.000	HT-08
008	2006-207	18.04.2006	Müşteri 10	1664.000	HT-03
009	2006-213	20.04.2006	Müşteri 11	1420.000	HT-02
010	2006-219	06.05.2006	Müşteri 12	1409.000	HT-01

Önlem alındıktan sonraki hata yüzdeleri

HT-04 %	
10	HT-04 azalma oranı % 62
HT-07 %	
10	H7-04 azalma oranı % 53
HT-08 %	
10	H8-04 azalma oranı % 53

Hata sayılarındaki azalma oranı %
52

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Erzurum'da doğdu. İlk öğrenimini Samsun'da, orta ve lise öğrenimini ise, Tokat'ta tamamladı. 2000 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2004 yılında üniversiteden mezun oldu. Aynı yıl Gaziosmanpaşa Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılında 8 ay Konya'da otomotiv sektöründe faaliyet göstermekte olan bir firmada Endüstri Mühendisi olarak çalıştı. Halen Etimesgut-Ankara Hava Lojistik Komutanlığı'nda Endüstri Mühendisi olarak çalışmaktadır.