**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# PROSES HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE KABLO KESİM SÜRECİNE UYGULANMASI

**HATİCE CÖMERT DEVECİ**

**KOCAELİ 2013**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

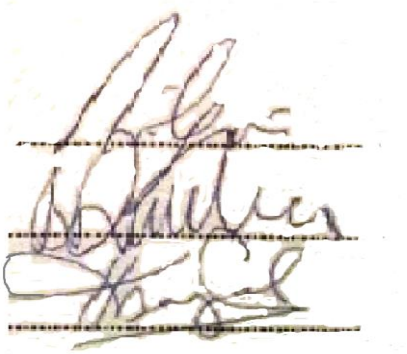
# PROSES HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE KABLO KESİM SÜRECİNE UYGULANMASI

**ENDÜSTRİ MÜH. HATİCE CÖMERT DEVECİ**

**Prof.Dr. Nilgün FIĞLALI**
**Danışman, Kocaeli Üniv.**

**Yrd.Doç.Dr. Berrin DENİZHAN**
**Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.**

**Yrd.Doç.Dr. Kasım BAYNAL**
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**



**Tezin Savunulduğu Tarih: 26.06.2013**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Hayatımızı kolaylaştıran en önemli buluşlardan birisi hiç şüphe yok ki otomobillerdir. Bu nedenle pazar içinde yer alan rakip firmaların tercih edilen marka olmak adına birbirlerine karşı bir takım üstünlükler sağlama çabaları ve ARGE'ye yaptıkları yatırımlar gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan tüm iyileştirmeler, ister konforu mükemelleştirme yönünde olsun, ister estetiği, güvenilirlik konusunda bir adım öne geçmeyen markaların, her zaman ikinci planda kalacakları bir gerçektir. Çünkü tüketicilerin otomobil alırken aracın nasıl göründüğünden ve konforundan ziyade en çok dikkat ettikleri husus güvenilirliğidir. En ufak arıza durumları bile çok ciddi güvenlik tehdidi oluşturabilmektedir. Herhangi bir yanlışlığın tespiti durumunda, dev otomotiv firmalarının binlerce aracı geri çağırdığına şahit olmaktayız. Araçları geri çağırmanın maliyeti milyar dolarları bulmaktadır. Bu nedenle üretim aşamasında sıfır hata ile çalışılması hedeflenmekte ve bu da sürekli iyileştirme çalışmaları ile mümkün olabilmektedir. HTEA bu anlamda hatanın daha oluşmadan tespiti ve önleyici faaliyetlerin işleme alınması ile hatayı meydana gelmeden önlemektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada otomobil, kamyon, traktör, otobüs ve ticari araçların en önemli güvenlik elemanı olan kabloların üretim prosesindeki kesim aşaması ele alınmış ve bu operasyonda iyileştirme sağlamak ve oluşabilecek hataları önlemek amacı ile HTEA çalışması yapılmıştır.

Çalışmanın her aşamasında deneyimini, bilgisini, yardım ve desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Nilgün FIĞLALI'ya; yoğun iş temposuna rağmen bu çalışmayı yapmam için izin veren patronlarıma; çalışmada emeği geçen, katkısı bulunan ve bizzat çalışmanın içinde yer alan müdürlerime ve çalışma arkadaşlarıma; HTEA konusunda sahip olduğu bilgi, tecrübe ve kaynakları ile her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen kalite müdürümüze; kaynak araştırmasında benden desteğini esirgemeyen Sayın F. Serab Onursal'a; bu günlere gelmemde pay sahibi olan aileme ve dostlarıma; manevi yardım ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen eşim Can DEVECİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Haziran - 2013 Hatice CÖMERT DEVECİ

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... i
İÇİNDEKİLER ..... ii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... v
TABLOLAR DİZİNİ ..... vi
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR ..... viii
ÖZET ..... ix
ABSTRACT ..... ix
GİRİŞ ..... 1
1. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA) KAPSAMI VE UYGULAMA AŞAMALARI ..... 4
1.1. HTEA Tanımları ..... 4
1.2. HTEA Tarihçesi ..... 5
1.3. HTEA'nın Amaçları ..... 7
1.4. HTEA'nın Kullanıcılara Sağladığı Faydalar ..... 9
1.5. HTEA'nın Dezavantajları ve Güçlükleri ..... 11
1.6. HTEA'nın Diğer Kalite Teknikleri İle İlişkisi ..... 12
1.7. HTEA İle İlgili Kavramlar ..... 14
1.8. HTEA'nın Kalite Sistemi İçerisindeki Yeri ve Önemi ..... 17
1.8.1. HTEA ve toplam kalite yönetimi (TKY) ..... 17
1.8.2. HTEA ve 6 sigma ..... 18
1.9. HTEA Türleri ..... 19
1.9.1. Sistem HTEA ..... 19
1.9.2. Tasarım HTEA ..... 21
1.9.2.1. Tasarım HTEA çalışma ekibi ..... 23
1.9.2.2. Tasarım HTEA'da hata türü ..... 23
1.9.2.3. Tasarım HTEA'da hata etkisi ..... 24
1.9.2.4. Tasarım HTEA'da hata nedenleri ..... 24
1.9.2.5. Tasarım HTEA geliştirme adımları ..... 24
1.9.2.6. Tasarım HTEA'da kontrol önlemleri ..... 26
1.9.3. Proses HTEA ..... 27
1.9.3.1. Proses HTEA çalışma ekibi ..... 31
1.9.3.2. Proses HTEA'da hata türü ..... 31
1.9.3.3. Proses HTEA'da hata etkisi ..... 33
1.9.3.4. Proses HTEA'da hata nedenleri ..... 34
1.9.3.5. Proses HTEA geliştirme adımları ..... 34
1.9.3.6. Proses HTEA'nın bağlantıları ..... 37
1.9.3.7. Proses HTEA'da kontrol önlemleri ..... 38
1.9.4. Servis-hizmet HTEA ..... 38
1.10. HTEA ile İlgili Standartlar ..... 39
1.11. HTEA Ekiplerinin Profili ..... 40
1.12. HTEA'nın Öğeleri ..... 42
1.12.1. Ortaya çıkma (olasılık) ..... 42
1.12.2. Ağırlık (şiddet) ..... 44

1.12.3. Saptanabilirlik (farkedilebilirlik) ..... 46
1.12.4. Risk öncelik sayısı (RÖS) ..... 47
1.13. HTEA Uygulama Aşamaları ..... 48
1.13.1. Başlangıç çalışmaları ..... 51
1.13.1.1. HTEA kapsamının belirlenmesi ..... 51
1.13.1.2. HTEA ekibinin oluşturulması ..... 52
1.13.1.3. HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses ya da servisin incelenmesi ..... 53
1.13.2.HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar ..... 53
1.13.2.1. Olası hata türlerinin belirlenmesi ..... 53
1.13.2.2. Olası hata etkilerinin belirlenmesi ..... 56
1.13.2.3. Olası hata nedenlerinin belirlenmesi ..... 59
1.13.2.4. Mevcut kontrollerin belirlenmesi ..... 60
1.13.3. Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenerek risk öncelik sayılarının belirlenmesi ..... 60
1.13.3.1. Olasılık değerlerinin belirlenmesi ..... 61
1.13.3.2. Ağırlık (şiddet) değerlerinin belirlenmesi ..... 62
1.13.3.3. Saptanabilirlik değerlerinin belirlenmesi ..... 62
1.13.3.4. Risk öncelik sayısının belirlenmesi ..... 63
1.13.3.5. HTEA formu ..... 63
1.13.4. Risk öncelik sayısının değerlendirilmesi ..... 66
1.13.4.1. Önlem alınacak hata türlerinin belirlenmesi ..... 66
1.13.4.2. Alınacak önlemlerin belirlenmesi ..... 67
1.13.5. Önlemlerin uygulanması ..... 68
1.14. HTEA ile İlgili Literatür Taraması ..... 68
2. PROSES HTEA'NIN OTOMOTİV KABLOSU ÜRETEN BİR İŞLETMENİN KABLO KESİM SÜRECİNE UYGULANMASI ..... 71
2.1. Firma Profili ..... 72
2.2. Uygulamanın Amacı ..... 73
2.3. Otomotiv Elektrik Kabloları Hakkında Temel Bilgiler ..... 73
2.4. Uygulamada Kullanılan Yöntemler ..... 75
2.5. Uygulamanın Aşamaları ..... 75
2.5.1. Başlangıç çalışmaları ..... 76
2.5.1.1. HTEA kapsamının belirlenmesi ..... 76
2.5.1.2. HTEA takımının belirlenmesi ..... 76
2.5.1.3. HTEA yapılacak proseslerin incelenmesi ..... 77
2.5.2. Olası hata türü, nedenleri, etkileri ve hatayı saptamak için kullanılan kontrol planları ..... 82
2.5.3. Beyin fırtınası çalışması; ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenerek risk öncelik sayılarının belirlenmesi ..... 84
2.5.3.1. Olası hata türlerinin belirlenmesi ..... 84
2.5.3.2. Olası hata etkilerinin belirlenmesi ..... 87
2.5.3.3. Olası hata nedenlerinin belirlenmesi ..... 88
2.5.3.4. Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerlerinin tespiti ve rös değeri hesabı ..... 92
2.5.4. RÖS değerlerinin incelenmesi ve önlem alınacak hata türlerinin belirlenmesi ..... 95
2.5.5. Önlemlerin uygulanması ..... 99

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... 104
KAYNAKLAR ..... 108
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER ..... 111
ÖZGEÇMİŞ ..... 112

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kalite Sistemi İçerisinde HTEA'nın Yeri ..... 14
Şekil 1.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi ..... 20
Şekil 1.3. Blok Diagram Örneği ..... 25
Şekil 1.4. Parametre Diyagramı Örneği ..... 26
Şekil 1.5. Örnek Proses HTEA Kontrol Listesi ..... 29
Şekil 1.6. Genelden Detaya Doğru Süreç Akış Diyagramları ..... 35
Şekil 1.7. Süreç Akış Diyagramı Örneği ..... 36
Şekil 1.8. Proses HTEA'da Karşılıklı Bilgi Akışı ..... 37
Şekil 1.9. HTEA Formu ..... 64
Şekil 2.1. Akü Kablosu Görünümü ..... 74
Şekil 2.2. Bir Kablo Tesisatı Örneği ..... 74
Şekil 2.3. Normal Kablo Kesim Makinesi ..... 78
Şekil 2.4. Akü Kablosu Kesim Makinesi ..... 78
Şekil 2.5. Makine Ayarı ve Kontrol Ekranı ..... 79
Şekil 2.6. Kablo Kesim Prosesi 1. Aşama ..... 79
Şekil 2.7. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama ..... 80
Şekil 2.8. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama ..... 80
Şekil 2.9. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama ..... 80
Şekil 2.10. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama ..... 81
Şekil 2.11. Kablo Kesim Prosesi 3. Aşama ..... 81
Şekil 2.12. Kabloların Nihai Şekli ..... 81
Şekil 2.13. Akü Kablosu Kesim Prosesi 1. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 89
Şekil 2.14. Akü Kablosu Kesim Prosesi 2. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 89
Şekil 2.15. Akü Kablosu Kesim Prosesi 3. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 89
Şekil 2.16. Normal Kablo Kesim Prosesi 1. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 90
Şekil 2.17. Normal Kablo Kesim Prosesi 2. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 90
Şekil 2.18. Normal Kablo Kesim Prosesi 3. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 90
Şekil 2.19. Normal Kablo Kesim Prosesi 4. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 91
Şekil 2.20. Normal Kablo Kesim Prosesi 5. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı ..... 91

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. DMAIC Aşamaları ..... 18
Tablo 1.2. DMADV Aşamaları ..... 18
Tablo 1.3. Ortaya Çıkma (Olasılık) Derecelendirme Tablosu ..... 43
Tablo 1.4. Ağırlık (Şiddet) Derecelendirme Tablosu ..... 45
Tablo 1.5. Saptanabilirlik Derecelendirme Tablosu ..... 46
Tablo 1.6. Tasarım ve proses HTEA' da değerlendirme için kullanılacak yöntemlerin seçim kriterleri ..... 61
Tablo 2.1. Normal Kablo Kesim Kontrol Planı ..... 82
Tablo 2.2. Akü Kablosu Kesim Kontrol Planı ..... 83
Tablo 2.3. Akü Kablosu Kesiminde Olası Hata Türleri 1. Tur Oylama Tablosu ..... 85
Tablo 2.4. Normal Kablo Kesiminde Olası Hata Türleri 1. Tur Oylama Tablosu ..... 85
Tablo 2.5. Akü Kablosu Kesiminde Olası Hata Türleri 2. Tur Oylama Tablosu ..... 86
Tablo 2.6. Normal Kablo Kesiminde Olası Hata Türleri 2. Tur Oylama Tablosu ..... 86
Tablo 2.7. Akü Kablosu Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türleri ve Açıklamaları ..... 87
Tablo 2.8. Normal Kablo Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türleri ve Açıklamaları ..... 87
Tablo 2.9. Akü Kablosu Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türlerinin Olası Etkileri ..... 88
Tablo 2.10. Normal Kablo Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türlerinin Olası Etkileri ..... 88
Tablo 2.11. Akü Kablosu Kesim Bölümü Mevcut Kontroller ..... 91
Tablo 2.12. Normal Kablo Kesim Bölümü Mevcut Kontroller ..... 92
Tablo 2.13. Akü Kablosu Kesim Prosesi Ortaya Çıkma (Olasılık) Puan Tablosu ..... 92
Tablo 2.14. Normal Kablo Kesim Prosesi Ortaya Çıkma (Olasılık) Puan Tablosu ..... 93
Tablo 2.15. Akü Kablosu Kesim Prosesi Ağırlık (Şiddet) Puan Tablosu ..... 93
Tablo 2.16. Normal Kablo Kesim Prosesi Ağırlık (Şiddet) Puan Tablosu ..... 94
Tablo 2.17. Akü Kablosu Kesim Prosesi Saptama Puan Tablosu ..... 94
Tablo 2.18. Normal Kablo Kesim Prosesi Saptama Puan Tablosu ..... 95
Tablo 2.19. Çalışma Öncesi HTEA Sonucunda RÖS Değerleri ve Alınacak Önlemler Tablosu ..... 96
Tablo 2.20. Akü Kablosu Kesim Prosesi Çalışma Öncesi HTEA Tablosu ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tablo 2.21. Normal Kablo Kesim Prosesi Çalışma Öncesi HTEA Tablosu ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tablo 2.22. Çalışma Sonrası HTEA Ağırlık, Olasılık ve Saptanabilirlik Puanları Tablosu ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tablo 2.24. Akü Kablosu Kesim Prosesi Çalışma Sonrası HTEA Yeni RÖS Değerleri ..... 101
Tablo 2.25. Akü Kablosu Kesim Prosesi Çalışma Sonrası HTEA Sonuç Tablosu ... ..... 102

Tablo 2.26. Normal Kablo Kesim Prosesi Çalışma Sonrası HTEA Sonuç Tablosu ..... 103

## SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

FMEA : Failure Mode and Effects Analysis (Hata Modu Ve Etkileri Analizi)
HTEA : Hata Türü ve Etkileri Analizi
NASA : National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
U.S. : United States
HMEA : Hata Modu ve Etkileri Analizi
RÖS : Risk Öncelik Sayısı
O : Ortaya Çıkma
A : Ağırlık
S : Saptama
TKY : Toplam Kalite Yönetimi
İPK : İstatistiksel Proses Kontrol
SPC : Statistical Process Control (İstatistiksel Proses Kontrol)
DMAIC : Define-Measure- Analyze-Improve-Control (Tanımla-Ölç-Analiz Et-Geliştir-Kontrol Et)
DMADV : Define-Measure- Analyze-Design-Verify (Tanımla-Ölç-Analiz Et-Tasarla-Doğrula)
RPN : Risk Priority Number (Risk Öncelik Sayısı)
RÖS : Risk Öncelik Sayısı

## PROSES HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE KABLO KESİM SÜRECİNE UYGULANMASI


## ÖZET

Bu çalışmada, otomotiv elektrik kablolarının kesim aşamasında ortaya çıkan ya da gelecekte ortaya çıkması olası hataların tespiti ve bu hataların daha oluşmadan önlenmesi amaçlanmıştır ve bu kapsamda HTEA yönteminden faydalanılmıştır. HTEA kısaca, bir üründe oluşabilecek tasarım ve/veya proses kökenli tüm hata türlerinin sistematik olarak yapılan bir analizidir.

HTEA 1949 yılında ABD ordusunda geliştirilmiştir. O tarihten günümüze kadar uçuş sistemlerinin kontrolü, aya insan indirme, bilgisayar üretimi, otomotiv endüstrisi, uzay ve hava seyahatleri, atom enerjisi, makine endüstrisi, ilaç endüstrisi ve daha pek çok alanda kullanılmaktadır. Ülkemizde büyük, köklü ve kurumsallaşmış firmalar bile HTEA çalışmalarına gereken önemi vermemektedir. Orta ölçekli firmaların çoğu HTEA tekniğini kullanmamaktadır. Bu bağlamda konunun anlaşılabilmesi için ilk aşamada HTEA ile ilgili literatür taraması yapılmış, yöntem detaylı şekilde ele alınmış, yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Otomobil satın alırken dikkat edilen en önemli noktalardan bir tanesi görünüşten ziyade güvenli olmasıdır. Otomobillerde en önemli elemanlar elektrik akımını sağlayan kablolardır. Kablolardaki en ufak arızalar büyük felaketlerle sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle üretim aşamasında sıfır hata ile çalışılması hedeflenmektedir. HTEA bu anlamda hatanın daha oluşmadan tespiti ve önleyici faaliyetlerin işleme alınması ile hatayı meydana gelmeden önlemektedir. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada kablo üretiminin kesim aşaması operasyonunda iyileştirme sağlamak ve oluşabilecek hataları önlemek amacı ile otomotiv kablosu üreten bir şirkette HTEA çalışması yapılmıştır.

Çalışma, kalite iyileştirme açısından müşterilerden çok olumlu tepkiler almış ve takdir görmüştür. Audit'lerde müşteriler tarafından çok yüksek puanlar verilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, elektrik kablo üretimi yapan firmalarca kalite iyileştirmede kullanılabilir.



**Anahtar Kelimeler:** Beyin Fırtınası, Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA).

**PROCESS FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS AND IMPLEMENTATION TO CABLE CUTTING PROCESS**


## ABSTRACT

In this study, it's intended to detect the failures in automotive electricity cable cutting process which occur or may occur in the future and to prevent all these possible failures. In this context FMEA method was utilized. FMEA is a systematic analysis for the failures which occurs in design or process phases of a product or service.

FMEA method was developed in the U.S. army at 1949. Ever since then, it's been used in several areas such as flight control systems, moon landing, computer manufacturing, aerospace and air-travel, atomic energy, machinery, pharmaceutical, automotive industries. In our country, even well-established and institutionalized companies or medium -sized companies do not attach importance to FMEA studies adequately. In this regard, it's been performed on detail literature survey in order to understand the subject. FMEA has been handled in detail and it's been mentioned about studies in this field.

The most important point while purchasing an automobile is safety. The most important components of automobiles are the electricity cables. The minor failures of cables may result in catastrophic accidents. For all these reasons, in this thesis it's been applied process FMEA to improve cable cutting process and to prevent potential failures in an automotive cable manufacturer company.

This study has taken positive feedback from customers. It's been given high scores by customers at quality audits. The results of this study can be used for quality improvement studies by the companies which produce electricity cables.



**Key Words:** Brain Storm, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).

## GİRİŞ

Son yıllarda kalite iyileştirme çalışmaları işletmelerin olmazsa olmaz değerleri arasına girmiştir. Bunun sebebi insan hayatını kolaylaştıracak, insan ihtiyaçlarını temin edecek ve hayat seviyesini yükseltecek teknolojik ve endüstriyel gelişmelerin son yıllarda doruk notasına gelmiş olması ve hızla yükselmeye devam etmesidir. Bu durum, işletmelerin kızışan rekabet ortamında tutunmaları için kendilerini, sistemlerini, teknolojilerini ve mamül ya da hizmetlerinin kalitesini yükseltmelerini zorunlu kılmaktadır. Gelişen rekabet ortamı içerisinde rakiplerden bir adım önde olmak için işletmeler, kalite iyileştirmeye ve ARGE çalışmalarına oldukça fazla bütçe ayırmaya başlamışlardır. Kalite iyileştirme bir süreçtir ve kısaca tanımlamak gerekirse; mamül ya da hizmet kalitesini olumsuz yönde etkileyen tüm faktörlerin oluşmadan ya da oluştuktan sonra tespiti, bertaraf edilmesi ve buna bağlı olarak da müşteri memnuniyetinin artırılması olarak tanımlanabilir. Mamül ya da hizmet, ömrünü tamamlayıncaya kadar kalite iyileştirme çalışmalarının devam etmesi gerekir. Bunu yapmayan işletmeler rekabetçi ortamda tutunamazlar ve yok olurlar.

HTEA bu bağlamda kalite iyileştirme çalışmalarında önemli bir yere sahiptir; çünkü hatanın oluşmadan tespiti esasına dayanır ve ana amacı budur. Hatanın ortaya çıkması, hizmeti ya da mamülü müşterinin beğenisine sunan işletme için bir dizi kayıp demektir. Bu kayıpların en kötüsü müşteri memnuniyetindeki ve güvenindeki düşüştür. Müşterinin güveninde meydana gelecek zedelenme beraberinde müşterinin kaybedilmesini getirebilir. Devamında müşterinin bir dizi diğer müşteriyi uyarması ve sonrasında gelecek olan yeni kayıplar demektir. Tüm bu nedenlerden dolayı hata ortaya çıktıktan sonra değil, ortaya çıkmadan önce önlenmesi oldukça önemlidir. Bu da HTEA tekniği kullanılarak mümkün olabilir.

Hayatımızı kolaylaştıran en önemli buluşlardan birisi hiç şüphe yok ki otomobillerdir. Çok uzun mesafeleri kısa sürede kateden bu araçlar hayatımızda çok önemli bir yere sahiptir. Otomobil satın alırken dikkat edilen en önemli noktalardan bir tanesi görünüşten ziyade güvenli olmasıdır. En ufak arıza durumları bile çok ciddi güvenlik tehdidi oluşturabilmektedir. Herhangi bir yanlışlığın tespiti durumunda, dev

otomotiv firmalarının binlerce aracı geri çağırdığına şahit olmaktayız. Araçları geri çağırmanın maliyeti milyon dolarları bulmaktadır. Bu nedenledir ki otomotiv firmaları tedarikçilerini seçerken son derece titiz davranmakta ; aylarca hatta yıllarca süren araştırmalar yapmaktadır. Tedarikçilerin ise sürekli gelişen teknolojiye ayak uydurması , kalite kontrollerinde son derece titiz davranması gerekmektedir.

Otomobillerde şüphe yok ki en önemli elemanlar elektrik akımını sağlayan kablolardır. Kablolardaki en ufak arızalar büyük felaketlerle sonuçlanabilmektedir. Bu sebeple otomotiv elektrik kablolarını üreten şirketlerin sıfır hata esasına göre çalışmaları gerekmektedir. Bunu da ancak hatanın oluşmadan önlenmesi ile başarabilirler [1].

Bu çalışmada, bir otomotiv kablo üreticisi firmanın kablo kesim sürecinde HTEA çalışması yapılmıştır. Firma, her ne kadar Avrupa'da en iyi tedarikçiler arasında yer alsa da bilimsel yöntemleri uygulamak açısından oldukça yetersiz kalmaktadır. Cirodaki hızlı yükseliş, müşteri sayısının artması ve dünya markalarına hizmet vermeye başlaması bir takım sorumlulukları da beraberinde getirmiştir. Firmanın artık adım atarken daha temkinli hareket etmesi ve en ufak bir hatanın müşteri kaybettirebileceği gerçeği bir takım önlemlerin alınmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda şirket, bünyesinde düzenli ve disiplinli bir şekilde uygulanmak üzere HTEA çalışmalarına başlamayı uygun görmüştür.

HTEA bir ekip çalışmasıdır. Bu nedenle çalışmayı yaparken ilk olarak, bu ekibin doğru kişilerden oluştuğundan ve HTEA konusunda gerekli temel bilgilere sahip olduklarından emin olunması gerekmektedir. Dolayısı ile ilk aşamada, HTEA çalışmalarına katılacak olan ekip seçilmiştir. Bu ekipte, kalite müdürü, ustabaşı, kalite mühendisi, üretim müdürü, kalite kontrol uzmanı, bölüm şefi ve yurtdışı satış uzmanı bulunmaktadır. Seçilen ekip bir kalite firması tarafından HTEA eğitiminden geçirilmiş ve HTEA konusunda gerekli olan tüm bilgiler verilmiştir. Sonrasında HTEA uygulanacak prosesler belirlenmiştir. Bu çalışmada konuyu daraltmak için, kablo üretimde en kritik proseslerden biri olduğu düşünülen kablo kesim prosesi ele alınmıştır. Kablo kesim prosesinde yapılan HTEA çalışmasında beyin fırtınası yöntemi ve balık kılçığı diyagramları kullanılmıştır. Belirlenen hatalardan hangisinin etkisinin daha güçlü olduğunu saptayabilmek için her bir hatanın Risk Öncelik Sayısı

(RÖS) değerleri belirlenmiştir. Belirlenen RÖS değerlerine göre öncelikle önlem alınması gereken hatalar ortaya çıkarılmış ve bu hatalar için önleyici faaliyetler başlatılmıştır. Önleyici faaliyetler sonucunda yine aynı teknikler kullanılarak bu hataların etkileri ve yeni RÖS değerleri bulunmuş ve HTEA çalışmalarından önceki değerler ile karşılaştırılarak yapılan çalışmanın etkinliği değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Araştırmanın giriş bölümünde, yapılan çalışmanın amacı ve içeriği belirtilmiştir. Kaynak araştırması bölümünde HTEA konusunda şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalarla ilgili literatür taramasına yer verilmiş ve araştırmalarda elde edilen bulgulardan bahsedilmiştir. Materyal ve metot bölümünde ise çalışmanın yapıldığı yer ve çalışma metodolojisi hakkında bilgi verilmiştir. Sonuç kısmında araştırma sonuçlarının genel bir özeti verilerek, gelecekteki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

# 1. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA) KAPSAMI VE UYGULAMA AŞAMALARI

Bu çalışmada otomotiv kablo kesim sürecinde ortaya çıkan ya da çıkabilecek olan hataların, hata henüz ortaya çıkmadan tespiti ve ortadan kaldırılması amacı güdüldüğü için HTEA tekniği kullanılmıştır. Bu sebeple, bundan sonraki bölümlerin ve çalışmanın tam olarak anlaşılabilmesi için bu bölümde HTEA ile ilgili tanımlar, kavramlar, yöntemler ve daha önce yapılmış olan örnek çalışmalardan bahsedilecektir.

## 1.1. HTEA Tanımları

HTEA literatürde çok çeşitli tanımları bulunan bir yöntemdir. Genelde İngilizce kısalması olan FMEA olarak bilinir. Açılımı Failure Mode and Effect Anaysis olmakla birlikte HMEA (Hata Modu ve Etkileri Analizi) ya da HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) olarak da literatürde yer almaktadır. Bazı HTEA tanımları literatürde aşağıdaki şekilde yer almaktadır.

HTEA, bir ürün ya da süreçte bilinen veya meydana gelebilecek hataların, önceki deneyimler ya da teknolojiler kullanılarak belirlenmesi ve bu hataların önlenmesi için yapılan bir planlamadan oluşan analitik bir tekniktir. HTEA, tasarım ve geliştirme aşamalarında hataları önlemek için kullanılan etkin bir araçtır. Bu yöntem, hataların etkisini ve bunları önlemenin adımlarını saptamaya yarayan sistematik bir yaklaşımdır. HTEA güvenilirlik mühendisliğinin bir parçası olarak ürün ve süreç hatalarını analiz eder. Doğru bir şekilde uygulanan HTEA, uygulayıcıya sistemde, tasarımda, süreç ve hizmette yer alan risklerin azaltılmasını sağlayacak yararlı bilgiler sunar. Dolayısıyla HTEA güvenilirlik güvencesini sağlayan bir tekniktir [2].

Özellikle, HTEA prototip ya da seri üretimde veya henüz gerçekleşmemiş olan üretim proseslerinde ya da ürün tasarımlarındaki zayıflıkları önceden bulabilir [3].

HTEA aslında bir sistem ya da proses ile ilgili nelerin yolunda gitmeyeceğini bulmayı amaçlayan sistematik bir beyin fırtınasıdır [4].

HTEA, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır [5].

HTEA, bir ürün veya süreçteki potansiyel hataların tanımlanmasi ve bunların müşteriye olan olasi etkilerinin değerlendirilmesiyle, öncelikli iyileştirme alanlarinin saptanmasına imkan taniyan bir risk analiz tekniği olarak tanimlanabilir [6].

Hataların önlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalarda eski ve yeni düşünce şekilleri karşılaştırılınca aşagıdaki durum elde edilir [7].

| Eski Düşünce Şekli: | Yeni Düşünce Şekli: |
|---|---|
| a. Hurdaların gözlenmesi. | Hurdaların önüne geçilmesi. |
| b. Güvenirliligin ortaya konması. | Güvensizligin azaltılması. |
| c. Problemlere çözüm üretilmesi. | Olası problemlerin önlenmesi. |

Toplam kalite yönetimi felsefesi uygulamasında tüketici beklentilerinin hızla değişmesi, potansiyel problemlerin önceden tanımlanması ve önlenmesinde önem taşımaktadır. Tasarım ,hizmet ve proses asamalarında ortaya çıkabilecek problemleri çözmede kalite gelistirme aracı olarak kullanılan metotlardan biri olan HTEA teknigi, güvenirlilik analizi tekniğidir [8].

Bir başka tanımlama daha yaparsak, olası hata türü etkisi analizi adıyla bilinen HTEA bir sistemde, tasarımda, proseste veya serviste oluşan hataları problemleri müşteriye ulaşmadan önce tanımakta ve ortadan kaldırmakta kullanılan bir kalite tekniğidir. [8].

HTEA üretim endüstrisinde üretim, kalite ve verimliliği artırmada kullanılan bir tekniktir. Sistem, tasarım, proses ya da servisteki muhtemel hataları inceleyen bir metottur. Metot, sürekli iyileştirmeyi ve bu tip hataları azaltmayı hedefler [9].

### 1.2. HTEA Tarihçesi

HTEA önce ABD'de 1950'li yılların başında uçuş kontrol sistemlerinin kontrolünde kullanılmaya başlanmış ve 1960'dan sonra havacılıkta sistemli olarak uygulanmıştır.

NASA tarafından 1960-1965 yılları arasında aya insan indirme (APOLLO) projesinde denenmiştir . HTEA ile ilk olarak, NASA tarafından uzay uygulaması için meydana getirilen aracın, istenilen güvenilirlik karakteristiklerine sahip olmasını sağlayacak yöntem geliştirilmiştir. Apollo projesinde, aya insan indirecek ürünün tek ve çok pahalı olması nedeniyle, herhangi bir parça veya sistemin arıza yapmaması istenmekte idi. Bunu sağlamak için HTEA uygulanarak projede mevcut sistemlerin yedeğinin alınması zorunluluğu ortadan kalkmıştır.

HTEA yine 1965-1970 yılları arasında ABD'de Silahlı Kuvvetlerde kullanılmıştır. Endüstride ilk kullanım Japon NEC firması tarafından başlatılmış, daha sonra otomotiv ve tekstil sektöründe yaygın uygulama alanı bulabilmiştir. Hata Türleri ve Etkileri Analizi disiplini, ABD ordusunda geliştirilmiştir. Hata Türleri Etkileri ve Riskleri Analizi Üzerine Prosedürler olarak adlandırılan askeri prosedür MIL-P-1629, 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır.

Sistem ve donanım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Hatalar görev başarısına ve personel/donanım güvenliğine etkilerine göre sınıflandırılmıştır. Bu, modern imalat sisteminin yapısına uymamaktadır. Günümüzde tüketici malları üreten imalatçılar müşteri güvenliği ve memnuniyeti gibi yeni öncelikler belirlemişlerdir. 1980 yılında FORD tarafından otomotiv sektöründe HTEA uygulamasına geçilmiş, sistemde değişiklik yapılarak çok karmaşık olan askeri uygulama basitleştirilmiştir. 1985 yılından itibaren FORD uygulaması ile benzer şekilde FIAT şirketinde de uygulanmaya başlanmıştır.

1988 yılında Uluslararası Standartlaştırma Örgütü, iş yönetimi standartları üzerine ISO 9000 serisini ortaya çıkarmıştır. ISO 9000 standardının gerekleri işletmeleri, tüketicinin istekleri, gereksinimleri ve beklentileri doğrultusunda Kalite Yönetim Sistemleri geliştirmeye itmiştir. ISO 9000'in otomotiv sektöründeki karşılığı olan QS 9000, bu alanda faaliyet gösteren firmalar kalite sistemlerini standartlaştırma çabasına sokmuştur. Bunun için otomotiv sektöründeki firmalar, hata türleri ve etkileri analizini de içeren İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP) uygulamakta ve Kontrol Planı oluşturmaktadır. Şubat 1993'te Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu

(ASQC), endüstri çapında Hata Türü ve Etki Analizi standardı oluşturmuştur. Bu standart HTEA yapısı, QS 9000 standardının geliştirilmesinde işbirliği yapan Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul edilmiştir ve desteklenmektedir. HTEA tekniğinin ilk ortaya çıktığı zamanlarda Legg, mühendisleri bilgilendirme çalışmaları yapmıştır.

Kara-Zaitri ve arkadaşları 1992'de önem derecelerinin belirlenmesinde mühendislere yardım etmiştir. Gilchrist ise 1993'de, HTEA'da maliyet analizini de içeren bir model önermiştir.

Kasa ve Boran 1993'de, çalışmalarında HTEA tekniğinin Toplam Kalite Yönetimi'ndeki yerine değinmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, hatanın oluşum nedenlerine inerek, ortaya çıkışını önlemek, dolayısıyla kusursuzluğu hedeflemenin en akılcı çözüm olduğunu öne sürmüşlerdir. Stamadis 1995 yılındaki çalışmasında tasarım ve proses HTEA'da değerlendirme için kullanılacak yöntemlerin seçim kriterlerini incelemiştir.

Ben-Daya ve Abdul 1996 yılında , önerilen bu modeli eleştirmiş ve geliştirilmiş yeni bir model önermiştir. Yılmaz 1997'de, çalışmasında HTEA uygulamalarında karşılaşılan güçlükleri ele almıştır. Elektrik sistemleri üzerine HTEA'nın uygulamaları Price ve arkadaşları tarafından 1997'de yapılmıştır. Çevresel risklerin değerlendirilmesi üzerinde 1998'de ise Vandenbrande çalışmıştır.

Musubeyli 1999 yılında, 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. [2]

### 1.3. HTEA'nın Amaçları

Proses, ürün ya da servis güvenilirliğini ölçmede kullanılan en güçlü yöntemlerden biri de HTEA tekniğidir. HTEA, bir ürün ya da prosesteki öngörülebilen hataları tespit etmekte ve bunların ortadan kaldırılmasının planlanmasında insan tecrübesi ve teknolojiyi bir araya getiren analitik bir tekniktir. Bu metot, hem tasarım hem de

proses alanlarında kullanılabilir ve basitçe değerlendirmek gerekirse olası hataların tespiti ve bu hataların iç ve dış müşteriye etkileri ile ilgilidir.

HTEA'nın ürün tasarımı ve üretim prosesi alanlarında uygulanması, günümüzde daha önce hiç olmasığı kadar önemlidir. Günümüzdeki ürünler, şimdiye kadarki ürünlerden çok daha karmaşıktır ve bu nedenle daha fazla dikkat gerektirmektedir. Mevcut ürünleri önceki ürünlere göre aynı güvenilirlik seviyesinde üretmek için daha fazla planlama gerekecektir. Günümüzde tüketiciler, ihtiyaç duydukları ürünleri mümkün olan en ucuz fiyata en yüksek kalitede almak konusunda hiç olmadıkları kadar titiz davranmaktadır. HTEA aynı zamanda mühendislere güvenli ve güvenilir bir ürün üretilmesini garantileyecek tüm eylem ve fikirlerin bir kaydını tutma olanağı sağlar. Bu, işler tam olarak istendiği gibi gitmediğinde müşterinin suçu üzerinde atmak istediğinde oldukça önemli bir hale gelir. Bu tartışmanın en önemli yönü, kritik görünen tüm sorunların takibini gerçekleştirmek, tüm değişikliklerin ve sorunların dosyalanmasını sağlamak ve sürekli olarak HTEA'nın tekrarlanmasını sağlamaktır. Ürünün tasarımı ile tüketiciye teslimi arasındaki tüm değişiklikler ve sorunlar, hassas ve organize bir şekilde not edilmelidir [10].

Bu metodun en önemli amaçlarını aşağıdaki gibi sıralamamız mümkündür [2,11]:

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

- Bir ürün ya da hizmetin müşteri gereksinimlerini karşılayabileceğini garanti edecek planlanan üretim ya da montaj süreçlerine ait tasarım karakteristiklerini karşılaştırmak,
- Belli bir şekilde bir süreç kurmak için gerekçe sağlamak,
- Ürün ya da proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek oluşmadan önüne geçmek,
- Potansiyel hata türleri tanımlandığında, bu hataların elimine edilmesi ya da azaltılması için önleyici tedbirler almak,
- Montaj ya da üretim prosesi için sisteme dayalı nedenlerin ve prensiplerin belgelendirilmesi.

HTEA'nın esas amacı Stamatis'e göre [11];

- Hata /arıza türlerini, etkilerini ve kritiklerini kararlaştırmak,
- Ürünün kritik (tehlikeli) hata/arızalarını belirlemek,
- Hataları, kusurları, arızaları ve kritikleri ortadan kaldıracak veya en aza indirecek değişiklikleri, yöntemleri ve testleri uygulayarak, ürünü en son mükemmel haline getirmeyi başarmaktır.

### 1.4. HTEA'nın Kullanıcılara Sağladığı Faydalar

HTEA'nın kullanımı pek çok açıdan fayda saglamaktadır. HTEA ile elde edilen bilgiler tasarımda, üretim sürecinde değişiklikler yapma, kullanılan malzemeyi değiştirme, kalite kontrol ve kalite muayene ölçütlerini tekrar gözden geçirme gibi kararların verilmesinde kullanıldığından, yöntem karar verme aracı olarak da değerlendirilir. HTEA aşağıdaki fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar [2, 8]:

- Emniyet, ürün ve üretim teknolojisi alanlarındaki zayıflıkları belirlemek için kullanılabilir,
- Kalıplarda ve donanımlardaki değişikliklerin sayısının azaltılmak istendiği durumlarda kullanılabilir,
- İç hurdalarda azalma sağlanır,
- Ürün yükümlülüğünde daha az risk durumu ortaya çıkar,
- Etkili test programlarının belirlenmesi konusunda fayda sağlar,
- Beklenmeyen olayların minimize edilmesi konusunda fayda sağlar,
- Mühendislik değişimlerinin azaltılması söz konusu olduğunda faydalıdır,

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

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

- Hizmet veya ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini arttırır,
- Olası değişikliklerin maliyetinde azalma sağlanır,
- Garanti giderlerinde azalma sağlanır,
- Şirket imajını arttırır,
- Rekabet avantajını arttırır,
- Müşteri tatminini arttırır,
- Ürün geliştirme zaman ve maliyetini azaltır,
- Tasarım geliştirme faaliyetlerinde bir öncelik sağlar,
- En uygun sistem tasarımını seçmekte kolaylık sağlar,
- Gelişim isteği doğurur,
- Organizasyonun kültürünü artırır.

## 1.5. HTEA'nın Dezavantajları ve Güçlükleri

Bir güvenilirlik aracı olarak HTEA'nın yetersizlikleri az sayıdadır; fakat önemsiz değildir. Bu eksiklikler aşağıdaki gibidir :

- Her türlü eleman ve bunların hata modları tanımlandığında, HTEA ürün güvenilirliği hakkında güvenilir bilgi üretemez. HTEA, her hata modunu bağımsız olarak ele alır. Bağımlılık, analist tarafından bilinmesi durumunda Markov Analizi, Olay Ağacı Analizi ya da dinamik olay modellemesi ile Hata Ağacı Analizi gibi diğer güvenilirlik yöntemlerinin yardımı ile modellenmelidir. Çoğu HTEA, tek bağımsız hata modları ile sınırlıdır; bu nedenle güvenilmezliği ya da etkileşime bağlı ürün hata olasılığı çoğunlukla sorumlu tutulmaz.
- HTEA, elemanların ve onların hata modlarının tamamına değil de bir kısmına uygulandığında tüm ürünün hata olasılığının ölçümü mümkün değildir.
- HTEA'nın otomotiv metodolojisini kullandığı durumlarda, 1 ile 10 arasında numaralandırılan lineer sıkalalar, değerler sadece tahmini ya da kesin hesaplamaların (ortaya çıkmak için) bir ürünü olsa bile ürün güvenilirliği konusunda herhangi bir bilgi sağlayamazlar. Ortaya çıkma numaraları, kesirli olasılık numaralarına dönüştürülemez ; çünkü kesin değerlerdir ve aralık değillerdir. Bu nedenle, bu analiz metodu potansiyel iyileştirmeler için bir besindir, fakat güvenilirliğin artışının takibi ya da genel ürün güvenilirliği tahmini için değildir. Ortaya çıkma skalası, bazı ürün gruplarında uygulanabilir olduğunda elektronik ürünlerdeki hata modu risklerinin tahmin edilmesine izin verecek derecede detaylı olamayabilir [12].
- Risk Priority Number (RPN) analizinin dezavantajlarında bir tanesi, çeşitli hataların ortaya çıkması, bu hataların şiddeti ve tespit edilebilirliğinin benzer bir değer ortaya çıkarabilecek olmasıdır; bununla birlikte riskin anlamı tamamen farklı bir şekilde, farkedilemeyebilen yüksek riskli olaylarla da sonuçlanabilir.
- RPN oranlama metodunun diğer bir dezavantajı, oluşum, şiddet ve tespit edilebilirliğik arasındaki ilişkinin önemini ihmal etmesidir. Üç faktörün de aynı öneme sahip olduğu kabul edilir; fakat gerçek uygulamalarda faktörler arasında göreceli bir önem vardır [13].

HTEA uygulamalarında bazı güçlükler ile karşılaşılır. HTEA uygulamalarında karşılaşılan güçlüklerin başlıcaları şunlardır [14]:

- 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. HTEA 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 değerlendirmenin kısmi subjektifliği "şiddet, olasılık ve keşfedilebilirlik kriterlerindeki puanlama kuralları uygulama yapan bir kuruluştan bir diğerine göre değiştiğinden HTEA'daki risk öncelik göstergesi hesaplama yönteminin doğal bir subjektiflik taşıdığı konusunda hemfikir olunmuştur". Diğeri 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.

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda HTEA tekniğine çeşitli eleştiriler getirilmiştir. Bu eleştirilerden başlıcası, uygulama sonucunda aynı RÖS değerine sahip hata türleri oluşabilmesidir. Böyle bir durumda klasik HTEA 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. HTEA tekniğinden kaynaklanan bu problemleri gidermek için bulanık mantık yaklaşımından yararlanılmaya başlanılmıştır [14].

### 1.6. HTEA'nın Diğer Kalite Teknikleri İle İlişkisi

1980'li yılların başından beri kalite alanında yapılan çalışmaların, sistem veya ürün/hizmet oluşturulmasının her aşamasında karşılaşılacak sorunları belirleyip, ortadan kaldıracak, böylece hem güvenirliliği artıracak, hem de kalitede sürekli iyileştirme sağlayacak teknikler geliştirme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

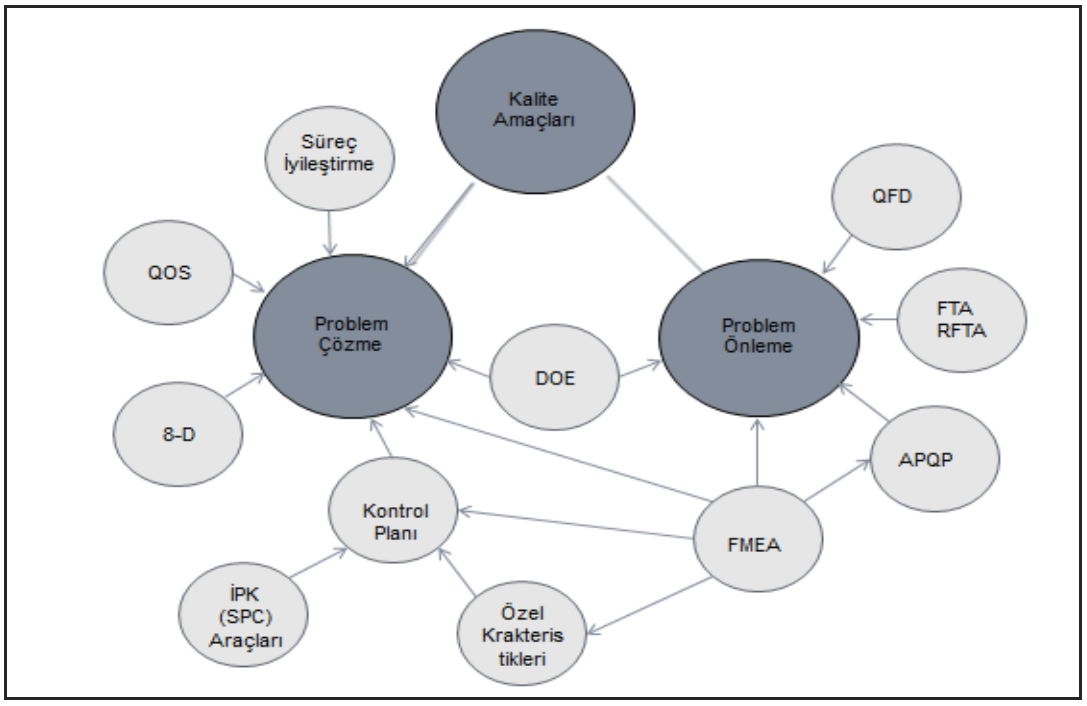
Sürekli iyileşme, geçmişteki sorunların öğrenilerek, gelecekte onların yeniden ortaya çıkmalarının önlenmesiyle gerçekleşecektir. HTEA de bu amaca hizmet eden ve ürünün tasarım veya prosesini geliştirme ve yorumlamada yararlanılabilecek niceliksel bir tekniktir. HTEA, bu özelliklerinden dolayı TKY'de önemli bir yere sahiptir. TKY'de 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 yüzdendir ki, HTEA tekniği, TKY'de önemli bir işleve sahiptir .

HTEA, kalite yönetim sistemlerinin de önemli bir parçasıdır. Şekil 1.1. tipik bir kalite sisteminde HTEA'nın yerini ve görevini göstermektedir. Şekilde yer alan tekniklerden bazıları ile HTEA 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 HTEA çalışmasında yararlanılabilir.

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. HTEA da kritik ve önemli karakteristikleri belirler ve kontrol planı için başlangıç noktasını oluşturur.

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




Şekil 1.1. Kalite Sistemi İçerisinde HTEA'nın Yeri

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 yapılan bir ürün (hizmet) geliştirme sürecidir. QFD ve HTEA'nın pek çok ortak tarafı vardır. HTEA genellikle, QFD içinde hata önleme aracı olarak kullanılmaktadır. İstatiksel Proses Kontrol (Statistical Process Control - SPC ), HTEA'da ortaya çıkma ve saptama değerlerini belirlemede ve hataların saptanmasında kullanılmaktadır [15].

## 1.7. HTEA İle İlgili Kavramlar

Bu bölümde HTEA ile ilgili çeşitli kavramların açıklamalarına yer verilecektir. Bu kavramları bilmek ileriki bölümlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Kavramlar, çalışma boyunca yapılan incelemelerin bir sonucu olarak tanımlanmıştır. Bu kavramların iyi anlaşılması çalışma boyunca sistemi ve işleyişi daha iyi anlamamızı sağlayacaktır.

Hata: Planlanan bir eylemin amaçlandığı gibi tamamlanmasındaki başarısızlıktır.

Hata Türü: Hataların kategorize edilmesi, sınıflandırılmasıdır. İç ve dış müşterinin ihtiyaç duyduğu ürün ya da hizmetten yüzde yüz memnun kalmasını, bir ürün veya prosesin arzulanan fonksiyonunun gereği gibi veya hiç yerine getirilmemesidir.

Fonksiyon: Bir ürün ya da prosesten gerçekleştirmesi beklenen hedeflerdir.

Müşteri: Ortaya çıkabilecek hatalardan etkilenecek olan son kullanıcılardır. Bu, nihai ürünü kullanan ve fayda sağlayan son tüketici de olabilir, şirket içerisinde sistemleri kullanan elemanlar, departmanlar da olabilir.

Mevcut Kontroller: Mevcutta var olan sistemin düzenli işleyişini sağlayacak, üretilen ürün ya da hizmetin hatalı olarak müşteriye ulaşmasını engelleyecek mevcut çalışmalardır. HTEA yöntemi uygulanırken hatanın oluşması ve müşteriye ulaşmasının engellenmesi için yapılan çalışmalar olarak da tanımlanabilir.

Hata Nedeni: Fonksiyonun yanında hata nedeni belki de HTEA'nın en önemli bölümüdür. Tasarım ya da prosese ait herhangi bir elemanın düzgün ve amaca yönelik olarak çalışmasını engelleyen her türlü faktördür.

Hata Etkisi: Bir ürün ya da hizmetin kendisinden beklenen faydaları gerektiği gibi karşılayamaması durumunda müşterinin yaşadığı maddi ya da manevi negatif etkilerdir. Müşteri, iç yada dış müşteri olabilir.

HTEA Elemanı: HTEA çalışması boyunca ele alınıp incelenen konuların her birisine denir. Hata türleri, etkileri, ortaya çıkma sıklıkları örnek olarak verilebilir.

Kritiklik: Hata önceliklendirmede kullanılan ve zaman kaybını ortadan kadıran bir faktördür. Hatanın müşteriye ulaşmadan saptanabilme olasılığı ile hatanın ortaya çıkma olasılığının çarpılması ile bulunur.

Ağırlık: Hata etkisinin müşteri tarafından nasıl algılandığının ifadesidir.

Ortaya Çıkma: Ürünün kullanım ömrü içerisinde, hata nedeninin hata türüne dönüşme olasılığıdır. Hata nedeninin hangi sıklıkta oluştuğunun bir göstergesidir.

Saptanabilirlik: Mevcut kontrollerin gerektiği gibi yerine getirilerek, oluşabilecek hatanın müşteriye ulaşmadan tespit edilme ve engellenme derecesidir. Ürün, üretim yada montaj hattını terk etmeden hata tespit edilmeli ve düzeltilmelidir.

Kritik Karakteristikler: Yasal düzenleme veya ürün veya hizmet güvenilirliğini etkileyebilen karakteristiklerdir. Genel olarak, kritik karakteristikler aşağıdaki faktörler tarafından belirlenir [11]:

- 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 belirlemelidir [15].

Anahtar Karakteristikler: Prosese hızlı geri bildirim sağlayan ölçü göstergeleridir, kalite sorunlarının hızlı bir şekilde düzeltilmesine olanak sağlarlar. Aynı zamanda problemin kaynağında sağlarlar [15].

HTEA'da üç tip anahtar karakteristik vardır [15]:

- 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.

## 1.8. HTEA'nın Kalite Sistemi İçerisindeki Yeri ve Önemi

### 1.8.1. HTEA ve toplam kalite yönetimi (TKY)

TKY, geleneksel iş yapma yöntemine bir yeniliktir. Bu, dünya standartlarında diğer şirketler ile yarış halindeyken hayatta kalmayı garanti edecek kanıtlanmış bir tekniktir. Sadece yönetim eylemlerini değiştirmek, tüm organizasyonun eylem ve kültürünün dönüşmesini sağlayacaktır.

TKY, sürekli iyileştirilen bir organizasyonun temelini ifade eden bir dizi yol gösterici prensip ve felsefe olarak tanımlanır. Bu, sayısal yöntemlerin ve insan kaynaklarının organizasyon içerisindeki süreçlerin iyileştirilmesi ve müşteri ihtiyaçlarının bugün ve gelecekte karşılaşması esasına dayalı bir uygulamadır. TKY, temel yönetim tekniklerini, mevcut iyileştirme çabalarını ve teknik araçları disiplinli bir yaklaşımla bütünleştirir.

Toplam Kalite Yönetimi 6 basit kavrama ihtiyaç duyar:

- En yukarıdan en aşağıya uzun vadeli organizasyonel destek sağlayacak kararlı ve ilgili bir yönetim,
- Tereddütsüz müşteri odaklılık,
- Etkin katılım ve tüm iş gücünden yararlanma,
- İş ve üretim süreçlerinin sürekli gliştirilmesi,
- Tedarikçilere iş ortakları gibi davranmak,
- Süreçler için performans ölçümlerini yapmak

Bu kavramlar, bir organizasyonu çalıştırabilmek için mükemmel bir yol çizer. HTEA, bu kavramlardan 4. bölüm içerisinde kabul edilir. TKY, bütün iş ve üretim süreçlerini iyileştirmek için sürekli bir çaba öngörmektedir. Zamanında teslimat, ipariş girişi verimliliği, fatura hata oranları, müşteri memnuniyeti, çevrim süresi, hurdaların azaltılması ve tedarikçi yönetimi gibi kalite iyileştirme projeleri başlamak için iyi birer alandır ve istatistiksel proses kontrol (İPK-SPC), kıyaslama, kalite fonksiyon göçerimi, ISO 9000, deney tasarımı ve HTEA problem çözmede mükemmel yöntemlerdir [10].

### 1.8.2. HTEA ve 6 sigma

Basitçe tanımlamak gerekirse 6 Sigma, hatalı süreçleri müşteri için değer yaratacak şekilde iyileştirmek ve atıkları yok etmektir. Atıkların ortadan kaldırılması, verimlilik ve üretim kalitesinin artırılarak müşteri memnuniyetinin artırılması ve daha yüksek bir verim elde edilmesini sağlar. Performansı ölçme ve denetlemenin 6 sigma metodolojisi, çeşitli istatistiksel uygulamalar ile ilgilidir.

6 Sigma, kanıtlanmış kalite ilke ve tekniklerinin titiz, odaklanmış ve son derece etkili bir uygulamasıdır. Hemen hemen hatasız iş performansı hedefler.

6 Sigma uygulama projesi, kapsamına göre 2 metodolojide yürütülür. Bir Tanesi, Tanımla-Ölç-Analiz Et-Geliştir-Kontrol Et ya da DMAIC. Bir projenin hedefinin varolan ürün, süreç ya da servisin geliştirilmesi yoluyla başarıya ulaşabildiği durumlarda kullanılır. Diğeri ise hedef, yepyeni ya da radikal şekilde yeniden tasarım edilmiş bir ürün, süreç ya da servisin geliştirilmesi durumunda kullanılan Tanımla-Ölç-Analiz Et-Tasarla-Doğrula ya da DMADV metodolojisidir. Bu iki metodoloji, Tablo 1.1 ve Tablo 1.2'de yer alan basit aşamalardan oluşur [16].

Tablo 1.1. DMAIC Aşamaları [16]

| | |
|---|---|
| D | Geliştirme aktivitelerinin hedeflerini belirleyin. |
| M | Mevcut sistemi ölçün. |
| A | Sistemin, prosesin, ya da hedeflerin mevcut performansları arasındaki boşluğu ortadan kaldırma yollarını tanımlamak için sistemi analiz edin. |
| I | Sistemi geliştirin. |
| C | Yeni sistemi kontrol edin. |

Tablo 1.2. DMADV Aşamaları [16]

| | |
|---|---|
| D | Tasarım aktivitelerinin hedeflerini belirleyin. |
| M | Ölçün. Paydaş ölçümleri için kritik belirleyin. |
| A | Hedefe ulaşmak için ulaşılabilir seçenekleri analiz edin. |
| D | Yeni ürün, servis ya da süreci dizayn edin. |
| V | Tasarımın gerçek dünyadaki etkinliğini doğrulayın. |

HTEA özellikle, karmaşık sistemlerin ya da süreçlerin iyileştirilmesi ile ilgili DMADV projelerinin tasarım aşaması ile DMAIC projelerinin kontrol ve analiz aşamalarında yer alır.

## 1.9. HTEA Türleri

HTEA tekniği, bir sistem içerisinde o sistemi oluşturan bir çok süreç için kullanılabilir. Ürün tasarımı sürecinde yer alan mekanik aksamlarda oluşabilecek sorunların önceden belirlenmesi için kullanılan ilk uygulamadan sonra, zamanla gelişerek daha genis kullanım alanları bulmustur. Sistemdeki tüm süreçlerde meydana gelecek potansiyel hataların belirlenip yok edilmesine yönelik uygulamalar sayesinde çesitlendirilmiştir. HTEA teknigi, Şekil 1.2'de kısaca özetlenerek belirtildiği gibi uygulama alanına göre dört gruba ayrılmaktadır [17]:

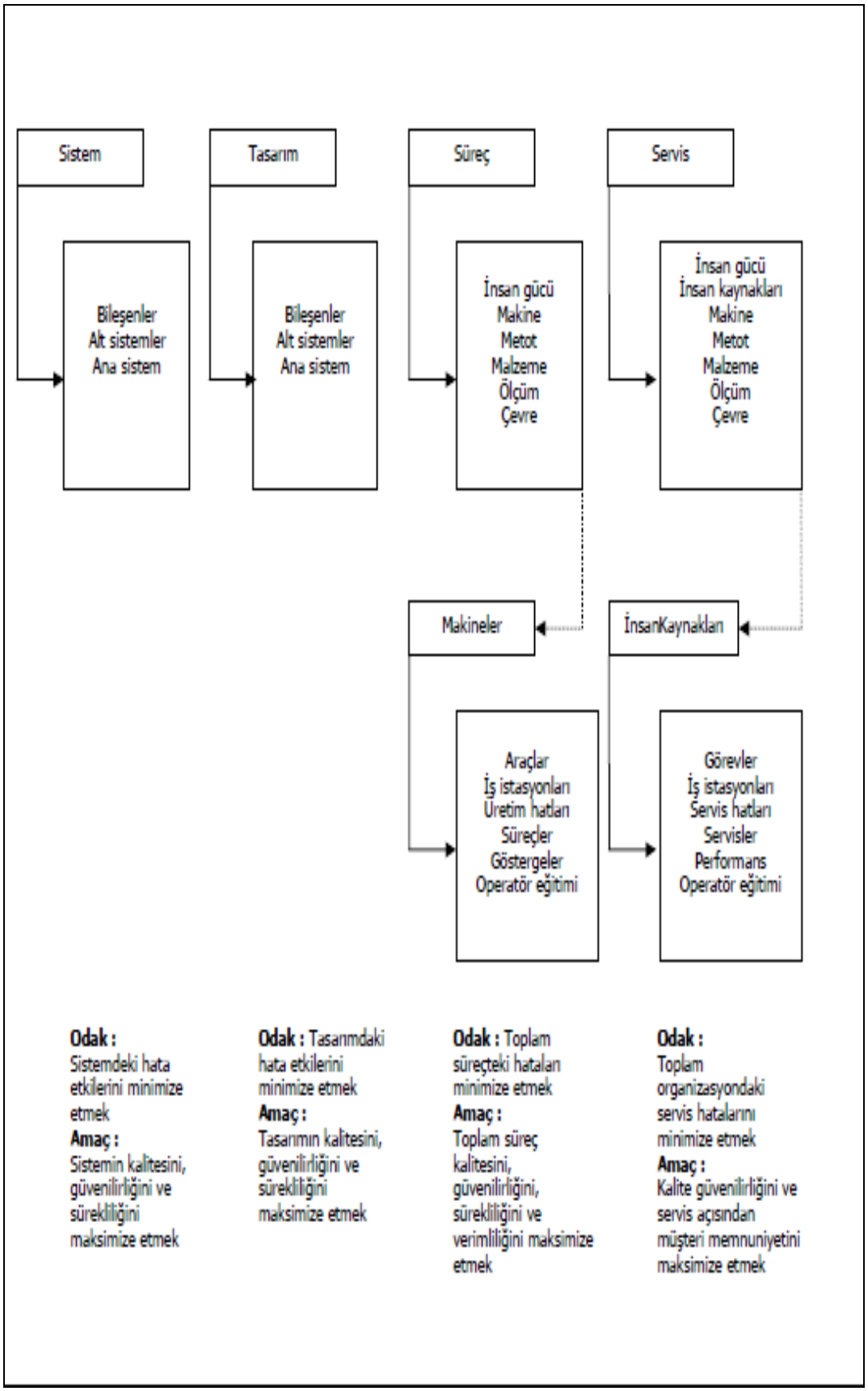
- Tasarım HTEA
- Proses HTEA
- Sistem HTEA
- Servis HTEA

### 1.9.1. Sistem HTEA

Sistem HTEA'nın hedefi; operasyonel (etkinlik ve performans) faktörler ile ekonomik faktörler arasında uygun bir denge tanımlamak ve meydana getirmektir. Bu hedefe ulaşmak için sistem HTEA; müşterinin belirlenen ihtiyaç, istek ve beklentileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sistem HTEA tasarım ve ilk konsept belirlemede sistem ve alt sistemlerin analiz edilmesinde kullanılır. Bir sistem HTEA çalısması, sistem yetersizliklerinden kaynaklanan sistemin fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerine odaklanır. Sistemler arası ilişkileri ve sistemin elemanlarını da kapsar [11].

Sistem HTEA'nın faydaları şunlardır [17]:

- Sistemi etkileyen potansiyel problemlerin bulunabilecegi alanlar daralır.
- Sistem içerisinde uygulanacak prosedürler için bir temel olusturulmasına yardımcı olur.
- Sistem içerisindeki fazlalıkların tespit edilmesine yardım eder.
- Optimum sistem tasarım alternatiflerinin seçilmesinde yol gösterir.




Şekil 1.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi [17]

Sistem HTEA' nın çıktıları şunlardır [11]:

- Risk öncelik sayısına göre sıralanmış potansiyel hata türleri listesi,
- Potansiyel hata türlerini yakalayabilecek potansiyel sistem fonksiyonları listesi,
- Hata türlerini ortadan kaldıracak, güvenlik konularını ön plana çıkaracak ve ortaya çıkmayı azaltacak potansiyel sistem tasarım önlemlerinin listesi.

### 1.9.2. Tasarım HTEA

Tasarım HTEA, üretim aşamasına geçmeden önce ürünün tasarımının analiz edilmesi için kullanılır. Üründen beklenen fonksiyonlar ile birlikte tasarım yetersizliklerine odaklanarak oluşabilecek potansiyel hataların belirlenmesinde kullanılan bir kalite geliştirme aracıdır. Tasarım HTEA, 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 [17].

Tasarım HTEA şu konuları kapsamalıdır [14]:

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

Tasarım HTEA çalışması, kalite güvence bölümleri, üretim bölümleri ve yan sanayilerden sağlanan bilgilere dayanarak, prototip çizimleri yayınlanmadan hemen önce süratle yapılmalıdır. Tasarım HTEA'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.

Tasarım HTEA sürekli yaşayan bir belgelendirme sürecidir ve tasarım kavramının tamamlanmasıyla başlatılmalı, ürünün geliştirilme evrelerindeki değişikliklerle sürekli olarak güncelleştirilmeli ve son çizimlerle de tamamlanmalıdır [14].

Tasarım HTEA'nın çıktıları şunlardır [14]:

- 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 HTEA, hataları azaltmada ve önlemede şu hedefler izlenerek uygulanır [18]:

- Fonksiyonel gereklilikleri ve tasarım alternatiflerini içeren objektif tasarım değerlendirmesine yardımcı olarak,
- Üretim, montaj, servis ve geri dönüşüm gereklilikleri için tasarımı değerlendirerek,
- Tasarım aşamasında düşünülmüş, sistem ve operasyon üzerinde etkili olacak olası hataların ve etiklerinin varlığını azaltarak,
- Etkili tasarım, geliştirme ve doğrulama programlarının planlamasına yardımcı olacak ekstra bilgilerin sağlanması ile,
- Tasarım geliştirme ve dogrulama testleri için öncelikli sistem kurulumunda etkili olacak potansiyel hataları ve bunların müşteri üzerine etkilerini içeren düzenli listeler oluşturarak,
- Risk azaltma adımlarının izlenmesinde bir format oluşturma sağlanarak,
- Tasarım değişikliklerini değerlendirme ve daha iyi tasarımlar geliştirmeye yardımcı olacak alanlar sağlayarak.

Tasarım HTEA'nın faydaları şunlardır [17]:

- Tasarım geliştirme faaliyetleriyle ilgili önceliklerin belirlenmesi,
- Potansiyel hataların tasarım asamasında iken belirlenmesinin saglaması,
- Potansiyel güvenlik sorunlarının belirlenerek ortadan kaldırılmasına yardım
- Etmesi ve degisiklik için açıklamaların kaydedilmesinin saglanması,

- Önemli ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım etmesi.

#### 1.9.2.1. Tasarım HTEA çalışma ekibi

HTEA 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, HTEA□nın tüm özelliklerini ve detaylarını bilmelidir. Bu kişi aynı zamanda çalışmada yönlendirici görevini de üstlenir [14].

#### 1.9.2.2. Tasarım HTEA'da hata türü

Tasarım HTEA'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 HTEA'da sadece ürün veya parçaların hataları incelenir.

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 HTEA 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 [14].

#### 1.9.2.3. Tasarım HTEA'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 [14].

#### 1.9.2.4. Tasarım HTEA'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 [14].

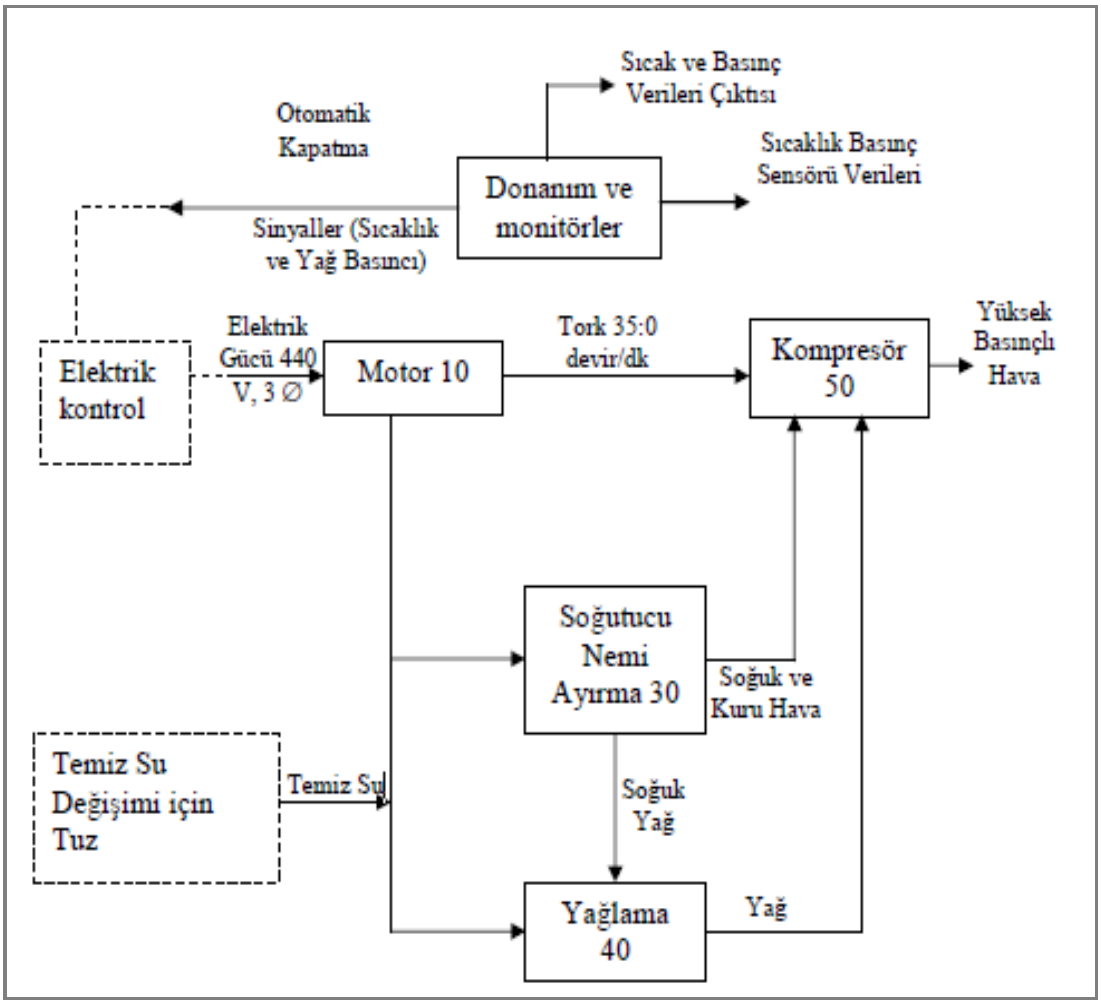
#### 1.9.2.5. Tasarım HTEA geliştirme adımları

Tasarım HTEA, son müşteriye ulaşacak ürünün tasarımına odaklanır. Etkili bir ürün tasarım analizi; takım oluşturma, amacı belirleme, ürün fonksiyonlarını ve gerekliliklerini belirten blok diyagramlar ya da P-diyagramlar içerir. İstenilen ürünün açık ve tanımlanmış bir tanımı, hata türü ve etkilerini belirlemede oldukça yardımcı olur. Bir Tasarım HTEA formu, tavsiye edilen adımları ve sorumlulukları içeren analiz sonuçları dokümanı için kullanılır [18].

HTEA geliştirme aşamaları aşağıdaki gibi verilmiştir [17]:

- Ön Hazırlıklar: Tasarımda oluşabilecek potansiyel hataları yakalayabilmenin ilk adımı o ürün ya da sistemi oluşturan tüm bileşenlerin doğru bir şekilde analiz edilmesidir. Tüm alt sistemlerin fonksiyonları açıkça tanımlanmış olmalıdır. Alt sistemlerin arasında etkileşimin olup olmadığı ve varsa nasıl bir etkileşim olduğu ya da olabileceği ortaya konmalıdır.

- Blok Diyagramlar: Blok diyagram sistemin farklı kısımlarının diğer kısımlarla olan bağlantılarını gösterir. Bu bağlantılar sayesinde sistemin işleyiş yolunu belirtir. Ürünün bileşenleri arasındaki fiziksel bağlantıyı gösterir. Farklı alt sistemler, kesişim noktaları, etkileşimleri gösterir. Akış için gerekli yolun ortaya konmasında önemli bir araçtır. Alt sistemler arasındaki etkileşimler bilgi akışı, enerji, hareket sinyalleri, sıcaklık, basınç, yük gibi verilerdir. Şekil 1.3'de örneği gösterildigi gibi her bir fonksiyon için potansiyel hata türleri belirlenmeden önce blok diyagramlar aracılığı ile sistemler arası etkileşimler listelenir. Ürünün ya da sürecin bileşenleri kutular içine yazılır ve birbirleri ile olan etkileşimleri oklarla kutuların bağlanması şeklinde gösterilir.

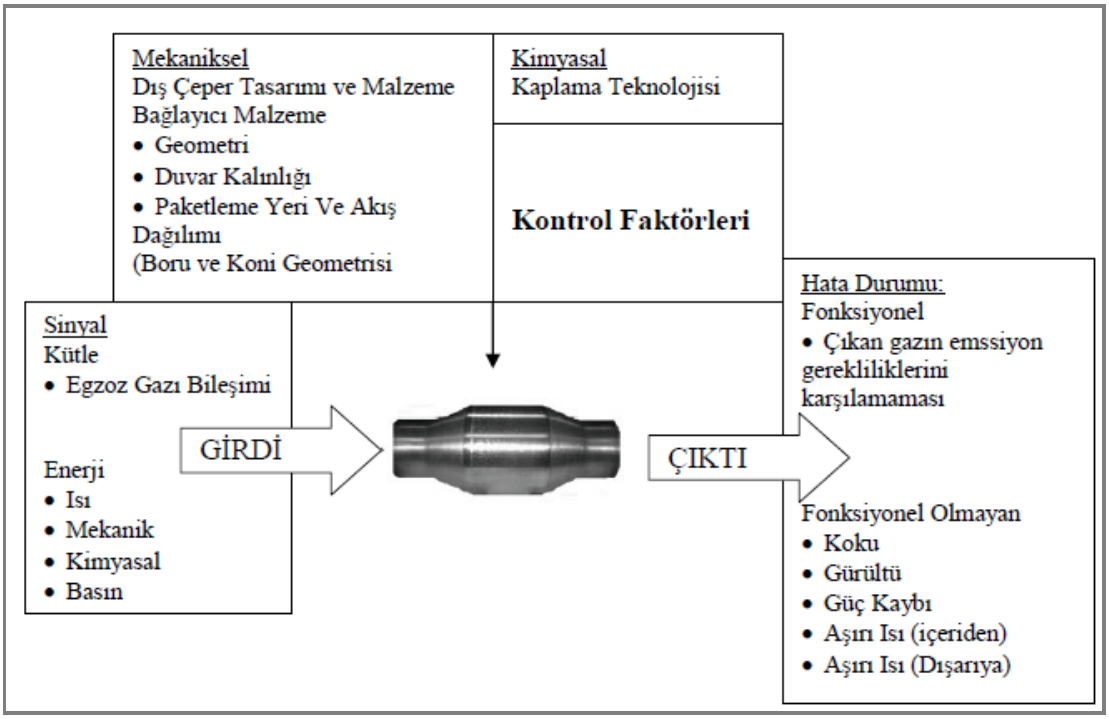



Şekil 1.3. Blok Diagram Örneği [17]

- Parametre Diagramları: P-Diyagramlar, tasarım fonksiyonlarıyla ilgili fiziksel özelliklerin takım tarafından anlaşılmasını sağlar. Takım, tasarım için performansı etkileyen kontrol edilebilen ve edilemeyen girdiler ve çıktıları analiz eder. Şekil

1.4'de gösterildiği üzere ürün için girdiler ve çıktılar, belirlenen ve belirlenmeyen fonksiyon hatalarını, istenilen değerden sapmaları ve oranlarını, kontrol faktörlerini belirlemede oldukça yardımcıdır.

- Aşağıda belirtilen diyagram örnekleri gibi HTEA takımına yardımcı olabilecek şekiller, çizelgeler, çesitli verileri içeren diğer formlar da kullanılmalıdır.




Şekil 1.4. Parametre Diyagramı Örneği [17]

- Fonksiyonel Gereklilikler: Tasarım yapılırken o ürün ya da süreçten beklenen özellikler ön planda tutulur. Tasarımın fonksiyonel gerekliliklerinin nasıl olması gerektigi tüm ayrıntıları ile belirtilmelidir. Böylece ürünün ya da sürecin karşılayabileceği tüm beklentilerde buna engel olabilecek noktaların belirlenmesi kolaylaşır. Fonksiyonel gereklilikler ürünün rengi, şekli, güvenliği, ergonomisi gibi özellikleri olabilir.

### 1.9.2.6. Tasarım HTEA'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, laboratuar 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.

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

Tasarım HTEA.da kontrol önlemleri; laboratuar testleri, güvenilirlik kontrolü, tasarımın gözden geçirilmesi kontrolü, sahada deneme veya kıyaslama analizi vb. olabilir [14].

### 1.9.3. Proses HTEA

Proses HTEA, imalat ve montaj süreçlerinin incelenmesinde kullanılır. Odaklandığı nokta üretim süreci ve montaj yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleridir. Özellikle ürünün ilk üretim aşamasında oldukça önemlidir. Üretim gerçekleştirilmeden önce oluşabilecek hataları belirleyip yok etmede etkilidir. Proses HTEA, çalısan, makine, metod, materyal, ölçüm ve çevre faktörlerini kapsayan adımları içeren bir yöntemdir. Burada her bir bileşen kendi alt bileşenlerini içerir ve bunlar diğer bileşenler ile birlikte de etkileşim içindedir. Bu etkileşimler hataya sebep olabilir. Bu nedenle proses HTEA, tasarım ve sistem HTEA'ya göre daha zor uygulanır ve daha çok zaman gerektirir. Başarılı bir proses HTEA, tasarım özelliklerinin iyi tanımlanıp anlaşılması ve üretimin bu özelliklerin üzerinde neler yapabileceğinin belirlenmesi ile gerçekleşir [11].

Bir proses HTEA uygulamasında dikkat edilecek nokta üretim sürecinin baslangıç noktasından bitişine kadar tüm operasyonları, alt süreçleri dikkate almaktır. Mevcut donanım inceleneceği gibi yeni kullanılacak ekipmanların alımından önce uygulanmalıdır. Üretim sürecinin diğer süreçlerle bağlantıları da incelenmelidir [17].

Proses HTEA, üretim süreç gelişimini şu hedefleri sağlayarak destekler [18]:

- Üretim süreci fonksiyonlarını ve gerekliliklerini tanımlamak ve değerlendirmek,
- Oluşacak olan ürünü, üretim süreci ile ilgili hata türlerini, süreç ve müşteri üzerinde oluşabilecek olası hataların etkilerini tanımlamak ve değerlendirmek,
- Potansiyel üretim ya da montaj süreci hedeflerini tanımlamak,
- Hata durumlarının belirlenebilirliğini arttırmak ve oluşumunu azaltmak için üretim sürecinde kontrole odaklanan süreç değerlerini tanımlamak,
- Önleyici ve düzeltici faaliyetler ve kontroller için öncelikli bir sistem kurulumunu mümkün kılmak.

Proses HTEA'nın çıktıları şunlardır [19]:

- Proses HTEA'nin belli başlı çıktıları arasında; risklere göre önceliklendirilmiş olası hata türleri (İlgili nedenleri ve etkileri ile beraber),
- Onaylanmış özel karakteristikler listesi,
- Proses tasarım bilgileri,
- Üretim makina/teçhizat/ekipman/fikstür ihtiyaçları,
- Mevcut makina/teçhizat/ekipman/fikstürlerde ve teknik resim/ dokümanlarda revizyon gereksinimi,
- Yeni proses içi kontrol ekipmanları listesi,
- Proses ürün tasarımı ile ilgili olası düzeltici/önleyici aksiyonların listesi
- Prototip kontrol planı sayılabilir.
- Ayrıca Proses HTEA; operasyon planları ve talimatları için de anlamlı girdiler sağlar.

Proses HTEA çalısmaları tamamlandıktan sonra yapılanların uygunlugunu kontrol etmek açısından standart bir kontrol listesi üzerinden gidilerek bir gözden geçirme yapılması önerilir. Bu amaçla kullanılabilecek olan standart kontrol listesi örneği Şekil 1.5'de verilmiştir.

## PROSES HTEA KONTROL LİSTESİ

| | | | |
|---|---|---|---|
| PARÇA ADI | : | HAZIRLANMA TARİHİ | : |
| PARÇA NO / REVİZYON | : | HAZIRLAYAN | : |
| MÜŞTERİ FİRMA/PARÇA NO/REVİZYON | : | PROSES HTEA NO | : |
| PROJE NO | : | REVİZYON NO | : |

| | SORU | EVET | HAYIR | AÇIKLAMA / GEREKLİ AKSİYON | SORUMLU | HEDEF TARİHİ | GERÇEKLEŞME TARİHİ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Proses HTEA, çapraz fonksiyonlu bir ekip tarafından mı hazırlanmış? | | | | | | |
| 2 | Proses HTEA sırasında HTEA Prosedürü'ne uyulmuş mu? | | | | | | |
| 3 | Geçmiş kampanya ve garanti bilgileri gözden geçirilmiş mi? | | | | | | |
| 4 | Benzer parça HTEA 'leri göz önünde bulundurulmuş mu? | | | | | | |
| 5 | Olası özel karakteristikler, Proses HTEA çalışmaları ile teyid edilmiş mi? | | | | | | |
| 6 | Yüksek risk öncelik puanına sahip hata türleri için uygun düzeltici faaliyetler ve sorumlular atanmış, hedef tarihler belirlenmiş mi? | | | | | | |
| 7 | Yüksek şiddet puanına sahip ( 9 ve üzeri ) hata türleri için uygun düzeltici/önleyici faaliyetler ve sorumlular atanmış, hedef tarihler belirlenmiş mi? | | | | | | |
| 8 | Düzeltici/önleyici faaliyetler tamamlandıktan ve doğrulandıktan sonra risk öncelik puanları revize edilmiş mi? | | | | | | |
| | | | | | | | |

Şekil 1.5. Örnek Proses HTEA Kontrol Listesi [19]

Proses HTEA'nın yararları aşağıdaki şekilde sıralanabilir [15]:

- 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.
- Değişikliklerin ne amaçla yapıldığını dökümante eder.

Proses HTEA, dizayn edilmiş bir ürünün hedeflendiği gibi imal edilmesi için uygulanan önemli bir araçtır. Fakat tasarımdaki yetersizlikler, üretim aşamasında olası hatalara neden olabilir. Bu nedenle proses HTEA'nın tasarım HTEA ile birlikte uygulanması daha uygun olacaktır [18].

Proses HTEA aşağıdakilere ait üretim proseslerini kapsamalıdır [14]:

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

Proses HTEA çalışmasına başlamadan önce, üretim prosesinin hangi kısmının göz önüne alınacağı tam olarak kararlaştırılmalıdır. Verilen bir ürün veya parça için tüm üretim prosesini kapsayacak şekilde HTEA 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 HTEA çalışmasının bu kadar geniş faaliyet alanlarını kapsaması 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.

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

Proses HTEA, 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 HTEA çalışmasından sağlanabilir. Proseste ardışık gelen bir çok işlem varsa ve farklı olası hata türlerine sahipseler, 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 [14].

#### 1.9.3.1. Proses HTEA çalışma ekibi

Proses HTEA 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 HTEA'da müşteri; daha sonra üretim veya montaj işlem ve kademeleri olabileceği gibi servis faaliyetleri de olabilir.

Proses HTEA ekibine üretim mühendisinin liderlik yapması çalışmayı daha doğru yöne götürecektir. Ekip lideri çalışmanın başarılı olması için aşağıdaki bilgi ve dokümanların hazırlanmasından sorumlu olmalıdır. [14]

- 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

#### 1.9.3.2. Proses HTEA'da hata türü

Proses HTEA'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 HTEA'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 HTEA'nın hazırlanmasında, gelen parçanın /malzemenin doğru olduğu varsayılmaktadır. Ekibin yaklaşımı, bütün durumların doğruluğunu güvence altına almada kullanılmalıdır.

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:

- Hammaddeler,
- Stok veya yarı bitmiş ürün

- Prosesleme (presle şekillendirme, makinede işleme, yüzey kaplama, kaynak, ısıl işlem vs.)
- Montaj
- Muayene/test (üretim prosesinin bütün aşamalarında)
- Taşıma, nakliye ve depolama

Üretim prosesi hata türlerini listelemeden önce, belirtilen problemlerin pek çoğunun bir tasarım HTEA'da ürün hata türlerinin sebepleri olarak tanımlanabileceğine dikkat edilmelidir. Bunun nedeni üretim prosesi problemlerinin ürün hata türlerine sebep olmasıdır [14].

#### 1.9.3.3. Proses HTEA'da hata etkisi

Hatanın olabilecek sonuçları, hata türünün müşteriler üzerindeki etkileri olarak tanımlanırlar [14]. Hata meydana geldiginde müşteri üzerine ne tür bir etki yaratacağı belirlenmelidir. Bu amaçla; hata meydana geldiğinde, müşterinin neyi fark edebileceği veya başına nelerin gelebileceği sorgulanır [19]. Bu bağlamda müşteriler, gelecek işlemde veya konumda, bayi ve/veya ürünün kullanıcıları olabilir. Hatanın olası etkisi değerlendirilirken her biri göz önünde bulundurulmalıdır [14].

Proses HTEA için müşteri, son kullanıcının yanı sıra, aynı zamanda bir sonraki ve ilerleyen üretim/montaj operatörleri, satıs ve servis elemanlarıdır. Her bir müşteri, hata türü etkileri belirlenirken göz önüne alınmalıdır [19].

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.

Ürün hata türlerinin bazıları, Tasarım HTEA 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 [14].

#### 1.9.3.4. Proses HTEA'da hata nedenleri

Hataların potansiyel nedenleri, düzeltilebilecek veya kontrol edilebilecek proses değişkenleri cinsinden tanımlanır. Her bir hata türüne neden olabilecek bütün olası nedenler liste halinde sıralanmalıdır. Listeye alınan nedenler mümkün oldugu kadar kısa/özlü ve tam olmalıdır ki, düzeltici yönde sarf edilecek çabalar uygun olsun. Nedenler hataları yaratır, hatalar da müşteri üzerine olan etkileri (sonuçları) doğurur. Hata nedenleri genelde hata ile karşılıklı olarak doğrudan ilişkili olmadığından, nedenin kontrolü için kullanılabilir, örnek olarak; deney tasarımı hatayı oluşturan ana nedenleri ve bu nedenlerin hangilerinin en kolay şekilde kontrol edilebileceğine karar vermekte kullanılabilir.

Her bir hata türü için olası nedenler araştırılırken aşağıdaki sorulara yanıt aranır;

- Prosesin fonksiyonunu yerine getirmesine hangi koşullar engel olabilir?
- Ürün hangi koşullar altında mühendislik spesifikasyonlarının gereklerini karşılayamaz?
- Ürün hangi koşullar altında bir sonraki operasyon veya operasyonlar ile uyumlu olamaz?

Proses HTEA içerisinde, operasyona gelen parça(lar)/malzeme(ler)in doğru olduğu kabul edilerek nedenler belirlenir.

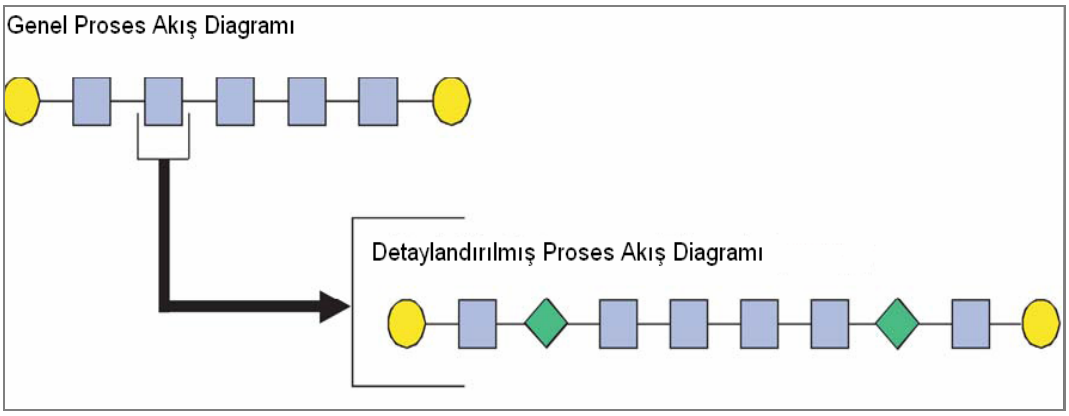
Tipik hata nedenlerine örnek olarak; uygun olmayan tork değeri (üstünde, altında) uygun olmayan kaynak / basınç / ısıl işlem / zaman / sıcaklık, yanlış ölçüm, yetersiz aralık / havalandırma, yetersiz yağlama ya da yağlamanın hiç olmaması, kayıp parça ya da yanlış yerleştirme verilebilir [19].

#### 1.9.3.5. Proses HTEA geliştirme adımları

Proses HTEA geliştirmeden önce üretim sürecinin her adımının iyice anlaşılmıs olması gerekir. Süreç akış diyagramı başta olmak üzere bir çok çizelge, form, şekil kullanılabilir. Üretim sürecinden beklenen, tasarımda ortaya konmus olan ürünün en verimli şekilde üretimini sağlamaktır. Bu nedenle ürünün tasarım özelliklerini de iyi bilmek gerekir.

Ön Hazırlıklar: Ön hazırlık evresi, sistemi analiz etmek için geçmise yönelik ve mevcut durumu ortaya koyan gerekli verilerin toplanma aşamasıdır. Üretim akışını ortaya koyacak tüm formlar, çizelgeler, akış diyagramları kullanılarak veriler elde edilir. Down ve arkadaşlarının belirttiği gibi yararlanılacak kaynaklar arasında performans bilgisi, proses verimliliği, ilk üretim kapasitesi, milyonda parça sayısı (ppm), garanti metrikleri gibi verileri içeren daha önce üretilmiş ürün ve üretim tasarım bilgileri gibi veriler yer alabilir.

Süreç Akış Diyagramı: Süreç akış diyagramları üretim akışının en iyi şekilde anlaşılmasını sağlayan önemli bir araçtır. Üretim sürecinin başlangıcından bitişine kadar olan tüm adımları net bir şekilde ortaya koyar. Şekil 1.5'de bir örneği gösterilen süreç akış diyagramı, akış içerisinde yer alan tüm operasyonel faaliyetleri ve bu faaliyetlerin birbiri ile olan bağlantılarını gösterir. Böylece üretim süreci ortaya konurken, hataya neden olabilecek adımlar da daha kolay yakalanabilir. Her bir operasyonda, o operasyonun gereklilikleri tanımlanmalıdır. Bu gereklilikler tanımlanırken, tasarım aşamasında belirlenen ürün özellikleri de göz önünde tutulmalıdır.



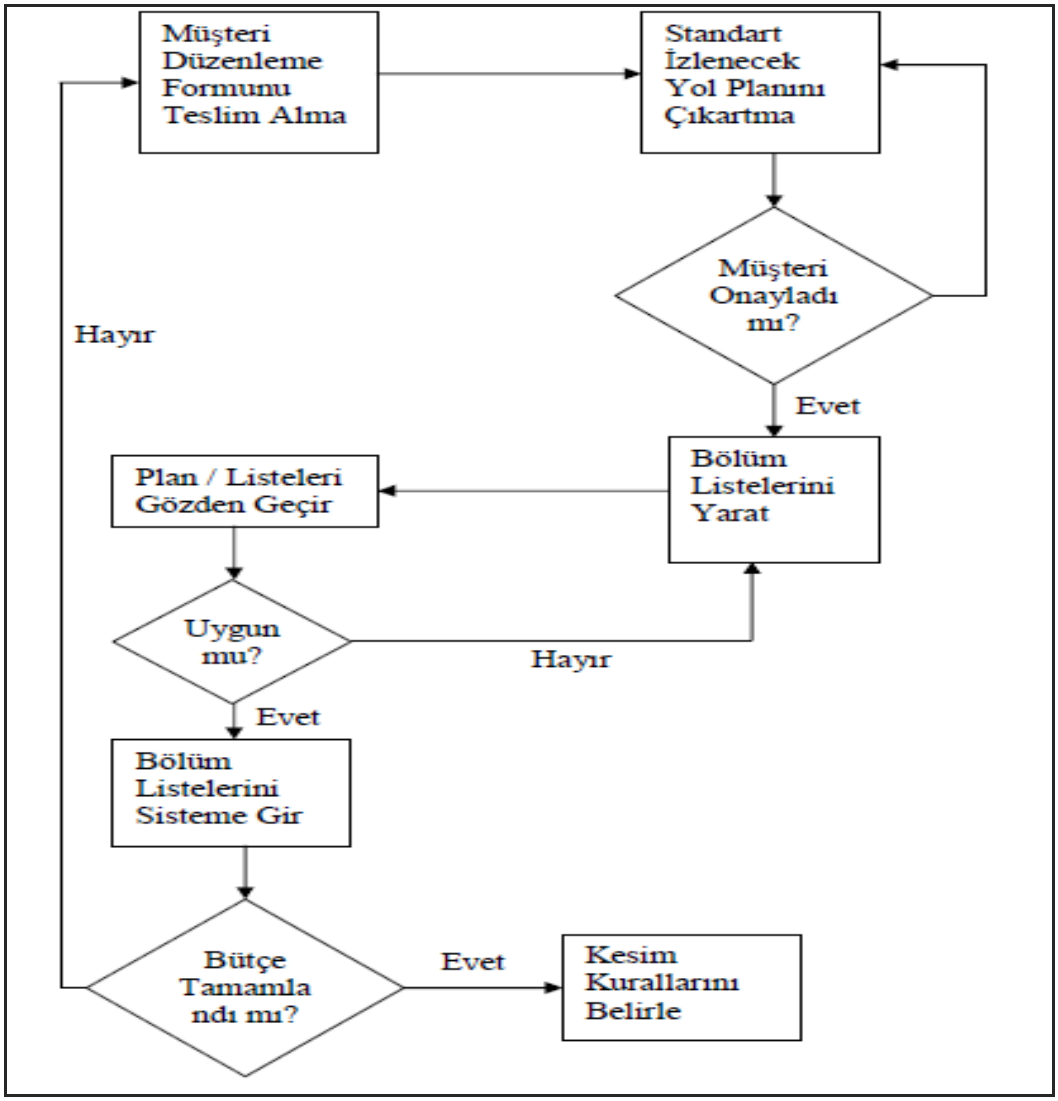

Şekil 1.6. Genelden Detaya Doğru Süreç Akış Diyagramları [17]

Üretim süreci, şekil 1.6'da belirtildiği gibi öncelikle onu oluşturan genel süreçleri ile diyagrama oturtulabilir. Genel bakış sistemi bir bütün olarak daha basit şekilde görmeyi sağlar. Genel süreçler belirlendikten sonra alt süreçlere geçilir. Her süreç, kendini oluşturan alt operasyonların tanımlanması ile detaylandırılır. Şekil 1.7'de gösterilen süreç akış diyagramı örneği gibi diyagramlar kullanılarak adım adım tüm sistem tanımlanmış olur. Bu noktada dikkat edilecek husus, operasyonları belirlerken, gerekliliklerini de tanımlamak gerektiğidir. Her fonksiyonun özelliği,

olması gereken koşullar göz önünde bulundurulmalıdır. Koşullar belirlendikçe oluşabilecek potansiyel hataları yakalamak daha uygun hale gelir [17].

**Diğer Araçlar ve Bilgi Kaynakları:** Diğer kaynaklar, süreç gereklilikleri üzerinde odaklanmak için takıma bir çok yol saglayabilir. Diğer araçlar ve bilgi kaynakları şunlardır [17]:

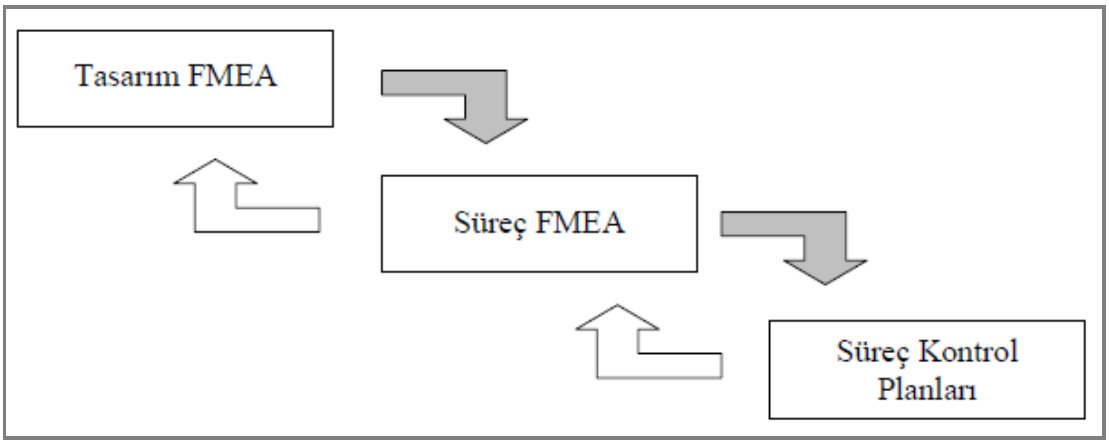
- Tasarım HTEA
- Çizimler ve tasarım bilgileri
- Karakteristikler arasındaki ilişkileri belirten matris
- İç ve dış müşteri talepleri (geçmişteki hata bilgileri ile birlikte)
- Kalite ve güvenirlik geçmisi.




Şekil 1.7. Süreç Akış Diyagramı Örneği [17]

### 1.9.3.6. Proses HTEA'nın bağlantıları

Bir proses HTEA oluşturabilmek için tasarım HTEA uygulamasından sağlanan bilgi ve veriler çok önemlidir. Bununla birlikte bu iki uygulama arasındaki ilişki her zaman çok net değildir. Tasarım HTEA fonksiyonlar üzerine eğilirken, proses HTEA imalat süreci ve süreç içinde yer alan aşamalara odaklanır. Kolonlar arasındaki bilgiler direkt olarak birbiri ile bağlantılı olmayabilir. Örnegin fonksiyon dizaynı, imalat süreci fonksiyonları ya da imalat süreci gerekliliklerine eşit değildir; potansiyel tasarım hata türleri ve nedenleri ile potansiyel imalat süreci hata türleri ve nedenleri aynı değildir. Buna rağmen tasarım ve imalat sürecinin genel analizini yaparken aralarında bir bağlantı kurulabilir. Örneğin, bir delik gibi tasarım özelligi belirli bir hataya neden olabilir. Bu, tasarımın üretilmesi sırasında üretim süreci içinde yetersizliğe sebep olur. Tasarım sırasında delik çapının büyük tasarlanması, üretim esnasında deliğin büyük çapta delinmesine neden olur ve tasarımdaki potansiyel hata, üretim sürecindeki potansiyel hataya yol açar. Üretim ve tasarım süreçlerinde meydana gelecek hataların etkileri aynı olabilir. Diğer bir deyişle, farklı hata türlerinin sonuçları aynı olabilir.




Şekil 1.8. Proses HTEA'da Karşılıklı Bilgi Akışı [18]

Süreç kontrol planları, üretim fonksiyonları ve ürün özellikleri hakkında bilgi alınabilecek önemli dökümanlardır. Üretim karakteristikleri belirlenirken, bunların kontrolü için kullanılacak metotlar ve sonuç değerleri, oluşabilecek potansiyel hataların belirlenmesinde etkili bir araç özelliği taşır. Sekil 1.8'de gösterildiği gibi proses HTEA, tasarım HTEA ve kontrol planları arasında bilgi paylaşımını sağlayan bir bağlantı olmalıdır [18].

#### 1.9.3.7. Proses HTEA'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 proseslerdekilerle 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 yapılırlar.

Proses HTEA'da kontrol önlemleri, kabul kontrolleri, ürün kontrolleri, proses kontrolleri, son kontroller vb. olabilir [14].

### 1.9.4. Servis-hizmet HTEA

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 HTEA'sının tamamlanmış olarak kabul edilebilmesi, ancak üretim için onay ve bir başlangıç tarihinin verilmesi ile olabilir [14].

Hizmet HTEA'nın sağladığı faydalar şöyle sıralanabilir [15]:

- 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.
- Değişikliklerin ne amaçla yapıldığını dokümante eder.

Hizmet HTEA' nın çıktıları şunlardır [15]:

- 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 listesi.

## 1.10. HTEA ile İlgili Standartlar

HTEA ile ilgili yayınlanmış olan birçok standart mevcuttur. Bu standartlara belli başlı örnekler aşağıda verilmektedir.

- MIL-STD-1629A: Hata Türü, Etkileri ve Kritiklik Analizi Uygulama Prosedürleri / (Procedures for Performing Failure Mode, Effects and Criticality Analysis)
- SAE J1739: Tasarımda Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi (Tasarım HTEA), Üretim ve Montaj Proseslerinde Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi (Proses HTEA) ve Ekipman için Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi (Ekipman HTEA) / (Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design HTEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process HTEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis for Machinery (Machinery HTEA))
- BS 5760–5: Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi Rehberi (HTEA ve HTEKA) / (Guide to Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (HTEA and FMECA))
- IEC 60812: Hata Türü ve Etkileri Analizi için Prosedürler (HTEA) / (Procedures for Failure Mode and Effects Analysis (HTEA))

- SAE ARP 5580: Otomobil Haricindeki Uygulamalar için Önerilen Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) Pratikleri / (Recommended Failure Modes and Effects Analysis (HTEA) Practices for Non-Automobile Applications)

MIL-STD-1629A, bu konuda yayınlanmış olan ilk standarttır. Öncelikle Amerikan hükümeti ve ordusu tarafından kullanılmış, ardından gizlilik özelliğinin kaldırılması ile tüm dünya çapında endüstriyel alanda kullanılmaya başlanmıstır. SAE J1739, Ford Motor Company gibi Amerika orijinli büyük üreticilerin ve tedarikçilerinin kullandığı prosedürlerin temelini olusturur. BS 5760–5 ise özellikle İngiliz firmaları tarafından referans olarak kullanılmaktadır.

ARP 5580 ise MIL-STD-1629A ve otomotiv standartlarının kombinasyonu şeklindedir. Tüm bu standartlar genel HTEA dökümanlarının ana hatlarını ortaya koyar, olası hatalar ile ilişkili risklerin belirlenmesi için ölçütleri tanımlar ve analiz uygulamaları için genel yönlendirmeler yapar. Günümüzde birçok global firma konu standartlar temelinde kendi özel prosedürlerini oluşturmuşlardır [19].

## 1.11. HTEA Ekiplerinin Profili

HTEA, kalite sistemleri içerisinde çok fonksiyonlu veya çapraz fonksiyonlu ekipler olarak adlandırılan, firma içerisindeki farklı disiplinlerden gelen katılımcılar tarafından yürütülen bir ekip çalısmasıdır. Analizin temelinde farklı bakış açısı ve deneyimlerin gündeme getirilerek kullanılması yatar.

Ekiplerin liderleri ve üyeleri, analizin türüne göre farklılık gösterir. Tasarım HTEA ekibi içerisinde; liderin; ürün tasarım bölümünden, üyelerin; üretim, montaj, kalite, metod, malzeme, test, servis, satış ve satın alma bölümlerinden olması önerilir. Proses HTEA ekibi içerisinde ise; liderin; üretim/montaj bölümünden, üyelerin; kalite, metod, bakım-onarım, malzeme, servis ve satınalma bölümlerinden olması önerilir. Servis HTEA ise özellikle satış, pazarlama, servis ve kalite gibi müşteri ile direkt ilişkili bölümlerin katılımı ile yürütülür. Ekipman HTEA ekibinin lideri metod bölümüdür. Bu ekip içerisinde üretim/montaj, bakım-onarım, kalite ve satınalma bölümlerinden katılımcılar yer alır. HTEA ekipleri içerisinde farklı bölümlerden katılımcıların olması nedeni ile olası problemler aynı anda görüşülerek

değerlendirilmiş olur. Böylelikle karar mekanizması daha hızlı işleyebilir, kararlar geniş katılımlı bir ortamda alınabilir ve bölümler arasındaki isbirliği arttırılabilir.

Ekibi oluşturacak olan üyelerin; süreç içerisinde sorumlulukları olan, firma sistem dokümantasyonunu bilen, yorum yapma yeteneğine sahip ve ekip çalısmasına yatkın kişiler arasından seçilmesine dikkat edilmelidir. Her üyenin aynı deneyim düzeyine sahip olması pek önerilmez. Çok deneyimli katılımcıların yanı sıra; yeni, önyargısız ve objektif görüşlerin ortaya konabilmesi açısından; fazla deneyimi olmayan üyelerin de ekip içerisinde bulunmaları sağlanmalıdır.

Genelde ekipler; çekirdek ekip ve destek ekipleri olarak iki ana gruba ayrılır. Çekirdek ekip, HTEA'nın tüm fazlarına direkt olarak katılırken, destek ekibi ihtiyaç durumunda spesifik bir girdi ve/veya görüş vermek için analiz sürecine dahil olur. Destek ekipleri içerisine genellikle alt tedarikçiler ve müşteri firmadan katılımcılar ile bağımsız sektör uzmanları ve bilirkişilerin katılması istenir.

Çekirdek ekipler için boyut genellikle 7–9 kişi ile sınırlandırılmaya çalışılmalıdır. Ancak bu arada analiz ile direkt ilişkili tüm bölümlerden üyelerin ekip içerisinde temsil edilme koşulu da gerçeklenmelidir. Ekip üyelerinin HTEA yanı sıra; takım çalısması, veri analizi, deney tasarımı, kalite fonksiyon göçerimi, karşılaştırma, üretilebilirlik/montaj edilebilirlik ve servis edilebilirlik için tasarım, problem çözme teknikleri, hata önleme ve istatistiksel proses kontrol gibi konularda eğitimli olmaları analiz sonuçlarının kalitesini yükseltecektir. Oluşturulan HTEA ekipleri çalışmalar sonuçlandırılana kadar periyodik toplantılar düzenler. Bu toplantıların sıklığı, çalısmanın amaçlarına ve tamamlanma hedef tarihine göre belirlenmelidir.

Ayrıca daha efektif bir çalısma için; toplantılar olabildiğince kısa tutulmalı, toplantı tutanakları ilgililere dağıtılmalı, toplantıya katılmaları istenen destek ekibi üyeleri toplantının konusu ve yapılması gerekli olan hazırlıklar konusunda bilgilendirilmelidir.

Ekip lideri, üst yönetim tarafından belirlenebileceği gibi analizin türüne göre ekip üyeleri tarafından ilgili bölümün temsilcileri arasından seçilebilir. Liderin asıl görevi HTEA aksiyonları arasındaki koordinasyonun sağlanmasıdır. Bu nedenle özellikle; toplantıların planlanması, gündeminin belirlenmesi ve yönetimi, çalışmalar için

gerekli kaynakların yaratılması ve analiz çalısmalarının sürekliliğinin sağlanarak ekibin amaçtan uzaklaşmamasından sorumludur. Lider, ekip üzerinde baskı kurmamalı ve kararlarda son sözü söyleyen kişi durumunda olmamalıdır. Çünkü ekip liderinin rolü; karar verici olmaktan çok, işleyişi kolaylaştırmak yönündedir.

Analiz çalışmaları sırasında ekip tarafından belirlenen düzeltici/önleyici aksiyonların uygulanması ve izlenerek sonuçlarının değerlendirilmesi ise, genellikle HTEA ekibinin dışında kalan ayrı bir ekip tarafından (Kalite Güvence Bölümü çalısanları gibi) gerçekleştirilir [19].

## 1.12. HTEA'nın Öğeleri

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) kullanımıdır [15].

### 1.12.1. Ortaya çıkma (olasılık)

Ortaya çıkma, olası hata nedeninin oluşması ve ürünün beklenen ömrü içinde kullanımı sırasında hata türüne yol açmasının ihtimalidir. Hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir olası hata türünün gerçekleşmesi olasılığı ile ilgilidir (Tablo 1.3) .

Olası hata türleri saptanırken cevap aranan sorulardan bazıları şöyle sıralanabilir :

- 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?

MIL . STD 1629A'da hatalar ortaya çıkma ihtimallerine göre sınıflandırılırken değerlendirme kriterleri şöyle oluşturulmuştur:

- A Düzeyi, Ortaya Çıkma Olasılığı Çok Yüksek Olan Hatalar: Birim işleme zaman aralığında hataların ortaya çıkma olasılıkları çok yüksektir. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.20' den büyüktür.

- B Düzeyi, Ortaya Çıkma Olasılığı Oldukça Yüksek Olan Hatalar: Birim işleme zaman aralığı boyunca hataların ortaya çıkma olasılıkları ortadadır. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.10 - 0.20 aralığındadır.

- C Düzeyi, Ara sıra Gözüken Hatalar: Birim işleme zaman aralığı boyunca hataların ortaya çıkma olasılıkları küçüktür. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.01-0.10 aralığındadır.

- D Düzeyi, Oldukça Az Gözüken Hatalar: Birim işleme aralığı boyunca hataların ortaya çıkma olasılıkları çok küçüktür. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.001 -0.01 aralığındadır.

- E Düzeyi, Son Derece Az Ortaya Çıkan Hatalar: Hataların ortaya çıkma olasılıkları birim işleme zaman aralığında sıfıra yakındır. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.001' den küçüktür.

Tablo 1.3. Ortaya Çıkma (Olasılık) Derecelendirme Tablosu [20]

| ORTAYA ÇIKMA İHTİMALİ | DERECE | HATA İHTİMALİ (İŞGÜNÜ OLARAK) |
|---|---|---|
| Neredeyse hiç | 1<br>2 | < 1:20000<br>1:20.000 |
| Düşük | 3<br>4 | 1:10.000<br>1:2.000 |
| Orta | 5<br>6 | 1:1.000<br>1:200 |
| Yüksek | 7<br>8 | 1:100<br>1:20 |
| Çok yüksek | 9<br>10 | 1:10<br>1:2 |

Hata nedeninin ortaya çıkma değerleri, istatiksel yöntemlerden ve benzer ürünlerden yararlanarak belirlenir. Her bir hata nedeninin, hata türünün oluşmasındaki katkısı ise varyans analizi, Taguchi teknikleri, Bayes analizi gibi istatiksel yöntemlerle veya benzer ürünlerin verilerden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Somut verilerin olmaması durumunda grup üyelerinin deneyimlerinden faydalanılır ve ortaya çıkma değerlerini kestirmeleri istenir [20].

### 1.12.2. Ağırlık (şiddet)

Hatanın müşteriye olan etkilerinin şiddetinin, 1 ile 10 derecesinde tahmin edilmesidir (Tablo 1.4). Bu tahmin bazen 1 ile 5 derecesinde de yapılmaktadır. Fakat bu derecelendirme işlemi sisteminin hassasiyetinin çok az olması nedeniyle 1 ile 10 derecelendirme sistemi daha çok kullanılmaktadır. Şiddet, hatanın oluştuktan sonra müşteriye göre ciddiyetini temsil eden faktördür.

Şiddet sıralaması, müşteri ile ilgili olarak, sadece ürün tasarımın aksiyonları tarafından değiştirilebilir. Bu sıralama imalat kontrollerinden etkilenmez. Şiddet sadece hatanın etkisine dayandığından, hatanın belirli bir etkisi için bütün potansiyel hata sebepleri, en azından aynı ağırlık sıralaması almaktadır. Tavsiye edilecek şiddet sıralamaları için ürün mühendisliğine gidilmelidir ve tasarım bilgisi kullanımda değilse şiddet sıralaması tahmin edilmelidir. Fabrikada en çok ilgi çeken etkileri göz önünde bulundurmak suretiyle, şiddet sıralaması arttırılabilir, bu da bir sonraki süreç operasyonları üzerinde hatanın etkisine bağlanabilir.

Hata şiddetini belirlemek için;

- Müşteri anketlerinden,
- Geri dönen ürünlerle ilgili tutulan kayıtlardan,
- Geçmiş dönemlerde benzer ürün veya sistemler için tutulan kayıtlardan,
- Laboratuar deneyleri veya simülasyon çalışmaları sonuçlarından,
- HTEA takımında bulunan kişilerin deneyimlerinden yararlanılır.

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.

MIL . STD 1629A'da hata türlerinin ağırlıklarına göre şu şekilde sınıflandırılmıştır;

1. Sınıf; Felaket Getirici Hata:

- Can kaybına neden olan,
- Birimin fonksiyonel çıktısında ciddi ölçüde azalmaya yol açan,
- Sistem veya ürün düzeyinde etkisi gözlenen hatalar.

2. Sınıf; Kritik Hata:

- Çalışanların yaralanmasına neden olan,
- Birimin fonksiyonel çıktısında ciddi ölçüde azalmaya neden olacak şekilde sistem hasarına yol açan,
- Bakım görevlileri tarafından tamir edilemeyen hatalar.

3. Sınıf; Küçük Hata:

- Birimin fonksiyonel çıktısında küçük etkilere, çalışanlarda küçük yaralanmalara neden olan,
- Sistemde küçük hasara yol açan,
- Duruşlara veya çıktıda çok az azalmaya yol açacak hatalar.

4. Sınıf; Çok Küçük Hata:

- Çalışanların yaralanmasına, sistemin bozulmasına yol açacak kadar ciddi olmayan, planlanmamış bakım veya tamirle giderilebilecek hatalar [20].

Tablo 1.4. Ağırlık (Şiddet) Derecelendirme Tablosu [20]

| AĞIRLIK (MÜŞTERİYE ETKİ) | DERECE |
|---|---|
| Neredeyse Hiç | 1<br>2 |
| Düşük | 3<br>4 |
| Orta | 5<br>6 |
| Yüksek | 7<br>8 |
| Çok yüksek | 9<br>10 |

### 1.12.3. Saptanabilirlik (farkedilebilirlik)

Saptama, mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir (Tablo 1.5). 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.

Saptama değeri,

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

Burada saptanabilirlik zorlaştıkça derecesi artmakta (yüksek rakam kullanılmaktadır), saptanabilirliği çok kolay olan bir hatada ise düşük rakam kullanılmaktadır, yani ters orantılı diyebiliriz [20].

Tablo 1.5. Saptanabilirlik Derecelendirme Tablosu [20]

| SAPTANABİLİRLİK | DERECE | SAPTAMA İHTİMALİ (%) |
|---|---|---|
| Çok Yüksek | 1<br>2 | 86 – 100<br>76 – 85 |
| Yüksek | 3<br>4 | 66 – 75<br>56 – 65 |
| Orta | 5<br>6 | 46 – 55<br>36 – 45 |
| Düşük | 7<br>8 | 26 – 35<br>16 – 25 |
| Neredeyse İmkânsız | 9<br>10 | 6 – 15<br>0 – 5 |

### 1.12.4. Risk öncelik sayısı (RÖS)

RÖS, kritiklik sayısı göstergesidir. RÖS her bir hata türü veya nedeni için ortaya çıkma, önem derecesi ve saptama gibi üç risk faktörü esas alınarak belirlenen sayısal değerdir. RÖS değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılık olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında atanan değerleri alınır. RÖS ile her bir hata türü için riskler tanımlandığından en büyük RÖS' e sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması, kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir.

RÖS, Olasılık (O), Ağırlık (A), Şiddet (Ş) ve Saptanabilirlik (S) değerlerine iki farklı matematiksel işlem uygulanması ile hesaplanır [20].

- Çarpma İşlemi ile RÖS = O*A*S
- Toplama İşlemi ile RÖS = O+A+S

Uygulamada yaygın olarak kullanılan yaklaşım risk faktörleri olan ortaya çıkma, ağırlı ve saptama değerleri, ortaya çıkma ve ağırlık ve saptama olduğundan dolayı çarpma işlemi ile RÖS'ü hesaplamaktır.

RÖS değerinin hesaplanmasında kullanılan diğer yaklaşım risk faktörlerini toplamaktır. Toplama işlemi ile RÖS'ün belirlenmesi bir takım üstünlükler sağlar. Bu üstünlük, kritikliği belirlemede en önemli risk faktörü olan hata önemliliğinin, toplama işlemiyle RÖS değeri üzerinde etkisinin, daha belirgin olarak görülmesidir.

RÖS bir olasılık değeri olarak da ifade edilebilir. Bunun için, bulunan RÖS değerleri olabilecek RÖS değerine bölünür. Dolayısıyla 0 ve 1 arasında değişecek RÖS değerleri için oluşturulan öncelik sırası skaladan değerler atandığı durumdaki sıralama ile aynı olacaktır [21].

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 HTEA çalışmasında, grup üyeleri önceliklerin oluşturulmasında bu iki faktör dışında başka faktörleri de göz önünde bulundurmak isteyebilir. Bu faktörler şunlar olabilir [11]:

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

Faktörler belirlendikten sonra, grup tarafından hangi yöntemin kullanacağı oylama ile belirlenebilir.

## 1.13. HTEA Uygulama Aşamaları

HTEA ürün ve süreçlerdeki var olan ve potansiyel hatalara ve problemlere karşı önlem almak için oluşturulan bir yöntemdir. Bu yöntem sürecin fonksiyonu ve güvenilirliği açısından hataların etkisini ve bunları önlemenin adımlarını saptamaya yarayan sistematik bir yaklaşımdır. Hata veya arızaların ürüne yansımadan önlem alınmasını sağlama hedefini güder [21].

Bu aşamada bir HTEA projesine ne zaman ve hangi şartlar altında başlanılması gerektiği sorusu akla gelebilir. Daha önce de belirtildiği üzere HTEA bilinen veya potansiyel problemlerin ortadan kaldırılması ile müşteri memnuniyetini arttırmayı amaçlayan bir metodolojidir. Bunu gerçekleştirmek için HTEA mümkün olduğunca erken, hatta bütün gerçekler ve bilgiler mevcut değilken başlatılmalıdır. HTEA'yı uygulayan kişiler bütün bilgilerin toplanmasını beklememelidir. Çünkü bütün veri ve bilgilere hiçbir zaman sahip olunamaz [15].

HTEA uygulamasına başlanabilecek bazı durumlar aşağıda belirtilmiştir [11]:

- Mevcut sistem, tasarım, ürün, proses veya servisler herhangi bir sebeple değiştirilmesinin istendiği durumlarda,
- Yeni sistemler, tasarımlar, ürünler, prosesler veya servisler oluşturulmak istendiğinde,
- Mevcut koşullardaki sistem, tasarım, ürün, proses veya servisler için yeni uygulamalar geliştirilmek istendiğinde,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, proses veya servislerin geliştirilmesinin istendiği durumlarda.

Bu noktada akla gelen bir başka soru da bir HTEA çalışmasının ne zaman sona erdirileceğidir. Normal olarak HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya hizmet var

oldukça HTEA devam eder. Sadece sistem, tasarım, ürün, proses veya servisin sona erdirilmesi veya sürdürülmesi kararı verildiğinde HTEA son bulur.

HTEA uygulamasının sonlandırılacağı bazı durumlar aşağıda sayılmıştır [11]:

- Sistem HTEA, bütün donanımın sınırlarının saptandığı ve tasarımın son şeklini aldığı noktada sonlandırılabilir.
- Tasarım HTEA, üretime geçiş tarihinin kesin olarak saptandığı noktada son bulur.
- Proses HTEA, bütün proseslerin kesin olarak belirlendiği, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarına eklendiği noktada sona erer.
- Servis HTEA, sistem tasarımı ve bireysel görevlerin belirlendiği, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarında adreslendiği anda sona erdirilebilir.

Henüz HTEA uygulaması ile ilgili standart bir uygulama süreci yoktur. Çoğunlukla her işletme kendi organizasyon yapısına göre ve isteklerine göre bir uygulama süreci oluşturmakta ve bu doğrultuda ilerlemektedir [11].

Bu metodun çalıştırılması için dört ön şartın herkes tarafından anlaşılması ve takip edilmesi gerekmektedir.

- Bütün problemler aynı derecede önemli değildir. Burada dikkat edilmesi gereken problemin önceliğidir. HTEA bu önceliği belirlemeye yardım eder.
- HTEA' ya başlamadan önce müşteri belirlenmelidir. Bu genellikle son kullanıcı olmakla birlikte, bir sonraki operasyonda müşteri olarak kabul edilebilir. Bu problemin tanımlanması ve ele alınması için önemlidir.
- Ele alınan proses ve amaç herkes tarafından bilinmelidir. Aksi takdirde yanlış yönlenmeler olabileceği gibi zaman kaybı da ortaya çıkar.
- Önlemeye yönlendirilmiş olmalıdır. HTEA' nın amacı devamlı iyileşme ve düzeltici faaliyetlerin başlatılması olmalıdır. Aksi takdirde yapılan HTEA çalışması statik bir çalısma olarak kalır.

HTEA'ya başlamadan önce aşağıdaki sorulara yanıt verilerek bir plan yapılmalıdır.

- HTEA'dan kim sorumlu olmalıdır?
- Kimler nasıl katılacak?

- HTEA'ya ne zaman başlamalıyız?
- Tasarım geliştirme esnasında HTEA'ya başlamalı mıyız?
- Hata türünün ortaya çıkması ve bulunmasını mı yoksa ortaya çıkması ve nedeninin bulunmasını mı oranlandırmalıyız?
- Göstergelerde hangi oran kriterini kullanmalıyız?
- Ekip fikir ayrılığına düstüğünde oranları nasıl etkili ve doğru bir sekilde birbirinden ayırabiliriz?
- Doğru olarak yapıyor muyuz?

Bu soruların bazıları HTEA'nın temeli ile ilgilidir ve bazıları da HTEA gelişimi sırasında ekip dinamiklerini korumak içindir. Çalışma bitiminde elde edilecek başarı bu sorulara verilen cevaplara bağlıdır [21].

HTEA adımları özetle aşağıdaki gibi sıralanabilir [15]:

1. HTEA kapsamının belirlenmesi
2. HTEA takımının kurulması
3. Sürecin incelenmesi
4. Beyin fırtınası ile olası hata türlerinin belirlenmesi
5. Her hata türü için potansiyel nedenlerin belirlenmesi
6. Potansiyel hata etkilerinin belirlenmesi
7. Risk kodlarının atanması
8. Riskleri azaltmak için önceliklerin belirlenip önlemlerin geliştirilmesi
9. Öngörülen önlemler sonrası hedeflenen risk kodlarının atanması
10. Öngörülen faaliyetler için sorumluların belirlenmesi
11. Faaliyetlerin ve risk durumunun gözlenmesi

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 çalışmada yukarıda çizilen çerçevede HTEA yöntemi ele alınmıştır [15].

### 1.13.1. Başlangıç çalışmaları

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

- HTEA kapsamının belirlenmesi
- HTEA takımının kurulması ve
- HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin incelenmesi [15]

#### 1.13.1.1. HTEA kapsamının belirlenmesi

Çalışmanın başında HTEA'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 HTEA takımının sorumluluklarını da ortaya konmalıdır. HTEA takımı oluşturulduktan sonra da HTEA kapsamı ile ilgili değişikliklere gidilebilir [2].

Daha önce de belirtildiği gibi bir HTEA çalışmasına başlamak için sistem, ürün veya proses için aşağıdaki durumlardan birinin gerçekleşmiş olması gerekir:

- Yeni sistem, ürün ve prosesler tasarlanmıştır.
- Mevcut sistem, ürün ve proseslerde değişiklikler yapılmıştır.
- Sistem, ürün ve prosesler için yeni uygulamalar bulunmuştur.
- Mevcut sistem, ürün ve prosesler için gelişmeler olmuştur.

Çalışma sınırları iki şekilde belirlenir:

- İlk yöntem tasarım veya üretim sürecinin bütün adımlarını içerir, 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.

HTEA 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 değerin sayısal olarak tanımlanmasıdır. Bu şekilde değerlendirme aşamasında önemli kolaylıklar sağlanabilir [15].

#### 1.13.1.2. HTEA ekibinin oluşturulması

HTEA bir takım çalışmasıdır ve tek başına gerçekleştirilemez. Yöntemin grup yerine tek bir kışı tarafından uygulanması durumunda, analizin tamamlanarak bilgilerin HTEA tablolarında yer alması sağlanabilmesine rağmen değerlendirmelerde yanlışlık ortaya çıkabileceğinden istenmez [2]. HTEA çalışmalarının tek bir kişi yerine bir ekip tarafından yapılmasının nedeni subjektif sonuçları ortadan kaldırmaktır.

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

Çalışma ekibi üç ile yedi kişiden oluşabilir. İdeal sayı beş kişidir. Ekibe katılanların incelenen ürün tasarımı, üretimi, montaj ve kontrol işlemleri konularında bilgili ve deneyimli olmaları gerekir. Ekibin doğal üyeleri Ar-Ge, üretim ve kalite temsilcileridir. Ekibin bir lideri vardır [21].

HTEA çalışmasında;

- HTEA 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 [15].

#### 1.13.1.3. HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses ya da servisin incelenmesi

HTEA projelerinin başarıya ulaşabilmesi için, incelenen ürün veya sistem hakkında ayrıntılı bilgiye ulaşılması gerekir. Bu amaç doğrultusunda HTEA'nın konusu detaylı birşekilde incelenir.

İlk olarak ürün veya sistemin fonksiyonları, çalışma ve üretim şekli belirlenir. Fonksiyonların, ürün veya sistemlerin ne işe yardıkları ya da var olma sebepleri ile tanımlanır. Daha kolay anlaşılabilmesi için bilgilerin gösteriminde diyagramlardan (akış diyagramları vb.) yararlanılabilir. Test ve değerlendirme, kalite güvencesi, bütünleşik lojistik destek, sistem emniyeti, tasarım ve geliştirme alanlarında yapılan çalışmalar da HTEA'da yararlanılabilecek önemli kaynaklardır [11].

### 1.13.2. HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar

Başlangıç çalışmaları bitiminde HTEA'nın kapsamı, HTEA'yı yapacak kişiler ve HTEA yapılacak konu hakkında artık ayrıntılı bilgi elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra sıra HTEA yapılacak konu ile ilgili hataların incelenmesine gelir. Bu kısım aslında çoğu zaman inceleme kısmı ile iç içe girmiş durumdadır. Daha sonraki aşamalara önemli ölçüde etki edeceğinden bu aşama titiz bir şekilde ele alınmalıdır [11]. Bu başlık altında aşağıdaki konular ele alınacaktır:

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

#### 1.13.2.1. Olası hata türlerinin belirlenmesi

Daha önce de belirtildiği üzere olası hata türü iç ve dış müşterinin ihtiyaç, istek ve beklentileri ile örtüşmeyen; bir ürün veya prosesin arzulanan fonksiyonunun gereği gibi veya hiç yerine getirilmemesidir [11]. Bir ürün veya sistem hatası parametrelerinin önceden belirlenen sınırlar dışına çıkması sonucu beklenen işlevlerini yerine getirme yetersizliğidir. Bir sistem bir ürün veya bir birim için hata, sahip olunması gereken özelliklerden bir sapma veya istenen işlevi yerine

getirememe veya eksik yerine getirme durumudur [22]. Hata kategorisi olarak da kullanılmaktadır. Hata türü, fiziksel özellikler ile tanımlanır. Olası hata türünü belirlerken, hatanın ortaya çıkabileceği fakat ortaya çıkmasının gerekmeyeceği kabulü yapılır. Olası hata türü, genellikle hatanın ortaya çıkma türü ve sistemin çalışmasındaki etkisinin tanımını içerir [11].

Sonuçlarına göre hatalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir [22]:

- Felaket getirici hata, önleme veya sistem üzerinde çok büyük hasara yol açan hatalardır.
- Kritik hata, ciddi yaralanma, büyük mal kaybı ve sistem üzerinde büyük hasara neden olan hatalar
- Küçük hata, küçük yaralanma, küçük mal kaybı veya küçük sistem hasarına neden olan hatalardır.
- Çok küçük hata, yaralanma, mal kaybına, sistem hasarına neden olmayan planlanmamış bakım ve tamir gerektiren hatalardır.

Hata gözükme sıklığına göre hatalar [22]:

- Sık sık gözüken hata, gözükme olasılığı>0.20
- Oldukça çok gözüken hata, 0.10<gözükme olasılığı <0.20
- Arasıra gözüken hata, 0.01<gözükme olasılığı<0.10
- Oldukça az gözüken hata, 0.001<gözükme olasılığı<0.01
- Son derece az gözüken hata, gözükme olasılığı<0.001

Zamana göre hatalar [22]:

- Ani hata
- Kademeli hata

Nedenlerine göre hatalar [22]:

- İnsangücünden kaynaklanan hata
- Malzemeden kaynaklanan hata
- Makinadan kaynaklanan hata
- Yöntemden kaynaklanan hata
- Ölçme yöntemlerinden kaynaklanan hata
- Yönetimden kaynaklanan hata

İnsan hataları [22]:

- İstenen görevi yerine getirememe
- İstenen görevi yanlış olarak yerine getirme
- İstenen görevi yanlış sırada yerine getirme
- İstenmeyen görevi yapma

Makine hataları [22]:

- Teknolojik değişiklikten dolayı oluşan hata
- Uygunsuz kullanımdan oluşan hata
- Yapısal değişiklikten oluşan hata

Malzeme hataları [22]:

- Aşırı zorlanma hataları
- Aşınma-eskime hataları

Olası hata türleri saptanırken cevap aranan sorulardan bazıları şöyle sıralanabilir [2]:

- 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?

HTEA 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 [15].

Hata türleri bulunurken sistemin her bileşenine odaklanmak HTEA takımının işini çok zorlaştıracaktır. Böyle bir durumdan kaçınmak için değişik araçlar kullanılabilir [15]:

- Hata türlerini çeşitli kategorilere ayırıp organize etmek için ilişki diyagramlarından yararlanılabilir.

- Balık kılçığı diyagramı ise hataları kategorilere ayırmada ve her kategorideki hataların nedenlerini doğru olarak saptamada yardımcıdır.

Hata türlerini belirlemek için [2];

- Müşteri şikayet raporları,
- Test raporları,
- Garanti verileri,
- Güvenilirlik analizi sonuçları,
- Benzer ürün ve sistem bilgileri,
- Benzer ürünler için daha önceden yapılmış HTEA çalışmaları sonuçları,
- Simülasyon çalışmaları sonuçları gibi kaynaklardan sağlanan bilgilerden yararlanılır.

Olası hata türlerine örnek olarak, kırılma, deforme olma, korozyona uğrama, açılmama, kapanmama, aşınma, delinme, sıkışma, hızın ayarlanamaması verilebilir [2].

#### 1.13.2.2. Olası hata etkilerinin belirlenmesi

Olası hata türlerinin belirlenmesi için beyin fırtınası tekniği kullanılmalıdır. "Beyin Fırtınası" etkinliği, tartışma becerilerinin ön plana çıkarılarak sorun çözme becerilerini geliştirme amacı güden bir tekniktir. Osborn, uyguladığı beyin fırtınası seanslarında her tür eleştiri ve değerlendirmenin kişilerin hayal gücünü engellediğini gözlemlemiştir; çünkü fikir üretme ve eleştiri aynı anda gerçekleşmez. Bir başka deyişle, beyin fırtınası; hayal yoluyla fikir elde etmede kullanılan yaratıcı bir tekniktir. Beyin fırtınası, bir konuya çözüm getirmek, karar vermek ve hayal yoluyla düşünce ve fikir üretmek için kullanılan yaratıcı bir tekniktir. Buna, "buluş fırtınası" da denilmektedir. Bu yöntemde çok sayıda fikir, bir grup insandan kısa bir zaman süreci içinde elde edilir. Orlich ve Arkadaşları tarafından yaratıcılığı geliştirme, uyarılma ve teşvik edilme, fikir-görüş kazandırma, öğretimsel amaçlarıyla, tartışma becerilerinin öğrenildiği bir etkinlik olarak tanımlanmaktadır.

Bir takım, bu teknikle çalışmayı becerebilirse, etkili bir takım çalışması için yaşamsal önemde olan bir tür "temiz iletişim" kapasitesini de geliştirmiş olur. İyi bir beyin fırtınasına katılmak, insanın kendine güvenini arttırır ve eğlencelidir. Beyin

fırtınası tekniğinde, herkesin katılımı eşit bir zeminde teşvik edildiği için, oturumlar, takımın birliğini sağlar.

Beyin fırtınası tekniği, belirli bir konu ya da sorunla ilgili, değişik görüş elde etmek istendiği zaman da uygulanabilir. Bu tekniğin diğer bir kullanılış şekli de varsayımda bulunmaktır. Beyin fırtınası, birçok öğretim tekniğinde kullanılabilecek etkili bir yaratıcı düşünme, yöntemidir. Bu tekniğin temel ilkeleri şunlardır: Bir problem çözmekle görevlendirilen bir grubun üyeleri mümkün olduğu kadar çok fikir ileri sürerler. Dile getirilen her çözüm teklifi, diğer grup üyelerini daha yeni ve iyi buluşları ortaya çıkarmaya yöneltir; ancak ortaya atılan fikirlerin ayrıntılı bir şekilde açıklanması ya da savunulması istenmez. Sadece fikirlerin mümkün olduğu kadar hızlı ifade edilmesi, yazıya geçirilmesi ve sonra sükunetle değerlendirilmesi istenir. Beyin fırtınası etkinliğinin, yaratıcı düşünme ve imgeleme sağlaması için dört temel koşulu sağlaması gerekir [23].

- Eleştiri, kapı dışında bırakılır. Kişinin hayal gücünü kullanabilmesi ve zihninde imgeleme yapabilmesi için düşüncelerinin yargılanacağı endişesinden uzak olması gerekir.
- Sınırsız düşünme. Üretilen fikirlerin garip olmasından çekinilmez, aksine bu tür fikirler teşvik edilir. Garip fikir ve düşünceler, yeni çözüm yollarının ortaya çıkmasına yardımcı olur.
- Nicelik aranır. Temel prensip, mümkün olduğunca çok sayıda fikir üretmektir. Amaç, iyi bir çözüm bulma olasılığını arttırmaktır.
- Kombinasyon ve gelişme aranır. Bu şekilde, düşünce listesi daha da uzar. Beyin fırtınası seansında; öğrenciler birbirlerinin fikirlerinden etkilenerek, esinlenerek değişik imgelemeler yaratacaklardır.

Aşağıdaki soruları sorarak beyin fırtınası ile diğer olası teknikler araştırılır [21]:

- Bu hata türünün sebebi hangi yolla tanınabilir?
- Bu sebebin oluştuğu nasıl ortaya çıkarılabilir?
- Bu hata türü hangi yolla tanınabilir?
- Bu hata türünün oluştuğu nasıl ortaya çıkarılabilir?

Beyin fırtınası yöntemi HTEA çalışmalarında hata modlarının belirlenmesinde, bu hata modlarının meydana gelmesi oluşacak etkilerin belirlenmesinde, sonuçların değerlendirilip gerekli önlemlerin alınması aşamalarında kullanılmaktadır [21].

Uygulanışı [23];

- Konuşulanları ve görüşleri yazacak bir sekreter seçilmelidir.
- Bu teknikle işlenecek olan problem sunulmalıdır.
- Sınıfa, akıllarına gelen herhangi bir fikri, mantık ölçülerine vurmadan söylemelerinin gereği belirtilmelidir.
- Tekniğin devamı esnasında eleştirilere yer verilmemelidir.
- Tartışmanın sonunda, fikirler taranıp değerlendirmesi yapılmalıdır.
- Son olarak, problem için uygun olan çözüm biçimi özetlenmelidir.

Yöntem uygulanmadan önce, katılımcılar "U" şeklinde düzenlenmiş sınıf düzeninde yerleştirilirler ve herkesin görebileceği şekilde iki havuz oluşturulur. Bunlardan ilki, "sorun", diğeri, "çözüm" havuzudur. Sorun, analiz edilir ve çözüm seçenekleri üretilir. Tanımlanan sorun ve üretilen çözüm seçeneklerini numaralamakta yarar vardır. Katılımcı sayısı, 6-12 kişi olarak önerilmektedir.

Tekniğin üstün yönleri bulunduğu gibi eksik yönü de bulunmaktadır. Olumlu yönleri şunlardır: Yaratıcılığı özendirir ve geliştirir, sınıf faaliyetlerine çeşni katar ve zevkli bir hava getirir ve herkes aklına geleni söylediği için gerilimi azaltır. İyi bir beyin fırtınasında, fikirler başka fikirleri doğurur ve yaratıcılık seli etrafı sarar. Bunu yapabilmenin yolu, şu basit iki kurala uymaktan geçer:

a. Hiçbir fikrin üzerinde durulmaz.

b. Her fikir kaydedilir: "Kötü fikir yoktur".

HTEA için yapılan beyin fırtınası tekniğinde dile getirilen olası hata türleri tek tek ya tahtaya ya da bir sayfaya yazılır. Ta ki ekipteki kişiler pes edinceye kadar bu fikirler alınmaya çalışılır. Sonra fikirlerin sağ tarafına üç tane sütun açılır. Birinci sütun olasılık, ikinci sütun şiddet ve üçüncü sütun ise bulunabilirliliği temsil eder. Sonra bu üç sütunun çarpımı olan ve başlığı RÖS olarak adlandırılan bir RÖS sütunu eklenir [23].

Olası hata etkilerini saptamada kullanılan kaynaklardan bazıları şöyle sıralanabilir [11]:

- Müşteri şikayetleri
- Garanti verileri
- Benzer ürün için daha önce yapılmış olan ya da şu an yapılmakata olan HTEA sonuçları
- Güvenilirlik verileri
- İlgili deney çalışmalarının sonuçlarından elde edilen veriler

Olası hata etkilerine, gürültü, arızalanmaya yatkınlık, tekrar kullanılamama, kazaya yatkınlık, müşteri memnuniyetsizliği, kötü görünüş, uyumsuzluk, yasalara aykırı durum, aşırı çaba isteme, imaj kaybı, yaralanma veya ölüm, yanlış işlem, kesintili işlem, tamir edilemeyen işlem, düşük performans, fonksiyonun yerine getirilememesi örnek olarak verilebilir [15].

#### 1.13.2.3. Olası hata nedenlerinin belirlenmesi

Bu aşamada, gerçekleşmesi olası hatalara nelerin yol açtığı incelenir.

Olası hata nedenleri belirlenirken aşağıda belirtilen noktalar dikkate alınmalıdır [11]:

- Bir hatanın sebebi başka bir ya da birden fazla hata türüne yol açabilir.
- Birden fazla hata nedeni tek bir hata türüne neden olabilir.
- Bir hata nedeni bir veya birden çok faktörün bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkabilir.

Hata nedenlerinin belirlenmesinde balık kılçığı diyagramı ve 3M + 1İ (Makine, malzeme, metot ve insan) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar dışında, geçmiş dönemlere ait kayıtların tutulduğu veri bankaları, hata ağacı analizi, blok diyagramları, yaratıcılık yöntemleri de kullanılmaktadır [15].

Olası hata nedenlerine, aşırı yüklenme, aşırı zorlanma, dengesizlik, uygun olmayan bakım talimatları, yanlış tanımlanmış malzeme kalınlıkları, yanlış kullanım, kötü çevre koşulları, yanlış malzeme seçimi, uygun olmayan tasarım ömür kabulü, işgücünün eğitim yetersizliği, makine ayarsızlıkları, operatör hatası, proses ve kalite kontrollerinin yapılmaması verilebilir [2].

#### 1.13.2.4. Mevcut kontrollerin belirlenmesi

Mevcut kontroller HTEA çalışması süresince söz konusu hata türünün ortaya çıkmasını veya müşteriye ulaşmasını önlemek için kullanılmakta olan mekanizmalardır [2].

HTEA çalışmasında ele alınması gereken kontroller sadece olası hata türünün saptanabilme derecesini bulmada katkısı bulunacak kontrollerdir. Bir hatanın ortaya çıkmasını önlemek veya azaltmak için yapılan kontroller ortaya çıkma derecesini bulmada katkı sağlarlar [11].

Çalışma esnasında olası hatalardan bazıları için herhangi bir kontrol mekanizmasının olmadığı ya da yetersiz olduğu ortaya çıkabilir. Bu durum mutlaka belirtilmelidir.

İşletmelerde yapılan ağırlık, boyut kontrolleri, çalışırlık testleri, kaçak kontrolleri, gözle muayeneler vb. önlemler mevcut kontrollere örnek gösterilebilir [15].

### 1.13.3. Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenerek risk öncelik sayılarının belirlenmesi

'Bölüm 1.12 HTEA Öğeleri' kısmında bu konuya detaylı olarak girilmiştir. Ve bu değerlerin ne şekilde hesaplandığı anlatılmıştır. Bu nedenle kısaca değinilecektir.

Olası hata türleri, etkileri, nedenleri ve mevcut kontroller belirlendikten sonra sıradaki süreç hata türlerinin kritiklik durumlarına göre değerlendirilmesidir. HTEA uygulamaları devam ettiği sürece, her bir HTEA çalışması sonucunda alınan önlemler işleme konuldukça ve yeniden HTEA uygulandıkça sıfır hata prensibine biraz daha yaklaşılmış olunacaktır.

Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenirken kullanılacak yöntem HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin durumuna göre seçilir. Tasarım ve proses HTEA yapılırken değerlendirmede kullanılacak yöntemlerin seçiminde yararlanılabilecek faktörler ve seçim kriterleri Tablo 1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.6. Tasarım ve proses HTEA' da değerlendirme için kullanılacak yöntemlerin seçim kriterleri [11]

| Eğer | Kullanılan |
|---|---|
| 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 |
| Tasarımın veya benzerlerinin hata kayıtları mevcutsa | Güvenilirlik, tasarım ve gerçek dağılımlara dayanan geçmiş veriler, matematiksel modeller, simülasyon, kümülatif veriler ve/veya hata oranları |
| Tasarım yeni ise ve/veya sayısal veriler mevcut değilse | Takım yargısı |
| Proseste istatiksel proses kontrol uygulanıyorsa | İstatiksel veriler, güvenilirlik verileri, proses yeteneği, mevcut dağılımlar, matematiksel modeller, simülasyon |
| 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 |
| Hatalarla ilgili geçmiş veriler varsa | Güvenilirlik, tasarım ve gerçek dağılımlara dayanan geçmiş veriler, matematiksel modeller, simülasyon, kümülatif veriler ve/veya hata oranları |
| Proses yeniyse ve/veya mevcut sayısal hiçbir veri yoksa | Takım yargısı |

### 1.13.3.1. Olasılık değerlerinin belirlenmesi

Hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir olası hata türünün gerçekleşmesi olasılığı ile ilgilidir. Ortaya çıkma olasılık değerini belirlemek için iki farklı yaklaşım vardır. Birincisi, bir hata türü için ortaya çıkma olasılık değerini belirlemektir. Diğerinde ise olasılık değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya çıkan hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı esas alınır. Bu durumda olasılık değeri, hata nedeni ortaya çıkma olasılığı P1 ile hata nedeni oluştuktan sonra bunun hata türüne yol açması koşullu olasılığı P2/1'in çarpımı ile bulunur.

Hata sıklığını belirlemek için güvenilirlik çalışması esas alındığında, ele alınan bileşenin ömrü boyunca beklenen hata sayısı (BHS) veya 100 veya 1000 bileşen için birikimli bileşen hata sayısı (BHS/100 veya BHS/1000) gibi ölçü değerlerinden yararlanılır. Hata nedeninin oluşma olasılığı istatistiksel yöntemlerden yararlanarak belirlenir. Her bir nedenin, hata türünün oluşmasındaki katkısı ise varyans analizi, Taguchi teknikleri, Bayes analizi gibi istatistiksel yöntemlerle veya benzer ürünlerin verilerinden yararlanarak belirlemek mümkündür. Veri tabanları oluşturulmamışsa ve hesaplama yöntemleri kullanılmıyorsa, grup üyelerinin deneyimlerinden yararlanılarak olasılık değerlerini kestirmeleri istenir [20].

### 1.13.3.2. Ağırlık (şiddet) değerlerinin belirlenmesi

Ağırlık, olası hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir. Hata şiddeti etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Hatanın etki düzeyi arttıkça şiddeti de artar. Ağırlık derecesini belirlemek için kullanılan veri kaynakları hata etkisini belirlemede kullanılanlarla aynıdır [2]. Hata ağırlığını belirlemek için müşteri anketlerinden, geri dönen ürünlerle ilgili tutulan kayıtlarından, geçmiş dönemlerde benzer ürün veya sistemler için tutulan kayıtlardan, laboratuar deneyleri veya simülasyon çalışmaları sonuçlarından ve analizi gerçekleştiren kişilerin deneyimlerinden yararlanılır. Hata şekillerinin olası sonuçlarını, niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmek amacıyla sınıflandırma yapılır. Ağırlılık sınıflandırması olarak adlandırılan bu sınıflandırmada analiz edilen her birimin, ürünün veya sistemin hata türünün sonuçlarının kayıp yönünden ifadesidir. Kayıplar sistemin hasar görmesi, fonksiyonunu yitirmesi can kaybı, yaralanma şeklinde ortaya çıkar. Kayıp miktar ve çeşitleri, hata etkisinin derecesini belirler. Etki derecelerini belirlemek için aynı zamanda sistemin girdi ve çıktılarındaki kayıpları esas alan tanımlar da kullanılabilir [20].

### 1.13.3.3. Saptanabilirlik (farkedilebilirlik) değerlerinin belirlenmesi

Saptama, mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir .Olası hatanın, bir sonraki aşamada veya son müşterinin kullanımı esnasında ortaya çıkacağı varsayıldığından, öngörülen saptama önlemlerinden geçmiş olması gerekir. Bu sebeple, saptama ile ilgili olasılık değeri, ortaya çıktığı varsayılan hata nedeninin ya da şeklinin müşteriye ulaşamama olasılığı olarak

tanımlanır [2]. Bazı işletmelerin olasılık değerini, hatanın müşteriye ulaşmama olasılığı olarak aldığı görülmektedir. Olasılık değerleri, analiz edilen birimlerin benzerlerinin, geçmiş dönem verilerinden, ürün iç denetlemelerinden bulunabilir. Olasılık durumu kestirilemediği durumlarda ona bir değer verebilmek için grup üyelerinin deneyimlerine başvurulur [20].

#### 1.13.3.4. Risk öncelik sayısının belirlenmesi

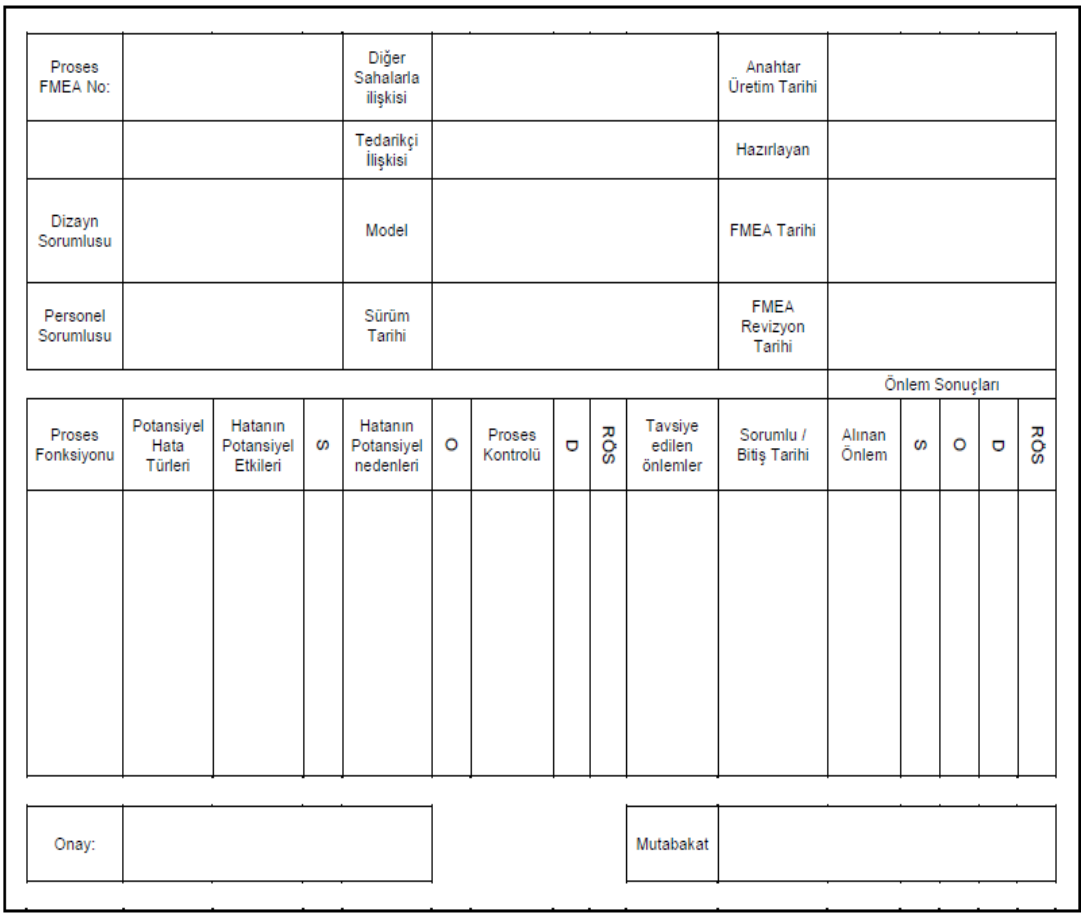
RÖS, kritiklik sayısı göstergesidir olup, her bir hata türü veya nedeni için ortaya çıkma, önemlilik ve saptama gibi üç risk faktörü esas alınarak belirlenen sayısal değerdir. RÖS değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılık olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında atanan değerleri alınır. RÖS ile her bir hata türü için riskler tanımlandığından en büyük RÖS' e sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması, kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir [20].

#### 1.13.3.5. HTEA formu

HTEA çalışmasında elde edilen bilgileri düzenli olarak tutabilmek ve HTEA sürecini kolaylaştırmak için HTEA formlarından yararlanılır. HTEA formlarında, HTEA türü, HTEA no' su, HTEA sorumlusu, Ürün/Sistem/Servis adı, HTEA 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 HTEA formu aşağıda Şekil 1.9'da verilmiştir [15].

HTEA formunda yer alan bilgiler ve bunları doldururken dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda verilmiştir [21];

- HTEA No: İzleme amacıyla kullanılmak üzere HTEA'ya bir numara verilir.
- Parça Adı: Sistem, alt sistem ya da prosesinin analiz edileceği parçanın adı girilir.
- Proses Sorumluluğu: Departman ve grubu girilir. Ayrıca eğer biliniyorsa tedarikçi de eklenir.
- Hazırlayan: HTEA'yı hazırlamaktan sorumlu mühendisin adı, telefonu ve firmasının adını girilir.



| Proses FMEA No: | | Diğer Sahalarla ilişkisi | | Anahtar Üretim Tarihi | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Tedarikçi İlişkisi | | Hazırlayan | |
| Dizayn Sorumlusu | | Model | | FMEA Tarihi | |
| Personel Sorumlusu | | Sürüm Tarihi | | FMEA Revizyon Tarihi | |

| | | | | | | | | | | | Önlem Sonuçları | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proses Fonksiyonu | Potansiyel Hata Türleri | Hatanın Potansiyel Etkileri | S | Hatanın Potansiyel nedenleri | O | Proses Kontrolü | D | RÖS | Tavsiye edilen önlemler | Sorumlu / Bitiş Tarihi | Alınan Önlem | S | O | D | RÖS |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

| Onay: | | Mutabakat | |
|---|---|---|---|

Şekil 1.9. HTEA Formu[15]

- Model Yıl(lar)/Program(lar): Analiz edilecek tasarım/prosesten etkilenecek olan söz konusu model yıl/programlar girilir (Eğer biliniyorsa).
- HTEA Başlama Tarihi: Programlanmış üretim başlama tarihinden geç olmamalıdır. Not: Tedarikçiler için, başlama tarihi Üretim Parça Onay Prosesi sunuş tarihini aşmamalıdır.
- HTEA Tarihi: Orijinal HTEA'nın düzenleme tarihi ve son revizyon tarihi girilir.
- HTEA Ekibi: Görevleri tanımlayacak ve/veya yerine getirecek olan yetkili kişiler, departmanlar girilir.(her bir grup üyesinin adı, departmanı, telefonu, adresi, v.s. gibi bilgilerinin dağıtım listesinde yer alması tavsiye edilir.)
- Proses Faaliyet / Şartlar: Analiz edilecek proses ya da operasyon kısaca tanımlanır. (Kıvırma, delme, kaynak, montaj gibi…) Buna ilave olarak, analiz edilen adım için ilişkili proses / operasyon numarasının da eklenmesi tavsiye edilir.
- Potansiyel Hata Türü: Potansiyel Hata Türü, prosesin, 'Proses Faaliyet / Şartlar' kolonunda tanımlanan proses gereklerini yerine getirmeyi engelleyecek potansiyel

başarısızlık olarak tanımlanabilir. Söz konusu operasyondaki bir uygunsuzluğun tanımıdır.

- NOT: Potansiyel hata türleri, müşteri tarafından farkedilebilecek bulgular biçiminde değil; fiziksel ya da teknik terimlerle ifade edilmelidir.
- Hatanın Potansiyel Etkileri: Hatanın Potansiyel Etkileri, hata türünün müşteri(ler) üzerindeki etkileri olarak tanımlanır. Müşterinin bir iç müşteri ya da son kullanıcı da olabileceğini gözeterek, müşterinin neyi fark edebileceği ya da yaşayabileceğini ifade ederek etkileri tanımlanır. Bu noktada her bir hata türünün tek bir etkisi ve sebebi olabileceği gibi etkiler ve sebepler birden fazla da olabilir ve çalışmaların çoğunda karşılaşılan durum bu yöndedir.
- Şiddet: Şiddet, bir hata türünün en ciddi etkiye göre derecelendirilmesidir. Şiddet derecelendirilmesinde bir azalma, sisteme, alt sisteme ya da ürüne yönelik bir tasarım değişikliğinden, ya da prosesin yeniden tasarlanmasından etkilenir.
- Sınıflandırma: Bu kolon, her hangi bir özel ürün ya da proses karakteristiğini (kritik, anahtar, önemli gibi…) parçalar, alt sistemler ya da, ilave başka proses kontrolleri gerektirebilecek sistemler için sınıflandırmada kullanılabilir.
- Hatanın Potansiyel Sebepleri / Mekanizmaları: 'Hatanın Potansiyel Sebepleri/ Mekanizmaları', düzeltilebilecek ya da kontrol edilebilecek bir durumun, hatanın oluşmasına nasıl yol açabileceğinin tanımıdır.
- Olasılık: Olasılık, söz konusu hataya yol açabilecek olan neden / mekanizmanın ortaya çıkabilme olasılığıdır. Olasılık derecesi, kesinden ziyade bağıl bir deger ifade eder. Hataya yol açan neden/mekanizmayı bir tasarım ya da proses değişikliği ile önlemek ya da kontrol etmek, bu derecelendirmenin azaltılmasının yegane yoludur.
- Mevcut Kontroller: Mevcut kontroller, hata nedeninin/mekanizmasının oluşumunu büyük olasılıkla önleyebilecek olan, ya da çıkarabilecek olan kontrollerdir diye tanımlanabilir.
- Saptama: Saptama, proses kontrol kolonunda listelenmis en iyi saptamaya göre belirlenmiş olan bir derecelendirmedir. Saptama, her bir HTEA kapsamında göreceli bir değerdir. Daha düşük değerlere ulaşabilmek için, planlanan proses kontrolün geliştirilmesi gerekir.
- RÖS Değeri: RÖS, şiddet, olasılık ve saptamanın çarpımıdır.

(Şiddet * Olasılık * Saptama = RÖS) HTEA kapsamında bu sayı, (1-1000) prosesin risk durumunu derecelendirmede kullanılabilir.

- Önerilen Faaliyetler: Önleyici/Düzenleyici faaliyetlerde mühendislik değerlendirmeleri öncelikle yüksek şiddet, yüksek RÖS ve takım tarafından belirlenmiş olan konulara yönlendirilmelidir. Önerilen herhangi bir faaliyetin amacı, sırasıyla, şiddet, olasılık ve saptama değerlerini azaltmaktır.
- Sorumlular ve Termin: Önerilen faaliyetten sorumlu kişiyi ve termin tarihi bu kolona yazılır.
- Yapılan Faaliyet: Faaliyet uygulandıktan sonra, faaliyetle ilgili kısa bir açıklama ve faaliyetin yürürlük tarihi girilir.
- Faaliyet Sonuçları: Önleyici/düzeltici faaliyet tanımlandıktan sonra, ulaşılan şiddet, olasılık ve saptama dereceleri değerlendirilir ve kaydedilir. Yeni RÖS değeri hesaplayıp kaydedilir. Eğer hiçbir faaliyet yapılmadıysa bu kısım boş bırakılır. Önerilen faaliyetler hatanın ortaya çıkma olasılığını azaltıcı, etkisini azaltıcı veya keşfedilebilirliğini arttırıcı yönde olabilir.

### 1.13.4. 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 [2].

#### 1.13.4.1. 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 [2].

HTEA uygulamalarında RÖS değerlerine göre düzeltici önlem alma kararları şu ölçütlere göre yapılmaktadır [2]:

- RÖS < 40 ise önlem almaya gerek yoktur.
- 40 ≤ RÖS ≤ 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 [15].

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 [11].

#### 1.13.4.2. Alınacak önlemlerin belirlenmesi

HTEA çalışması sonucu alınacak önlemlerde amaç RÖS değerini aşağıya çekmektir. Bunun içinde risk faktörlerinin derecelerini (uygulamalarda genellikle kullanılan ortaya çıkma, ağırlık ve saptama faktörlerinin değerlerini) küçültecek önlemler alınır [15].

Ortaya çıkma derecesini küçültecek önlemler arasında [11],

- Planlar, şartnameler,
- Üretim yöntemleri, üretim akış yöntemleri,
- Organizasyon,
- Tasarımlar,
- Çevre ve koruma koşullarında değişiklikler yapmak sayılabilir.

Ağırlık derecesini düşürmek için ise, ürün veya sistem tasarımı üzerinde değişiklikler yapılmalıdır. Bazı durumlarda ağırlık derecesi değiştirilemeyebilir [11].

Saptama faktörü için belirlenen dereceyi küçültmek için de şunlar yapılabilir [11]:

- Kontrol sıklıkları arttırılır,
- Kontrol yönteminin güvenilirliği artırılır,
- Uygun olmayan parçaların bir sonraki müşteriye ulaşmasını önleyecek fiziksel olanaklar sağlanır.

RÖS değerini düşürmede hangi faktörün değerinin düşürüleceği faktörün aldığı değer ve yapılacak iyileştirmenin maliyeti düşünülerek seçilir [15].

### 1.13.5. Önlemlerin uygulanması

Önlemlerin uygulamaya konması, HTEA'nın dinamik aşamasını oluşturur. 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 HTEA uygulamasına başlanabilir [2].

## 1.14. HTEA ile İlgili Literatür Taraması

HTEA tekniği çok uzun yıllardır kullanılan bir tekniktir. Bu nedenle bu konuda yapılmış olan birçok çalışma bulunmaktadır. Otomotiv sektöründen sağlık sektörüne, eğitim sektöründen hizmet sektörüne kadar birçok alanda yüzlerce çalışma yapılmıştır. Bu bölümde bazı örnek çalışmalar ve sonuçlarına yer verilmiştir.

Namdari ve arkadaşları [24], 2011 yılında yaptıkları çalışmada, saban ile toprak işlemede yakıt tüketimini optimize etmek amacı ile HTEA tekniğini kullanmışlardır. Bu işlem tarımda en fazla enerji gerektiren işlemdir. HTEA uygulanması sonucunda alınan tedbirler uygulanmış ve % 16,4 oranında bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Kumar ve Arkadaşları [25], 2011 yılında yaptıkları bir çalışmada HTEA tekniğini ele almışlar ve bir dökümhanede uygulamışlardır. Çalışmanın amacı dökmhanedeki ret sayılarını %5'in altına düşürmektir. Çalışma sonucunda, ret oranı %5,82'den %3,75'e düşürülebilmiştir. Bu da %36'lık bir iyileştirme sağlandığı anlamına gelmektedir.

Prajapati [26], 2011 yılında yaptığı çalışmasında HTEA tekniğini ele almış ve otomotiv endüstrisinde hava emme manifoldu ve yakıt püskürtme pompası üretiminde bir uygulama gerçekleştirmiştir. HTEA tekrarı yapılmamış olduğu için sonuçlar konusunda kesin bilgi bulunmamaktadır; fakat her iki ürünün potansiyel

hataları ve RÖS değerleri belirlenmiş ve HTEA sonucunda aksiyonlar ve tedbirler alınmıştır.

Sofyalıoğlu [6], 2011 yılında yapmış olduğu çalışmasında HTEA tekniğini ele almış ve radyatör üretim sürecinde uygulanmasını sağlamıştır. Çalışma sonucunda RÖS değerleri 98 ve üzeri olan 4 tip hata için önlem alınmasına karar verilmiştir. HTEA ikinci kez tekrarlanmadığından aksiyonların etkileri gözlenememiştir.

Prostean ve arkadaşları [27], 2010 yılında yaptıkları çalışmada HTEA tekniğini ele almış ve rüzgar türbini montaj prosesinde bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, 1. Tur HTEA gerçekleştirildiğinde RÖS değeri 126 iken alınan önlemler ve aksiyonlar gerçekleştirildikten sonra 2. Tur HTEA'da bu değer 72'ye düşmüştür. Bu da yaklaşık %43'lük bir azalmaya eşittir.

Yaylalı [2], 2008 yılındaki çalışmasında damlalık ve damla sulama borusu üretimi yapan bir işltemenin 4 tane üretim prosesini HTEA yöntemi ile incelenmiştir. Proseslerde toplam 49 tip hata tespit edilmiş, bunlardan 11 tanesinin RÖS değerleri tespit edilmiştir. RÖS değeri 40'ın üzerinde olan 6 adet hata türü için önleyici faaliyet gerçekleştirilmiştir. Önleyici faaliyetlerin sonucunda RÖS değerleri 40'ın altına düşürülmüştür.

Kumru ve Kumru [28], yapmış oldukları HTEA çalışmasında bir devlet hastanesinin satın alma prosesini incelemişlerdir. 28 çeşit hata türüne ulaşılmış ve bunlardan 20 tanesi için aksiyon alınmasına karar verilmiştir. Geleneksel HTEA ile bulanık mantık karşılaştırılmıştır. Proje uzun bir zaman gerektirdiği için, alınan aksiyonların sonuçları çalışmada yer almamaktadır; fakat tedarik süresinde %20'lik, işgücü tarafından harcanan zamanda ise %15'lik bir azalma öngörülmektedir.

Dırağ [3], 2008 yılında yaptığı çalışmasında bir işletmede dikim prosesini HTEA yöntemi ile incelemiştir. Çalışma sonucunda alınan aksiyonlar uygulanmış ve %36'lık bir iyileştirme sağlanmıştır.

Şamur [8], 2005 yılında yaptığı çalışmada otomaotiv servislerinde HTEA uygulaması gerçekleştirmiştir. Yapılan düzeltici ve önleyici faaliyetler ile birlikte

RÖS değeri 6 tip hata türünün tamamında ortalama olarak %50'den fazla iyileştirme sağlanmıştır.

Durhan [15], 2006 yılındaki çalışmasında spiral kaynaklı çelik boru üreten bir işletmenin üretim prosesini HTEA yöntemi ile incelemiştir. Tüm hata türlerinde RÖS değerleri ortalama olarak %50'nin üzerinde bir iyileştirme sağlanmıştır.

Çeber [17], 2010 yılındaki çalışmasında deterjan üreten bir işletmenin toz deterjan üretim prosesini HTEA tekniği ile incelemiştir. Çalışma sonucunda alınan aksiyonlar uygulamaya sokulmuş ve %95'lik bir iyileşme sağlanmıştır.

Kaynaklar ve araştırmalar, HTEA yönteminin kullanılması ile birçok alanda meydana gelebilecek olası hatalarda oldukça fazla iyileştirme sağlanabileceği belirtilmektedir. Bunun doğruluğunu kanıtlamak amacıyla bir literatür taraması gerçekleştirilmiş ve çeşitli alanlarda yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. İncelenen çalışmaların tamamında yukarıda da görüldüğü gibi oldukça yüksek iyileştirme değerleri elde edilmiştir. Bu da yöntemin güvenilir olduğunun bir kanıtıdır. Bu nedenle bu yöntemin otomotiv sektöründe de kullanılmasının etkili ve güvenilir olduğuna karar verilmiş ve uygulamanın getireceği katkılar düşünüldüğünde uygulanmasına karar verilmiştir.

## 2. PROSES HTEA'NIN OTOMOTİV KABLOSU ÜRETEN BİR İŞLETMENİN KABLO KESİM SÜRECİNE UYGULANMASI

HTEA'nın 1950'li yıllarda ilk kez kullanılmasının ardından, günümüze kadar çok değişik alanlarda kullanılmıştır; çünkü bu yöntemin çok büyük bir ihtiyaç olduğu tüm sektörlerce kabul görmüştür. Günümüzde hala geçerliliğini ve etkisini korumaktadır. Yöntemin bu kadar kabul görmesinin sebebi, olası hataların ortaya çıktıktan sonra etkilerinin çok yıkıcı olabilme ihtimalidir. Bu yöntem ile hata her ne olursa olsun, daha meydana gelmeden önüne geçilmesi planlandığından ve önleyici tedbirler alındığından, hataların meydana getireceği yıkıcı etkiler ortadan kaldırılmış olur. Bu yöntem, bazı sektörlerde çok gerekli görülmeyebilir; fakat ürünlerin çok pahalı olduğu veya can güvenliğinin çok yüksek olduğu alanlarda yöntemin uygulanması kaçınılmazdır. Örnek olarak uçaklar, uzay araçları, sağlık sektöründe ilaçlar, makineler ve otomobiller verilebilir. Bu sektörlerin tamamı kaliteyi, elde edecekleri kardan daha önemli görmektedir. Çünkü meydana getirdikleri ürünler, insan hayatı ile doğrudan ilgilidir.

Sayılan birçok sebepten dolayı çalışmanın otomotiv sektöründe yapılmasına karar verilmiştir. 1970'lerde HTEA otomotiv sektöründe riskleri en aza indirmek ve güvenlik ile araç performansını iyileştirmek amacı ile uygulanmaya başlanılmıştır. Günümüz ortamında kuruluşlar HTEA'yı aynı amaçları sağlamak için kullanmaya başlamışlardır. Tekniğin etkin biçimde kullanılması ile yeni ürünler pazara daha hızlı, daha kaliteli ve daha düşük maliyette sunulabilmektedirler. Yeni bir ürünü oluştururken, bir üretim sürecini yeniden yapılandırırken veya bir projeye başlarken, ürün ve süreçlerde olası hata türlerini ortadan kaldırmak amacı ile her zaman kullanılabilecek ve faydaları kanıtlanmış olan teknik HTEA'sır. Ayrıca günümüz otomotiv üreticileri bu tekniği, mevcut ürün ve proseslerin iyileştirilmesi için kullandıkları gibi, yeni ya da değiştirilmiş ürünlerin devreye alınmasında da kullanmaktadırlar. Ayrıca tedarikçilerinin de mutlaka uygulamasını şart koşmaktadırlar. Etkin bir ekip çalışması olan HTEA ile ürün performansı artmakta, tasarım ve üretim kaynaklarına odaklanılarak bunların etkin kullanımı sağlanmakta,

garanti ve ürün hata maliyetleri azaltılmakta, ürünler gelişigüzel değil, sistematik olarak analiz edilmektedir.

Hayatı kolaylaştıran en önemli buluşlardan birisi hiç şüphe yok ki otomobillerdir. Çok uzun mesafeleri kısa sürede kat eden bu araçlar günlük hayatta çok önemli bir yere sahiptir. Otomobil satın alırken dikkat edilen en önemli noktalardan bir tanesi görünüşten ziyade güvenli olmasıdır. En ufak arıza durumları bile çok ciddi güvenlik tehdidi oluşturabilmektedir. Herhangi bir yanlışlığın tespiti durumunda, dev otomotiv firmalarının binlerce aracı geri çağırdığına şahit olunmaktadır. Araçları geri çağırmanın maliyeti milyar dolarları bulmaktadır. Bu nedenledir ki otomotiv firmaları tedarikçilerini seçerken son derece titiz davranmakta; aylarca hatta yıllarca süren araştırmalar yapmaktadır. Tedarikçilerin ise sürekli gelişen teknolojiye ayak uydurması , kalite kontrollerinde son derece titiz davranması gerekmektedir.

Otomobillerde ise şüphe yok ki en önemli elemanlar, elektrik akımını sağlayan kablolardır. Kablolardaki en ufak arızalar büyük felaketlerle sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle üretim aşamasında sıfır hata ile çalışılması hedeflenmekte ve bu da sürekli iyileştirme çalışmaları ile mümkün olabilmektedir. HTEA bu anlamda hatanın daha oluşmadan tespiti ve önleyici faaliyetlerin işleme alınması ile hatayı meydana gelmeden önlemektedir. Bu çalışmada kablo üretiminin kesim aşaması operasyonunda iyileştirme sağlamak ve oluşabilecek hataları önlemek amacı ile HTEA çalışması yapılmıştır.

### 2.1. Firma Profili

Firma, 1969 yılında istanbul'da faaliyete geçmiştir. 1990 yılında İnegöl fabrika, 2004 yılında Adana fabrika, 2005 yılında İzmir fabrika, 2007 yılında Gebze genel merkez ve son olarak da 2008 yılında Çin'de yerli müşterilere üretim yapmak üzere bir fabrika daha kurulmuştur. 2013 yılı sonunda Meksika fabrika da faaliyetine başlayacaktır. Şu anda Avrupa'da traktör kablosu ve forklift kablosu üretiminde 1 numaradır. Türkiye'de savunma sanayisi için araç kabloları üretmekte, bunun yanında otobüs, minibüs, kamyon kabloları üretiminde yine ilk sırada yer almaktadır. ISO 14001, QS 9000, ISO 9001, ISO 16949 kalite belgelerine sahiptir. Ana ürünleri, kablo tesisatları, otomotiv elektrik kabloları, akü kablolarıdır. Yan ürünleri,

makaronlar ve hortumlar, spiraller, terminaller, konektörler, plastik enjeksiyon malzemeleri, granüller.

## 2.2. Uygulamanın Amacı

Uygulamanın amacı ilk olarak işletmede profesyonel kalite yöntemlerinin uygulamaya başlatılmasıdır. Diğer bir amaç, otomotiv yan sanayi alanında HTEA yöntemi kullanılarak iyileştirme sağlanabileceği ve yönteme getirilen tüm eleştirilere rağmen hayat kurtaran iyileştirmeler sağlanabileceği somut gerçeğinin belgeleri ile ispatlanmasıdır. Bu çalışma gelecekte, otomotiv yan sanayi firmalarının kullanabilecekleri bir kaynak niteliğindedir.

Firma, Türkiye ve Avrupa devi olmasına karşın, bulunduğu konuma tamamen geleneksel yöntemlerle, deneme yanılma yöntemiyle gelmiştir. Genelde karar verici olarak firmanın patronları, geçmiş tecrübelerine dayanarak rol almaktaydı. Hatalar ortaya çıkmadan değil, ancak ortaya çıktıktan, müşteriye ulaştıktan sonra müşterinin memnuniyetsizliği ve firmaya geri bildirim yapması sonucunda çözülmeye çalışılmaktaydı. Firmanın büyümesi ve müşteri profilinin, çok daha büyük ve tanınmış firmalar ile renklenmesi, firmayı daha profesyonel önlemler almaya itmekteydi. Büyük firmaların iş vermeden önce gerçekleştirdiği denetim süreçleri aylar, hatta yıllar sürmekteydi. Özellikle son yıllarda müşteri portföyüne katılan büyük firmalardan iş almak imkansıza yakın olduğundan ve çok üst düzey kalite ve performans gerektirdiğinden şirketin kalite iyileştirmeye verdiği değerin ön sıralara gelmesi kaçınılmaz hale gelmişti. Tüm bu nedenlerden dolayı şirket, HTEA uygulamalarına başlama kararı almıştır. Böylece, bundan sonraki pazarlama faaliyetlerinde rakiplerine göre çok daha öne geçmiş olacaktır.

## 2.3. Otomotiv Elektrik Kabloları Hakkında Temel Bilgiler

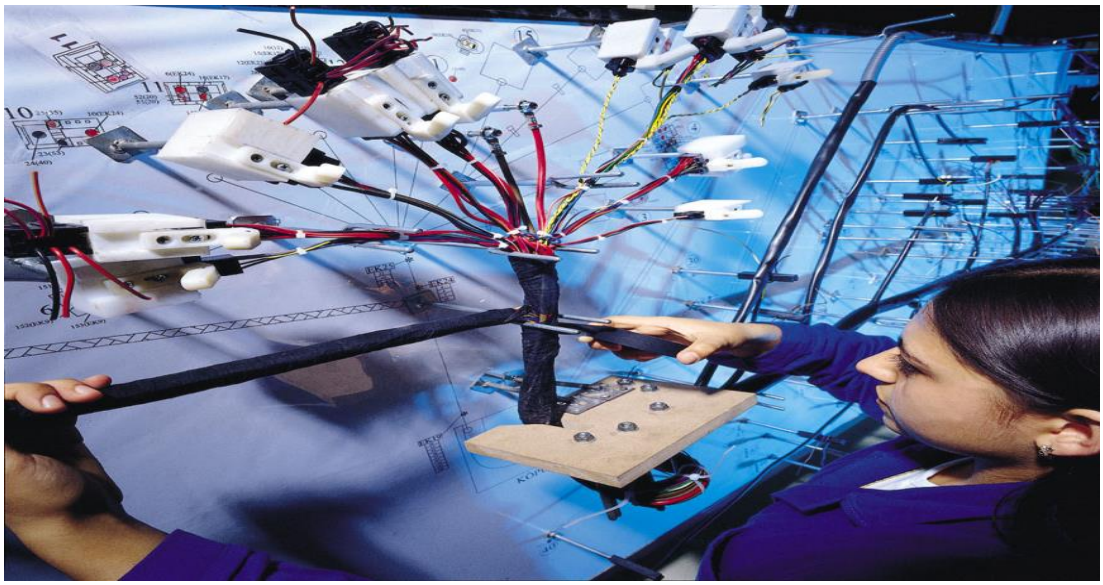
Genel olarak -40 ile +105 °C'ye kadar dayanabilen çapları 0,5 mm² ile 120 mm² arasında değişen, ana maddesi bakır teller, polipropilen ve poliamid olan, araçlarda elektrik iletkenliğini sağlayan malzemelerdir. Isı dayanımı, çap, dış kaplama, tel sayısı müşterinin ihtiyacına göre değişebilmektedir. Bu kablolar, aracın motor kısmında, ön panellerde, aküde, farlarda ve elektrik akımı gerektiren tüm bölümlerinde kullanılabilmektedir. Kablolar, makaralar halinde müşteriye temin

edilebildiği gibi, kablo tesisatı olarak da temin edilebilmektedir. Hatta çoğunlukla kablo tesisatı olarak müşteriye satılmakta ve müşteri tarafından direkt olarak araca monte edilmektedir.



Şekil 2.1. Akü Kablosu Görünümü

Şekil 2.1'de akü kablolarının görünümleri verilmiştir. Uçlarındaki akü başı ya da akü terminali olarak adlandırılan malzemeler iletkenliği sağlamaktadır.



Şekil 2.2. Bir Kablo Tesisatı Örneği

Şekil 2.2'de bir kablo tesisatı görülmektedir. Kablo tesisatları, müşterinin çizmiş olduğu teknik resimlere göre imal edilmektedir. Teknik resimde aynı tesisat içerisinde değişik çaplarda kablolar, kabloların uçlarına gelen ve elektrik akımını

sağlayan bakır terminaller, montajı sağlayan konektörler, sigorta kutuları, dış koruma sağlayan koruma bantları, makaronlar, spiraller vb. Malzemeler bulunmaktadır. Tek bir kablo değişse bile tesisat tamamen başka bir ürün haline gelmektedir. Kablo tesisatları bire bir olarak teknik resime göre yapılmakta, montajı teknik resmin orjinal boyutlara göre büyütülmüşü olan montaj panolarında gerçekleştirilmektedir. Tamamlanan ürünler Şekil 2.2'de de görüldüğü gibi elektrik test panolarında test edilmektedir. Konektörler ilgili yuvalarına takılmakta, eğer problem yoksa makine tarafından otomatik olarak 'test edildi' etiketi basılmaktadır. Tek bir konektörde hata olsa dahi makine onay vermez. İlgili bölümde kırmızı uyarı ışığı yanar ve o bölümdeki bağlantının kontrol edilmesi istenir. Hata düzeltilene kadar makine onay vermez.

## 2.4. Uygulamada Kullanılan Yöntemler

Analizde potansiyel hata türleri, bunların etkileri, sebepleri, kritiklikleri ve bu hataları ortadan kaldırmak için gerekli önlemlerin belirlenmesinde daha önce detaylı olarak üzerinde durulmuş olan beyin fırtınası yönteminden faydalanılmıştır. Bunun yanında sebep-sonuç ilişkisini göstermek amacıyla da Balık kılçığı yöntemi uygulanmıştır.

## 2.5. Uygulamanın Aşamaları

Önceki bölümlerde HTEA'nın aşamalarından detaylı şekilde bahsedilmiştir. Uygulama, bu aşamalardan faydalanılarak gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki sıra takip edilmiştir.

• Başlangıç çalışmaları,

• Olası hata türü, nedenleri, etkileri ve hatayı saptamak için 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.

### 2.5.1. Başlangıç çalışmaları

Bu aşama 3 başlık altında incelenmiştir:

- HTEA kapsamının belirlenmesi,
- HTEA takımının kurulması,
- HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin incelenmesi.

#### 2.5.1.1. HTEA kapsamının belirlenmesi

Uygulamada, otomotiv kablosu üretiminin kesim prosesi ele alınmıştır. Akü kablosu kesimi ve normal kablo kesimi olmak üzere 2 proses incelenmiştir. Çünkü bu iki kablo tipi, hammaddeleri büyük ölçüde aynı olmasına karşın kalınlık bakımından arada oldukça fark vardır ve aynı makinede kesilmelerine imkan yoktur. Akü kabloları oldukça kalındır ve çap, 10 mm² ile 120 mm² arasında değişmektedir. Kablo tesisatlarında kullanılan diğer kablolar ise 0,3 mm'den başlayıp 10 mm² arasında değişmektedir. Dolayısı ile akü kabloları ile normal kabloların kesit bakımından oldukça farklıdır. Dolayısı ile farklı makinelerde işlem görmektedir. HTEA çalışmamızda da iki farklı proses olarak kabul edilecektir.

#### 2.5.1.2. HTEA takımının belirlenmesi

HTEA bir ekip çalışmasıdır. Bu çalışmayı yaparken ilk olarak bu ekibin doğru kişilerden oluştuğundan ve HTEA konusunda gerekli temel bilgilere sahip olduklarından emin olmamız gerekmektedir. Bu nedenle ilk olarak, seçilen ekip bir kalite firması tarafından HTEA eğitiminden geçirilmiştir. Kalite konusunda sahip olduğu bilgi birikimi ve tüm üretim prosesleri ile ilgili olarak da geniş bilgiye sahip olması nedeniyle ekip lideri olarak oy birliği ile kalite müdürü seçilmiştir. Ekibin diğer üyeleri aşağıdaki gibidir :

- Proses Sorumlusu
- Kalite Mühendisi
- Üretim Müdürü
- Yurtdışı Satış Uzmanı
- Kalite Kontrol Uzmanı
- Ustabaşı (Her iki kesim prosesinden de sorumlu)

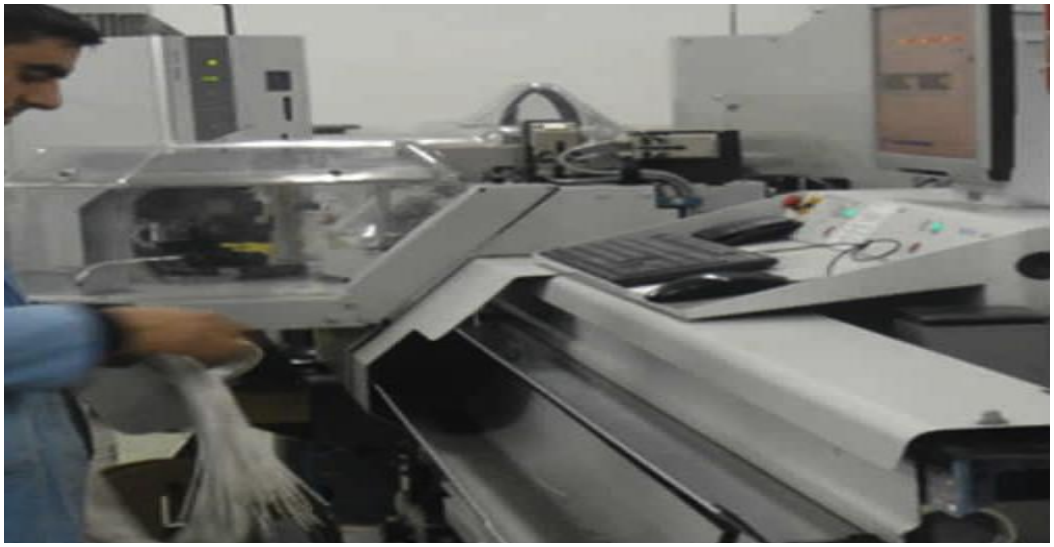
Ekip lideri ile birlikte ekip 7 kişiden oluşmaktadır. Tamamı şirket içerisinde en az 4 yıllık tecrübeye sahip çalışanlardır. HTEA ekibinin bu şekilde oluşturulmasının sebebi çapraz fonksiyonlu bir tartışma ortamı oluşturulmak istenmesidir. Çalışmada amaç, hata türlerinin müşterilere olan etkilerinin ortaya çıkarılması ve bu hata türlerinin nedenlerinin tespit edilerek gerekli önlemlerin belirlenmesi ve hataların son kullanıcıya ulaşmadan tespit edilmesidir. Dolayısı ile müşteri memnuniyetsizliğinin ortadan kaldırılması istenmektedir. Bu amaç doğrultusunda ekip üyelerini tek bir bölümden seçmek, taraflı ya da önyargılı kararlar alınmasına sebep olabilir. Farklı bölümlerden ekip elemanlarını seçmek ise daha objektif fikirler ve eleştiriler anlamına gelmektedir. Bazen prosesin tam ortasındaki kişi bile gözünün önündeki hatayı göremeyebilir; fakat dışarıdan daha objektif yaklaşan kişi bu bağlamda daha faydalı olabilmektedir. Ekip üyelerinin tamamı alanında uzmanlaşmış kişilerden seçilmiştir. Dolayısı ile çalışmanın güvenilirliği oldukça yüksektir.

#### 2.5.1.3. HTEA yapılacak proseslerin incelenmesi

HTEA uygulaması, işletmenin akü kablosu kesim ve normal kablo kesim prosesleri için gerçekleştirilmiştir. Kablo kesim işlemi akü kabloları için ve normal kablolar için iki farklı otomatik makinede yapılmaktadır. Kesim, sıyırma, tıpalama ve krimpleme işlemi aynı anda yapılmakta ve kablo montaja hazır hale gelmektedir. Kesilecek kablonun özellikleri makine operatörü tarafından makineye işlenmekte ve uygun makine ayarları yapılmaktadır. Kesim işlemi akü kabloları ve normal kablolar için ayrı olmak üzere iki başlıkta ele alınmıştır. Akü kabloları kesit olarak daha büyük çaplarda oldukları için ve farklı makinelerde kesimi gerçekleştiği için onları ayrı olarak ele almanın uygun olduğuna karar verilmiştir.

Her iki kablo kesim prosesi de birbirinin tamamen aynısıdır. Tek fark kesim makineleridir. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de makine resimlerine yer verilmiştir. Şekil 2.5'de görülen ekranda operatör tarafından makine ayarları gerçekleştirilir. Krimp yüksekliği, krimp dayanıklılığı (en az x Ibf çekme kuvvetine dayanmalı gibi), sıyırma uzunluğu, kablo çapı, kesilecek toplam kablo sayısı, kaçlık gruplar halinde kesileceği bilgileri operatör tarafından makineye girilir. Uygun kesitli kablo ve doğru terminal makaraları makineye takılır. Kablonun uç kısmı ve terminal makarasından ilk terminal makineye verilir. Krimp dayanıklılığı kabloda oldukça önemlidir; çünkü

kablo, kablo tesisatı haline getirilip bir çok malzeme bir arada bulunduğunda ya da araca monte edildiğinde krimp yeterince dayanıklı değilse kopabilir. Bu durumda kablo tesisatı işlevini yerine getiremez. Makinenin böyle bir özelliğinin olması hem kalite açısından hem de zaman açısından oldukça fayda sağlar; çünkü krimp dayanıklılığı manuel olarak ölçülecek olsa her kablonun çekme dayanıklılık testinden geçmesi gerekir. Bu da çok ciddi bir zaman kaybı demektir. Bu nedenle makine ayarı iyi yapıldıktan sonra sadece her parti için 1 kablonun test edilmesi yeterli olacaktır. Makinenin bu ayarı hatasız çalışır. Bu da zaman, kaynak ve para konusunda kayıp yaşanmasını engeller.



Şekil 2.3. Normal Kablo Kesim Makinesi




Şekil 2.4. Akü Kablosu Kesim Makinesi




Şekil 2.5. Makine Ayarı ve Kontrol Ekranı

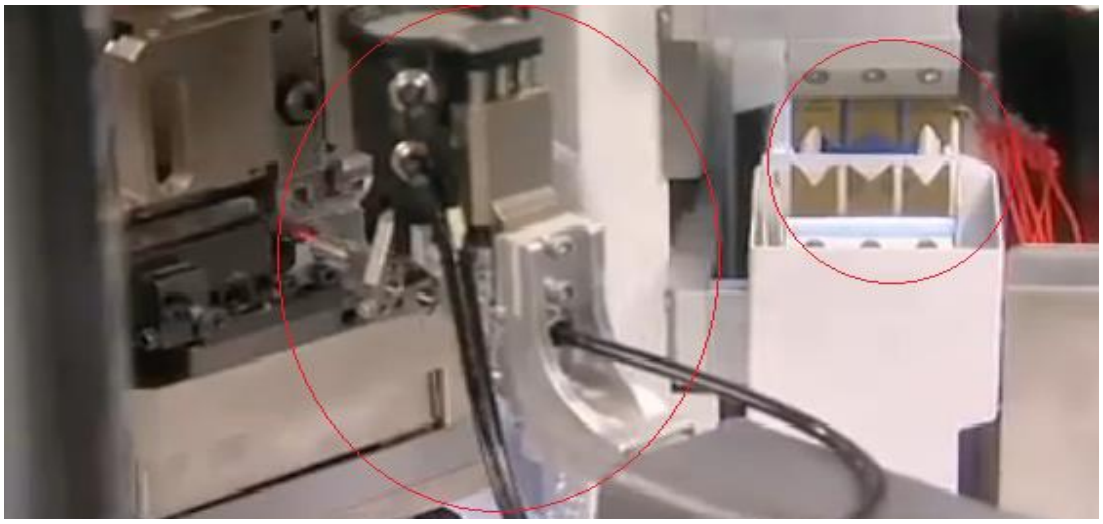
İlk aşamada, makaraya takılan kablo makine tarafından işleme alınır (Şekil 2.6). Bir robot kabloyu alır ve tıpa takma kısmına götürür. Orada bir uca tıpa takılır sonra robot tarafından kablo kesme ve uç açma kısmına götürülür (Şekil 2.7-Şekil 2.8-Şekil 2.9- Şekil 2.10). Burada kablo dişli tarafından istenilen boyda 2'ye kesilir. Aynı dişli tarafından uç açma işlemi gerçekleştirilir. Başka bir robot kesilen ve sıyırma işlemi gerçekleştirilen kabloları alır ve terminalin krimplendiği bölüme getirir. Şekil 2.11'de krimpleme yapılan bölüm görünmektedir. Bu aşamada kablo krimplenir, yani terminal basılır ve kablolar nihai şekline ulaşır. Kablo 2.12'de kabloların nihai şekli görünmektedir.



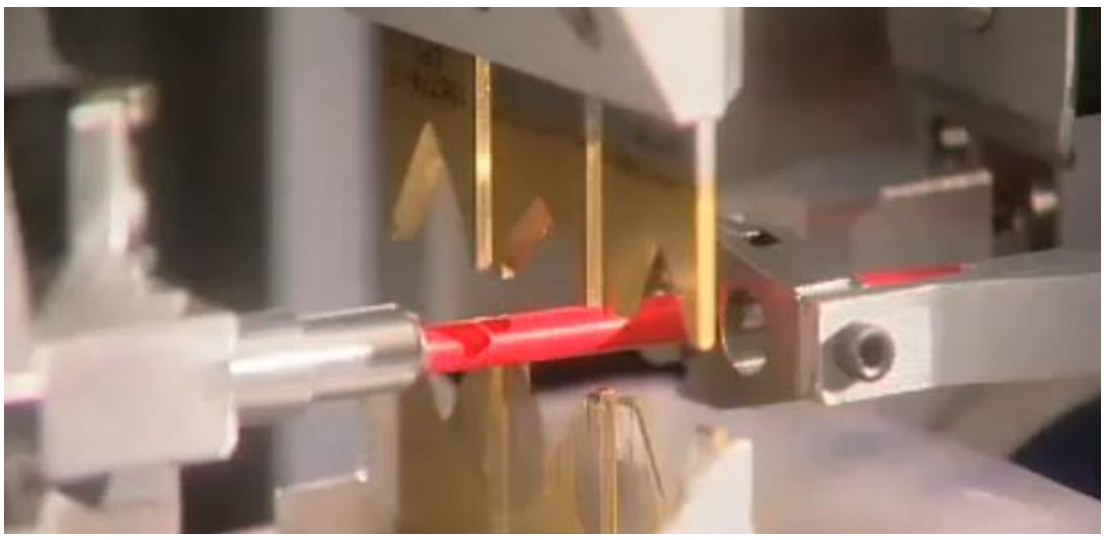
Şekil 2.6. Kablo Kesim Prosesi 1. Aşama



Şekil 2.7. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama



Şekil 2.8. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama



Şekil 2.9. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama



Şekil 2.10. Kablo Kesim Prosesi 2. Aşama



Şekil 2.11. Kablo Kesim Prosesi 3. Aşama



Şekil 2.12. Kabloların Nihai Şekli

### 2.5.2. Olası hata türü, nedenleri, etkileri ve hatayı saptamak için kullanılan kontrol planları

Akü kablosu Kesim ve kablo kesim proseslerinin zaten hali hazırda var olan kontrol planları ve kontrolleri mevcuttur. Bu kontrol planları üzerinde kalite departmanının çalışması sonucunda ufak değişiklikler yapılarak 28.03.2012 tarihinde revizyon yapılmış ve şu anki kontrol planları elde edilmiştir. Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de kontrol planları verilmiştir.

Tablo 2.1. Normal Kablo Kesim Kontrol Planı

**KONTROL PLANI**

| | Prototip | X | Ön Seri | X | Seri | Anahtar Personel / Telefon: | Tarih (Orj.) : | Tarih (Rev.) : | Revizyon No: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Kalite Müdürü / - | 02.01.2008 | 28.03.2012 | 02 |

| | | |
|---|---|---|
| Parça Numarası / Son Revizyon Seviyesi : GENEL | Ekip : Kalite Müdürü, Proses Sorumlusu, Kalite Mühendisi, Üretim Müdürü, Kalite Kontrol Uzmanı, Ustabaşı (Her iki kesim prosesinden de sorumlu) | Müşteri Mühendislik Onayı / Tarihi : |
| Parça İsmi / Tanımı : GENEL | | Müşteri Kalite Onayı / Tarih : |
| İmalatçı / Fabrika : Gebze Fabrika Kablo Kesim Bölümü — İmalatçı Kodu : | | Diğer Onaylar / Tarih : |

| Parça Proses No | Proses İsmi, Operasyon Tanımı | Makine, Cihaz, Dayama, Fikstür, | Karakterlistikler No | Karakterlistikler Ürün | Karakterlistikler Proses | Özel Karakter Sınıfı | Metodlar: Ürün / Proses Şartnamesi / Tolerans / Dokümanı | Metodlar: Değerlendirme / Ölçme Teknikleri / Ölçüm Aleti | Metodlar: Sorumlu | Metodlar: Numune Büyüklük | Metodlar: Numune Frekans | Metodlar: Kontrol Metodu / Kayıt | Reaksiyon Planı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | kablo kesimi, tıpa takma ve terminal basımı | komax kesim makinaları ve modüler dahili üniteler | 1 | tel adedi | | | proses kalite planı - (KP 855) kablo kesit ve standartları | sayım | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | komax kesim takip formu (ÜR.F.12) | uygun kabloyu seç, kullan. |
| | | | 2 | | kablo ve sıyırma boyu ayarları | | Kesim Listesi Crystal Raporu | makine ayar göstergesi | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | - | uygunsuzsa ayarları düzelt |
| | | | 3 | kablo boyu | | | Kesim Listesi Crystal Raporu | masadaki çelik cetvel | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | komax kesim takip formu (ÜR.F.12) | uygunsuzsa ayarları düzelt |
| | | | 4 | terminal seçimi | | | Kesim Listesi Crystal Raporu | göz kontrolü | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | komax kesim takip formu (ÜR.F.12) | uygun malzemeyi seç uygunsuzsa ayarları düzelt |
| | | | 5 | | terminal basımı ayarları | | BO.T.28 Kalıp Ayar Talimatı | göz kontrolü | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | - | |
| | | | 6 | terminal çekme kuvveti | | | ÜR.T.17 proses kontrol talimatı | çekme / kopma cihazı | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | komax kesim takip formu (ÜR.F.12) | uygunsuzsa ayarları düzelt yeniden numune al |
| | | | 7 | terminal baskı uygunluğu | | | ÜR.T.17 Proses Kontrol T. | göz kontrolü | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | komax kesim takip formu (ÜR.F.12) | |
| | | | 8 | terminal krimp (cu) yüksekliği | | | başlangıçta yapılan ayar yüksekliği ile aynı olmalı (tolerans ± 0,02 mm) veya kalıp etiketi değeri ± 0,05 mm. | kumpas | kesim operatörü | 1 | ilk parça, her 100 adet, son parça | komax kesim takip formu (ÜR.F.12) | uygunsuz ürünleri ayır ayarları düzelt yeni numune al |

AÇIKLAMA:

NOT 1: Üretimin herhangi bir nedenle durması ve üretime tekrar başlanması "Operasyon Başlangıcı" sayılır. Bu nedenle Kontrol Planında "Operasyon Başlangıcı"nda yapılması gerekon kontroller yeniden yapılmalıdır.
NOT 2: Kalitesinden şüphe edilen ürünler de uygun olmayan ürün olarak değerlendirilir.

EKİP LİDERİ ONAYI

Tablo 2.2. Akü Kablosu Kesim Kontrol Planı

**KONTROL PLANI**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Prototip | x | Ön Seri | x | Seri | ***Anahtar Personel / Telefon:*** | ***Tarih (Orj.) :*** | ***Tarih (Rev.) :*** | ***Revizyon No:*** |
| | | | | | | Kalite Müdürü / - | 02.01.2008 | 28.03.2012 | 02 |
| ***Parça Numarası / Son Revizyon Seviyesi :*** GENEL | | | | | | ***Ekip :*** | *Müşteri Mühendislik Onayı / Tarihi :* | | |
| ***Parça ismi / Tanımı :*** GENEL | | | | | | Kalite Müdürü<br>Proses Sorumlusu<br>Kalite Mühendisi<br>Üretim Müdürü<br>Kalite Kontrol Uzmanı<br>Ustabaşı (Her iki kesim prosesinden de sorumlu) | *Müşteri Kalite Onayı / Tarih :* | | |
| ***İmalatçı / Fabrika :*** *Gebze Fabrika Kablo Kesim Bölümü* | | | ***İmalatçı Kodu :*** | | | | *Diğer Onaylar / Tarih :* | | |

| ***Parça Proses No*** | ***Proses İsmi , Operasyon Tanımı*** | ***Makine, Cihaz, Dayama, Fikstür, İmalat Parçaları*** | ***Karakteristikler*** | | | ***Özel Karakter Sınıfı*** | ***Metodlar*** | | | | | | ***Reaksiyon Planı*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ***No*** | ***Ürün*** | ***Proses*** | | ***Ürün / Proses Şartnamesi / Tolernsı / Dokümanı*** | ***Değerlendirme / Ölçme Teknikleri / Ölçüm Aleti*** | ***Sorumlu*** | ***Numune*** | | ***Kontrol Metodu / Kayıt*** | |
| | | | | | | | | | | ***Büyüklük*** | ***Frekans*** | | |
| 1 | akü kablosu kesim | Akü kablosu kesim makinesi | 1 | kablo yüzeyi, görüntümü | | | renkler homojen ve sürekli çizgi vs. olmamalı KG.T.75 Akü Kablo Kesim Kontrol Talimatı olmalı, pürüz, potluk, | göz kontrolü | kesim operatörü | %100 | sürekli | - | ürünü ayır |
| | | | 2 | | Kesme kalıbı, sıyırma bıçağı | | ÜR.T.81/ÜR.T.105 kablo kesitine uygun kesme kalıbı ve sıyırma bıçağı kullanılmalı | göz kontrolü | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | - | doğru kesme bıçağını tak kalıbını, sıyırma |
| | | | 3 | kablo kesiti | | | akü kesim etiketi KG.T.75 Akü Kablo Kesim Kontrol Talimatı | göz kontrolü | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | ÜR.F.32 akü kesim takip formu | doğru kesitli kabloyu al |
| | | | 4 | kablo rengi | | | akü kesim etiketi KG.T.75 Akü Kablo Kesim Kontrol Talimatı | göz kontrolü | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | ÜR.F.32 akü kesim takip formu | doğru renkli kabloyu al |
| | | | 5 | kablo cinsi | | | akü kesim etiketi KG.T.75 Akü Kablo Kesim Kontrol Talimatı | göz kontrolü | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | ÜR.F.32 akü kesim takip formu | doğru cins kabloyu al |
| | | | 6 | | kablo boyu | | akü kesim etiketi | makine ayar göstergesi | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | - | uygunsuzsa ayarları düzelt |
| | | | 7 | kablo boyu | | | akü kesim etiketi KG.T.75 Akü Kablo Kesim Kontrol Talimatı | çelik cetvel | kesim operatörü | 1<br>1 | operasyon başlangıcı<br>her 100 adet | ÜR.F.32 akü kesim takip formu | uygunsuzsa ayarları düzelt hatalı boy kabloları ayır |
| | | | 8 | uç açma mesafesi | | | akü kesim etiketi KG.T.75 Akü Kablo Kesim Kontrol Talimatı | kumpas | kesim operatörü | 1<br>1 | operasyon başlangıcı<br>her 100 adet | ÜR.F.32 akü kesim takip formu | uygunsuzsa ayarları düzelt hatalı boy kabloları ayır |
| | | | 9 | kopan tel sayısı | | | en fazla 5 adet KG.T.75 Akü Kablo Kesim Kontrol Talimatı | kopan tellerin sayımı (varsa) | kesim operatörü | 1 | operasyon başlangıcı | ÜR.F.32 akü kesim takip formu | 5 adetten fazla ise ayarları düzelt |
| | | | | | | | | | | | | | |

| *AÇIKLAMA:* | *EKİP LİDERİ ONAYI* |
|---|---|
| | |

### 2.5.3. Beyin fırtınası çalışması; ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenerek risk öncelik sayılarının belirlenmesi

Bu alt başlık altında sırasıyla olası hata türleri, olası hata etkileri ve olası hata nedenleri incelenecek ve sonrasında HTEA tablosuna geçilecektir. Olası hata türlerinin belirlenmesi aşamasında kurulan HTEA ekibi ile beyin fırtınası çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda normal kablo kesim ve akü kablosu kesim proseslerinde meydana gelebilecek hatalar tartışılmıştır. Öncelikle kurulan HTEA ekibine problem çözme tekniklerinden beyin fırtınası yöntemi anlatılarak ekip nasıl bir çalışma yapılacağı yönünde aydınlatılmıştır. Beyin fırtınası çalışması aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

#### 2.5.3.1. Olası hata türlerinin belirlenmesi

- 1. Tur Oylama

HTEA ekibi 19 Nisan 2012 tarihinde ilk defa toplanmıştır. Toplantı öncesi tüm üyeler HTEA eğitiminden geçirilmiş ve metot ile ilgili bilgilendirilmiştir. Yapılacak beyin fırtınası konusunda da ekip daha önceden bilgilendirilmiştir; bunun yanında her aşama konusunda ekip lideri tekrar ekibi yönlendirmiştir. Öncelikle akü kablosu kesim prosesi ve normal kablo kesim prosesinde oluşabilecek hata çeşitleri ekip üyeleri tarafından her üye sırayla söz alıp, her üye pas deyinceye kadar devam ederek fikir belirtilmiştir. Her söz alışta sadece bir hata belirtilmiştir. Her üye pas dedikten sonra birinci tur oylamaya geçilmiş ve belirtilen hatalar ekip üyeleri tarafından önemliliklerine göre oylanmıştır. Belirtilen bu hatalar ve birinci tur oylama sonucunda her hata türünün aldığı oy sayısı ve bu oyların büyükten küçüğe sıralaması Tablo 2.3 ve Tablo 2.4'de belirtilmiştir.

Akü kablosu kesim prosesindeki Tablo 2.3'de belirtilen hatalardan 5 ve üzeri oy alanların 2. tur oylamaya alınması uygun bulunmuştur. Dolayısı ile 1. Aşamada akü kablosu kesim prosesinde hata sayısı 5'e indirilmiştir. Aynı şekilde normal kablo kesim prosesindeki Tablo 2.4'de belirtilen hatalardan 5 ve üzeri oy alanların 2. tur oylamaya alınması uygun bulunmuştur. Dolayısı ile normal kablo kesim prosesinde 2. tura kalan hata sayısı 7'den 6'ya indirilmiştir.

Tablo 2.3. Akü Kablosu Kesiminde Olası Hata Türleri 1. Tur Oylama Tablosu

| Sıra No | Olası Hata | Oy Sayısı | Oy Oranı |
|---|---|---|---|
| 3 | Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | 7 | **18,92%** |
| 7 | Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | 7 | **18,92%** |
| 1 | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | 7 | **18,92%** |
| 8 | uç açma işlemi yapılamayabilir | 5 | **13,51%** |
| 5 | Sıyırma bıçaklarında hata | 5 | **13,51%** |
| 6 | Aynı milimetre kesitli 2 farklı kablonun et kalınlığı farklı olabiliyor. Böylece çok ince ise kablo kopabilir, kalınsa da uç açılamayabilir PVC kalın gelebilir | 3 | **8,11%** |
| 2 | Makara yüksekliği hatası | 2 | **5,41%** |
| 4 | Kablo türü, tel sayısı, kalınlığı hatası | 1 | **2,70%** |
| **TOPLAM** | | **37** | **100,00%** |

Tablo 2.4. Normal Kablo Kesiminde Olası Hata Türleri 1. Tur Oylama Tablosu

| Sıra No | Olası Hata | Oy Sayısı | Oy Oranı |
|---|---|---|---|
| 4 | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | 7 | **18,92%** |
| 3 | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | 7 | **18,92%** |
| 5 | Düşük kesitte kablo kullanımı | 6 | **16,22%** |
| 1 | Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | 6 | **16,22%** |
| 2 | Crimplemenin uygun özelliklerde olmaması | 5 | **13,51%** |
| 7 | Makara yüksekliği hatası | 5 | **13,51%** |
| 6 | Kablo türü, tel sayısı, kalınlığı hatası | 1 | **2,70%** |
| **TOPLAM** | | **37** | **100,00%** |

- 2. Tur Oylama

1.Tur oylamanın ardında azaltılan hata türleri 2. Tur oylamaya alınmıştır. 2. Tur oylamada ekip üyeleri yalnızca bir hata türüne oy verebilmiştir. 2. Tur oylama sonuçları da Tablo 2.5 ve Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Akü Kablosu Kesiminde Olası Hata Türleri 2. Tur Oylama Tablosu

| Sıra No | Olası Hata | Oy Sayısı | Oy Oranı |
|---|---|---|---|
| 3 | Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | 4 | **57,14%** |
| 4 | Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | 2 | **28,57%** |
| 1 | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | 1 | **14,29%** |
| 5 | uç açma işlemi yapılamayabilir | 0 | **0,00%** |
| 2 | Sıyırma bıçaklarında hata | 0 | **0,00%** |
| **TOPLAM** | | **7** | **100,00%** |

Tablo 2.6. Normal Kablo Kesiminde Olası Hata Türleri 2. Tur Oylama Tablosu

| Sıra No | Olası Hata | Oy Sayısı | Oy Oranı |
|---|---|---|---|
| 4 | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | 3 | **42,86%** |
| 3 | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | 1 | **14,29%** |
| 5 | Düşük kesitte kablo kullanımı | 1 | **14,29%** |
| 1 | Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | 1 | **14,29%** |
| 2 | Crimplemenin uygun özelliklerde olmaması | 1 | **14,29%** |
| 6 | Makara yüksekliği hatası | 0 | **0,00%** |
| **TOPLAM** | | **7** | **100,00%** |

Tablo 2.5 ve Tablo 2.6'da da görüldüğü gibi beyin fırtınası sonucunda akü kablosu kesim prosesi için toplam 3 hata türüne, normal kablo kesim sürecinde ise toplam 5 hata türüne HTEA uygulanmasına karar verilmiştir. Tablo 2.7 ve Tablo 2.8'de HTEA'ya tabi tutulacak hata türleri ve açıklamaları verilmiştir.

Tablo 2.7. Akü Kablosu Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türleri ve Açıklamaları

| Hata Türleri | Hata Açıklaması |
|---|---|
| Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | Kablonun istenen değerden daha uzun ya da daha kısa kesilmesi durumudur. Büyük ölçüde kablo ıskartaya çıkar. Tamiri mümkün çoğunlukla mümkün değildir. |
| Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | Kesilen akü kablolarının uç kısımlarının pürüzsüz olması gerekir. Çapak istenmez. |
| Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | Kesim sırasında bakır tellerin kopması veya incelmesi durumudur. Tehlikelidir. Nihai üründe terminal ısınması olabilir. |

Tablo 2.8. Normal Kablo Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türleri ve Açıklamaları

| Hata Türleri | Hata Açıklaması |
|---|---|
| Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması terminalin kablo ucuna yakınlığı ya da uzaklığı anlamına gelir. |
| Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | Sıyırma bıçağının, et kısmını sıyırırken yanlışlıkla telleri kesmesi ya da zedelemesidir. |
| Düşük kesitte kablo kullanımı | İstenen kablo kesiti dışında başka kesitli bir kablo kullanımı |
| Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | Kesilen kabloların her biri bir kablo tesisatının parçasıdır. Toleranslar dışındaki boylar çoğunlukla kabloların ıskartaya ayrılması anlamına gelir. |
| Krimplemenin uygun özelliklerde olmaması | Kablo uçlarındaki krimplemeler yanlış olursa kablonun konektör ile bağlantısında sıkıntı yaşanabilir ya da görsel olarak rahatsızlık olabilir |

### 2.5.3.2. Olası hata etkilerinin belirlenmesi

HTEA yapılacak tüm hata türleri önceki aşamada belirlenmiştir. Bu aşamada tüm bu hataların olası etkileri belirtilecektir. Tablo 2.9 ve Tablo 2.10'da olası hata etkileri hem akü kablosu kesim hem de normal kablo kesim prosesleri için verilmiştir.

Tablo 2.9. Akü Kablosu Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türlerinin Olası Etkileri

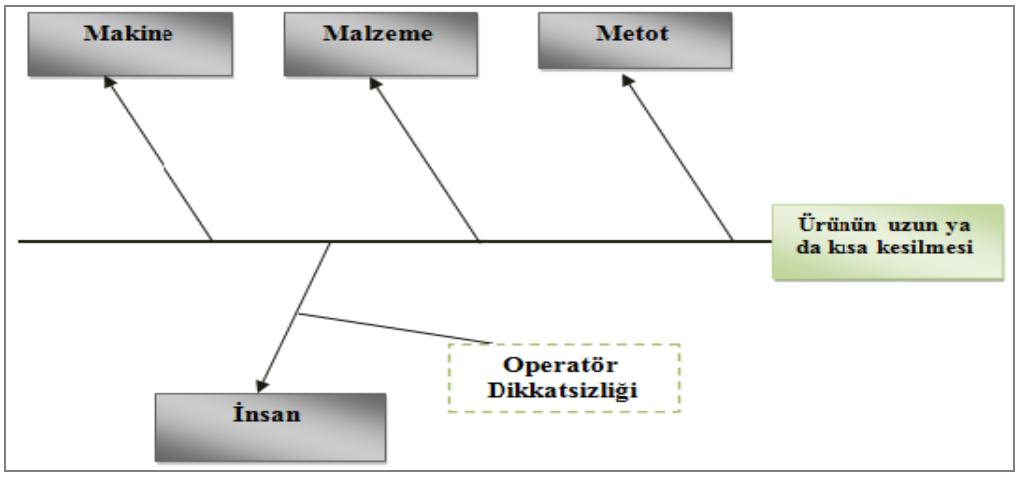
| Hata Türleri | Hata Etkileri |
|---|---|
| Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | Ürün çoğunlukla kullanılamaz hale gelir. Yeniden işlem görmesi gerekir ya da hurda olur |
| Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | Ürünün kullanıldığı yerlerde boyutsal sorunlar yaratabilir. |
| Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | Tolerans dışı tel kopmaları meydana geldiğinde ürün hurda olur |

Tablo 2.10. Normal Kablo Kesiminde HTEA Uygulanacak Hata Türlerinin Olası Etkileri

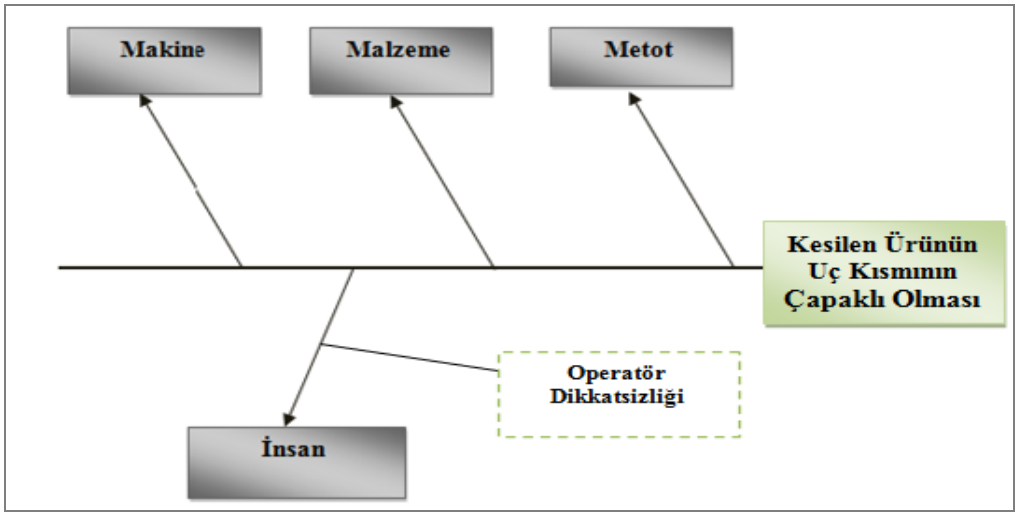
| Hata Türleri | Hata Etkileri |
|---|---|
| Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | Terminalin ısınmasına ve fonksiyonunu yitirmesine neden olur. |
| Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | Terminalin ısınmasına ve fonksiyonunu yitirmesine neden olur. |
| Düşük kesitte kablo kullanımı | Akımı iletemez, kablonun ısınmasına ve dolayısı ile yanmasına neden olur. |
| Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | Montaj zorluğu meydana gelir. Ürün hurda olabilir ya da yeniden işlem gerekebilir. |
| Krimplemenin uygun özelliklerde olmaması | Montaj zorluğuna ya da görsel rahatsızlıklara neden olur |

#### 2.5.3.3. Olası hata nedenlerinin belirlenmesi

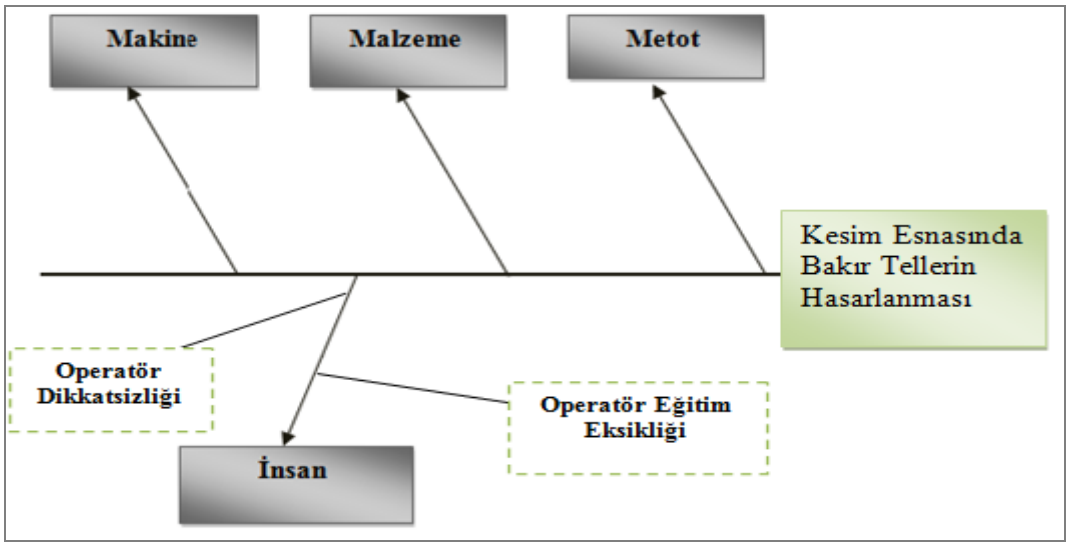
Çalışmada tespit edilen olası hata türlerinin nedenleri ekip üyeleri ile tartışılmış ve ekip üyelerinin görüşleri alınarak balık kılçığı diyagramlarından faydalanılmıştır.



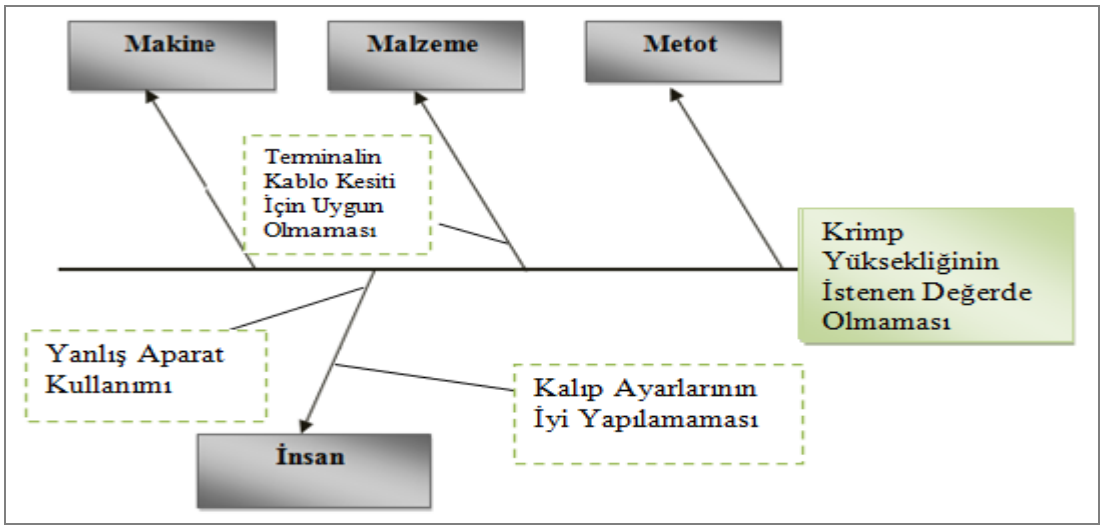

Şekil 2.13. Akü Kablosu Kesim Prosesi 1. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı



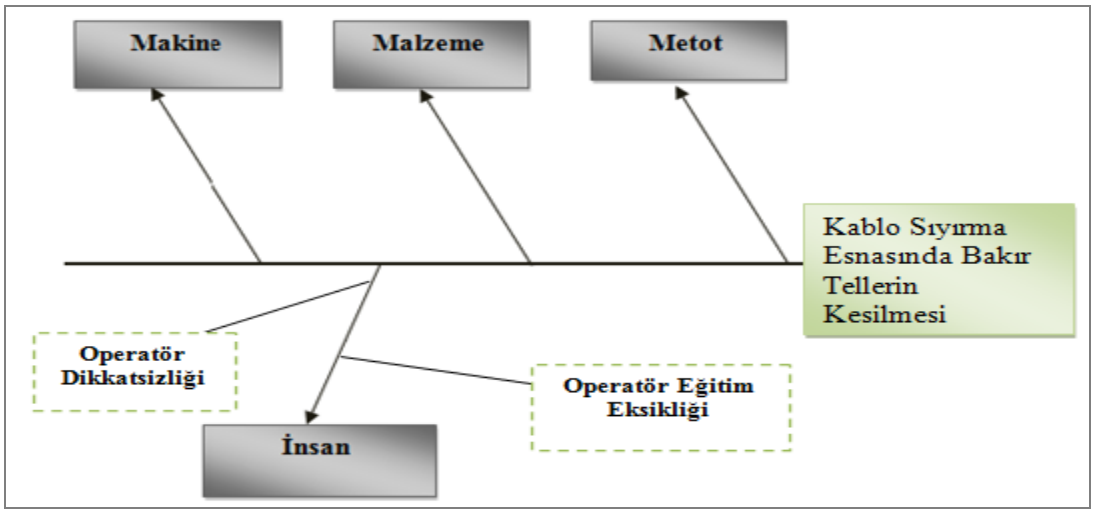

Şekil 2.14. Akü Kablosu Kesim Prosesi 2. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı



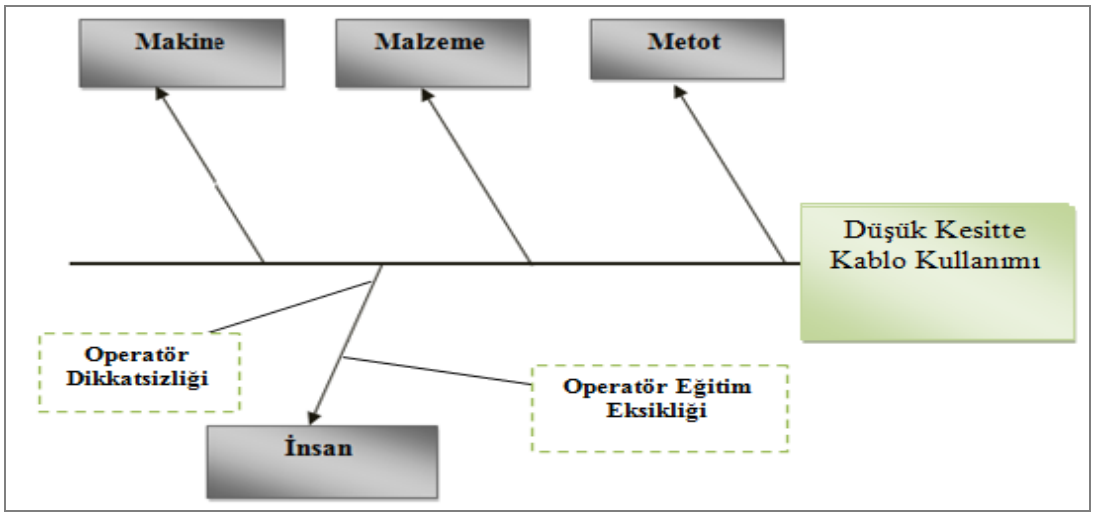

Şekil 2.15. Akü Kablosu Kesim Prosesi 3. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı



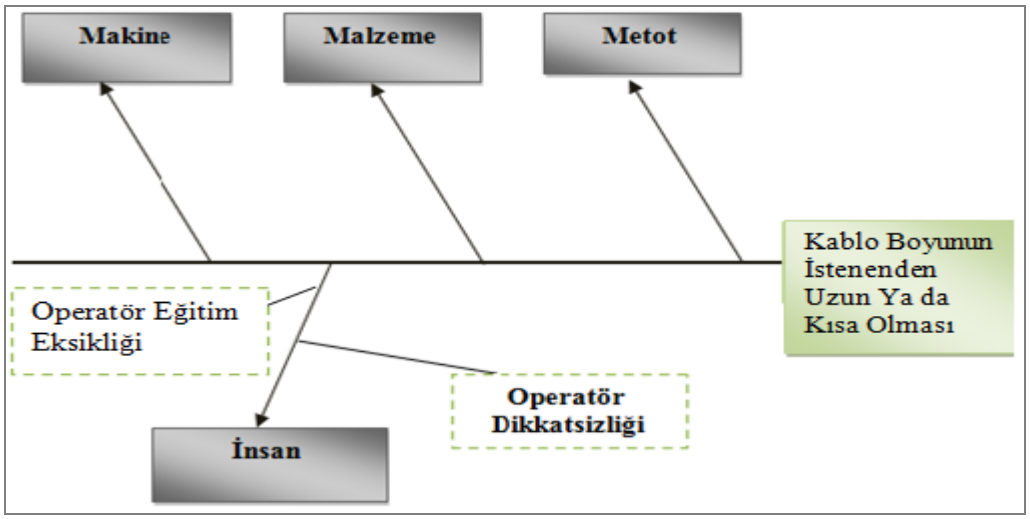

Şekil 2.16. Normal Kablo Kesim Prosesi 1. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı



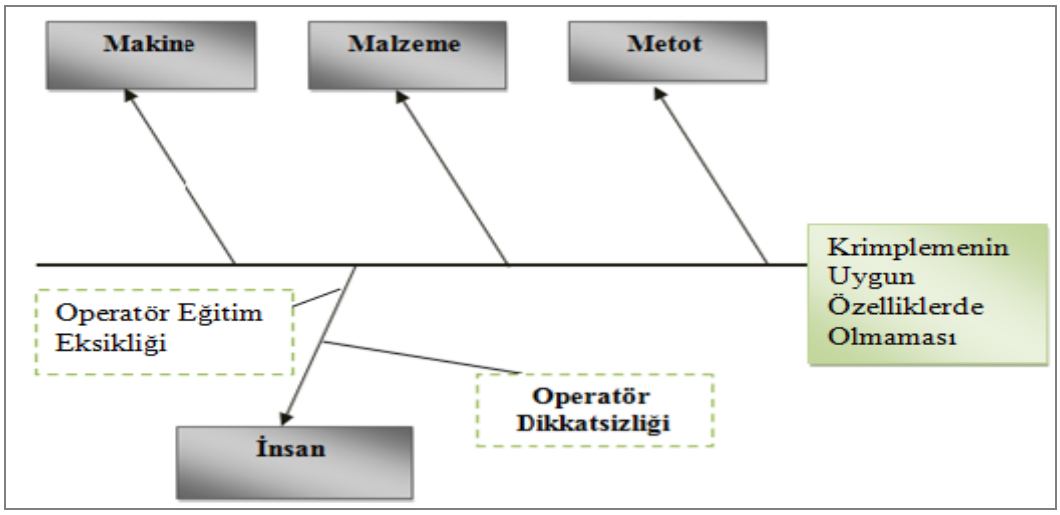

Şekil 2.17. Normal Kablo Kesim Prosesi 2. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı




Şekil 2.18. Normal Kablo Kesim Prosesi 3. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı




Şekil 2.19. Normal Kablo Kesim Prosesi 4. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı




Şekil 2.20. Normal Kablo Kesim Prosesi 5. Tip Hata Balık Kılçığı Diyagramı

- Olası Hata Türleri İçin Mevcut Kontroller:

Yukarıdaki hata nedenlerinin proses aşamasında tespit edilebilmesi için aşağıdaki kontrol yöntemleri kullanılmaktadır.

Tablo 2.11. Akü Kablosu Kesim Bölümü Mevcut Kontroller

| Olası Hata Türleri | Kontrol Yöntemleri |
|---|---|
| Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | Üründe göz kontrolü, makine ayar göstergesi; hat operatörü el ve göz kontrolü |
| Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | Üründe göz kontrolü, hat operatörü göz kontrolü |
| Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | %100 göz kontrolü |

Tablo 2.12. Normal Kablo Kesim Bölümü Mevcut Kontroller

| Hata Türleri | Kontrol Yöntemleri |
|---|---|
| Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | Parti başlangıcı ayar kontrolü, periyodik kontroller |
| Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | Parti başlangıcı çekme kopma kuvveti testi ,görsel kontroller |
| Düşük kesitte kablo kullanımı | Parti başlangıcı kontrolü, operatör göz kontrolü |
| Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | Parti başlangıcı kontrolü, montajda göz kontrolü |
| Krimplemenin uygun özelliklerde olmaması | Parti başlangıcı kontrolü, sonraki operasyonlarda göz kontrolü |

### 2.5.3.4. Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerlerinin tespiti ve rös değeri hesabı

19 Nisan 2012 tarihinde toplanan ekip ile beyin fırtınası gerçekleştirilmiş ve HTEA yapılacak olası hata türleri belirlenmiştir. HTEA çalışmasında kullanmış olduğumuz ortaya çıkma, ağırlık ve saptama puanlandırma tabloları Tablo 1.3, Tablo 1.4 ve Tablo 1.5 ‘de daha önceki bölümde verilmiştir. Ekip üyelerinin tespit edilen hatalar için ortaya çıkma, ağırlık ve saptama puanlandırmaları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Belirlenen değerler küsurattan kurtarılarak kullanılmıştır.

- Ortaya Çıkma Puanları:

Tablo 2.13. Akü Kablosu Kesim Prosesi Ortaya Çıkma (Olasılık) Puan Tablosu

| Ekip Üyeleri | Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması |
|---|---|---|---|
| **1** | 2 | 1 | 2 |
| **2** | 1 | 2 | 2 |
| **3** | 3 | 1 | 2 |
| **4** | 3 | 3 | 3 |
| **5** | 2 | 2 | 2 |
| **6** | 1 | 3 | 3 |
| **7** | 2 | 3 | 1 |
| **TOPLAM** | **14** | **15** | **15** |
| **ORTALAMA** | **2** | **2** | **2** |

Tablo 2.14. Normal Kablo Kesim Prosesi Ortaya Çıkma (Olasılık) Puan Tablosu

| Ekip Üyeleri | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | Düşük kesitte kablo kullanımı | Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | Krimplemenin uygun özelliklerde olmaması |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| **2** | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 |
| **3** | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 |
| **4** | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| **5** | 4 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| **6** | 4 | 2 | 1 | 2 | 5 |
| **7** | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| **TOPLAM** | **22** | **15** | **8** | **15** | **28** |
| **ORTALAMA** | **3** | **2** | **1** | **2** | **4** |

- Ağırlık (Şiddet) Puanları

Tablo 2.15. Akü Kablosu Kesim Prosesi Ağırlık (Şiddet) Puan Tablosu

| Ekip Üyeleri | Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması |
|---|---|---|---|
| **1** | 2 | 3 | 8 |
| **2** | 3 | 3 | 5 |
| **3** | 3 | 4 | 5 |
| **4** | 2 | 3 | 6 |
| **5** | 4 | 3 | 6 |
| **6** | 3 | 3 | 6 |
| **7** | 3 | 3 | 7 |
| **TOPLAM** | **20** | **22** | **43** |
| **ORTALAMA** | **3** | **3** | **6** |

Tablo 2.16. Normal Kablo Kesim Prosesi Ağırlık (Şiddet) Puan Tablosu

| Ekip Üyeleri | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | Düşük kesitte kablo kullanımı | Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | Krimplemenin uygun özelliklerde olmaması |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 9 | 8 | 8 | 5 | 2 |
| **2** | 8 | 8 | 7 | 5 | 2 |
| **3** | 8 | 7 | 8 | 4 | 1 |
| **4** | 8 | 8 | 8 | 4 | 2 |
| **5** | 7 | 9 | 9 | 4 | 2 |
| **6** | 9 | 9 | 8 | 3 | 2 |
| **7** | 8 | 8 | 8 | 4 | 2 |
| **TOPLAM** | **57** | **57** | **56** | **29** | **12** |
| **ORTALAMA** | **8** | **8** | **8** | **4** | **2** |

- Saptama (Keşfedilebilirlik) Puanları:

Tablo 2.17. Akü Kablosu Kesim Prosesi Saptama (Keşfedilebilirlik) Puan Tablosu

| Ekip Üyeleri | Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması |
|---|---|---|---|
| **1** | 7 | 8 | 8 |
| **2** | 8 | 9 | 7 |
| **3** | 8 | 9 | 7 |
| **4** | 8 | 8 | 8 |
| **5** | 8 | 7 | 7 |
| **6** | 9 | 8 | 6 |
| **7** | 8 | 8 | 7 |
| **TOPLAM** | **56** | **57** | **50** |
| **ORTALAMA** | **8** | **8** | **7** |

Tablo 2.18. Normal Kablo Kesim Prosesi Saptama (Keşfedilebilirlik) Puan Tablosu

| Ekip Üyeleri | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | Düşük kesitte kablo kullanımı | Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | Krimplemenin uygun özelliklerde olmaması |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 2 | 4 | 8 | 3 | 8 |
| **2** | 3 | 4 | 8 | 4 | 7 |
| **3** | 3 | 4 | 8 | 4 | 7 |
| **4** | 3 | 4 | 9 | 5 | 6 |
| **5** | 4 | 3 | 8 | 4 | 7 |
| **6** | 3 | 4 | 8 | 4 | 7 |
| **7** | 2 | 4 | 8 | 4 | 7 |
| **TOPLAM** | **20** | **27** | **57** | **28** | **49** |
| **ORTALAMA** | **3** | **4** | **8** | **4** | **7** |

- **Risk Öncelik Sayılarının Belirlenmesi**

Risk Öncelik sayısı, ağırlık, saptama ve olasıklık değerlerinin çarpılması ile bulunmuş ve Tablo 2.19'daki HTEA tablosunda verilmiştir.

### 2.5.4. RÖS değerlerinin incelenmesi ve önlem alınacak hata türlerinin belirlenmesi

RÖS Değerleri ve alınacak önlemler Tablo 2.19'da gösterilmiştir. RÖS değerleri çok yüksek değildir. Yalnızca bir tanesi 40'ın altında diğerleri 40 ile 100 arasındadır. Buna göre kablo kesim ve akü kablosu kesim prosesleri için yapılan HTEA çalışmasında, normal kablo kesim prosesinde 3 hata tipi için aksiyon belirlenmiş, diğer iki hata türü önemsiz olarak kabul edilmiştir. Akü kablosu kesim prosesinde ise yalnız 1 hata türü için aksiyon belirlenmiş ve diğer hatalar şimdilik göz ardı edilmiştir. RÖS değerleri çok yüksek olmadığından böyle bir karar verilmiştir. İlgili aksiyonların uygulanmasına ve bir sonraki HTEA çalışmasının aynı prosesler için 4 Eylül 2012 tarihinde yinelenmesine karar verilmiştir. Tablo 2.20 ve Tablo 2.21'de her iki proses için HTEA tablosu verilmiştir.

Tablo 2.19. Çalışma Öncesi HTEA Sonucunda RÖS Değerleri ve Alınacak Önlemler Tablosu

| Proses | Hata Türleri | Hesaplanan RÖS Değerleri | Önlemler |
|---|---|---|---|
| Normal Kablo Kesim Prosesi | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | **72*** | SPC Uygulanarak Prosesin Trendinin takibi |
| | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | **64*** | Makine ayarı yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenecektir |
| | Düşük kesitte kablo kullanımı | **64*** | Kablonun dış çapını ölçen sensör |
| | Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | 32 | Gerek Duyulmadı |
| | Krimplemenin uygun özelliklerde olmaması | 56 | Gerek Duyulmadı |
| Akü Kablosu Kesim Prosesi | Ürünün uzun ya da kısa kesilmesi | 48 | Gerek Duyulmadı |
| | Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | 48 | Gerek Duyulmadı |
| | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | **84*** | Makine ayarı yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenecektir |

Tablo 2.20. Akü Kablosu Kesim Prosesi Çalışma Öncesi HTEA Tablosu

**PROSES FMEA ÇALIŞMA RAPORU**
*PROCESS FMEA STUDY REPORT*

| | |
|---|---|
| **FMEA No** *FMEA No* | 1 |
| **Revizyon No** *Revision No* | 02 |
| **Revizyon Date** *Revision Date* | 19.04.2012 |

**Parça** *Item*: Akü Kablosu | **Proses Sorumlusu** *Process Responsibility*: Ustabaşı | **Hazırlayan** *Prepared By*: Kalite Mühendisi

**Model Yılı / Program** *Model Year(s)/Program*: - | **Kilit Tarih** *Key Date*: - | **FMEA Orj Tarihi** *FMEA Date (Orj)*: 01.04.2011 | **Sayfa** *Page*: 1 / 1

| **Proses Adımı** *Process Step* - **Fonksiyon** *Function* | **Şart** *Requirement* | **Potansiyel Hata Türü** *Potential Failure Mode* | **Hatanın Potansiyel Etkileri** *Petential Effect(s) of Failure* | **S** | **Önem Sınıfı** *Classification* | **Hatanın Potansiyel Nedenleri** *Potential Cause(s) of Failure* | **Mevcut Proses** *Current Process* | | | | **RPN** | **Önerilen Faaliyetler** *Recommended Action* | **Sorumlusu & Termin** *Responsibility & Target Date* | **Faaliyet Sonuçları** *Action Results* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | **Önleme Kontrolleri** *Controls Prevention* | **O** | **Saptama Kontrolleri** *Controls Detection* | **D** | | | | **Gerçekleştirilen Faaliyetler & Tarih** *Actions Taken & Date* | **S** | **O** | **D** | **RPN** |
| (Akü Kablosu Kesim) | Uygun boyda kesim yapılmalı | Ürünün uzun yada kısa kesilmesi | ürün kullanılamaz yeniden işlem görmesi gerekir yada hurda olur | 3 | - | operatör dikkatsizliği | imalat başlangıç onayı | 2 | hat operatörü kontrolü, sonraki operasyonlar | 8 | 48 | gerek duyulmadı | | | | | | |
| | Kesim yapılan ürünün uçları düzgün olmamalı | Kesilen ürünün uç kısmının çapaklı olması | ürünün kullanıldığı yerlerde boyutsal sorunlar yaratabilir | 3 | - | operatör dikkatsizliği | - | 2 | hat operatörü kontrolü, sonraki operasyonlar | 8 | 48 | gerek duyulmadı | | | | | | |
| | Kablo kesimi esnasında teller zarar görmemeli | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | tolerans dışı tel kopmaları meydana geldiğinde ürün hurda olur | 6 | - | operatör dikkatsizliği, makine ayarlarının iyi yapılamaması | imalat başlangıç onayı | 2 | %100 göz kontrolü sonraki operasyonlar | 7 | 84 | Makine ayarı yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenecektir | | | | | | |

**S** *(Severity)* **Şiddet**

**O** *(Occurrance)* **Olasılık**

**D** *(Detection)* **Keşfedilebilirlik**

**R.P.N** *(Risk Priority Number)* **Risk Öncelik Sırası**

**EKİP ÜYELERİ (İsim/İmza)** *TEAM MEMBERS (Name/Sign)*

Kalite Müdürü
Proses Sorumlusu
Kalite Mühendisi
Üretim Müdürü
Yurtdışı Satış Uzmanı
Kalite Kontrol Uzmanı
Ustabaşı (Her iki kesim prosesinden de sorumlu)

**EKİP LİDERİ (İsim/İmza)** *TEAM LEADER (Name/Sign)*

Kalite Müdürü

*Revizyon No ve Tarihi: 02 / 19.04.2012*

Tablo 2.21. Normal Kablo Kesim Prosesi Çalışma Öncesi HTEA Tablosu

**PROSES FMEA ÇALIŞMA RAPORU**
*PROCESS FMEA STUDY REPORT*

| | |
|---|---|
| **FMEA No** *FMEA No* | 1 |
| **Revizyon No** *Revision No* | 02 |
| **Revizyon Date** *Revision Date* | 19.04.2012 |

**Parça** *Item*: ELEKTRİK TESİSATI / HARNESS — **Proses Sorumlusu** *Process Responsibility:* Kablo Kesim Proses Sorumlusu — **Hazırlayan** *Prepared By:* Kalite Mühendisi

**Model Yılı / Program** *Model Year(s)/Program*: - — **Kilit Tarih** *Key Date*: - — **FMEA Orj Tarihi** *FMEA Date (Orj)*: 01.04.2011 — **Sayfa** *Page*: 1 / 1

| **Proses Adımı** *Process Step* - **Fonksiyon** *Function* | **Şart** *Requirement* | **Potansiyel Hata Türü** *Potential Failure Mode* | **Hatanın Potansiyel Etkileri** *Potential Effect(s) of Failure* | **S** | **Önem Sınıfı** *Classification* | **Hatanın Potansiyel Nedenleri** *Potential Cause(s) of Failure* | **Mevcut Proses** *Current Process* — **Önleme Kontrolleri** *Controls Prevention* | **O** | **Saptama Kontrolleri** *Controls Detection* | **D** | **RPN** | **Önerilen Faaliyetler** *Recommended Action* | **Sorumlusu & Termin** *Responsibility & Target Date* | **Faaliyet Sonuçları** *Action Results* — **Gerçekleştirilen Faaliyetler & Tarih** *Actions Taken & Date* | **S** | **O** | **D** | **RPN** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kablo Kesimi, Krimpleme | Krimp yüksekliği terminal çekme kuvvetini sağlayacak ölçüde olmalı | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | terminalin ısınmasına ve fonksiyonunu yitirmesine neden olur | 8 | - | Kalıp ayarlarının iyi yapılamaması, uygun aparat kullanılmaması terminalin kablo kesiti için uygun olmaması | Parti başlangıcı ayar kontrolü, periyodik kontroller. | 3 | - | 3 | 72 | SPC Uygulanarak Prosesin Trendisin takibi | | | | | | |
| | Kesim esnasında bakır teller hasar görmemeli | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi | terminalin ısınmasına ve fonksiyonunu yitirmesine neden olur | 8 | - | Bıçak ayarlarının iyi yapılamaması, operatör dikkatsizliği | Parti başlangıcı çekme kopma kuvveti testi | 2 | görsel kontroller | 4 | 64 | Makine ayarı yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenecektir | | | | | | |
| | Kesimi yapılan kablo uygun kesitte olmalı | Düşük kesitte kablo kullanımı | Akımı iletemez, kablonun ısınmasına ve dolayısı ile yanmasına neden olur | 8 | - | Operatör dikkatsizliği, yanlış tanımlama | parti başlangıcı kontrolü | 1 | Operatör farkı anlayabilir, şüphelendiğinde kontrol yapar | 8 | 64 | Kablonun dış çapını ölçen sensör | | | | | | |
| | kablo uygun boyda olmalı | Kablo boyunun istenenden uzun yada kısa olması | Montaj zorluğu yaratır, hurda olabilir, yeniden işlem gerekebilir. | 4 | - | Kablo boylama ayarlarının hatalı yapılması, operatör dikkatsizliği | Parti başlangıcı kontrolü | 2 | montajda fark edilir | 4 | 32 | gerek duyulmadı | | | | | | |
| | Krimpleme uygun olmalı | Crimplemenin uygun özelliklerde olmaması | montaj zorluğuna yada görsel rahatsızlıklara neden olur | 2 | - | Kalıp ayarlarının iyi yapılamaması, uygun aparat kullanılmaması, operatör dikkatsizliği | Parti başlangıcı kontrolü | 4 | sonraki operasyonlarda fark edilir | 7 | 56 | gerek duyulmadı | | | | | | |

**S** *(Severity)* **Şiddet**

**O** *(Occurrance)* **Olasılık**

**D** *(Detection)* **Keşfedilebilirlik**

**R.P.N** *(Risk Priority Number)* **Risk Öncelik Sırası**

**EKİP ÜYELERİ (İsim/İmza)** *TEAM MEMBERS (Name/Sign)*

Kalite Müdürü
Proses Sorumlusu
Kalite Mühendisi
Üretim Müdürü
Yurtdışı Satış Uzmanı
Kalite Kontrol Uzmanı
Ustabaşı (Her iki kesim prosesinden de sorumlu)

**EKİP LİDERİ (İsim/İmza)** *TEAM LEADER (Name/Sign)*

Kalite Müdürü

*Revizyon No ve Tarihi: 02 / 19.04.2012*

### 2.5.5. Önlemlerin uygulanması

Tablo 2.19'da hata türleri ve alınacak önlemler belirtilmiştir. Bu önlemler 4 Eylül 2012 tarihine kadar uygulanmıştır. Aylık periyodik operatör eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Oluşan hataların tekrarlanmaması için operatörlere püf noktalar konusunda bilgi verilmiştir.

Makine ayarları konusunda her ne kadar operatör uzman olsa da en azından belli bir süre sadece şartnameleri ve ayar yönergelerini takip ederek makine ayarlarının yapılmasına karar verilmiştir.

Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması konusunda ise SPC uygulanmasına karar verilmiştir. Böylece prosesin trendinin takibi sağlanmış olacaktır. Zaten makinelerin otomatik SPC özellikleri mevcuttur; fakat makinenin bu özelliğinin kullanımının operatörler tarafından ve kalite ekibi tarafından detaylı olarak bilinmediği anlaşılmıştır. Bu konunun üzerine gidilmesine ve makine özelliklerinin detaylı olarak tekrar incelenmesine karar verilmiştir.

Kablonun dış çapının hatalı olmasının önüne geçmek için makinelere sensör takılmasına karar verilmiştir. Böylece kablo çapı hatalı olduğunda sensör bunu fark edebilecek ve uyarı sesi vererek makinenin durdurulmasını sağlayacaktır.

Tüm bu önlemler 4 Eylül 2012 tarihine kadar uygulanmıştır. Makinelerde SPC ayarları yapılmış ve uygulamaya başlanmıştır. Diğer yandan sensörler sipariş edilmiş ve makinelere takılmıştır. Operatörler aylık eğitimlerden geçirilmiş ve ara ara denetlenmiştir. 4 Eylül 2012'de HTEA tekrarlanmış ve önlem alınan hata türleri için yeni RÖS değerleri belirlenmiştir. Akü kablosu kesim bölümü ve normal kablo kesim bölümü için tekrarlanan HTEA tabloları Tablo 2.25 ve Tablo 2.26'de verilmiştir. Toplanan ekip tarafından ağırlık, ortaya çıkma ve keşfedilebilirlik değerleri tekrar oylanmış ve RÖS deperleri yeniden hesaplanmıştır. Tablo 2.22'de oylama tablosu yer almaktadır. Tablo 2.23 ve Tablo 2.24'de eski ve yeni RÖS değerleri verilmiştir.

Tablo 2.22. Çalışma Sonrası HTEA Ağırlık, Olasılık ve Saptanabilirlik Puanları Tablosu

| Proses | Akü Kablosu Kesim Prosesi | | | Normal Kablo Kesim Prosesi | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hata Türü | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | | | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | | | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | | | Düşük kesitte kablo kullanımı | | |
| Ekip Üyeleri | Ortaya Çıkma Puanları | Ağırlık (Şiddet Puanları | Saptama (Keşfedilebilirlik) Puanları | Ortaya Çıkma Puanları | Ağırlık (Şiddet Puanları | Saptama (Keşfedilebilirlik) Puanları | Ortaya Çıkma Puanları | Ağırlık (Şiddet Puanları | Saptama (Keşfedilebilirlik) Puanları | Ortaya Çıkma Puanları | Ağırlık (Şiddet Puanları | Saptama (Keşfedilebilirlik) Puanları |
| 1 | 1 | 5 | 8 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 8 |
| 2 | 1 | 3 | 7 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 8 |
| 3 | 1 | 3 | 7 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 8 |
| 4 | 2 | 3 | 8 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 9 |
| 5 | 1 | 4 | 7 | 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 8 |
| 6 | 1 | 3 | 6 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 8 |
| 7 | 1 | 3 | 7 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 8 |
| TOPLAM | 8 | 24 | 50 | 14 | 14 | 20 | 8 | 14 | 27 | 7 | 14 | 57 |
| ORTALAMA | 1 | 3 | 7 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 8 |

Tablo 2.23. Normal Kablo Kesim Prosesi Çalışma Sonrası HTEA Yeni RÖS Değerleri

| Proses | Hata Türleri | 1. Tur RÖS Değerleri | 2. Tur RÖS Değerleri | Önlemler |
|---|---|---|---|---|
| Normal Kablo Kesim Prosesi | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | **72** | **12** | Makine Kullanım talimatları incelenmiş ve uygulamaya alınmıştır 19.04.12-04.09.12 arası |
| | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası) | **64** | **8** | Daha Önce Makine ayarları yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenmiştir (19.04.12-04.09.12) |
| | Düşük kesitte kablo kullanımı | **64** | **16** | Sensörler Satın alınmış ve bakım onarım şefliği tarafından makinelere monte edilmiştir |

Tablo 2.24. Akü Kablosu Kesim Prosesi Çalışma Sonrası HTEA Yeni RÖS Değerleri

| Proses | Hata Türleri | 1. Tur RÖS Değerleri | 2. Tur RÖS Değerleri | Önlemler |
|---|---|---|---|---|
| Akü Kablosu Kesim Prosesi | Kesim Esnasında Bakır Tellerin Hasarlanması | **84** | **21** | Daha Önce Makine ayarları yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenmiştir. (19.04.12-04.09.12 arası) |

HTEA uygulaması sonrasında Tablo 2.23 ve 2.24'de de görüldüğü gibi RÖS değerlerinde kayda değer bir iyileşme sağlanmıştır. Sonuçlar bölümünde detaylı olarak iyileştirmeler ele alınmıştır.

Tablo 2.25. Akü Kablosu Kesim Prosesi Çalışma Sonrası HTEA Sonuç Tablosu

| **PROSES FMEA ÇALIŞMA RAPORU** *PROCESS FMEA STUDY REPORT* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | **FMEA No** *FMEA No* | | | | **2** | | |
| | | | | | | | | | | | | | | **Revizyon No** *Revision No* | | | | **02** | | |
| | | | | | | | | | | | | | | **Revizyon Date** *Revision Date* | | | | **04.09.2012** | | |
| **Parça** *Item* | | **Akü Kablosu** | | | **Proses Sorumlusu** *Process Responsibility* | | | **Ustabaşı** | | | **Hazırlayan** *Prepared By* | | | **Kalite Mühendisi** | | | | | | |
| **Model Yılı / Program** *Model Year(s)/Program* | | - | | | **Kilit Tarih** *Key Date* | | | - | | | **FMEA Orj Tarihi** *FMEA Date (Orj)* | | | **01.04.2011** | **Sayfa** *Page* | | | **1 / 1** | | |
| **Proses Adımı** *Process Step* - **Fonksiyon** *Function* | **Şart** *Requirement* | **Potansiyel Hata Türü** *Potential Failure Mode* | **Hatanın Potansiyel Etkileri** *Petential Effect(s) of Failure* | **S** | **Önem Sınıfı** *Classification* | **Hatanın Potansiyel Nedenleri** *Potential Cause(s) of Failure* | **Mevcut Proses** *Current Process* | | | | **R P N** | **Önerilen Faaliyetler** *Recommended Action* | **Sorumlusu & Termin** *Responsibility & Target Date* | **Faaliyet Sonuçları** *Action Results* | | | | | | |
| | | | | | | | **Önleme Kontrolleri** *Controls Prevention* | **O** | **Saptama Kontrolleri** *Controls Detection* | **D** | | | | **Gerçekleştirilen Faaliyetler & Tarih** *Actions Taken & Date* | **S** | **O** | **D** | **R P N** |
| Akü Kablosu Kesim | Kablo kesimi esnasında teller zarar görmemeli | Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması | tolerans dışı tel kopmaları meydana geldiğinde ürün hurda olur | **6** | - | operatör dikkatsizliği, makine ayarlarının iyi yapılamaması | imalat başlangıç onayı | **2** | %100 göz kontrolü sonraki operasyonlar | **7** | **84** | Makine ayarı yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenecektir | Kalite Ekibi | Makine ayarı yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenmiştir. 19.04-04.09 | 3 | 1 | 7 | 21 |
| **S** *(Severity)* **Şiddet**<br>**O** *(Occurrance)* **Olasılık**<br>**D** *(Detection)* **Keşfedilebilirlik**<br>**R.P.N** *(Risk Priority Number)* **Risk Öncelik Sırası** | | | | | **EKİP ÜYELERİ (İsim/İmza)** *TEAM MEMBERS (Name/Sign)*<br>Kalite Müdürü<br>Proses Sorumlusu<br>Kalite Mühendisi<br>Üretim Müdürü<br>Yurtdışı Satış Uzmanı<br>Kalite Kontrol Uzmanı<br>Ustabaşı (Her iki kesim prosesinden de sorumlu) | | | | | | | | **EKİP LİDERİ (İsim/İmza)** *TEAM LEADER (Name/Sign)*<br>Kalite Müdürü | | | | | |
| *Revizyon No ve Tarihi: 02 / 19.04.2012* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tablo 2.26.Normal Kablo Kesim Prosesi Çalışma Sonrası HTEA Sonuç Tablosu

| **PROSES FMEA ÇALIŞMA RAPORU** *PROCESS FMEA STUDY REPORT* | | | | | | | | | | | | | | **FMEA No** *FMEA No* | **2** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | **Revizyon No** *Revision No* | **02** |
| | | | | | | | | | | | | | | **Revizyon Date** *Revision Date* | **04.09.2012** |
| **Parça** *Item* **ELEKTRİK TESİSATI / HARNESS** | | | | | | **Proses Sorumlusu** *Process Responsibility:* **Kablo Kesim Proses Sorumlusu** | | | | | **Hazırlayan** *Prepared By:* **Kalite Mühendisi** | | | | | |
| **Model Yılı / Program** *Model Year(s)/Program* - | | | | | | **Kilit Tarih** *Key Date* - | | | | | **FMEA Orj Tarihi** *FMEA Date (Orj)* **01.04.2011** | | | **Sayfa** *Page* **1 / 1** | |

| **Proses Adımı** *Process Step* - **Fonksiyon** *Function* | **Şart** *Requirement* | **Potansiyel Hata Türü** *Potential Failure Mode* | **Hatanın Potansiyel Etkileri** *Petential Effect(s) of Failure* | **S** | **Önem Sınıfı** *Classif ication* | **Hatanın Potansiyel Nedenleri** *Potential Cause(s) of Failure* | **Mevcut Proses** *Current Process* | | | | **R P N** | **Önerilen Faaliyetler** *Recommended Action* | **Sorumlusu & Termin** *Responsibility & Target Date* | **Faaliyet Sonuçları** *Action Results* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | **Önleme Kontrolleri** *Controls Prevention* | **O** | **Saptama Kontrolleri** *Controls Detection* | **D** | | | | **Gerçekleştirilen Faaliyetler & Tarih** *Actions Taken & Date* | **S** | **O** | **D** | **R P N** |
| Kablo Kesimi, Krimpleme | Krimp yüksekliği terminal çekme kuvvetini sağlayacak ölçüde olmalı | Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması | terminalin ısın-masına ve fonksiyonunu yitirmesine neden olur | **8** | - | Kalıp ayarlarının iyi yapılamaması, uygun aparat kullanılmaması terminalin kablo kesiti için uygun olmaması | Parti başlangıcı ayar kontrolü, periyodik kontroller. | **3** | - | **3** | **72** | SPC Uygulanarak Prosesin Trendisin takibi | Kalite Ekibi ve operatör | Makine Kullanım talimatları incelenmiş ve uygulamaya alınmıştır 19.04-04.09 arası | 2 | 2 | 3 | 12 |
| | Kesim esnasında bakır teller hasar görmemeli | Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi | terminalin ısın-masına ve fonksiyonunu yitirmesine neden olur | **8** | - | Bıçak ayarlarının iyi yapılamaması, operatör dikkatsizliği | Parti başlangıcı çekme kopma kuvveti testi | **2** | görsel kontroller | **4** | **64** | Makine ayarı yanlış yapıldığından periyodik operatör eğitimleri düzenlenecektir | Kalite Ekib | Makine ayarı yanlış yapıldığından aylık periyodik operatör eğitimleri düzenlenmiştir 19.04-04.09 arası | 2 | 1 | 4 | 8 |
| | Kesimi yapılan kablo uygun kesitte olmalı | Düşük kesitte kablo kullanımı | Akımı iletemez, kablonun ısınmasına ve dolayısı ile yanmasına neden olur | **8** | - | Operatör dikkatsizliği, yanlış tanımlama | parti başlangıcı kontrolü | **1** | Operatör farkı anlayabilir, şüphelendi-ğindekontrol yapar | **8** | **64** | Kablonun dış çapını ölçen sensör | Üst Yönetim onayı ve kalite Ekibi | Sensörler Satın alınmış ve bakım onarım şefliği tarafından makinelere monte edilmiştir | 2 | 1 | 8 | 16 |

**S** *(Severity)* **Şiddet**

**O** *(Occurrance)* **Olasılık**

**D** *(Detection)* **Keşfedilebilirlik**

**R.P.N** *(Risk Priority Number)* **Risk Öncelik Sırası**

**EKİP ÜYELERİ (İsim/İmza)** *TEAM MEMBERS (Name/Sign)*

Kalite Müdürü
Proses Sorumlusu
Kalite Mühendisi
Üretim Müdürü
Yurtdışı Satış Uzmanı
Kalite Kontrol Uzmanı

**EKİP LİDERİ (İsim/İmza)** *TEAM LEADER (Name/Sign)*

Kalite Müdürü

*Revizyon No ve Tarihi: 02 / 19.04.2012*

# 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırmada HTEA ekibi tarafından beyin fırtınası yöntemi ile otomotiv kablo kesim prosesi ve akü kablosu proseslerinde meydana gelebilecek olası hata türleri ve bu hataların etkileri ortaya çıkarılarak, bu hataların meydana gelmeden önlenmesi için gerekli önleyici faaliyetler uygulanmaya çalışılmıştır. Akü kablosu kesim prosesinde 8 tip hata ekip üyeleri tarafından ortaya atılmıştır. Beyin fırtınası sonucunda RÖS değerleri hesaplanacak hata türü sayısı 3'e düşürülmüştür. Normal kablo kesim prosesinde ise 7 tip hata ekip üyeleri tarafından ortaya atılmış ve beyin fırtınası sonucunda RÖS değerleri hesaplanacak hata sayısı 5'e düşürülmüştür. Dolayısı ile her iki proses için toplamda 8 tür hata için RÖS değeri hesaplanmıştır. Normalde RÖS değeri 40'dan büyük hatalar için önlem almakta fayda vardır; fakat akü kablosu kesim prosesinde RÖS değerleri 48 olan 2 tür hata için şimdilik çok kritik olmadığı düşünülerek önlem almaya gerek olmadığına karar verilmiştir. RÖS değeri 84 olan 'Kesim esnasında bakır tellerin hasarlanması' hata türü için makine ayarları yanlış yapıldığından kalite ekibi tarafından operatörlere aylık periyodik eğitimler verilmesine karar verilmiştir. Normal kablo kesim prosesi için de aynı şekilde Tablo 2.19'da da görüldüğü gibi RÖS değerleri sırası ile 72, 64, 64 olan 3 tip hata için aksiyon alınmasına karar verilmiştir. RÖS değeri 32 olan hata türü 40'ın altında kaldığından aksiyon alınmamıştır. RÖS değeri 56 olan hata türü için aksiyon alma kararı verilebilirdi; fakat ortak karar olarak bu RÖS değerinin şimdilik çok kritik olmadığına karar verilmiştir. Ancak bu 2 hata türünün yakından takip edilmesine karar verilmiştir. Risk durumunun gececekte daha da artması tedbir almayı gerektirebilir.

Tablo 2.19'da hata türleri ve alınacak önlemler belirtilmişti. Bu önlemler 4 Eylül 2012 tarihine kadar uygulanmıştır. Aylık periyodik operatör eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Oluşan hataların tekrarlanmaması için operatörlere püf noktalar konusunda bilgi verilmiştir.

Makine ayarları konusunda her ne kadar operatör uzman olsa da en azından belli bir süre sadece şartnameleri ve ayar yönergelerini takip ederek makine ayarlarının yapılmasına karar verilmiştir.

Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması konusunda ise SPC uygulanmasına karar verilmiştir. Böylece prosesin trendinin takibi sağlanmış olacaktır. Zaten makinelerin otomatik SPC özellikleri mevcuttur; fakat makinenin bu özelliğinin kullanımının operatörler tarafından ve kalite ekibi tarafından detaylı olarak bilinmediği anlaşılmıştır. Bu konunun üzerine gidilmesine ve makine özelliklerinin detaylı olarak tekrar incelenmesine karar verilmiştir.

Kablonun dış çapının hatalı olmasının önüne geçmek için makinelere sensör takılmasına karar verilmiştir. Böylece kablo çapı hatalı olduğunda sensör bunu fark edebilecek ve uyarı sesi vererek makinenin durdurulmasını sağlayacaktır.

Tüm bu önlemler 4 Eylül tarihine kadar uygulanmıştır. Makinelerde SPC ayarları yapılmış ve uygulamaya başlanmıştır. Diğer yandan sensörler sipariş edilmiş ve makinelere takılmıştır. Operatörler aylık eğitimlerden geçirilmiş ve ara ara denetlenmiştir. 4 Eylül'de HTEA tekrarlanmış ve önlem alınan hata türleri için yeni RÖS değerleri belirlenmiştir. Akü kablosu kesim bölümü ve normal kablo kesim bölümü için tekrarlanan HTEA tabloları Tablo 2.25 ve Tablo 2.26'de verilmiştir. Toplanan ekip tarafından ağırlık, ortaya çıkma ve keşfedilebilirlik değerleri tekrar oylanmış ve RÖS deperleri yeniden hesaplanmıştır. Tablo 2.22'de oylama tablosu yer almaktadır. Tablo 2.23 ve Tablo 2.24'de eski ve yeni RÖS değerleri verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde normal kablo kesim prosesinde 'Krimp yüksekliğinin istenen değerde olmaması' hatası için RÖS değeri 72'den 12'ye düşmüştür. Bu hata tipinde %500 oranında bir iyileştirme sağlanmıştır. Bu oldukça yüksek bir değerdir. Diğer bir hata tipi 'Kablo sıyırma esnasında bakır tellerin kesilmesi (sıyırma bıçağı hatası)' hatasıydı. Alınan önlemlerin uygulanması ile RÖS değeri 64'den 8'e düşmüştür ve oldukça yüksek bir iyileştirme sağlanmıştır. 3. Tip hata 'Düşük kesitte kablo kullanımı' için alınan önlemler uygulanmıştır ve RÖS değerleri tekrar hesaplandığında 64'den 16'ya indiği görülmüştür. Normal kablo kesim prosesinde ufak aksiyonlar ile oldukça büyük yol kat edilmiştir. Aksiyon alınan 3 tip hatanın da rös değeri 40'ın altına indirilmiştir. Şimdilik bu hata türlerinde risk oldukça

azaltılmıştır; fakat periyodik olarak kontroller yapılıp olası hatalar yakından takip edilmelidir.

Akü kablosu kesim prosesinde sadece bir hata türü için aksiyon alınmıştır. Periyodik operatör eğitimlerinin yapılması ve operatörlerin işlerini daha bilinçli yapmalarının sağlanması ile RÖS değeri 84'den 21'e düşmüştür ve 40'ın altında kaldığı için bu hata türü düşük risk sınıfına girmiştir. Bu da östermiştir ki operatörlere eğitimler verilerek bilinçli hale gelmelerini sağlamak, onların daha az hata yapmalarını sağlamıştır. Çalışmada önemli bir iyileştirme sağlanmıştır; fakat yine de periyodik olarak çalışmalar devam etmeli ve aynı hataların tekrar yaşanıp yaşanmadığı takip edilmelidir.

HTEA'nın uygulanması şirketler için bazen zor gelebilmektedir. Yöneticiler bazen küçük harcamaları dahi gözlerinde büyütmekte ve onay vermemektedir; fakat bu çalışma göstermiştir ki küçük önlemler ve yatırımlar ile büyük yollar kat edilebilmektedir; çünkü özellikle otomotiv sektöründe bazı hataların telafisi olmamaktadır. Özellikle elektrik bağlantılarını sağlayan kabloların '0 hata' ile son müşteriye ulaşması gerekmektedir. Kablodaki ufak görünen bir hata terminalin ısınmasına ve bazen alev almasına sebep olabilir. Bunun sonucunda can ya da mal kaybı yaşanabilir. Bu kayıpların yanında önleyici faaliyetler için harcanacak paralar oldukça düşük meblağlardır. Aksiyonlar neyi gerektirirse gerektirsin, yaşanacak can kayıplarından dolayı markaya gelecek zarar ya da tespit edilen bir hatadan dolayı araçları geri çağırmanın maaliyetinin yanında şüphesiz çok düşük kalacaktır.

Bu aşamadan sonra şirketin her biriminde HTEA çalışmalarının çok ciddi şekilde uygulanması üst yönetime önerilmiştir. Elde dilen sonuçlar yönetim tarafından oldukça önemsenmiş ve diğer birimlerde de bundan sonra düzenli olara HTEA çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Pilot bölge olarak seçilen kablo kesim biriminde başarılı sonuçlar alınması bu kararda etkili rol oynamıştır. Bu denli büyümüş olan bir şirkette bundan sonra hiçbir şey tesadüflere bırakılmamalı ve çok ciddi kontrol altında tutulmalıdır. Bunu yapmak için de bilimsel yöntemler en etkili yoldur. Kaliteli ürün bir şekilde üretilebilir; fakat gereğinde çok fazla zaman kaybederek kontroller yapmak yerine bilimsel yöntemler ile ilerlemek zaman, işgücü, para ve kaynak kayıplarını engelleyecek ve kuşkuya ya da şüpheye yer

bırakmayacaktır. Bu nedenle hem hizmet hem de üretim sektörü ayrım olmaksızın HTEA çalışmalarını aksatmadan yürütmelidir.

## KAYNAKLAR


[1] Baynal K., Onursal S., Cömert H., Otomotiv Elektrik Kablolarındaki Direnci Etkileyen Faktörlerin Optimizasyonu, *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, 23-24 Haziran 2011.

[2] Yaylalı Ç., Kalite İyileştirmede Hata Türü Ve Etkileri Analizi Ve Bir Üretim Sürecinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**,** Konya, 2008, 178535.

[3] Dırağ A., Faılure Mode And Effects Analysıs (HTEA) And An Implementatıon Study In A Packagıng Company, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 178883.

[4] White D., Application of Systems Thinking to Risk Management, A Review of the Literatur , *Management Decision*, 1995, **33**, 35-45.

[5] Akın B., Erol V., Çetin C., *Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi,* 1. Basım, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 321, 1998.

[6] Sofyalıoğlu Ç., Süreç Hata Modu Etki Analizini Gri Değerlendirme Modeli, *Ege Academic Review*, 2011, **11**(1), 155-164.

[7] Akın B., *Hata Türü ve Etkileri Analizi,* 1. Basım, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 12, 1998.

[8] Şamur M. S., Otomotiv Servislerinde HTEA Ve Fta Hata Önleme Tekniklerinin Uygulanması,Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 198353.

[9] Keskin G., Özkan C., An Alternative Evaluation of HTEA: Fuzzy Art Algorithm, *Quality And Reliability Engineering International*, 2009, **25**, 647-661.

[10] Besterfield D. H., Besterfield-Michna C., Besterfield G. H., Besterfield- Sacre M., *Total Quality Management*, 3rd Edition, Pearson, Prentice Hall, New Jersey, USA, 377, 2003.

[11] Stamatis D. H., *Failure Mode and Effect Analysis*, 2nd Edition, American Society for Quality, Wisconsin, USA, 25-107, 2003.

[12] Krasich M., Can Failure Modes and Effects Analysis Assure a Reliable Product?, 7th *Reliability and Maintainability Symposium*, 2007 Annual Symposium, Orlando, FL, 22-25 January 2007.

[13] Sharma R., Kumar D., Kumar P., Predicting Uncertain Behavior of Industrial System Using HTEA Practical Case , *Applied Soft Computing*, 2008, **8**, 96-109.

[14] Aran G., Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (HTEA) Ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat, 2006, 189162.

[15] Durhan D., Hata Türü Ve Etkileri Analizi (HTEA) Ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006, 200029.

[16] Pyzdek T., *The Six Sigma Handbook*, The McGraw Hill Companies Inc., NY, USA, 665-666, 2003.

[17] Çeber Y., Hata Türü Ve Etkileri Analizi Yönteminin (HTEA) Üretim Sektöründe Uygulanmasi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2010, 261520.

[18] Down M., Brozowski L., Younis H., Benedict D., Feghali J., Schubert M., Brender R., Gruska G., Vallance G., Krasich M., Haughey W., *Potential Failure Mode and Effect Analysis (HTEA) Reference Manual*, 4th Edition, Chryler LLc, Ford Moyor Company, General Motors Corporation, 16-111, 2008.

[19] Taşan K., Bir Risk Değerlendirme Ve Güvenilirlik Metodu Olarak Hata Türü Ve Etkileri Analizi (Htea) Yöntemi: Bir Otomotiv Yan Sanayi İşletmesinde Uygulanmasi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2006, 189766.

[20] Kahraman Ö., Bir Otomobil Fabrikasinda İş Sağliği Ve Güvenliği Alaninda FMEA (HTEA) Yöntemi İle Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 2009, 245170.

[21] Bektaş D., Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Film Tablet Üretiminde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007, 208506.

[22] Boran S., Hata Türü ve Etkileri Analizi- Failure Mode and Effects Analysis (HTEA),https://dosya.sakarya.edu.tr/Dokumanlar/2013/520/997266690_HTEA 10yls.pdf, (Ziyaret tarihi: 1 Mayıs 2013).

[23] Kaya E., Sağlık Hizmetlerinde Stratejik Yönetim Araci Olarak Hata Türleri Etkileri Ve Analizi Yöntemi (Failure Mode And Effect Analysis "HTEA") Ve Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 2011, 296104.

[24] Namdari M., Rafiee Sh. and Jafari A., Using the HTEA method to Optimize fuel consumption in Tillage by Moldboard Plow, *International Journal Of Applied Engineering Research*, 2011, **1** (4), 734-742.

[25] Kumar A., Poonia M., Pandel U., Jethoo A., HTEA: Methodology, Design and Implementation in a Foundry, *International Journal Of Engineering Science & Technology*, 2011, **3** (6), 5288-5297.

[26] Prajapati D. R., Application of HTEA in Automobile Industries: A Case Study, *IUP Journal Of Mechanical Engineering*, 2011, **4** (4), 7-21.

[27] Prostean G., Tamasila, M. & Taucean, I. M., Improvement of Windmill Assembly Process with HTEA, *21st International DAAAM Symposium*, Zadar, Croatia, 20-23rd October 2010.

[28] Kumru P. Y., Kumru M., Fuzzy HTEA application to improve purchasing process in a public hospital, *Applied Soft Computing*, 2013, **13,** 721-733.

## KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] Onursal S., **Cömert H.**, Akman G., Öğrenci memnuniyetini etkileyen faktörlerin SPSS yaklaşımı ile araştırılması, *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 23-24 Haziran 2011.

[2] Baynal K., Onursal S., **Cömert H.**, Otomotiv elektrik kablolarındaki direnci etkileyen faktörlerin optimizasyonu, *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 23-24 Haziran 2011.

## ÖZGEÇMİŞ

Hatice CÖMERT DEVECİ 1985 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul Bağcılar'da bulunan Evren İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini 2004 yılında İstanbul Bahçelievler Adnan Menderes Anadolu Lisesi'nde başarıyla tamamladı ve aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği A.B.D.'de lisans eğitimine başladı. 2008 yılında lisans eğitimini başarı ile tamamladı ve aynı yıl Murat Ticaret Kablo Sanayi AŞ'de Yurtdışı Satış Pazarlama Uzmanı olarak göreve başladı. 2010 yılında Büyük Müşteriler Yöneticisi olarak görevlendirildi ve aynı yıl Yüksek Lisans eğitimine başladı. Hala Murat Ticaret Kablo Sanayi AŞ'deki görevini ve Kocaeli Üniversitesi'ndeki Yüksek Lisans Programı'nı başarı ile sürdürmektedir.