

**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ
İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI**

Cenk SÖYLEMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ
İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI**

Cenk SÖYLEMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

CENK SÖYLEMEZ tarafından hazırlanan HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

.....
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Tarih: .../.../2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Cenk SÖYLEMEZ

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Cenk SÖYLEMEZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2006

ÖZET

Hata Türü ve Etkileri Analizi; hata türlerini belirleyen, hataların sonuçları ve etkilerini göz önüne alan, hata durumlarının tespiti ve önlenmesi için çalışan analitik bir tekniktir. Bu teknik kalite sisteminde bir önleme, sürekli iyileştirme yöntemidir. İş güvenliğini tehdit altına alacak risklerin ve ortaya çıkaracağı sonuçların tespit edilmesinde de kullanılan etkin bir yöntemdir. Bu çalışmada Hata Türü ve Etkileri Analizinin iş güvenliği alanında kullanımı anlatılarak, bu alanda gerçek bir uygulaması icra edilmiş, başarılı neticeler elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.141
Anahtar Kelimeler : Hata Türü ve Etkileri Analizi, İş Güvenliği
Sayfa Adedi : 105
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS**SAFETY AT WORK APPLICATION****(M.Sc. Thesis)****Cenk SÖYLEMEZ****GAZİ UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****June 2006****ABSTRACT**

Failure Mode and Effects Analysis is a analytical method, that determines failure modes, their effects and causes, then works for preventing them. This method is a preventive and continuous improving tool for quality system. It is also an effective method for determining the risks and failure modes and their effects on Safety at Work. In this study, it is explained that using of Failure Mode and Effects Analysis on Safety at Work and a real application was studied in this subject which results are very successful.

Science Code : 906.1.141**Key Words : Failure Mode and Effects Analysis, Safety at Work****Page Number: 105****Adviser : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN**

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim süresince her daim değerli yardımını esirgemedi içtenlikle sunan, tez çalışmalarım boyunca değerli yardım, görüş ve katkılarıyla beni yönlendiren, nihayete erdirilmesi hususunda büyük bir sabırla destek olan çok değerli Sayın Hocam Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN'e, tez çalışmam esnasındaki kıymetli yardımlarından dolayı Araştırma Görevlisi Sayın Diyar AKAY'a, tezin hazırlanması aşamasında kıymetli tecrübelerinden faydalandığım çalışma arkadaşlarıma, uygulama aşamasında gerekli destek ve ilgiyi gösteren çalışma arkadaşlarıma ve yöneticilerime, manevi destekleri ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailem Emine SÖYLEMEZ ve Nihat SÖYLEMEZ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ.....	3
2.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tarihçesi.....	6
2.2. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Tanımı	8
2.3. Hata Türleri ve Etkileri Analizi'nin Kalite Sistemi İçindeki Yeri	9
2.4. Hata Türleri Etkileri Analizine Ne Zaman Başlanır	11
2.5. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Amaçları	13
2.6. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Sağladığı Faydalar	13
2.7. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Türleri.....	16
2.7.1. Tasarım HTEA	20
2.7.2. Süreç HTEA	23
2.8. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Öğeleri.....	26
2.9. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Aşamaları.....	31
2.9.1. Hazırlık çalışmaları.....	32
2.9.2. Sistem analizi	34

Sayfa

2.9.3. Analiz sonuçlarını değerlendirme.....	37
2.9.4. İzleme uygulama	43
2.9.5. Doğrulama.....	44
3. İŞ GÜVENLİĞİ.....	47
4. HTEA VE İŞ GÜVENLİĞİ	56
4.1. HTEA’nın İş Güvenliği İçindeki Yeri.....	56
4.2. HTEA’nın İş Güvenliği Uygulamasının Adımları.....	58
5.HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	68
5.1. Uygulama Yapılan Fabrikanın Tanıtımı.....	68
5.2. Uygulama Yapılan Fabrikada Mevcut Durumun Analizi	69
5.3. Uygulama 1 CS–110 Atölyesi	72
5.4. Uygulama 2 CS–160 Atölyesi	86
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	105

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Tasarım – Süreç HTEA arasındaki farklılıklar	26
Çizelge 2.2. Şiddet (Hata Ağırlığı) değeri verilmesi	28
Çizelge 2.3. Oluşma olasılığının verilmesi	29
Çizelge 2.4. Saptanabilirlik değerinin verilmesi	31
Çizelge 2.5. Tasarım HTEA tipik düzeltici faaliyetler	42
Çizelge 2.6. Süreç HTEA tipik düzeltici faaliyetler	43
Çizelge 2.7. Örnek HTEA formu.....	46
Çizelge 4.1. Önem derecesi (şiddet)	63
Çizelge 4.2. Ortaya çıkma olasılığı.....	64
Çizelge 4.3. Yakalama saptanabilirlik kriterleri.....	65
Çizelge 5.1. Uygulama 1 hata türleri ve etkileri.....	74
Çizelge 5.2. Uygulama 1 İlk durum RPN hesaplaması	77
Çizelge 5.3. Uygulama 1 son durum RPN hesaplaması	81
Çizelge 5.4. Uygulama 1 RPN karşılaştırması	85
Çizelge 5.5. Uygulama 2 hata türleri ve etkileri.....	88
Çizelge 5.6. Uygulama 2 İlk durum RPN hesaplaması	91
Çizelge 5.7. Uygulama 2 son durum RPN hesaplaması	96
Çizelge 5.8. Uygulama 2 RPN karşılaştırması	99

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Hata türleri ve etkileri analizi'nin kalite sistemi içindeki rolü.....	11
Şekil 2.2. Ürün mühendisliği ve HTEA yol haritası.....	12
Şekil 2.3. HTEA türleri ve aralarındaki ilişkiler	19
Şekil 4.1.HTEA adımları.....	62
Şekil 5.1.Uygulama 1 karşılaştırma.....	86
Şekil 5.2. Uygulama 2 karşılaştırma.....	100

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
P	Olasılık
S	Şiddet
D	Keşfedilebilirlik

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BHS	Beklenen Hata Sayısı
HTEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
ILO	International Labor Organisation
RÖS	Risk Öncelik Sayısı
RPN	Risk Priority Number

1. GİRİŞ

Bu çalışmada; kalite yönetim, iyileştirme ve risk belirleme araçlarından biri olan, bir ürün ya da süreçte bilinen veya meydana gelebilecek hataların, önceki deneyimler ya da teknoloji kullanılarak belirlenmesi ve bu hataların olmaması için yapılan analitik bir planlama tekniği olan Hata Türü ve Etkileri Analizinin bir üretim tesisinde İş Güvenliği alanında uygulanması çalışılmaktadır.

Çalışmada öncelikle Hata Türü ve Etkileri Analizinin tanımlamaları, tarihçesi, kullanıldığı alanlar, kalite sistemi içindeki yeri, amaçları, faydaları, türleri, aşamaları ve uygulanması incelenmiştir.

Üçüncü bölümde; İş güvenliği ile ilgili tanımlamalar, anlatımlar yapılmış, kavramsal olarak İş güvenliğinin, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği kavramından farklı olduğu vurgulanmış, tehlikelerin önlenmesi yanı sıra risklerin öngörülmesi, değerlendirilmesi ve bu riskleri tamamen ortadan kaldırabilmek ya da zararlarını en aza indirebilmek için yapılacak çalışmaları da içerdiği vurgulanmıştır. İş kazası ve meslek hastalıklarını meydana getiren nedenler örneklendirilerek kaza oluşum teorilerinden bahsedilmiştir.

İş güvenliğinin içinde yer alan problemlerin çözümlenmesi, kazaların önüne geçilmesi, meslek hastalıklarının önlenmesi, çalışanlar herhangi bir zarar görmeden önce hataların bulunması ve elimine edilmeye çalışılması, güvenilirliğin azaltılması için hataların önlenmesine yönelik faaliyetlerin geliştirilmesi ve uygulanması noktasından hareketle, iş güvenliğini tehdit altına alacak risklerin ortaya çıkaracağı sonuçların tespit edilmesinde Hata Türü Ve Etkileri Analizinin etkin bir yöntem olarak, iş güvenliği uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanılabileceği, Hata Türü ve Etkileri Analizi metodolojisinin İş Güvenliği içindeki yeri ve önemi anlatılmıştır. Bu noktada daha önce anlatılan metodolojin, İş güvenliği açısından nasıl uygulandığı ve adımları ile öğeleri tanımlamıştır.

Çalışmanın konusunu oluşturan pratik uygulama; patlayıcı sektöründe yer alan bir fabrikanın iki atölyesi için gerçekleştirilmiş, öncelikle fabrikanın tanıtımı yapılmış, yapılan üretim itibari ile tehlike ve önem boyutlarının fabrikayı görmeye ve incelemeye gerek kalmaksızın kısaca anlaşılmasına çalışılmıştır. Fabrikada ve pratik çalışmanın yapıldığı her iki atölyedeki her türlü yapı, önlem, mevcut durumlar tariflenmiş, çalışmanın gerekliliği ve getireceği faydalar ortaya konmuştur. Hata Türü ve Etkileri Analizinin her adımı takip edilerek ve uygulanarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma esnasında alınacak tedbirler tavsiyeler belirlenmiş, bunlar uyarınca gerekli düzeltici önleyici faaliyetler tedbirler alınmış, çalışmalar yapılmıştır. Akabinde yapılan çalışma sonrası uygulama sonuçları değerlendirildiğinde sonuçların oldukça başarılı olduğu, uygulamanın her iki atölyede İş Güvenliğini sağlamak hususunda büyük faydalar getirdiği, başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın sonuçları ayrıca Sonuçlar ve Öneriler bölümünde tartışılmış, yapılan çalışmalar ve uygulamalardan elde edilen neticeler ve deneyimler doğrultusunda öneri ve tavsiyeler sunulmuştur.

2. HATA T RLER  VE ETK LER  ANAL Z 

Bu sistematik yaklaşım üretim sürecinde başarsızlığa yol açabilecek potansiyel hataların önlenmesi ile kalitesizliğin ortadan kaldırılması ile ilgilenmektedir. Hata Türü ve Etki Analizi bir ürünün planlama aşamasında, tasarım aşamasının sonuna doğru kağıt üzerinde ya da bilgisayar programıyla ilk gerçek ürün kullanıcının ellerinde başarsız olmadan önce uygulanmaktadır. Bunun anlamı, ürün tüketicie ulaşmadan önce hatalarının bulunmasıdır. Bu teknikle ciddi hataların önceden tahminlenmesi ve önleyici faaliyetlere gidilmesi mümkündür.

Mevcut pazar şartları ile değişen kalite anlayışı, hata ayıklama sistemlerinin (kalite kontrol muayeneleri) de rafa kalkmasına neden olmuştur. Zira bu tarz bir yaklaşım, müşteri memnuniyetini oluşurmada büyük gelişmeler sağlamakla birlikte maliyetlerde de artışa neden olmaktadır. Hatalı ürünü ayıklamak demek, ayıklayana kadar hatalı ürüne emek sarf etmek demektir. Bu sebeple, anlayışta gerçekleşen değişiklik şirketleri hata  nleme sistemlerine götürmüştür. Hata Türü ve Etkileri analizi bilinen veya potansiyel hataların risklerini ortaya koyan, ve bu risklere göre hata türlerini önceliklendiren bir yöntemdir[1]. Hata  nleme teknikleri birçok hata için önleyici faaliyetler önerebilmektedir. Bu  nleyici faaliyetler ise organizasyonlara çeşitli maddi ve manevi yükler getirmektedir. Bu yükler, malzeme- makine yatırımı, ek çalışma saatleri şeklinde olabileceği gibi tasarımı değişikliği şeklinde de olabilir.

Ancak kaynaklar daima kısıtlı olduğu için, önleyici faaliyetlerin uygulanmasında yöneticilerin karşılaştıkları sorun, hangi faaliyetin daha öncelikli olduğuna karar verme noktasında ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, hata  nleme tekniklerinde hataları risk derecesine göre  nceliklendirebilme özelliği de aranmaktadır. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) bu özelliği metodolojisinde barındıran bir tekniktir.

HTEA ilk olarak 1960'larda Amerikan uzay programında kullanılmış, daha sonra da askeri standart olarak kabul edilmiştir[2]. 1970'lerden sonra da hata

önleme sistemleri arayışında olan özel üretim firmaları tarafından rağbet görerek uygulamaya alınmıştır.

HTEA risk yönetimi kararlarını vermede bilgi kaynağı olarak kullanılmaktadır[3]. HTEA ürün veya prosesin, sistemin potansiyel hataları ve frekansları yoluyla hata türlerini tanımlayan güvenilirlik tekniğidir[4].

“Ne yanlış gidebilir?” ve “Herhangi bir şey yanlış giderse bu nelere yol açar ve sonuçları ne olur?” sorularıyla bilgiye ulaşan HTEA tekniği, Altı Sigma anlayışının da önemli araçlarından biridir. Özellikle üretim sektöründe kullanılan bu teknik, servis sistemlerinde de kendine yer bulabilmektedir.

HTEA uygulaması bir ürün ya da süreçte oluşabilecek hataları, bunların sebeplerini ve etkilerini ortaya koyarak risk tahmini yapan ve bu riskleri önem derecesine göre sıralayan bir tekniktir.

Olası hata biçimleri ve onların edenlerini ortaya çıkarmak için kullanılan gelişmiş bir Kalite Planlama Aracı olarak ve risklerine göre olası hataları ortaya çıkarak önceliklerini belirleyip onların oluşmasını yok eden veya azaltan gelecekteki analiz ve sürekli süreç iyileştirme amacı ile çalışan disiplinli bir metod olan HTEA, kusurlu ürünlerin ortaya çıkaracağı sonuçların tespit edilmesinde etken bir yöntemdir. HTEA hata şekillerini belirleyen, hataların sonuçları ve etkilerini göz önüne alan, hata durumlarının tespiti ve önlenmesi için çalışan analitik bir tekniktir. Düzeltici önleyici faaliyetlerin hangi hatalar için öncelikli olduğunu belirleyebilmek amacı ile risk öncelik değeri kullanır. HTEA da risk önceliği değeri hataları şiddet, meydana gelme, keşfedebilirlik (yakalama) değerlerinin tespit edilmesi sonucunda belirlenir. Tüm bunların ötesinde HTEA uygulamasının temel sebebi sürekli gelişme ihtiyacıdır. Firmalardaki sürekli gelişme arzusu ve HTEA uygulamaları birbiriyle çok güçlü bir etkileşimdedir. Firmalar piyasada rekabet edebilmeleri için, çeşitli operasyonlardaki hatalarını önlemek veya risklerini azaltmak mecburiyetindedirler.

HTEA; sistem, tasarım, proses veya serviste oluşabilecek hataların değerlendirmesini ve bu tür hataların (problemler, yanlışlıklar, riskler v.s.) sürekli azaltılmasını hedefleyen özel bir metodolojidir.

Bu metodoloji bütün teknoloji ağırlıklı sektörler ile uzay sektörü, kimya endüstrisi ve otomobil sanayinde çok popülerdir. Bu metodun popüler olmasındaki başlıca sebep kullanımının kolay olması ve geniş teorik bilgi gerektirmemesidir. Orta düzeyde deneyimi olan bir risk değerlendirme timi tarafından rahatlıkla uygulanabilir. Bu metod, başarısızlığın olabildiği yer ve alanların her birini çözümler ve kişisel fikirleri de dikkate alarak değer biçer ve sistemin parçalarının her birine uygulanabilir[5].

Başarılı bir Hata Türü ve Etki Analizi uygulaması[6] ;

- Her hatanın nedenlerini ve etkenlerini belirler.
- Potansiyel hataları tanımlar.
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirliğe bağlı olarak hataların önceliğini ortaya çıkarır.
- Sorunların izlenmesini ve düzeltici faaliyetlerin yapılmasını sağlar.

Hata Türü ve Etki Analizi, ürünlerin ve Proseslerin geliştirilmesinde öncelikli olarak hata riskinin ortadan kaldırılmasına odaklanan ve bu amaçla yapılan faaliyetleri belgelendiren bir tekniktir[7].

Hataların önlenmesine yönelik olan çalışmalarda eski ve yeni düşünce sistemleri karşılaştırıldığında şu durum ortaya çıkmaktadır.

Eski Düşünce

Iskarta(hurda)ların gözlenmesi
Güvenirliğin ortaya konulması
Problemlere çözüm üretilmesi

Yeni Düşünce

Iskarta(hurda)ların önüne geçilmesi
Güvensizliğin azaltılması
Problemlerin önlenmesi

2.1. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin 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 ilk olarak NASA tarafından uzay uygulaması için meydana getirilen aracın, istenilen güvenilirlik karakteristiklerine sahip olmasını sağlayacak yöntem olarak geliştirilmiştir. Aya insan indirecek ürünün tek ve çok pahalı olması nedeniyle, herhangi bir parça veya sistemin arıza yapmaması istemekte idi. Bunu sağlamak için HTEA uygulanarak projede mevcut sistemlerin yedeğinin alınması zorunluluğu ortadan kalkmıştır[8].

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 (HTEA) disiplini, ABD ordusunda geliştirilmiştir. Hata Türleri, Etkileri ve Riskinin Analizi Üzerine Prosedürler olarak adlandırılan Askeri Prosedür MIL-P-1629, 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır [9]. 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 uygulamaya geçilmiş, sistemde değişiklik yapılarak çok karmaşık olan askeri uygulama basitleştirilmiştir. 1985 yılından itibaren FORD uygulaması ile benzer şekilde FIAT şirketinde uygulanmaya başlanmıştır[10].

1988 yılında Uluslararası Standartlaştırma Örgütü iş yönetimi standartları üzerine ISO 9000 serisini ortaya çıkarmıştır. ISO 9000 standardının gerekleri işletmeleri, tüketicinin istekleri, gereksinimleri ve beklentileri doğrultusunda Kalite Yönetim

Sistemleri geliştirmeye itmiştir. ISO 9000'in otomotiv sektöründeki karşılığı olan QS 9000, bu alanda faaliyet gösteren firmalar kalite sistemlerini standartlaştırma çabasına sokmuştur. Bunun için otomotiv sektöründeki firmalar, Hata Türleri ve Etkileri Analizi'ni de içeren İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP) uygulamakta ve Kontrol Planı oluşturmaktadır.

Şubat 1993'te Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) endüstri çapında Hata Türü ve Etki Analizi standardı oluşturmuştur. Bu standart HTEA yapısı QS 9000 standardının geliştirilmesinde işbirliği yapan Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul edilmiştir ve desteklenmektedir [7].

1994 yılında Society of Automotive Engineers HTEA uygulamaları için SAEJ-1739 standardını yayımlamıştır. Hata Türü ve Etki Analizi imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Özellikle otomotiv sektöründe bu teknik birinci tahminleme tekniği olarak kullanılmaktadır[11].

HTEA yönteminin ilk ortaya çıktığı zamanlarda J.M. Legg mühendisleri bilgilendirme çalışmaları yapmıştır. C. Kara-Zaitri, A.Keller P.Fleming de önem derecelerinin belirlenmesinde mühendislere yardım etmişlerdir. C.J. Price HTEA'daki hataların mümkün bütün olasılıklarının benzetim yardımıyla göz önüne alınması ve önemli olanların otomatik olarak seçilmesi konusunda çalışmıştır.

Elektrik sistemleri tarafından HTEA uygulaması Price ve arkadaşları tarafından, ısı transferleri üzerindeki uygulamaları ise Bellomo ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Çevresel risklerin değerlendirilmesi üzerinde ise Vandenbrande çalışmıştır. Glichrist ise HTEA'da maliyet analizini de içeren bir model önermiş, Ben-Daya ve R. Abdul de önerilen bu modeli eleştirmiş ve geliştirilmiş bir model önermiştir. Ayrıca risklerin önceliklendirilmesinde bulanık mantığın kullanılmasını Sankar ve Prabhu ve Pillay ve Wang önermişlerdir [1].

2.2. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Tanımı

HTEA bir ürün ya da süreçte bilinen veya meydana gelebilecek hataların, önceki deneyimler ya da teknoloji kullanılarak belirlenmesi ve bu hataların olmaması için yapılan bir planlamadan oluşan analitik bir tekniktir [12].

HTEA hataların tanımlanması, analiz edilmesi ve önceliklendirilmesi için bir araçtır. Tasarım ve geliştirme aşamalarında hataları önlemek için kullanılan etkin bir araçtır [13].

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[13].

Standartlardaki tanıma göre güvenilirlik; Bir sistemin belirli koşullar altında kendinden beklenen fonksiyonları yerine getirme olasılığıdır.

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[14].

HTEA, olası hataların meydana gelebileceği sistemleri, tasarımları, süreçleri ve hizmetleri analiz edip değerlendiren özel bir metodolojidir [15].

Hata türü ile ilgili diğer tanımlamalar [16] ;

Hata sebebi : Fiziksel veya kimyasal proses, tasarım eksiklikleri, parça noksanlıkları, kalite eksiklikleri, veya temelde en basit hali ile hatanın oluşmasına ile sonuçlanabilecek bir takım proseslerin her biridir.

Hata tanımı: beklenen performans değerlerinden, belirlenmiş hedef ve durumlardan farklı ve uzak beklenmedik çıktılardır.

Hata etkileri: Hatanın operasyon, fonksiyon veya durumda sebep olduğu, yerel, yakın yüksek ve nihai etkiler olarak sınıflandırılan etkileridir.

Hata türü: Hatanın ortaya çıkma durum ve biçimlerini barındıran tanımlamadır.

2.3. Hata Türleri ve Etkileri Analizi'nin Kalite Sistemi İçindeki Yeri

Güvenilirlik (öngörülen kalitenin ve bağlı olduğu sistemin oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması) ürün kalitesinin en önemli kriteri olmasının yanında müşteri tatmini açısından da çok önemli göstergedir [17].

Güvenilirlik bir aletin veya sistemin verilen bir zaman süresi boyunca ve verilen çalışma koşulları altında, kendisinden beklenen işlevleri uygun bir şekilde yerine getirmesi olasılığıdır [18]. Tanımdan da anlaşılacağı gibi güvenilirlik ürünlerin veya sürecin önemli bir özelliği ve müşteri tatminini sağlamakta etkisi çok fazla olan bir faktördür. Müşteriler kullandıkları ürünün hizmet süresinin uzun ve aynı zamanda sorunsuz bir süreç olmasını istemektedirler. Ürünler karmaşık hale geldikçe, geleneksel tasarım yöntemleriyle düşük hata oranlarını elde edebilmek güçleşmektedir [17].

Bu nedenle ürünün veya sürecin güvenilirliğini sağlamak için atılacak adım, ortaya çıkabilecek olan hataların türlerini ve bunların ürün ya da sürece etkilerini belirleyebilecek bir risk analizinin yapılması ve kurulacak veya kurulmuş olan bir sürecin güvenilirliğinin kontrol altına alınmasıdır. Risk analizinde eski ve yeni anlayışlar aşağıda problem, kayıplar ve güvenilirlik açısından karşılaştırılmıştır[19].

Eski Anlayış

Problem Çözümü

Kayıp Maliyetlerin Çıkarılması

Güvenilirliğin Hesaplanması

Yeni Anlayış

Problemin Önlenmesi

Kayıpların Önlenmesi

%100 Güvenilirlik

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır [6].

Bir ürünün güvenilirliğini sağlamak için; bir güvenlik programının geliştirilmesi, tedarikçi firmaların izlenmesi ve kontrol edilmesi, bir hata raporlama sisteminin oluşturulması, uygun hata analizlerinin yapılması, düzeltici faaliyetlerin yürütülmesi, hata arama sisteminin yapılandırılması, Hata Türleri ve Etkileri Analizinin tam olarak uygulanması gerekmektedir. HTEA, kalite sisteminde bir önleme tekniğidir.

HTEA kurum, şirket veya fabrika içersine önemi yüksek olan bir faaliyet olarak varsayılmalı ve doğrudan üst yönetim tarafından takip edilmelidir. Üst yönetimin çok ciddi kararlılığı olmazsa HTEA umulan sonuçları güçlkle sağlar[20].

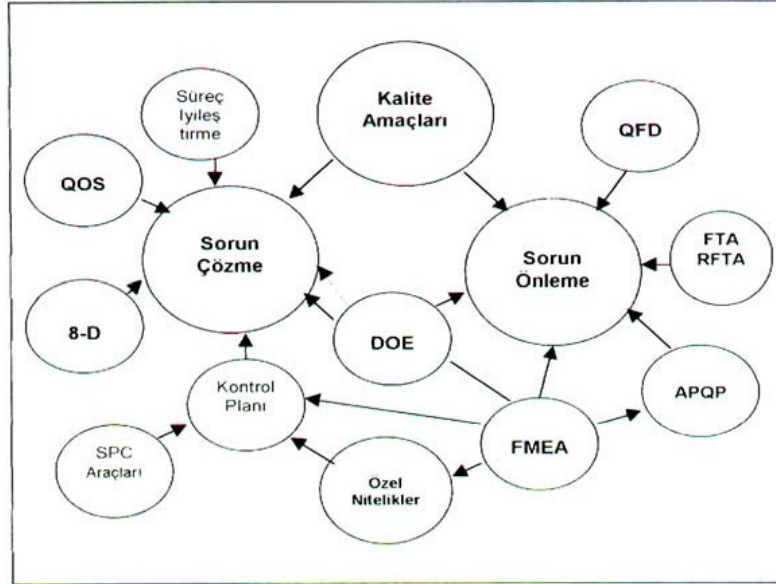
Başarılı bir Hata Türü ve Etki Analizi uygulaması [6] ;

- Her hatanın nedenlerini ve etkenlerini belirler.
- Potansiyel hataları tanımlar.
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirliğe bağlı olarak hataların önceliğini ortaya çıkarır.
- Sorunların izlenmesini ve düzeltici faaliyetlerin yapılmasını sağlar.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, ürünlerin ve süreçlerin geliştirilmesinde öncelikli olarak hata riskinin ortadan kaldırılmasına odaklanan ve bu amaçla yapılan faaliyetleri belgelendiren bir tekniktir.

Hata Türü ve Etki Analizi, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır.

Hata Türü ve etki Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır[6].



Şekil 2.1. Hata türleri ve etkileri analizinin kalite sistemi içindeki rolü [7]

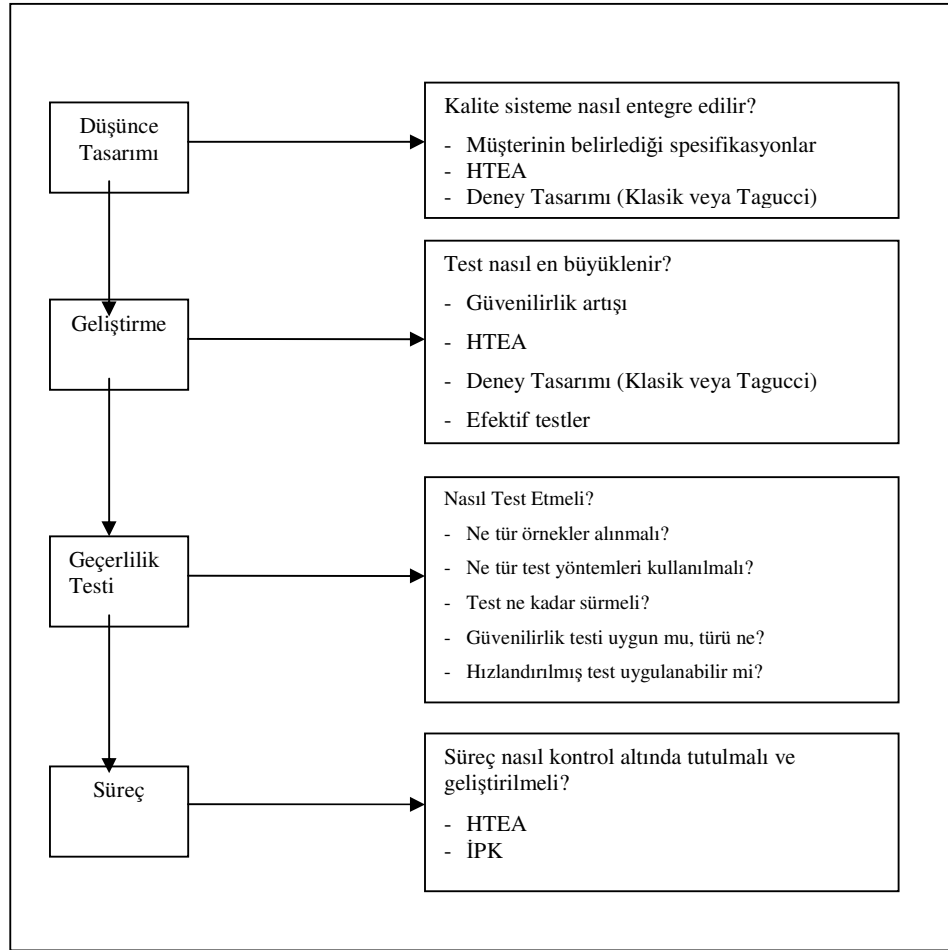
2.4. Hata Türleri ve Etkileri Analizine Ne Zaman Başlanır

HTEA bilinen veya potansiyel problemlerin eliminasyonu ile müşteri memnuniyetini maksimize eden bir metodolojidir. Bunu gerçekleştirmek için HTEA mümkün olduğunca erken, hatta bütün gerçekler ve bilgiler mevcut değilken başlatılmalıdır. HTEA, sahip olduklarıyla yapabileceğinin en iyisini yap fikri üzerine odaklanır. HTEA programı aşağıdaki durumlarda başlatılmalıdır [15];

- Yeni sistemler, tasarımlar, ürünler, süreçler veya sistemler tasarlanırken,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için yeni uygulamalar,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için sebeplerine bakılmaksızın değiştirilirken,
- Mevcut koşullardaki sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için yeni uygulamalar başlatılırken,

- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servislerin geliştirilmesi düşünüldüğü zaman.

HTEA, sürekli gelişim yolunun haritasıdır. Bu özelliği ile HTEA sistem fikrinden üretim ve servise kadar her aşamada başlatılabilir. Şekil 2.2’de bu yol haritası gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Ürün mühendisliği ve HTEA yol haritası

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

2.5. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Amaçları

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) öncelikli olarak ürün ve süreç geliştirme üzerine eğilen, disiplinli bir tasarım gözden geçirmedir. HTEA tekniğinin öncelikli amaçları şunlardır[19]:

- 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.

2.6. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Sağladığı Faydalar

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 [21];

- Ürün, süreç ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak gözden geçirir,

- Ürün, süreç, hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlar,

- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, süreç ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler, bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlar,

- Montajda, montaj öncesinde, üründe ve süreçte hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden kaynaklanabileceğini (tasarım, süreç, vb.) belirler,

- Diğer kaynaklardan elde edilmesi mümkün olmayan hata oranlarını ve türlerini tanımlayarak gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,

- Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,

- Bir ürün için değişikliklerin olabilecek etkilerini tanımlar,

- Yüksek riskli bileşenlerin nasıl güvenilir hale getirilebileceğini tanımlar,

- Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımlar.

- Ürün veya proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engeller.

- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle bağıntılı olarak bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz eder.

- Potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyelleri azaltır.

- Montaj veya imalat prosesi için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de yazılı hale getirir.

- Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir HTEA; proses geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak, mantık örgüsü içerisinde yalnız gidebilecek her birimin analizini içeren) özetler[19].

Yapılacak olan bir HTEA tekniği uygulaması aşağıda özetlenmiş olan fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar [5] ;

- Proses ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak gözden geçirir.

- Proses ya da hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlar.

- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin proses ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler, bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlar.

- Montaj, montaj öncesinde, proste hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden kaynaklanabileceğini (dizayn, operasyon, 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.

Hata Türü ve Etki Analizi sürecinde takım şu unsurları belirlemeye çalışmalıdır;

- Analize konu olan kısmın fonksiyonu,
- Sorun çıkarma potansiyeli,
- Sorunun etkileri,
- Bu sorunun olası nedenleri,
- Bu nedenlerin bulunabilirliği,
- Bu sorunların önlenmesi için alınabilecek önlemler.

Yukarıdaki mühendislik avantajlarının yanı sıra ayrıca Hata Türleri ve Etkileri Analizi tekniği kullanmanın getirdiği genel anlamdaki avantajlar aşağıda sıralanmıştır[22] :

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

HTEA çalışmaları sonucunda [22];

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

Başka bir deyişle de HTEA çalışması yapılarak hatanın bulunması, hatanın önceliğinin saptanması, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, hatanın, olmadan engellenebilmesi ve sonuçlarının ortaya çıkmasının engellenmesi mümkün olur.

2.7. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Türleri

Hata türleri ve Etkileri Analizinin uygulama aşamaları birbirine çok benzemekle birlikte uygulama yerlerine ve amaçlarına göre dört türü vardır.

Sistem HTEA: *Bütün* donanımların ve tasarımın tamamlanmasının sonrasında üretim, kalite güvence gibi sistemlerin akışını en elverişli hale getirmek için kullanılan bir yöntemdir. Sistem HTEA sistemde bozukluklara neden olan potansiyel hata türlerine odaklanır. Sistem ve alt sistemleri analiz ederek, sistemin eksiklerinden doğan sistem fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerini belirlemeye odaklanır. Hedefi, sistemin kalitesini, güvenilirliğini ve korunabilirliğini artırmaktır.

Sistem HTEA'nın faydaları şunlardır:

- Sistemi etkileyen potansiyel problemlerin bulunabileceği alanlar daralır,
- Sistem içerisinde uygulanacak prosedürler için bir temel oluşturulmasına yardımcı olur.
- Sistem içerisindeki fazlalıkların tespit edilmesine yardım eder,
- Optimum sistem tasarım alternatiflerinin seçilmesinde yol gösterir[5].

Tasarım HTEA : Tasarım HTEA, ürün deneme safhasından önce tasarım esnasında veya ürünün fizibilite çalışmaları esnasında karmaşık ürünlerdeki ana riskli bölgeleri bulup ortaya çıkarmak için yapılan HTEA çalışmasıdır. Tasarım hatalarından doğan hata türlerine yönelik olarak üretime başlamadan önce ürünlerin analiz edilmesinde kullanılır. Hedefi, tasarım kalitesini, güvenilirliğini ve korunabilirliğini artırmaktır. Tasarım HTEA'nın faydaları şunlardır:

- Tasarım geliştirme faaliyetleriyle ilgili önceliklerin belirlenmesi,
- Potansiyel hataların tasarım aşamasında iken belirlenmesinin sağlanması,
- Potansiyel güvenlik sorunlarının belirlenerek ortadan kaldırılmasına yardım etmesi ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesinin sağlanması,
- Önemli ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım etmesi,

Tasarım HTEA'nın uygulanması sonucunda:

- Potansiyel kritik veya önemli özelliklerin bir listesi ile potansiyel hata türlerinin Risk Öncelik Sayısı tarafından ağırlıklandırılmış bir listesi elde edilir.

- Test, kontrol veya teşhis yöntemleri kullanılarak potansiyel parametrelerin listesi ile kritik ve önemli özelliklere yönelik, tavsiye edilen potansiyel faaliyetlerin listesi yardımıyla hata türü ve güvenlik sorunlarını ortadan kaldıracak veya hataları azaltacak potansiyel tasarım faaliyetlerini tespit etmek mümkün olacaktır[5].

Süreç HTEA : Üretim ve montaj işlemlerini analiz etmek için kullanılır. Üretim ve montaj işlemlerinde aksaklıklara yol açan hata türleri üzerine odaklanır[15]. Bu analiz üretim veya montaj prosesindeki eksiklerden doğabilecek hata türlerini ortadan kaldırmak ve üretim ve montaj prosesini analiz etmek amacıyla hizmet etmektedir.

Süreç HTEA'nın kullanımının sağladığı yararları şöyle özetleyebiliriz:

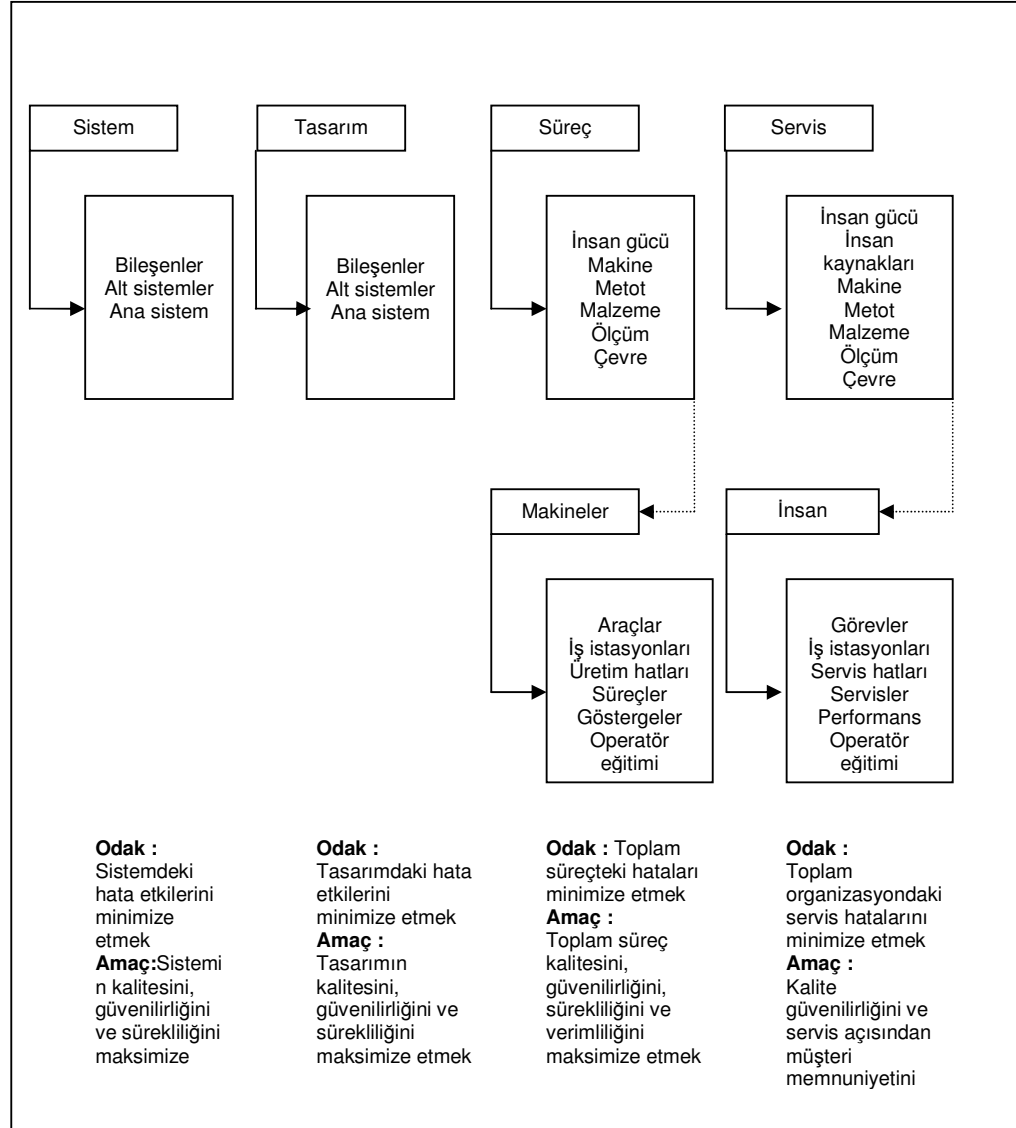
Üretim veya montaj prosesinin analizine yardımcı olması ve düzeltici faaliyetlerin önceliklerini belirlemesi, kritik veya önemli olan özellikleri tespit etmede ve kontrol planı oluşturmada yardımcı olması; proses aşamasında ortaya çıkacak hataları belirlemesi ve düzeltici faaliyetlerle ilgili plan sunması.

Bu tekniğin uygulanmasıyla potansiyel kritik veya önemli özelliklerin bir listesi hazırlanarak, bunlara yönelik öngörülen potansiyel faaliyetlerin listesi yapılır. Potansiyel hata türlerinin risk öncelik sayısı ile belirlenen listesi üzerinde, bu hata türlerinin sebeplerini ortadan kaldıracak, ortaya çıkan hataları azaltacak ve katsayısı yardımıyla proses yeterliliğinin geliştirilemediği durumlarda, hata nedenlerinin ve belirlenmesinin etkinliğini arttıracak potansiyel bir liste oluşturulur[5].

Hizmet HTEA : Müşteri hizmetlerini geliştirmek amacıyla üretim, kalite güvence ve pazarlama koordinasyonu ile uygulanan bir yöntemdir.

Servis HTEA organizasyondaki aksaklıkların analiz edilmesinde yardımcı olur. Bu analizin uygulanmasıyla; organizasyon 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[5].



Şekil 2.3. HTEA türleri ve aralarındaki ilişkiler

2.7.1.Tasarım HTEA

Tasarımdan sorumlu mühendis/ekip tarafından, tasarımda ortaya çıkabilecek olası Hata Türleri ve Sebeplerinin tüm yönleriyle ele alındığı, tanımlandığı ve çözümlendiği analitik bir tekniktir. İlgili her bir sistem, alt sistem ve bileşen değerlendirilir. Diğer bir deyişle özenle ve uygun şekilde yapılmış bir Tasarım HTEA, tasarlanan bir bileşen, alt sistem veya sistem için, ekip düşüncelerinin özetidir (tecrübeye dayanarak yanlış gidebilecek elemanların analizini de içererek) [8]. Bu sistemli yaklaşım, tasarım mühendisinin herhangi bir tasarım sürecindeki zihinsel disiplinini paralelleştirir ve belgelerir[23].

Tasarım HTEA, tasarım ihtiyaçlarının ve alternatiflerinin değerlendirilmesinde, sistemin işleminde oluşabilecek hata türleri ve onların sonuçlarının tasarım/geliştirme sürecinde ele alınmasında, tam ve etkili tasarım ve test geliştirme programlarının planlanmasında ek bilgiler sağlayacak bir referans oluşturur[21]. Tasarım HTEA, özellikle ürünün güvenilirlik ve emniyetine zarar verebilecek herhangi bir durumu veya zayıf noktaları belirlemek için tasarımı analiz etmenin etkili bir yöntemidir.

Bir Tasarım HTEA için müşteri, son kullanıcı (ürünü satın alıp kullanan) olmayıp, aynı zamanda üst sistemlerin veya nihai ürünün tasarım mühendisleri/ekipleri, üretim ve montaj sürecinden sorumlu mühendisler ve servis mühendisleridir[23].

Tasarım HTEA tasarım aşamasında ürüne şu şekillerde katkılarda bulunur :

- Ürünün mümkün hatalarının ürün gerçekleştirmeden önce tespit edilmesini sağlar,
- Uyulması gereken, ürün emniyet kurallarının tanımlanmasına yardımcı olur ve tasarım esnasında gerekli önlemlerin alınmasına sağlar,
- Ürün tasarım gereksinimleri ve alternatiflerinin değerlendirilmesine yardımcı olur,

- Kritik ve önemli özelliklerin belirlenmesine yardımcı olur,
- Tasarım iyileştirmeleri için önceliklerin belirlenmesine yardımcı olur,
- Tasarım esnasında oluşturulan gerçekçi bir belgelendirme sistemi gelecekteki ürün tasarımları için rehberlik eder.

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

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

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

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

Çekirdek ekip;

- Tasarım Mühendisi
- Üretim/süreç Mühendisi

Destek ekip;

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

- Kalite

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

Tasarım HTEA'nın çıktıları;

- Potansiyel ürün hata türlerinin listesi,
- Potansiyel kritik ve belirleyici karakteristiklerin listesi,
- Kritik ve belirleyici karakteristikleri göstermek üzere yapılacak çalışmaların listesi,
- Ürün hata türlerini ortadan kaldıracak ya da tekrarını azaltacak tasarım önlemlerinin bir listesi[15].

Çalışmaya başlarken aşağıdaki bilgi ve dokümanlar hazırlanır;

- Tasarımın amacı ve müşterinin ihtiyacı,
- Ürünlerde görülen hatalar,
- Düşünülen ve var olan kontrol planları,
- İlgili detay teknik çizimler, şemalar, şartnameler, talimatlar,
- Süreç ve montaj akış şemaları,
- Laboratuvar testleri ve talimatları,
- Parça örneği,
- Hata örneği.

2.7.2. Süreç HTEA

Süreç HTEA; herhangi bir süreçten sorumlu mühendis/ekip tarafından, süreçte ortaya çıkabilecek olası Hata Türleri ve ilgili sebeplerinin tüm kapsamıyla ele alındığı, tanımlandığı ve çözümlendiği analitik bir tekniktir[24]. Bu teknik; süreç hata türüyle ilişkili ürünün potansiyelini belirler, hataların müşteri üzerindeki etkilerinin potansiyelini ortaya çıkarır, potansiyel imalat ve montaj süreci hata sebeplerini belirler ve hata şartlarını ortaya çıkarmak veya önlemek için kontrole yoğunlaşmada gerekli olan önemli süreç değişkenlerini belirler[26].

Bir Süreç HTEA için müşteri normal olarak nihai müşteri (ürünü satın alıp kullananlar) olarak görülmelidir. Ancak, müşteri, bir sonraki ve daha sonraki imalat/montaj operasyonları ve servis operasyonları da olabilir[23].

Süreç HTEA, imalat sırasında ürüne ve sürece şu katkılarda bulunur:

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

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

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

Çekirdek Ekip;

- Tasarım Mühendisi
- Üretim/süreç Mühendisi

Destek Ekip;

- İmalat
- Tedarikçi/yardımcı Sanayi
- Bakım
- Kalite
- Bir sonraki operasyonun Süreç Mühendisi

alanlarından gelen tecrübeli ve bilgili bireylerden oluşabilir.

Süreç HTEA' nın çıktıları :

- Potansiyel süreç hata türlerinin bir listesi,
- Potansiyel ve kritik belirleyici karakteristiklerin bir listesi,
- Ürünlerin kritik ve belirleyici karakteristikleri için tavsiye edilen önlemler listesi,
- Süreç yeterliliği iyileştirilemiyorsa, ürün hata türlerini ortadan kaldıracak ya da sıklığını azaltacak veya hata tespit yöntemlerini geliştirecek süreç önlemlerinin bir listesi[15].

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

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

Süreç HTEA 'ya başlamadan önce üretim sürecinin hangi bölümünün dikkate alınacağı tam olarak belirlenmelidir. Belirlenen ürün için tüm üretim süreçlerini kapsayan bir çalışma yapılmasına gerek yoktur. Tüm süreci kapsam içine almak imkansızdır. Bunun yerine üretim süreci, bağımsız aktiviteler ve kademelere bölünerek incelenir.

Süreç HTEA, yaşayan bir belgedir ve ön hazırlık çalışmaları sırasında ya da öncesinde başlatılmalı ve bağımsız parçalardan başlayarak, üst takımlara kadar olan bütün üretim çalışmalarını içine almalıdır. Süreç HTEA, ürünün tasarlandığı şekli ile tasarım amaçlarını karşılayacağını varsayar, tasarım zayıflığı nedeniyle oluşabilecek hataları kapsamaz. Bunların etkileri ve analizi Tasarım HTEA' nın kapsamına girer.

Süreç HTEA çalışmasında öncelikle;

- Ürünün birincil ve ikincil fonksiyonları yazılır,
- Ürün fonksiyonlarını meydana getiren parçalar belirlenir,
- Her bir parçanın fonksiyonu belirlenir,

- Parçanın fonksiyonlarını yerine getirebilmesini sağlayacak özellikler belirlenir,
- Her bir parçanın aşamalarını sağlayacak süreç aşamaları belirlenir.

Çizelge 2.1. Tasarım – Süreç HTEA arasındaki farklılıklar

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

2.8. Hata Türleri Ve Etkileri Analizinin Öğeleri

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

Fonksiyonlar ve Hata Türleri :Analizin amacı belirlendikten sonra ikinci aşama fonksiyonların belirlenmesidir. Fonksiyon, analiz edilecek ürün ya da sürecin amacıdır. Eğer bir sistem söz konusuysa, alt sistemler de dikkate alınmalıdır. Potansiyel hata türleri ya da hata kategorileri, başarısızlığın ne şekilde oluştuğunun açıklanması ile tanımlanabilmektedir. Hata türleri beş hata kategorisinden birine ait olabilir.

- Tam Hata
- Kısmi Hata
- Aralıklı Hata
- Zamanla oluşan Hata
- Kullanımda ortaya çıkan Hata

Hataların beş gruba ayrılmasının amacı HTEA takımının tüm olası hata türlerinin tanımlayabilmesini sağlamaktır.

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

Şiddet :Şiddet ise hatanın ciddiyetini tanımlamakta olup, şiddet ile müşteriye yansıyan olası hata sonuçlarının düzeyi değerlendirilir. Hata etkisini şiddetini belirlemek için müşteri anketlerinden, müşteri şikayetlerinden kayıtlardan, simulasyondan ve deneyim ile tecrübelerden faydalanılır. Hatanın müşteriye olan etkilerinin şiddetinin, 1 ile 10 derecesinde tahmin edilmesidir. Bu tahmin bazen 1 ile 5 derecesinde de yapılmaktadır. Fakat bu derecelendirme işlemi sisteminin hassasiyetinin çok az olması nedeniyle 1 ile 10 derecelendirme sistemi daha çok kullanılmaktadır. Şiddet, hatanın oluşuktan sonra müşteriye göre ciddiyetini temsil eden faktördür. Şiddet sıralaması, müşteri ile ilgili olarak, sadece ürün tasarımın aksiyonları tarafından değiştirilebilir. Bu sıralama imalat kontrollerinden etkilenmez. Şiddet sadece hatanın etkisine dayandığından, hatanın belirli bir etkisi için bütün potansiyel hata sebepleri, en azından aynı ağırlık sıralaması almaktadır. Tavsiye edilecek şiddet sıralamaları için ürün mühendisliğine gidilmelidir ve tasarım bilgisi kullanımda değilse şiddet sıralaması tahmin edilmelidir. Fabrikada en çok ilgi çeken etkileri göz önünde bulundurmak suretiyle, şiddet sıralaması artırılabilir, bu da bir sonraki süreç operasyonları üzerinde hatanın etkisine bağlanabilir.

Çizelge 2.2. Şiddet (Hata Ağırlığı) değeri verilmesi

Kriter	Sıralama
Araç ve ya sistem performansı üzerinde dikkate değer herhangi bir etkiye sebep olmayacak bu hatanın küçükte olsa beklentisinin olduğu durum. Müşteri büyük bir olasılıkla hatayı göremeyecek.	1
Düşük şiddet sıralaması. Hafif müşteri rahatsızlığına sebep olan hatanın küçükte olsa beklentisinden kaynaklanan durum. Müşteri büyük bir olasılıkla sadece çok küçük bir alt sistem veya araç performansı azalmasını fark edecektir.	2 3
Orta şiddet sıralaması, bazı müşteri tatminsizliklerine sebep olacak hataların varlığının söz konusu olduğu durum. Müşterinin konforu bozulacak veya hata müşteriye rahatsız edecektir.	4 5 6
Yüksek oranda müşteri tatminsizliği, kullanıma uygun olamayan bir araç veya uygun olmaya alt sistem.	7 8
Çok yüksek şiddet sıralaması. Bir hata türünün potansiyel güvenlik problemlerini içerdiği durumlarda söz konusudur. Genelde, 1' den daha büyük bir oluşma olasılığına sahip ; 9 veya 10 şiddet sıralaması çıkan araçlar, ürün mühendisliği tarafından Kontrol Birimi olarak tasarlanacaktır.	9 10

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

Oluşum (Meydana Gelme) :Oluşum sıralaması tahmin edilirken, ortaya çıkacak ve böylece belirtilen hata cinsiyle sonuçlanacak hatanın potansiyel sebebinin olasılığı düşünülür. Bu tahmin yapılırken, hata cinsi ve hatanın sebebinin, müşteriye ulaşmadan önce kontrol edilmediği varsayılır. Meydana gelme, hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir olası hata türünün gerçekleşmesi olasılığı ile ilgilidir.

Hata türünün oluşma olasılığı istatistiksel yöntemler kullanılarak yapılabileceği gibi, deneyim ve tecrübelerden yararlanılarak da belirlenebilir. Şirketin kendi HTEA' sını geliştirilirken de oluşum sıralaması kullanılmıştır. Belirli bir sıralamaya hata oluşumlarının tam sayısı, mühendisin karar verme yetkisine göre sıralanır. Ancak, seçilen sıralama sistemi HTEA' nın içinde tutarlı olmalıdır. Mühendisin bu işi yaparken, uygun oluşum sırasını seçmek için kalite aktivitelerinden sorumlu olanlara danışması tavsiye edilir. Aşağıda gösterilen istatistiksel oranlar sadece yol gösterici ve açıklama içindir. Standart sapmalarda hesaba katılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.3. Oluşma olasılığının verilmesi

Kriter	Sıralama	Spesifikasyon limitleri dışındaki istatistiksel oran
Uzak oluşma olasılığı.	1	0 – 1/10000
Düşük oluşma olasılığı. Süreç İstatistiksel Kontrol altındadır.	2	1/10000-1/5000
	3	1/5000-1/2000
	4	1/2000-1/1000
	5	1/1000-1/500
Orta oluşma olasılığı. Genellikle büyük oranda değil de hataları ara sıra yaşayan önceki süreçlere benzer süreçlerle ilişkilidir. Süreç İstatistiksel kontrol altındadır	6	1/500-1/200
Yüksek oluşma olasılığı. Genellikle olumsuzlukların sık sık yaşandığı önceki süreçlere benzer süreçlerle ilişkilidir. Süreç, istatistiksel kontrol altındadır.	7	1/200-1/50
	8	1/50-1/20
Çok yüksek oluşma olasılığı. Değerlendirici nezdinde, hata her an oluşabilir.	9	1/20-1/5
	10	1/5-1

Kontrol :HTEA tekniğinde kontroller amaçlarına göre sınıflandırılmaktadır:

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

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

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

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

Saptanabilirlik (Keşfedilebilirlik, Yakalama) : 1 ile 10 derecelendirme ile parça veya bileşen, imalat veya montaj hattını terk etmeden önce, tanımlanan hatanın sebep olduğu bir kusuru bulma olasılığının tahmin edilmesidir. Hatanın oluşma sebebi kabul edilmeli ve daha sonra hatanın yükünü önlemek için mevcut tüm kontrollerin yeterlilikleri tayin edilmelidir. Rassal kalite kontrolleri ile izole olmuş bir hatayı bulmak olası olmayabilir ve böylece fark edebilir bir saptama sıralaması ile sonuçlanmayabilir.

Çizelge 2.4. Saptanabilirlik değerin verilmesi

Kriter	Sıralama	Hatanın müşteriye ulaşma olasılığı
Ürünün hatalı bir şekilde gönderilmesi çok az bir olasılıktır. Hata bir sonraki operasyon tarafından rahatlıkla tespit edilir. Hata “ fonksiyonel ” olarak çok açık bir karakteristiktir.	1	%0-%1
Ürünün hatalı bir şekilde gönderilmesi düşük bir olasılıktır. Hata açık bir karakteristiğe sahiptir.	2 3 4 5	%1-%10 %10-%20 %20-%30 %30-%40
Ürünün hatalı bir şekilde gönderilmesi orta bir olasılıktır. Hata kolaylıkla tespit edilebilen bir karakteristiktir.	6 7 8	%40-%50 %50-%60 %60-%70
Ürünün hatalı bir şekilde gönderilmesi yüksek bir olasılıktadır. Hata gizli bir karakteristiktir.	9	%70-%80
Ürünü kesinlikle hatalı bir şekilde gönderilmesi çok yüksek bir olasılık. Ürün kontrol edilmez veya kontrol edilebilir değildir. Hat görünmez niteliktedir, imalat ve montaj hatlarında fark edilemez.	10	%80-%100

2.9. Hata Türleri ve Etkileri Analizinin Aşamaları

Genellikle HTEA çalışmalarına hemen başlanılır. Bir ön hazırlık yapmadan başlanmış bir HTEA’ karmaşa ortaya çıkmasına, gereksiz maliyetlere neden olur ve HTEA’ dan beklenen faydanın elde edilmeden çalışmanın tamamlanmasına neden

olur. 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 tasarım HTEA' ya başlamalı mıyız?
- Hata türünün ortaya çıkması ve bulunmasını mı yoksa ortaya çıkması ve nedeninin bulunmasını oranlandırmalıyız?
- Göstergelerde hangi oran kriterini kullanmalıyız?
- Ekip fikir ayrılığına düştüğünde oranları nasıl etkili ve doğru bir şekilde 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.

HTEA 'nın uygulama süreci geliştirilerek beş adımda toplanabilir ;

1. Hazırlık Çalışmaları
2. Sistem Analizi
3. Analiz Sonuçları Değerlendirme
4. İzleme/Uygulama
5. Doğrulama

2.9.1. Hazırlık çalışmaları

Ekibin Kurulması ve Beyin Fırtınası :HTEA, bir takım çalışmasıdır ve bireysel olarak yapılamaz. Tasarım veya süreç mühendisi HTEA formunu doğru bir şekilde doldurabilir fakat bireysel eğilimler HTEA çalışmasından yanlış sonuçlar alınmasına neden olacaktır. HTEA projeleri, projeye uygun bir takım tarafından yürütülür.

İşletme belli kişilerden oluşmuş bir HTEA takımı kurarak tüm HTEA projelerini bu takıma yaptıramaz. Bunun nedeni olarak da her bir problemin farklı bilgi gereksinimine ihtiyaç duymasını gösterebiliriz. Takım proje bazında kurulmalıdır.

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

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

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

Takım üyelerinin ele alması gereken ilk konu geliştirme olanaklarına öncelik verilmesidir. Tasarım ile mi süreç ile mi ilgilenilmelidir? Ne tür problemler vardır ve/veya hangi durumda hangileriyle karşılaşılmaktadır? Müşteri veya tedarikçi çalışmaya katılacak mıdır yoksa çalışmalarımız sürekli gelişim çerçevesinde mi yapılacaktır? Eğer müşteri ve/veya tedarikçi belirli hatalar belirlemiş ise işimiz çok daha kolaylaşmaktadır, çünkü çalışmamızın rotası belirlenmiş olacaktır. Diğer taraftan beyin fırtınası, ilgi diyagramları ve/veya sebep-sonuç diyagramları çalışmamızın rotasının belirlenmesi için uygun araçlardır.

Oluşturulan ekip çalışmanın sonuna kadar periyodik olarak toplantılar düzenler. Toplantıların düzenlenme sıklığı yapılan çalışmaya bağlı olarak belirlenir. Konuların

kapsamı çok geniş tutulmamalıdır, gerekirse ele alınan konu parçalarına ayrılarak incelenmelidir[15].

İşlevsel Blok Diyagramları ve/veya Süreç Akış Şemaları Çıkarılması: Tasarım HTEA için işlevsel blok diyagramları, süreç HTEA için süreç akış şemaları çıkarılması uygundur. Blok diyagramları, fonksiyonu ve çalışma şekillerini süreç akış diyagramları; üretim şekillerini gösterir. Blok diyagramları, ürünün çeşitli durumlarda göz önüne getirilmesini kolaylaştırır ve analizi gerçekleştirilen ürün veya sistemin çalışma şeklini ve sınırlarını belirlemelerinde yardımcı olur[27]. Buradaki amaç tüm takım üyelerinin tasarım ve süreç aşamalarını, problemlerin tasarımda ve süreçteki yerlerini anlayabilmelerini sağlamaktır.

Öncelikle İncelenecek Problemin Belirlenmesi: Problemler belirlendikten sonra gerçek anlamda analiz kısmı başlar. Bu aşamada hangi kısım daha önemlidir, takım çalışmalarına nereden başlamalıdır soruları cevaplandırılır. Bu aşama bazen üzerinde pek durulmadan geçilir, çünkü öncelik bellidir. Müşteri önceliği belirlemiştir veya garanti maliyetleri, yönetimin üzerinde durulmasını istedikleri çalışmamızın başlangıç noktasını belirlemiştir.

2.9.2. Sistem analizi

HTEA tekniği, ürün veya sistemler hakkında ayrıntılı bilgiler ister. Bu da ancak ayrıntılı bir şekilde analiz edilmeleri ile sağlanır. Bu aşamada, ürün veya sistemin fonksiyonları, çalışma şekli ve üretim şekli belirlenir. Fonksiyonlar, ürün veya sistemin ne işe yaradıklarını ya da var olma sebepleri ile tanımlanır. Kolaylık sağlamak amacıyla, bilgilerin gösteriminde diyagramlardan yararlanır[27]. Sorunun bütün hatları ile incelenmesini sağlayan analiz aşaması, fikirlerin üretildiği aşamadır. Hata nedeni, hata etkisi ve mevcut hata saptama teknikleri bu aşamada belirlenir. Hata türü, bir sistemin fonksiyonlarını yerine getirememesi durumu veya anormal işleyiştir, fiziksel özellikler ile tanımlanır. Hata türü, genellikle hatanın ortaya çıkma türü ve sistemin çalışmasındaki etkisinin tanımını içerir. Hatanın oluşabileceği

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

“ Süreçte yanlış gidebilecek şeyler neler olabilir? ”

“ Spesifikasyonları karşılamada, parça nasıl uygunsuzluk gösterebilir? ”

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

Tipik hata türleri

Aşınmış, Atlanmış, Açık devre, Çatlak, Deforme olmuş, Dar, Erimiş, Eğrilmiş, Gevşek, Bol, Gözenekli, Hasarlı, Kıvrılmış, Kabarcıklı, Kırılma, Kırık, Kaçak sızıntısı, Sızma, Kırıksık, Sert, Kısa, Tutukluluk, Topraklanmış, Yanlış Sıralanmış, Yanlış monte edilmiş, Uzun, Eğri, Çizik, Soyulmuş, Ezik, Yanlış vidalanmış [26].

Hata etkisi, hata türüyle bağlantılıdır. Etki, her bir hatanın neden olduğu sistem fonksiyonundaki değişikliği gösterir. Hata etkisi, hatanın ortaya çıkmasıyla oluşan müşteri üzerindeki sonuçları tanımlar. Uygulamada genellikle müşteri, son müşteri olarak alınır. Hata etkisi, "hata türü ortaya çıkarsa ne tür sonuçlara yol açar?" sorusu sorularak genellikle işletmelerin araştırma ve kalite bölümü tarafından belirlenir [26].

Hata etkilerinin tipik tanımlamaları

Azalmış araç performansı, Düzensiz sürüş, Fren hatası, Gürültü, Güç penceresi kullanım dışı, Hava veya yağ koçakları, Kontrol zayıflığı, Koku, Su kaçağı, Santrifüjlü aşırı doldurma, Motor çalışmayacak, Yakıt yanması, Yüksek yakıt tüketimi, Yüksek işleme eforu, Yetersiz motor soğutulması, Yardımcı güç ünitelerinin zayıflaması, Yağ çıkarması, Yanlış pozisyonlaşmış oturma ortamı, Yağ yakması, Düzensiz hareket, Düşme kopması, Kapanmama, Açılmama [26].

Hata nedeni, hata türünün ortaya çıkmasında etkili olan unsurlardır. Hatanın nedeni, hata türünü oluşturabilecek ilk anormalliktir. Hata nedenleri tasarım veya süreç

esnasında sorunların ortaya çıkma gerekçelerini gösterir. Hata nedenlerinin belirlemede kullanılan en yaygın yöntem neden-sonuç (balık kılçığı) diyagramıdır.

Tipik hata sebepleri

Aşırı Isınma, Aşırı Yüklü Kapasite, Aşınmış Takım, Hasar Görmüş Parça, Hasarlı Takım, Hatalı Ayar, Montaj Hatası, Malzeme Hatası, Operatör Hatası Paketleme Hatası Taşıma Hatası, Tolerans Dışı Çalışma, Uygun Olmayan Yüzey Uygun Olmayan Burulma momenti, Yetersiz veya hiç olmayan yağlama, Uygun olmayan beslemeler, Uygun olmayan araç gereç, Yetersiz kontrol sistemi, Yetersiz havalandırma, Yanlış işlem, Yanlış cihaz [26].

Ortaya çıktığı kabul edilen bir hata türünün müşteriye ulaşmasını önleyen uygulamalara saptanabilirlik adı verilir. Hata saptama çalışmaları, hatanın müşteriye ulaşmaması için öngörülen bütün önlemleri içerir. Hataların saptanmasında temel yaklaşım kontroldür. Ancak hatalar, sadece kontrol ile bulunamaz. Sistem veya ürünün oluşturulması aşamalarında gerçekleştirilen diğer faaliyetler ile de hatalar fark edilebilir. Tasarım aşamasındaki, malzeme dayanımlarının hesapları, bitmiş parçalar üzerinde yapılan hesaplamalar, deneyler, ön üretimde yapılan denemeler etkin hata saptama yollarıdır. Sistem veya ürünlerin tanımlanması aşamasında, benzerleri üzerinde ölçümlendirme, düzenleme, deneme gibi konularda elde edilmiş olan deneyimler yine hataların bulunmasında kullanılır. Üretime alınma aşamasında, ürünün imalat ölçülerinin hesaplarından, deneyimlerden hataların bulunmasında yararlanır. İmalat sisteminin kurulması aşamasında, montajın yapılamaması, operasyon sırasının izlenememesi, talimatlar, ürünün veya imalat yönteminin kontrolü, deneme üretimler, hataların bulunmasını sağlar. Hata saptamada yararlanan bu olanaklar, hata saptama noktalarının her zaman hata kaynağının yakınında olamayacağı, uzağında da yer alabileceğini göstermektedir. Hata türü, nedeni ve sonuçlarını belirlemek amacıyla hata saptamada kullanılan kontrol cihazı gibi araç ve gereçler, kontrol yöntemleri, kontrol sıklıkları gibi bütün ayrıntılar HTEA tablosunda ilgili sütunlarda yer almalıdır. Bir hata türü için öngörülmüş bir hata saptama yöntemi yok ise yinede belirtilmelidir. Bu tanımlama "tespit yok"

şeklinde yapılır. Bir hata türü veya nedeni için birden fazla yöntem kullanılıyorsa yine hepsi analiz esnasında tanımlanmalıdır. Hata saptama ile ilgili bu ayrıntılı açıklama;

- Hata saptama yönteminin, hatanın olduğu en yakın yere yerleştirilmesini,
- Hata bulunamıyorsa, hata türünü bulabilecek yöntemin uygulamaya alınmasını sağlar. Böylece hata bulma yöntemlerinin etkinliği artacak, maliyetler düşecektir.

Bu aşamadan elde edilen bilgiler ile hataların nedenleri ve etkileri, mevcut kontrol noktaları belirlenir; şiddet, olasılık ve keşfedilebilirlikleri hakkında yorumlarda bulunulur.

2.9.3. Analiz sonuçlarını değerlendirme

Bu aşamada şiddet, olasılık, keşfedilebilirlik ve risk öncelik katsayısının sayısal değerleri belirlenir.

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

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

Olasılık: Hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir olası hata türünün gerçekleşmesi olasılığı ile ilgilidir. Ortaya çıkma olasılık değerini belirlemek için iki farklı yaklaşım vardır. Birincisi, bir hata türü için ortaya çıkma olasılık değerini belirlemektir. Diğerinde ise olasılık değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya çıkan hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı esas alınır. 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. Bunun yanında hata ortaya çıkma olasılığını belirlemede süreç yetenek oranı (Cpk) kullanılır. Bu oranın büyük olması hata ortaya çıkma olasılığının az olduğunu gösterir. 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 değerlerinin tahmin edilmesi yoluna gidilir.

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

Saptanabilirlik (Hata Keşfetme): Olası hatanın, bir sonraki aşamada veya son müşterinin kullanımı esnasında ortaya çıkacağı varsayıldığından, öngörülen saptama önlemlerinden geçmiş olması gerekir. Bu nedenle, saptama ile ilgili olasılık değeri, ortaya çıktığı varsayılan hata nedeninin ya da şeklinin müşteriye ulaşmama olasılığı olarak tanımlanır. Bazı işletmelerin bu olasılık değerini, hatanın müşteriye ulaşmama olasılığı olarak aldığı görülmektedir. Olasılık değerleri, analiz edilen birimlerin benzerlerinin, geçmiş dönem verilerinden, ürün iç denetlemelerinden bulunabilir.

Risk Öncelik Sayısı: Risk Öncelik Sayısı (RÖS), kritiklik sayısı göstergesidir. RÖS her bir hata türü veya nedeni için ortaya çıkma, önemlik, 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 belirlenmelidir. Sayısal değer atamada kullanılan sayı aralığının büyüklüğüne ilişkin bir standart yoktur. Bugün uygulamada kullanılan iki aralık 1-5 ve 1-10'dur. 1-5 aralığının kullanılması durumunda yorumlama kolaylığı sağlanmasına rağmen, duyarlılık sağlanamaz. 1-10 aralığı en yaygın olarak kullanılan aralıktır. Çünkü bu aralık ile yorumlama kolaylığı ve daha doğru sayısallaştırma sağlanmaktadır. Sayılara karşılık gelen olasılıklar, sözel ifadeler ve bunların dahil olduğu sınıf sayısı, işletmelerin ürün ve kaliteye verdikleri öneme, işletmenin yapısına ve müşteri beklentilerine göre değişiklik gösterir.

Risk öncelik sayısı (RÖS), Oluşma (P), Şiddet (S) ve Saptama (D) değerlerine iki farklı matematiksel işlem uygulanması ile hesaplanır(Yılmaz, 1997):

Çarpma işlemi ile $RÖS = P \times S \times D$

Toplama işlemi ile $RÖS = P + S + D$

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

Risk Öncelik Sayısını Değerlendirilmesi :Analizi yapılan ürün veya sistemin öngörülen kalitesi hakkında genel bir fikir edinmek için RÖS'lerden yararlanılır. RÖS ne kadar büyükse hata o kadar önemlidir[28]. Risk öncelik sayıları ile, ürünün dayanıklılık, güvenilirlik ve güvenlikle ilgili ihtiyaçları arasında bir korelasyon vardır. Dolayısıyla bu puanlarla önem dereceleri arasında bir bağıntı kurulabilir [28]. RÖS'ler büyükten küçüğe sıralanarak, en büyük puana sahip olan potansiyel hatanın nedeni analiz edilerek düzeltici faaliyetler başlatılır. Düzeltici faaliyetlerden sonra RÖS tekrar hesaplanarak kontrol edilir. RÖS, istenen değere düşene kadar, düzeltici faaliyetlerle birlikte HTEA analizine devam edilir. Risk öncelik puanının minimum değeri 1 ve maksimum değeri ise 1000'dir. Uygulamalarda genelde $RÖS \geq 100$ ise düzeltici önleyici faaliyetler başlatılır.

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

Ford Motor Şirketi RÖS değerlerine göre düzeltici önlem alma kararlarını şu şekilde verir[23];

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

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

Düzeltilici Önlemler: Düzeltici önlemler, olası hata şekillerini veya nedenlerini ortadan kaldırmak veya olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için tasarım, üretim süreci, malzeme veya üretim yöntemi gibi çeşitli unsurlarda yapılacak değişikliklerdir. Düzeltici önlemler ile RÖS değerleri düşürülmeye çalışılır. Bunun için olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik değerlerini azaltmak gereklidir. Bunların her birindeki her düşüş önemlidir ancak birlikte düşmeleri sağlanmalıdır.

Bundan dolayı öneriler aşağıdaki çerçevede yapılmalıdır:

- Hatanın ortaya çıkma olasılığını azaltmak için süreç veya tasarımın tekrar gözden geçirilerek düzeltilmesi gerekir,
- Şiddet derecesinin azaltılması yalnızca tasarımın tekrar gözden geçirilmesi ile sağlanır,
- Keşfedilebilirlik olasılığını arttırmak için süreç tekrar gözden geçirilmelidir.

Kalite kontrol muayene sıklıklarının arttırılması olumlu bir düzeltici faaliyet değildir, sadece çaresiz durumlarda geçici bir önlem özelliği taşır. Burada asıl önemli olan hataları keşfetmekten ziyade onların oluşmasını önleme yönünden çalışmalara ağırlık vermektir.

Tasarım HTEA risk değerlendirmesini etkileyen tipik örnek düzeltici faaliyetler aşağıda verilmiştir [15] :

Çizelge 2.5. Tasarım HTEA tipik düzeltici faaliyetler

Düzeltilici Faaliyet	P	S	D
Ürünün yeniden tasarımı	E	E	E
Mevcut kontrolün geliştirilmesi	H	H	E
Parça malzemelerinin değiştirilmesi	E	H	E
Uygulamayı değiştirme	E	E	E
Konu ile ilgili çevre koşulları değiştirmek	E	E	E
Güvenilirlik programları geliştirmek	E	H	E
Çalışanların eğitimini geliştirmek	H	H	E
HTEA programı uygulamak	E	E	E
İPK programları uygulamak	H	H	E
Kalite planı geliştirmek	H	H	H
E = Evet ; H = Hayır			

Süreç HTEA risk değerlendirmesini etkileyen tipik örnek düzeltici faaliyetler aşağıda verilmiştir [15] :

Çizelge 2.6. Süreç HTEA tipik düzeltici faaliyetler

Düzeltilici Faaliyet	P	S	D
Sürecin yeniden tasarımı	E	B	E
Ürünün yeniden tasarımı	B	B	B
Mevcut kontrolün geliştirilmesi	H	H	H
Parça malzemelerinin değiştirilmesi	B	H	B
Uygulamayı değiştirme	H	B	B
Konu ile ilgili çevre koşulları değiştirmek	H	B	H
Güvenilirlik programları geliştirmek	E	H	E
Çalışanların eğitimini geliştirmek	B	H	E
HTEA programı uygulamak	E	E	E
İPK programları uygulamak	E	H	E
Kalite planı geliştirmek	E	H	E
E = Evet ; B = Belki ; H = Hayır			

RÖS değerlerinin en küçükleme yönelik çalışmalarda, aşırı çabalar, aşırı maliyetler getireceğinden maliyet hedefi göz önünde bulundurulmalıdır.

2.9.4. İzleme uygulama

HTEA tekniğinin bu adımı, öngörülen düzeltici önlemlerin, yeterli etkinlikte uygulanmaya alınıp alınmadıklarının doğrulanması ve yeni sonuçların incelenmesi, değerlendirilmesi aşamasıdır. Düzeltici önlemlerin devreye alınması açısından büyük önem taşır. Bu aşamada kritik RÖS değerleri ortadan kaldırılıncaya kadar çözümler incelenir ve değerlendirilir. İzleme işlemi ile şunlar sağlanır [27]:

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

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

2.9.5. Doğrulama

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

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

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

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

46

[illegible]

3. İŞ GÜVENLİĞİ

İş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının amacı iş kazaları ve meslek hastalıklarından çalışanları korumak, daha sağlıklı bir ortamda çalışmalarını sağlamaktır. Ancak iki husus daha vardır ki bunları da göz ardı etmemek gerekir, bunlardan biri üretim güvenliğini sağlayarak verimi artırmak diğeri ise işletme güvenliğini sağlamaktır. İş kazaları ile meslek hastalıklarının neden oldukları kayıpları en aza indirmek amacıyla, bilimsel araştırmalara dayalı güvenlik önlemlerinin saptanması ve uygulanması doğrultusundaki çalışmalar ise kısaca “iş güvenliği” terimi içinde toplanmaktadır[5].

Genel anlamda iş güvenliği kavramı çalışanların, işletmenin ve üretimin her türlü tehlike ve zararlardan korunmasını içermektedir. İnsan hayatının öncelik taşıması nedeniyle, işletme ve üretim güvenliği konularının ikinci planda kaldığı ve uluslararası alanda iş güvenliği kavramıyla genel olarak çalışanların güvenliğinin ifade edildiği görülmektedir. İş sağlığı ve güvenliğinin genel amacı gerek işçiye ve gerekse ailesine, işyerine ve diğer mercilere gelen yükümlülüklerin azaltılması ve buna bağlı olarak, ülke ekonomisine verdiği zararları önlemektir. Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) tespitlerine göre dünyada her üç dakikada bir işçi iş kazası veya meslek hastalığından ölmektedir. Yine aynı kaynağa göre her yıl dünyada ortalama 110 milyon işçi iş kazası geçirmekte veya meslek hastalığına yakalanmaktadır. Bunlardan 180 bini yaşamını yitirmektedir[5].

İş Sağlığı ve Güvenliği kavramı, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği kavramından farklı olarak, tehlikelerin önlenmesinin yanında risklerin öngörülmesi, değerlendirilmesi ve bu riskleri tamamen ortadan kaldırabilmek ya da zararlarını en aza indirebilmek için yapılacak çalışmaları da içermektedir. Evrensel anlamda İş Sağlığı ve Güvenliği; henüz bir tehlike oluşmamış, işletmede bir arıza oluşmamışken bile işletmede oluşabilecek tehlikelerin ve risklerin öngörülerek bunların kabul edilebilir olup olmadığına karar verme çalışmalarını da beraberinde getirmektedir.

İş güvenliği standartları: İşyerleri çalışmalarını güvenli bir biçimde yaptıklarını ve iş sağlığı ve güvenliği çalışmaları ile iş güvenliği yönetim sistemleri uygulamalarını en iyi şekilde tatbik ettiklerini topluma gösterebilecekleri bir araç olmak üzere bir sertifikasyon şekli talep etmişlerdir. Böylece işletmeler, iş sağlığı ve güvenliği adına yaptığı çalışmaları tetkik edilebilecek ve belgelendirilebileceklerdir. Bu boşluğu doldurmak üzere çeşitli organizasyonlar kendi standartlarını geliştirerek yayımlamışlardır.

İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili ilk standart İngiliz Standart Teşkilatı (BSI) tarafından BS 8800 olarak 1996 yılında yayınlanmıştır. Bu standart çok sayıda İngiliz kuruluşunun katılımı ile İngiliz Standart Teşkilatı bünyesinde oluşturulan HS/1 teknik Komitesi tarafından hazırlanmıştır.

Bu kuruluşlar arasında İngiliz Akreditasyon Kuruluşu, İnşaat Mühendisleri Enstitüsü, Kimya Mühendisleri Enstitüsü, İnşaat İşçileri Konfederasyonu, Müteahhitler Birliği, Küçük İşletmeler Federasyonu, Risk Yönetimi Enstitüsü, Ticaret Odası vb. birçok kuruluş sayılabilir. BS 8800 standardı hazırlanırken ISO 9000 standartları, ISO 14000 standartları da dikkate alınmıştır. BS 8800 standardı İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemine yönelik şartları içermeyen ancak bazı kılavuz bilgiler ve tavsiyeleri içeren bir standart olarak hazırlanmıştır. BS 8800 standartının bu yüzden belgelendirme amacıyla kullanımı tavsiye edilmemektedir.

BS 8800 standartının yayınlanmasından sonra İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi konusunda uluslararası bir standart yayınlanması için çalışmalar hızlanmış ve 15 Nisan 1999 tarihinde İrlanda Ulusal Standartları Teşkilatı, İngiliz Standartlar Teşkilatı vb. bir çok kuruluşun katılımı ile OHSAS 18001 standardı yayınlanmıştır. Kasım-1999'da ise OHSAS 18002 yayınlanmıştır. (18002, kuruluşlarda sistemin nasıl uygulanacağını anlatan destek dokümandır) [5]. OHSAS 18001 hazırlanırken; BS 8800 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Kılavuzu ile SGS, BCQI NSAI, BSI, UNE vb. bir çok kuruluş tarafından yayınlanan "İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Kılavuzları" dikkate alınmıştır. BS 8800 veya ISA 2000'nin aksine OHSAS 18001, bir İSİG yönetim

sisteminin içerisinde bulunması gereken kritik yönetim elemanlarını tanımlamaktadır.

OHSAS 18001, organizasyonların kalite, çevre ve işçi sağlığı ve iş güvenliği sistemlerini birbirlerine entegre etmelerini kolaylaştırmak için, ISO 9001 (1994) Kalite ve ISO 14001(1996) Çevre yönetim Sistemi Standartları ile uyumlu olarak geliştirilmiştir.

OHSAS 18001 standardı Türk Standartlar Enstitüsü Genel Sekreterliği'ne bağlı Akreditasyon ve Belgelendirme Özel Daimi Komitesi'nce hazırlanmış ve TSE Tetkik Kurulu'nun 9 Nisan 2001 tarihli toplantısında Türk Standartı olarak kabul edilerek TS 18001/Nisan 2001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri – Şartlar'' olarak yayınlanmıştır.

İş kazasının bir çok tanımı bulunmaktadır. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) iş kazasını "önceden planlanmamış, çoğu zaman yaralanmalara, makina ve techizatın zarara uğramasına veya üretimin bir süre durmasına yol açan olay" olarak tanımlamaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ise iş kazasını "belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan, önceden planlanmamış beklenmedik bir olay" şeklinde tanımlamıştır.

Meslek hastalığının tanımı ise 506 sayılı Sosyal Sigortalar Kanunu'na göre şöyledir."Sigortalının çalıştırıldığı işin niteliğine göre tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, sakatlık veya ruhi arıza halleri meslek hastalığıdır." Meslek hastalıkları, Sosyal Sigortalar Kanunu Sağlık İşlemleri Tüzüğü'ne ekli meslek hastalıkları listesinde 5 ana grupta toplanmıştır. Bunlar kimyasal maddelerle olan meslek hastalıkları, mesleki cilt hastalıkları, mesleki solunum sistemi hastalıkları, mesleki bulaşıcı hastalıklar ve fiziksel etkenlerle olan meslek hastalıkları olarak adlandırılmıştır. İşvereni maddi ve manevi olarak kayba uğratan iş kazası ve meslek hastalıklarını meydana getiren nedenler [5];

Fiziksel Tehlikeler

- Titreşim
- Gürültü
- Yetersiz havalandırma
- Aşırı Isı, nem ve hava hareketleri
- Yetersiz veya aşırı aydınlatma

Kimyasal Tehlikeler

- Toksik gazlar, organik sıvıların buharları, ergimiş haldeki metal gazları
- Radyasyona maruz kalma (X ışınları, doğal ve yapay radyoaktif maddeler, kızılötesi ve mor ötesi ışınlar
- Asitler, Bazlar nedeniyle yanma
- İnert tozlar, fibrojenik tozlar, toksik tozlar, kanserojenik tozlar, alerjik tozlar

Elektrikle Çalışma İle Meydana Gelen Tehlikeler

- Topraklaması yapılmamış tezgahlar veya el aletleri
- Topraklamanın belli periyodlarla kontrolünün yapılmaması
- Elektrik ve aydınlatma tesisatının periyodik kontrolünün yaptırılmaması
- Yıpranmış ve hatalı onarılmış el aletleri
- Yetkisiz kişilerin müdahale etmek istemesi
- Kırık yıpranmış el aletleri
- Koruyucu baret, eldiven, çizme, ıstaka veya tabure gibi kişisel koruyucuların bulunmaması
- Zeminin yalıtılmaması
- Yüksek gerilim ile çalışmada gerekli kurallara uyulmaması

Mekanik Tehlikeler

- Makina ve tezgahın ezen, delen, kesen, dönen operasyon koruyucusunun bulunmaması
- Preslerde çift el kumanda kullanılmaması
- Preslerde ayak pedalı koruyucusu olmaması
- Transmisyon kayışlarının koruyucusunun takılmamış olması
- Makina ve tezgahı tehlike anında durduracak stop butonun yada swich'nin bulunmaması
- Yetersiz ve uygun olmayan makina ve koruyucu techizat
- Yetersiz uyarı sistemleri
- Düzensiz ve dağınık işyeri ortamı
- Makinaların, kaldırma aletlerinin, kazanların, kompresörlerin vb. gerekli bakım ve periyodik kontrollerinin yapılmaması

Tehlikeli Yöntem ve İşlemler

- Makina veya tezgahlarda çalışırken koruyucu techizatın devre dışı bırakılması
- Baret, gözlük, siper, maske vb. kişisel koruyucuların kullanılmaması
- Aşırı yük kaldırma
- 3m'den yüksek malzeme istifleme
- Etiketlenmemiş veya yetersiz etiketlenmiş malzeme
- Gereken uyarı, ikaz işaret ve yazılarının konmamış olması
- Güvenlik kartı olmayan kimyasalla çalışma
- İşe yeni başlayan işçiye çalıştığı işle ve iş sağlığı ve güvenliği konularında eğitim vermeden çalıştırma
- Belli aralıklarla işçilere iş sağlığı ve güvenliği konularında eğitim verilmemesi
- Yeterli ikaz vermeden araçların çalıştırılması veya durdurulması
- Elektrik kesilmeden techizat üzerinde onarım

- Onarım esnasında şalter veya beklenmedik bir harekete karşı güç düğmesinin emniyete alınmamış olması
- Çalışır haldeki techizatın yağlanması, temizlenmesi, ayarlanması,
- Depo ve konteynerlerin tam olarak boşaltılıp temizlenmeden üzerinde onarım ve kaynak yapılması
- Yüksekten atlama
- Parlama, patlama ve yangın ihtimali olan yerlerde elektrik tesisatının exproof olmaması
- Parlama patlama tehlikesi olan yerlerde sigara içilmesi
- Yükleme ve boşaltma işlemlerinin uygun yöntemle yapılmaması
- Malzemelerin, makinaların ve techizatın uygun yerleştirilmemesi

İşyeri Ortamından Kaynaklanan Tehlikeler

- İşyeri zemini
- Yetersiz Geçitler
- Yetersiz Çıkış yerleri
- Yetersiz iş alanı
- Düzensiz işyeri
- Merdivenlerde korkuluk olmaması
- Duşların ve tuvaletlerin çalışır durumda veya temiz olmaması

Kaza Oluşum Teorileri [5] :Kaza ani istenmeyen ve planlanmamış, genellikle ölüm, yaralanma veya maddi hasarla sonuçlanan bir olay olarak tanımlanabilir yada önceden bilinmeyen istem dışı bir olgu sonrası aniden meydana gelip kontrol dışına çıkan ve kişinin bedensel bütünlüğüne zarar verebilecek yada maddi hasara neden olabilecek nitelikteki olaylardır. Bakış açısı kazandırması açısından kaza ile ilgili bazı teorilere kısaca;

- Tek Faktör Teorisi : Bu teori, bir kazanın tek bir nedenin sonucu olarak ortaya çıktığını ileri süren görüşten doğar. Eğer bu tek neden tanınabilir ve ortadan

kaldırılabilir ise kaza tekrar etmeyecektir. Bu teori genellikle temel sağlık ve güvenlik eğitimi almış kişilerce kabul edilmemektedir.

- **Enerji Teorisi:** Bu teoriye göre (William Haddon tarafından ortaya atılmıştır) kazalar daha çok muhtemelen enerji transferinde ya da enerji transferi esnasında meydana gelir. Bu enerji boşalmasının oranı önemlidir çünkü enerji boşalması ne kadar büyükse, hasar potansiyeli de o kadar büyüktür. Tehlikelerin tanınmasında bu kavram çok sınırlandırılmış ve bu haliyle tek etken teorisine benzemektedir. Tek faktör teorisinden farklı olarak enerji boşalması önemlidir.

- **İnsan Faktörleri Kuramı :** Bu teori kazaları, eninde sonunda insan hatasından kaynaklanan olaylar zincirine bağlar. Teori, insan hatasına yol açan üç önemli faktörü içerir: Aşırı yük, uygun olmayan tepki ve yerinde olmayan faaliyetler. Bu teorileride kaza sebepleri teorileri üç geniş kategori altında sınıflandırılmıştır: Kaza-yatkınlık teorileri, işçi kabiliyetlerine karşılık iş talebi teorileri ve psikososyal teoriler. Kazaların insan hatalarından kaynaklanması bir çok faktöre dayanır. Kuşkusuz, kaza yapan işçinin eğitimsizliği, işe uygun olmayışı, uyumsuzluğu, eğitim ve bilgi eksikliği, tecrübesizliği, yorgunluğu, heyecanlı veya üzüntülü oluşu, dalgınlığı, dikkatsizliği, ilgisizliği, düzensizliği, meleke noksanlığı ve hastalıkları vb. nedenler; ya da işçinin her şeye karşın kurallara uymamış olması da insan faktörüne bağlı temel sebepler arasındadır.

- **Kaza/Olay Kuramı:** Bu teori insan faktörleri teorisinin genişletilmiş bir halidir. Ek olarak; ergonomik yetersizlikleri, hata yapma kararı ve sistem hataları gibi yeni elemanları ortaya çıkarır.

- **Sistem Kuramı :** Teori bir kazanın oluşabileceği herhangi bir durumu, üç parçadan oluşan bir sistem olarak görür: İnsan, makine ve çevre.

- **Kombinasyon Kuramı :** Bir tek teorinin tek başına bütün hadiseleri açıklayamayacağını savunur. Teoriye göre kazaların gerçek sebebi iki veya daha fazla modelin kombinasyonu ile elde edilebilir.

- Epidemiyoloji Kuramı: Teori, çevre faktörleri ve hastalık arasındaki ilişkiyi belirleme ve çalışma için kullanılan modellerin, çevre faktörleri ile kazalar arasındaki sebepsel ilişkinin açıklanmasında da kullanılabileceğini savunur.
- Çok Etken Teorisi: Kaza bir çok etken ile birlikte değerlendirilerek analiz edilir. Bu teori ve analiz yöntemleri bir çokdeneyimli sağlık ve güvenlik uzmanları tarafından da kabul edilip uygulanmaktadır. Kazalar çok etkenlidir, standart altı uygulamalar, standart altı şartların oluşması sonucu bir hatalar zinciri sonucu meydana gelir.
- Domino Etkisi : Bu teoride olaylar beş domino taşının arka arkaya sıralanarak, birbirini düşürmesine benzetilerek açıklanmıştır. Her kaza beş tane temel nedenin arka arkaya dizilmesi sonucu meydana gelir, buna “Kaza Zinciri” de denir. Şartlardan biri gerçekleşmedikçe bir sonraki gerçekleşmez ve dizi tamamlanmadıkça kaza meydana gelmez.

Kazaların oluşumunu; “İnsan kaynaklarındaki bazı olumsuz unsurların, güvensiz durum ve hareketlerle birlikte meydana geldiğinde, yaralanma ve kayba sebep olduğu” şeklinde açıklayan Domino teorisine, İş Güvenliği’nin verdiği cevap; kazanın, yine bu olumsuzluk ve eksiklikleri bünyesinde taşıyan insan tarafından önlenebileceği şeklindedir.

İşçilerin iş kazalarına uğramalarını ve meslek hastalıklarına tutulmalarını önlemek, sağlıklı ve güvenli çalışma ortamı tesis edebilmek amacı ile yapılması gereken önlemler dizisi iş sağlığı ve güvenliği olarak tanımlanır. Çalışma hayatını, üretkenliği ve bunlara bağlı olarak işletmelerin kârlılıklarını etkileyen sebeplere önlem almak maksadı ile , mevcut durumun analizi yapılarak risklerin tespit edildiği, bu riskleri yok etmek için yasal yönetmelik, mevzuat ve kanunlara entegre programların oluşturulduğu ve uygulandığı, yürütülmekte olan çalışmaların izlenip denetlendiği sistemlere “İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri” dir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi aktiviteleri, bir organizasyona, operasyonları ile ilgili tehlikeleri iyi kavrama, iç ve dış durumlardaki değişikliklere çok etkin cevap verebilme kabiliyeti sağlamaktadır.

4. HTEA VE İŞGÜVENLİĞİ

HTEA (Hata Türleri ve Etkileri Analizi), potansiyel hatadan (kaza ve meslek hastalıkları) en düşük riski taşıyan potansiyel hataya doğru bir yol takip ederek potansiyel hataları elimine etmek veya etkilerini azaltmak için bir yöntem takip etmemiz gerekmektedir. İnsan faktörünün önemi hata önleme ve riskleri azaltmaya yönelmeleri ortaya çıkarmıştır. Problemlerin çözümlenmesi, kazaların önüne geçilmesi, meslek hastalıklarının önlenmesi, güvenilirliğin azaltılması vb. için hataların önlenmesine yönelik faaliyetler geliştirmek gerekmektedir. Bunun anlamı, çalışanlar herhangi bir zarar görmeden önce hataların bulunması ve elimine edilmeye çalışılması gerekmektedir.

Olası hata biçimleri ve onların edenlerini ortaya çıkarmak için kullanılan gelişmiş bir Kalite Planlama Aracı olarak ve risklerine göre olası hataları ortaya çıkarak önceliklerini belirleyip onların oluşmasını yok eden veya azaltan gelecekteki analiz ve sürekli süreç iyileştirme amacı ile çalışan disiplinli bir metod olan HTEA, iş güvenliğini tehdit altına alacak risklerin ortaya çıkaracağı sonuçların tespit edilmesinde etkin bir yöntemdir.

4.1. HTEA'nın İş Güvenliği İçindeki Yeri

Güvenilirlik (Öngörülen iş güvenliği kurallarına bağlı sistemin oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması) insan mühendisliğinin en önemli kriteri olmasının yanı sıra çalışanlar arasında da büyük önem taşır. İşletmeler güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak, çalışanları çalışma ortamından kaynaklanan sağlık ve güvenlik risklerine karşı korumak, çalışanların güvenlik, sağlık ve refahını sağlamak ve geliştirmekle yükümlüdürler. İşçi sağlığı ve iş güvenliği sanayileşme sonrası ortaya çıkan ve gittikçe önem kazanan bir alandır. İşçi sağlığı ve iş güvenliğinin amacı işyerinde sağlıklı ve emniyetli bir çalışma ortamının hazırlanmasıdır. Günümüzde çalışma yaşamını etkileyen pek çok risk vardır ve bu riskler hem çalışanı hem işvereni hem de ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir. İşte işçi sağlığı ve iş güvenliğinin

amacı bu riskleri tamamen ortadan kaldırabilmek ya da zararlarını en aza indirebilmektir.

İşçi sağlığı ve iş güvenliği önlemleri, her şeyden önce kişinin bir temel hakkı olarak görülür. Kişilerin mesleki tehlikelerden uzak bir ortamda çalışmalarını sağlayarak, onların sağlıklı gelişmelerini gerçekleştirmek, bu anlamda, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının temini, işçi açısından vücut ve ruh bütünlüğünün korunması hakkının bir sonucudur. Sosyal açıdan işçilerin, İşçi sağlığı ve iş güvenliğinden yoksun bir biçimde çalışmak zorunda bırakılmaları, sağlıksız bir yapıyı oluşturur. İktisadi bakımdan, iş kazaları ve meslek hastalıklarının işyerlerine yüklediği maliyet, zamanında alınması gerekli olan önlemlerin iş yerine getireceği maliyet yanında, çok büyük bir oran oluşturur. Bir yönüyle de işyerlerinin yararına olan iktisadi bir gereklilik olarak görülür. İşçi sağlığı , kavram olarak, çalışan bir kişinin çalışma koşulları ile kullanılan araç ve gereçlerden doğabilecek tehlikelerden arınmış veya bu tehlikelerin asgari düzeye indirildiği bir iş çevresinde huzurlu bir biçimde yaşayabilmesini ifade eder. İş güvenliği ise, işin yapılması sırasında çalışanların karşılaştığı tehlikelerin ortadan kaldırılması veya azaltılması konusunda, işverene getirilen yükümlülüklerle ilişkin teknik kuralların bütünüdür. Gerek işçi sağlığı gerekse iş güvenliğinin temel amacı, mesleki tehlikelerin, yani iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenip çalışanların sağlık ve yaşamlarının korunmasıdır. İşveren tasarrufu altında oluşan bütün kazalar, iş kazasıdır. Oluşabilecek kaza ve meslek hastalıkları risklerini ortadan kaldırabilmek amacıyla uygulanabilecek etkin yöntemlerden biride HTEA'dır. HTEA;

1. Yeni bir imalat veya montaj prosesinin analizine yardımcı olması ve potansiyel kaza risklerinin tespit edilmesine olanak vermesi
2. Meslek hastalıkları, kazalar gibi çalışanların sağlığını ve güvenliğini tehdit altına alabilecek potansiyel hata türlerinin tanımlanmasına ve bu hataların önlenmesine yardımcı olması
3. İş güvenliği kurallarının tespit edilmesi, risklere karşı düzeltici ve önleyici faaliyetlerin başlatılmasını sağlaması

4. Yüksek güvenilirlik ve emniyet için alternatiflerin önceden belirlenmesine yardımcı olması
5. Çalışanların tatminin ve motivasyonunun artmasını sağlaması
6. Sürekli ve etkileşimli bir proses yaratılarak mevcut riskler ortadan kaldırılırken, ortaya çıkabilecek olası riskler önceden tahmin edilebilir.
7. Yasalara uygunluğu veya güvenliği/emniyeti olumsuz yönde etkileyebilecek olası hata türlerini belirlemek

4.2. HTEA'nın İşgüvenliği Uygulamasının Adımları

Adım 1 Prosesin yeniden gözden geçirilmesi: HTEA ekibindeki herkesin işleyen prosesi aynı şekilde algılamasını sağlamak şarttır. İş güvenliği açısından da çalışmanın verimli olabilmesi için tüm akışın ve sürecin tam anlamı ile kavranması gerekmektedir. Eğer bir proje veya proses akış şeması mevcut değilse, ekip HTEA'ya başlamak için öncelikleri tespit etmek zorundadır. Bir proje veya akış şeması ile ekip üyelerine proses tanıtılmalıdır. HTEA'nde ekip proses akışı üzerinde adım adım ilerlemelidir. İlgilenilen proses konusunda uzman birinin ekip içinde bulunması yöneltilebilecek sorulara yanıt alınabilmesi için uygun bir ortam yaratacaktır.

Adım 2 Beyin fırtınası ile potansiyel risklerin, hata modlarının tespit edilmesi: Ekip içindeki herkes prosesi iyice anladıktan sonra, ekip üyeleri çalışanların sağlığını ve güvenliğini etkileyecek potansiyel hataları düşünmeye başlamalıdır. Beyin fırtınası fikirlerin ortaya çıkmasını sağlayacak bir ortam yaratmayı sağlayacaktır. Ekip üyeleri beyin fırtınasına fikir listelerini oluşturmuş olarak katılmalıdırlar. Üyelerin toplantıya getirdiği fikirler, grup prosesi sinerjisinin bir sonucu olarak çoğalacaktır. Bazı proseslerin karmaşık olabileceğinden dolayı beyin fırtınası oturumlarının prosesin değişik elemanları (çalışanlar, metodlar, teçhizatlar, girdiler, çevre vb.) üzerinde odaklanılarak gerçekleştirilmesi daha iyi olacaktır. Elemanlar üzerine yoğunlaşılması daha fazla esaslı bir potansiyel hata modu listesi oluşturulmasına olanak sağlayacaktır. Bir beyin fırtınasından düzünelerce fikir çıkması alışıl gelmemiş değildir. Gerçekte amaç çok sayıda fikir üretilebilmesidir. Beyin

fırtınası tamamlandığında, fikirler katagorilerine göre gruplanmalıdır. Grubunuz en iyi gruplama katagorilerine karar vermelidir. Bu gruplar potansiyel hatanın tipine, nerede oluşabileceğine veya tehlikesine göre (ekip özellikle bu noktada en iyi tahmini yapmak zorundadır) oluşturulabilir. Hataların gruplanması HTEA prosesinin işleyişini kolaylaştıracak bir faaliyettir. Gruplama yapılmadığı takdirde ekip, konu üzerinde pek çok farklı bakış açısını inceleyecek büyük bir enerji harcamaya yönelik bir yatırım yapmış olacaktır. Aynı zamanda gruplama yöntemi ekibe birbirine çok benzeyen veya aynı olan biraraya kombine hata modlarını görme şansını sağlayacaktır.

Adım 3 Her risk, hata modunun potansiyel etkisinin listelenmesi: HTEA formunda listelenmiş olan potansiyel hata modları ile, HTEA ekibi ortaya çıkabilecek potansiyel hata etkilerini tespit eder. Bazı potansiyel hatalar için tek bir etki söz konusu iken bazı potansiyel hatalar için birden çok etki söz konusu olabilir. Bu adım mutlaka esaslı bir şekilde ele alınmalıdır çünkü hata etkileri için tespit edilecek risk oranları belirlenen bu etkilere göre atanacaktır. Bu adım neden-sonuç ilişkisi gibi düşünülebilir; eğer hata oluşursa, sonuç ne olur? Bu durumda güvenliği ve sağlığı tehdit edecek risklerin olası sonuçları çıkarılır.

Adım 4 Her etkiye bir önem derecesi atanması: Ekibin yukarıdaki adımlarda tespit edilenler ışığında, her etkinin öneminin, ciddiyetinin dolayısıyla iş güvenliğini tehdit edecek boyutunun ne olduğu, olabileceği hususunda geçmiş veriler teknikler veya tecrübi bilgiler ışığında önem derecesi atanır.

Adım 5 Her etkiye bir ortaya çıkma derecesi atanması: Ekibin yukarıdaki adımlarda tespit edilenler ışığında, kazanın veya güvenliği sağlığı tehdit edecek etkininin ortaya çıkma sıklığı, oluşma olasılığını, ortaya çıkma derecesi atanır.

Adım 6 Her etkiye bir yakalanma derecesi atanması : Etkinin fark edilebilirlik derecesi, yakalanabilirlik oranı tespit edilir.

Her üç oran 10 puanlık skala üzerine kurulmuş bir puanlama sisteminden oluşmaktadır. 1 puan en düşük etki, 10 puan en yüksek etkiyi ifade etmektedir. Her skala için kısa ve açık açıklamaların olması, tüm üyeler tarafından aynı şeylerin anlaşılmasına olanak vereceğinden oldukça önemlidir. Bu skalalar ekip oranlamaya geçmeden önce belirlenmiş olmalıdır. Oranlama sırasında bir fikir birliğine varılabilmesi açısından daha tanımlayıcı skalaların oluşturulmuş olması kolaylaştırıcı olacaktır.

Önem derecesinin hesaplanması özellikle ortaya çıkabilecek olası bir hatanın etkisinin ne derecede tehlikeli olduğunu göstermektedir. Bazı durumlarda bu oldukça açıktır, çünkü önceki deneyimler bir problemin ne derecede tehlikeli olabileceğini gösterir. Diğer durumlarda üyelerin uzmanlık dereceleri ve bilgi düzeyleri önem derecesinin ne derecede uygun olarak tahmin edileceğini gösterir.

Ortaya çıkma olasılığı puanlanırken;

- Benzeri bileşen, alt sistem ve sistemlere ilişkin servis dahil geçmiş bilgiler nedir?
- Daha önceki ile aynı veya benzer düzeyde mi?
- Ciddi değişiklik var mı?
- Tamamen yeni mi?
- Uygulanmasında değişiklikler var mı?
- Çevresel değişiklikler nelerdir?
- Mühendislik analizi (güvenilirlik analizi) ortaya çıkma olasılığını tahmin için kullanıldı mı?
- Önleyici kontroller yerleştirildi mi?

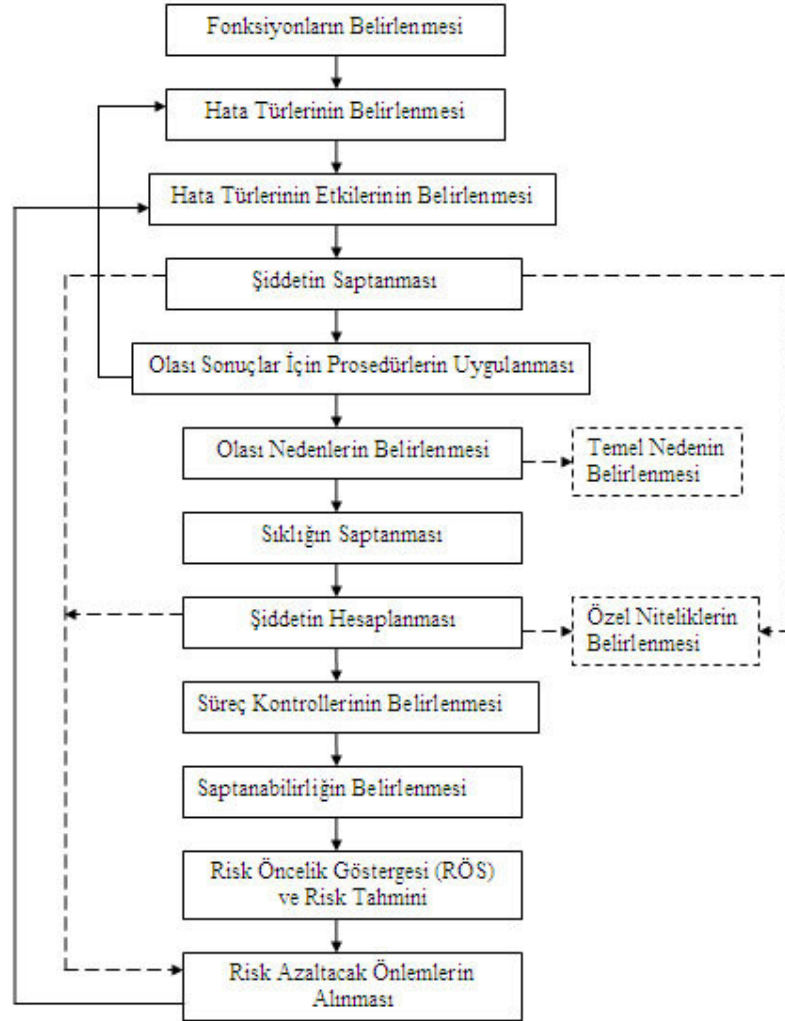
gibi sorulara yanıt aranır. Yakalama oranları ortaya çıkabilecek muhtemel hataları ne oranda yakalayabileceğimizi gösterir. Bu adımda karar verirken önceki kontroller dikkate alınır. Daha önce uygulanmış benzer bir kontrol faaliyetinin olmaması durumunda yakalama olasılığı daha düşük olacak ve yüksek bir puan alınacaktır.

Adım 7 : Risk öncelik sayısının hesaplanması: Şu şekilde hesaplama yapılır.

Risk öncelik sayısı = Önem derecesi * Ortaya çıkma olasılığı * Yakalama olasılığı
ile ifade edilir.

Adım 8: Faaliyetler için öncelikli olan hata modlarının tespit edilmesi: HTEA da olduğu gibi yine İş güvenliği uygulamasında da RPN 1-1000 arasında değer alır. Bu değer, öncelik belirlemek için Pareto yaklaşımı kullanılarak azalan bir sırada dizilir. Ekip bu aşamada hangi konular üzerine çalışacaklarına karar vermelidir. Genel olarak sıralanmış olan RPN numaraları çalışılacak olan hata modlarına karar verilmesi konusunda etkili olmaktadır.

*Adım 9: Yüksek riskli olan hata modlarının elimine edilmesi veya risk derecesinin azaltılması için faaliyete geçilmesi:*Amaç; önem, ortaya çıkma ve/veya yakalamayı azaltmaktır. Böylelikle iş güvenliğini tehdit edecek her etken, önleyici ve/veya düzeltici faaliyetler yardımı ile öncelikle yok edilmeye veya azaltılmaya çalışılmaktadır. Her ne kadar yüksek riskliler için uygulanması yaygınsa da iş güvenliğini sağlamak, çalışanları ve çevreyi koruma amaçlı olarak uygulamalarda bütün hata türlerinin ve modlarının elemine edilmesi önemli bir zarurettir.



Şekil 4.1. HTEA adımları

HTEA prosesi HTEA Formu kullanılarak dökümanite edilebilir. Bu form önemli tüm bilgileri kapsayacak ve bilgi verecek şekilde dizayn edilmiş olmalıdır. Uygulamalarda aynı amaca hizmet eden benzer formlar kullanılmaktadır.. Formda HTEA uygulamasında kullanılacak olan RÖS (RPN) için hesaplama yöntemi kalite sistemi içinde yer aldığı şekildedir. Formda yer alan RPN değerini hesaplamak için iş güvenliği çalışmasında yer alacak şiddet, olasılık değeri, yakalama değeri tespiti ile ilgili tablolar aşağıda sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. Önem derecesi (şiddet)

Etki	Etkinin önemi	Rank
Uyarısız Tehlike	Potansiyel hata türü ortaya çıktığında etkisi çok fazla ve operatörün yaralanma/ölme riski çok yüksek,	10
Uyarılı Tehlike	Potansiyel hata türü uyarı vererek ortaya çıkar, etkisi çok fazla ve operatörün yaralanma/ölme riski çok yüksek	9
Çok yüksek	Hatanın etkisi çok yüksek operatör yüksek risk altında	8
Yüksek	Hata etkisi yüksek yaralanma olasılığı yüksek	7
Orta	Operatör ortaya çıkan hata nedeniyle ortalama düzeyde risk altında	6
Düşük	Operatörün zarar görmesi ihtimali düşük, hatanın etkisi iş güvenliği açısından yüksek değil	5
Çok Düşük	Operatörün zarar görmesi ihtimali düşük, hatanın etkisi iş güvenliği açısından çok düşük	4
Küçük	Hatanın etkisi iş güvenliği açısından önemsiz yakın	3
Önemsiz	Hatanın etkisi iş güvenliği açısından önemsiz	2
Yok	Hiçbir etkisi yok	1

Çizelge 4.2. Ortaya çıkma olasılığı

Hata Olma Olasılığı	Olası Oranlar	Cpk	Puan
Çok Yüksek Kaçınılmaz	2 de ≤ 1	$\leq 0,033$	10
	3 de 1	$\geq 0,033$	9
Yüksek Tekrarlayan	8 de 1	$\geq 0,051$	8
	20 de 1	$\geq 0,067$	7
Orta Ara sıra Oluşan	80 de 1	$\geq 0,083$	6
	400 de 1	≥ 1	5
	2000 de 1	$\geq 1,17$	4
Düşük Az Miktarda	15000 de 1	$\geq 1,33$	3
	150000 de 1	$\geq 1,5$	2
Çok Düşük Olabilmesi çok az	1500000 da 1	$\geq 1,67$	1

Çizelge 4.3. Yakalama saptanabilirlik kriterleri

Yakalama	Yakalama kriterleri	Rank
Kesin Belirsiz	Olası hataları tespit etmek imkansız	10
Çok Uzak	Olası hataları tespit etmek çok zor	9
Uzak	Uzak bir olasılıkla yaklanabilir	8
Çok Düşük	Çok düşük bir şansla yakalanabilir	7
Düşük	Düşük bir şansla yakalanabilir	6
Orta	Orta şans	5
Ortanın Üstü	Ortanın üstünde olasılıkla	4
Yüksek	Yüksek bir olasılıkla	3
Çok Yüksek	Çok yüksek bir olasılıkla	2
Neredeyse Kesin	Hemen hemen kesin olarak ortaya çıkar	1

P, S, D, RÖS, harfleriyle gösterilen sembollerin anlamları aşağıda verilmiştir:

P: Her bir zarar modunun oluşma olasılık değeri;

S: Zararın ne kadar önemli olduğunun değeri, şiddet, ciddiyet

D: Zarar meydana getirecek durumun keşfedilmesinin zorluk derecelendirilmesi,

RÖS: Risk öncelik sayısı

RÖS değeri P, S ve D değerlerinin çarpımıyla elde edilir.

$$RÖS = P(\text{olasılık}) \times S(\text{şiddet, önem}) \times D(\text{fark edilebilirlik, yakalama})$$

İş yerini ve iş vereni maddi ve manevi olarak kayba uğratan iş kazası ve meslek hastalıklarını meydana getiren genel nedenler aşağıda sıralanmaktadır;

Fiziksel tehlikeler

- Titreşim
- Gürültü
- Yetersiz Havalandırma
- Aşırı Isı-nem ve hava hareketleri
- Yetersiz veya aşırı aydınlatma

Riskler

- Kemik –Eklem hastalıkları
- İşitme Kaybı
- Ani Solunum Durması
- Sıvı Kaybı
- Görme Kayıpları-
- Dikkatsizlik

Kimyasal tehlikeler

- Toksik gazlar ve buharlar
- Radyasyona maruz kalma
- Tehlikeli kimyasal maddeler
- Toksik tozlar

Riskler

- Zehirlenme-Solunum durması
- Kan hastalıkları-Doku Kaybı
- Zehirlenme-Tahriş
- Akciğer Hastalıkları

Biyolojik tehlikeler

- Mikro organizmalar
- Bakteriler
- Virüsler

Riskler

- Meslek Hastalığı

*Elektrik tehlikeleri**Riskler*

- Uygunsuz Tezgah-Techizat-El aleti ile çalışma-kullanma
- Yetkisiz ve ehliyetsiz Personel
- Uygunsuz elektrik malzemesi kullanma
- Önlem almama
- Statik Yük Levhası olmaması veya kullanılmaması

- Elektrik çarpması
- Yangın
- Patlama

*Mekanik tehlikeler**Riskler*

- Uygunsuz Tezgah-Techizat-El aleti ile çalışma-çalıştırma-kullanma
- Koruyucu olmaması -kullanılmaması
- Tezgahların ani durdurma düğmesinin bulunmaması
- Yetersiz uyarı işareti
- Yetkisiz ve ehliyetsiz Personel
- Uygunsuz malzeme kullanma
- Önlem almama
- Tezgah-techizat topraklamalarının olmaması
- Düzensiz ve dağınık iş yeri

- İş kazası
- Yaralanma

5. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ İŞGÜVENLİĞİ UYGULAMA ÇALIŞMASI

5.1. Uygulama Yapılan Fabrika Tanıtımı

MKE Elmadağ Roket Fabrikasında (yeni adı ile MKE BARUTSAN Yakıt ve Patlayıcı Fabrikası) Roket Motoru üretimi konusunda ilk çalışmalar 1966 yılında başlatılmıştır. M.K.E. Kurumunun Elmadağ ve Kırıkkale Fabrikalarında mevcut kurulu olanaklarla 2.75" Roket Motor Komplexinin üretimi için bir dizi etüt çalışmaları bu yıllarda yapılmıştır. Bununla birlikte çeşitli roketlerin üretimibne 1970 yılında başlanmıştır. 1973 yılında "ROKET FABRİKASI" nın Elmadağ'da kurulmasına karar verilmiştir. Aynı yıl fabrika inşaatına başlanmış ve makine donanım alınarak Fabrika haline getirilmiştir.

Roket Fabrikasının kuruluş ve üretim aşamasında herhangi bir yabancı uzman ve dış teknolojik yardım kullanılmamış, tesisin kuruluşu tamamen M.K.E. Kurumu ve ülkemiz olanaklarıyla gerçekleştirilmiştir. Fabrikamız; 1.5.1993 tarihinden itibaren de MKE Kurumu ana teşekkül Yönetim Kurulunun kararı ile Elmadağ Roket Sanayi ve Ticaret A.Ş. (ELROKSAN) adı altında faaliyetlerini sürdürmüştür. 2003 yılında MKE Kurumunun yeniden yapılanması çalışmaları sonuçlanmış olup, Şirket tekrar fabrika statüsüne dönüştürülerek, Elmadağ Roket Fabrikası adını almıştır. 2006 yılı başlarında ise aynı zamanda alt tedarikçisi olan MKE Barut Fabrikası ile birleştirilerek MKE BARUTSAN Yakıt ve Patlayıcı Fabrikası adı altında faaliyetlerini sürdürmektedir. Çalışmada MKE Elmadağ Roket Fabrikası adı kullanılmaktadır.

Faaliyet Alanı; Havadan karaya ve karadan karaya atılan sarmal kanatlı roketler, kısa menzilli tanksavar roket sistemleri , mayın sahaları temizleme roketleri, topçu roketleri, mühimmat bombacıkları, M483 A1 ICM mühimmat üretimleridir.

Fabrika ana üretimleri;

- 2.75" MK 40 MOD 3 ve MK 4 MOD 10 Roketi(yerden yere ve havadan yere atılan, alan tesirli roket),
- 66 mm. M- 72 LAW Roketi (hafif anti tank roketi),
- 21 mm. Eğitim Roketi (M-72 LAW ve 3.5" Roketler için),
- TAMKAR (Roketle Mayınlı Tarlalardan Geçit Açma Sistemi),
- M483 A1 ICM Kargo Mühimmatı,
- 107 mm Anadolu Roketi,
- TAMGEÇ SİSTEMİ (Tek Er için Mayınlı Sahalardan Geçit Açma Sistemi),
- 122 mm ÇNRA Mühimmatı
- ERYX Tanksavar Roketi

5.2. Uygulama Yapılan Fabrikada Mevcut Durumun Analizi

MKE Elmadağ Roket Fabrikası üretim kalemleri itibari ile patlayıcı ve parlayıcı maddeler sınıfına girmekte olup, atölyelerde ve Fabrika sahası içerisinde bulunan yüksek patlayıcı yükü nedeni ile yüksek riskli konumdadır. İş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması zehirli maddeler, patlayıcı ve parlayıcı maddelerin işlem görmesi nedeni ile oldukça önemlidir. Bu nedenle iş güvenliğinin sağlanması çok önemlidir. Mevcut patlayıcı yükleri dikkate alındığında çalışanların ve çevrenin emniyetinin sağlanması hususu en ön plandadır. Fabrika bu nedenle önce emniyet ilkesi ile hareket etmekte olup, kalite hedeflerinde teknik emniyet ve emniyet hususları her daim vurgulanmakta olup azami dikkat gösterilerek çalışmalar yürütülmektedir. Teknik emniyet kural ve talimatları mevcuttur. Ancak üretim yapılan atölyeler bazında genel kapsamlı çalışmalar olmasına karşın o atölyelere özgün risklerin, iş güvenliğini tehdit edecek hata türlerinin ve etkilerinin belirlendiği ve analiz edildiği, bunların neticesinde önlemlerin alınmasının sağlandığı özel bir metodoloji uygulanmamıştır.

Uygulama yapılan Fabrikanın üretimi itibari ile çalışmada değinilecek ve gerekli görülen tanımlamalar aşağıda sunulmaktadır.

Kimyasal Madde: Doğal halde bulunan veya üretilen veya herhangi bir işlem sırasında veya atık olarak ortaya çıkan veya kazara oluşan her türlü element, bileşik veya karışımdır.

Tehlikeli Kimyasal Madde

a) Patlayıcı, oksitleyici, alevlenir, kolay alevlenir, çok kolay alevlenir, zehirli, aşındırıcı, tahriş edici, alerjik, kanserojen, mutajen, üreme için toksik ve çevre için tehlikeli özelliklerden bir veya birkaçına sahip maddeler.

b) Yukarıda sözü edilen sınıflamalara girmemekle beraber kimyasal, fiziko-kimyasal veya toksikolojik özellikleri ve kullanılma veya işyerinde bulundurulma şekli nedeni ile işçilerin sağlık ve güvenliği yönünden risk oluşturabilecek maddeler.

c) Mesleki maruziyet sınır değeri belirlenmiş maddeler .

Patlayıcı Madde: Kendiliğinden şiddetli bir kimyasal reaksiyonla (tepkime) parçalanarak ani yüksek sıcaklık ve basınçla birlikte büyük hacimlerde gaz haline dönüşebilen ve çevreyi etkileyen katı ya da sıvı bir maddedir, ya da maddelerin bir karışımını,

Piroteknik Madde: İnfilak edici olmayan, kendiliğinden ekzotermik reaksiyonların bir sonucu olarak, ısı, ışık, ses, gaz yahut duman ya da bunların kombinasyonu yoluyla bir etki yaratmak amacıyla tasarlanan bir madde ya da maddelerin karışımı.

Alevlenir Madde: Parlama noktası 21°C-55°C arasında olan sıvı haldeki maddeler.

Kolay Alevlenir Madde

- a) Enerji uygulaması olmadan, ortam sıcaklığında hava ile temasında ısınabilen ve sonuç olarak alevlenen,maddeler .
- b) Ateş kaynağı ile kısa süreli temasta kendiliğinden yanabilen ve ateş kaynağının uzaklaştırılmasından sonra da yanmaya devam eden katı haldeki,
- c) Parlama noktası 21°C'nin altında olan sıvı haldeki, maddeler .
- d) Su veya nemli hava temasında, tehlikeli miktarda, çok kolay alevlenen gaz yayan maddeler.

Çok Kolay Alevlenir Madde: 0°C'den düşük parlama noktası ve 35°C'den düşük kaynama noktasına sahip sıvı haldeki maddeler ile oda sıcaklığında ve basıncı altında hava ile temasında yanabilen gaz haldeki maddeler.

Zehir (Toksik) Madde: Az miktarlarda solunduğunda, ağız yoluyla alındığında, deri yoluyla emildiğinde insan sağlığı üzerinde akut veya kronik hasarlara veya ölüme neden olan maddeler .

Aşındırıcı Madde: Canlı doku ile temasında, dokunun tahribatına neden olabilen maddeler .

Tahriş Edici Madde: Mukoza veya cilt ile direkt olarak ani, uzun süreli veya tekrarlanan temasında lokal eritem, eskar veya ödem oluşumuna neden olabilen, aşındırıcı olarak sınıflandırılmayan maddeler .

Alerjik Madde: Solunduğunda, cilde nüfuz ettiğinde aşırı derecede hassasiyet meydana getirme özelliği olan ve daha sonra maruz kalınması durumunda karakteristik olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olan maddeler.

Mutajen Madde: Solunduğunda, ağız yoluyla alındığında, deriye nüfuz ettiğinde kalıtsal genetik hasarlara yol açabilen veya bu etkinin oluşumunu hızlandıran maddeler.

Mesleki Maruziyet Sınır Değeri: Başka şekilde belirtilmedikçe, 8 saatlik sürede, çalışanların solunum bölgesindeki havada bulunan kimyasal madde konsantrasyonunun zaman ağırlıklı ortalamasının üst sınırı.

Biyolojik Sınır Değeri: Kimyasal maddenin, metabolitinin veya etkilenmeyi belirleyecek bir maddenin uygun biyolojik ortamdaki konsantrasyonunun üst sınırı.

5.3. Uygulama 1 CS-110 Atölyesi

Fabrikanın NATO gizlilik esaslarına uygun olarak çalışmasından dolayı ürün. atölye isimleri gibi tanımlamalarda sembolik isimlendirmeler kullanılmıştır.

CS-110 Atölyesi, MKE BARUTSAN Yakıt ve Patlayıcı Fabrikası yerleşim alanı içerisinde piroteknik bölgede yer almakta olup, atölyede;

- A Roketi ateşleyicisi imalatı, tahribatsız son muayene ve kontrol testleri,
- B Roketi Ateşleyicisi imalatı, tahribatsız son muayene ve kontrol testleri,
- A Roketi Harp Başlığı Buster Yuvası açma işlemleri, gerçekleştirilmektedir.

Bina Yerleşimi: Binanın yerleşim yeri, fabrika metro planında CS -110 olarak tanımlanmıştır. Bina yerleşim planı taslağı gizlilik içerir. Bina betonarme olup 144 metrekare kapalı alanda kurulmuş olup, çatı yüksekliği 3,50 m'dir. Ön cephede toplam 2 adet , Arka cephede toplam 6 ahşap kapı bulunmakta olup, giriş kapıları kanatlı tipte ve dışa açılır vaziyettedir. Ön cephede 3 adet, arka cephede 1 adet ve yanlarda 6 adet ahşap pencere bulunmakta olup pencereler de kanatlı tiptedirler.

Aydınlatma tesisatı ölçüm ve test cihazları toza, neme karşı IP55 korumalı etanj özellikte olup, binanın havalandırması kapı-pencerenin açılmasıyla yapılmaktadır. Isıtma sıcak su ile sağlanmakta, kış aylarında ortam sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}$ C de tutulmaktadır. Bina panel radyatörlerle ile ısıtılmakta ve çalışma günlerinde günlük temizlemeleri yapılmaktadır.

Bina tabanı beton üzeri PVC kaplamadır. Çatı hafif atermite ile yapılmıştır. Binanın kendisine ait paratoner koruması olmayıp fabrikanın diğer paratoner şemsiyesi altındadır. Bina ön ana girişi ve arka cephe depo kısmında 1'er adet statik yük alma levhası mevcut bulunmaktadır. Diğer girişlerden personel ilk girişleri yasak olup statik yük alma levhası bulunmamaktadır.

Yangına karşı korunma ekipmanı olarak otomatik sulu söndürme teçhizatının yanı sıra 1 adet 30 kg'lık ve 1 adet 10 kg'lık (karbondioksit ve kuru kimyevi tozlu) yangın söndürme cihazı, kazma, kürek, balta, kanca, kum dolu kovalar bulunmaktadır. Kazma, kürek, balta, kanca ve kum dolu kovalar eşanjör odası arka duvarına yerleştirilmiş durumdadır. Yangın tüpleri arka cephede, 1 adet yangın hidrat alt yan cephededir. Tüpler ve yangın teçhizatı sürekli olarak Fabrika İtfaiye Teşkilatınca periyodik kontrol edilmekte ve başka amaçla kullanılmamaktadır. Atölyeye ait hidrat kullanım alanı içerisinde yer almaktadır.

Atölyede tüm metal aksam, tezgâhlar, cihazların topraklaması yapılmış olup, tanımlı el aletlerinin ve malzemelerin dışında uygunsuz hiç bir malzeme bulundurulmamaktadır.

Binaya ulaşım yolları düz asfalttır ve geceleri aydınlatma yapılmaktadır. Binanın çevresinde sütre bulunmamaktadır. Bina çevresinin, duvardan itibaren her yönünde 50 metre mesafeye kadar ot ve yanıcı madde temizliği sürekli yapılmaktadır.

Binada çalışma yapılırken görevli personelin dışında kalan her türlü kişinin girmesi uyarı ve ikaz levhalarıyla kesinlikle yasaklanmıştır. Çalışma olmadığı zamanlarda ziyaretçilerin ve yabancıların girişi Fabrika Yönetimin iznine tabiidir.

Mevcut Durum; Fabrikada iş güvenliğini sağlamaya yönelik hususlar risk analizi başlığı altında değerlendirilmekte olup, genel itibari ile atölye ile ilgili alınan teknik emniyet önlemlerinin, İş Sağlığı ve Güvenliği mevzuatına uygunluğunun incelenmesi ve değerlendirilmesini ihtiva etmekte olup detaya yönelik kapsamlı değildir. HTEA çalışmasının yapılması, hataların türlerinin, sebeplerinin, etkilerinin ve öncelik

değerlerinin belirlenmesi, neticesinde düzeltici faaliyetler ve önleyici tedbirlerin alınarak iş güvenliğinin sağlanması ve yapılan analizin sürekli kılınarak yaşayan bir proses haline getirilmesini sağlamaktır. Mevcut atölyede yapılan çalışmalar öncelikli olarak HTEA adımları perspektifinde ele alınmış olup, Çalışmada Atölye Üretim Mühendisinin, Teknik Emniyet Mühendisinin bilgi ve tecrübelerinden yararlanılarak koordineli bir çalışma yürütülmüştür.

Uygulama pratik olarak daha önce bahsedilmiş olan 9 adımın da belirli bir plan ve takvim dahilinde icra edilmiştir. Uygulamanın yapıldığı atölyede mevcut faaliyetler öncelikle iş akış şemaları üzerinden değerlendirilmiş, atölye bazında tezgah teçhizat incelemeleri yapılmış, ardından üretim esnasında gözlemler yapılarak hangi fonksiyon modunda hangi hata modunun hangi nedenle oluşabileceği ve hangi tür etkilere sebep olabileceği değerlendirilmiş olup, aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Uygulama 1 hata türleri ve etkileri

Fonksiyon Modu	Potansiyel Hata Modu	Potansiyel Hata Etkisi	Hatanın Potansiyel Nedenleri
Fitil Karışımı Hazırlama	Talimatlarda belirtilen miktarları aşma	Kimyasal madde etkileşimi, patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör Hatası, Ölçme Aleti Hatası
Fitil Karışımı Hazırlama	Malzemenin düşmesi	Kimyasal madde etkileşimi, patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör Hatası
Fitil Karışımı Hazırlama	Sürtünme	Kimyasal madde etkileşimi, patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör Hatası, aparat eskimesi

Çizelge 5.1.(Devam) Uygulama 1 hata türleri ve etkileri

Fitil Karışımı Hazırlama	Karışımın damlaması, teması	Operatörün yaralanması	Operatör Hatası, aparat eskimesi
Fitil Çekme	Çekim esnasında fitil düşürme	Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör Hatası
Fitil Kesme	Kesim esnasında düşürme	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör Hatası
İzlik Presleme	Talimatlarda belirtilen miktarları aşma	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör hatası
İzlik Presleme	Malzemenin düşmesi	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Tezgah arızası, Operatör hatası
İzlik Presleme	Sürtünme,aşırı yüksek basınç	Patlama	Tezgah arızası, Operatör hatası
Kapsül Presleme	Talimatlarda belirtilen miktarları aşma	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör hatası
Kapsül Presleme	Malzemenin düşmesi	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Tezgah arızası, Operatör hatası
Alev Borusuna Fitil Yerleştirme	Dikkatsiz hareket, temas	Operatörün yaralanması	Operatör hatası
Kara Barut Koyma	Dolum esnasında barutun dökülmesi	Patlama – şok etkisi, can, mal, tezgâh kaybı Zehirlenme	Operatör hatası, tezgah arızası
Kara Barut Koyma	statik elektrikle etkileşim	Patlama – şok etkisi, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör hatası,tezgah arızası, bina eksikliği
Naylon Basma	Hatalı işlem, uzun temas	Operatörün yaralanması	Operatör hatası

Çizelge 5.1.(Devam) Uygulama 1 hata türleri ve etkileri

Kapsül Basma ve Boyama	Presleme esnasında aşırı basınç, aşırı ısı ve patlama	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar	Operatör hatası, tezgah arızası
Nozul presleme	Presleme esnasında aşırı basınç, aşırı ısı ve patlama	Operatörün yaralanması, Gözle temasta göz kaybı	Operatör hatası, tezgah arızası, koruyucu kullanılmaması
Sıvama	Uzun süreli temas	Operatörün yaralanması	Operatör hatası
Sıvama	Dökülme, parlama	Operatörün yaralanması	Operatör hatası
OHM Kontrolü	Ölçüm esnasında elektrik kaynaklı ateşleme	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar	Operatör hatası, tezgah arızası, alet, aparat, ekipman arızası

İncelenen ve elde edilen bu veriler doğrultusunda, CS-110 atölyesi için tanımlanmış olan fonksiyon modları için olasılık, şiddet ve yakalama değerleri yine iş akışları, tesis yerleşimi, mevcut yerleşim, çalışma şekilleri, ergonomik unsurlar, makine ekipman, tezgah bilgileri, tecrübi bilgiler dikkate alınarak tespit edilmiş, bu değerler kullanılarak RÖS (RPN) hesaplaması yapılmış olup aşağıdaki tabloda sunulmaktadır. İlerleyen tablolarda kolaylık sağlamak amacı ile fonksiyon ve potansiyel hata modu tanımlamaları bir tutularak numaralandırma yapılmıştır.

Çizelge 5.2. Uygulama 1 ilk durum RPN hesaplaması

Sıra no	Fonksiyon	Potansiyel hata modu	Potansiyel hata etkisi	Önem	Hatanın potansiyel nedenleri	Ortaya çıkma	Geçerli olan kontroller	Yakalama	RPN
1	Fitil Karışımı Hazırlama	Talimatlarda belirtilen miktarları aşma	Kimyasal madde etkileşimi, patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası, Ölçme Aleti Hatası	6	Ölçme Aletinin Kontrolü	6	324
2	Fitil Karışımı Hazırlama	Malzemenin düşmesi	Kimyasal madde etkileşimi, patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası	7	Mevcut Kontrol yok	8	504
3	Fitil Karışımı Hazırlama	Sürtünme	Kimyasal madde etkileşimi, patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası, aparat eskimesi	7	Aparat Kontrolü	7	441

Çizelge 5.2.(Devam) Uygulama 1 ilk durum RPN hesaplaması

4	Fitil Karışımı Hazırlama	Karışımın damlaması, teması	Operatörün yaralanması	7	Operatör Hatası, aparat eskimesi	5	Aparat kontrolü	7	245
5	Fitil Çekme	Çekim esnasında fitil düşürme	Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	8	Operatör Hatası	7	Mevcut kontrol yok	7	392
6	Fitil Kesme	Kesim esnasında düşürme	Patlama,parl ama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	8	Operatör Hatası	8	Mevcut kontrol yok	7	448
7	İzlik Presleme	Talimatlarda belirtilen miktarları aşma	Patlama,parl ama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	9	Operatör Hatası	7	Mevcut kontrol yok	6	378
8	İzlik Presleme	Malzemenin düşmesi	Patlama,parl ama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	9	Tezgah arızası, Operatör hatası	7	Tezgah kontrolü	8	504
9	İzlik Presleme	Sürtünme, aşırı yüksek basınç	Patlama	9	Tezgah arızası, Operatör hatası	7	Tezgah kontrolü	8	504
10	Kapsül Presleme	Talimatlarda belirtilen miktarları aşma	Patlama,parl ama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	9	Operatör hatası	7	Mevcut kontrol yok	6	378

Çizelge 5.2.(Devam) Uygulama 1 ilk durum RPN hesaplaması

1 1	Kapsül Presleme	Malzemenin düşmesi	Patlama,parl ama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	9	Tezgah arızası, Operatör hatası	8	Tezgah kontrolü	8	576
1 2	Kapsül Presleme	Sürtünme,aşı rı yüksek basınç	Patlama,parl ama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	9	Tezgah arızası, Operatör hatası	7	Tezgah kontrolü	8	504
1 3	Alev Borusuna Fital Yerleştir me	Dikkatsiz hareket, temas	Operatörün yaralanması	6	Operatör hatası	8	Mevcut kontrol yok	5	240
1 4	Kara Barut Koyma	Dolum esnasında barutun dökülmesi	Patlama – şok etkisi, can, mal, tezgâh kaybı Zehirlenme	9	Operatör hatası, tezgah arızası	7	Tezgah kontrolü	8	504
1 5	Kara Barut Koyma	statik elektrikle etkileşim	Patlama – şok etkisi, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör hatası,tez gah arızası, bina eksikliği	7	Tezgah, Bina kontrolü	8	504
1 6	Naylon Basma	Hatalı işlem, uzun temas	Operatörün yaralanması	6	Operatör hatası	8	Mevcut kontrol yok	5	240

Çizelge 5.2.(Devam) Uygulama 1 ilk durum RPN hesaplaması

1 7	Kapsül Basma ve Boyama	Presleme esnasında aşırı basınç, aşırı ısı ve patlama	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar	10	Operatör hatası, tezgah arızası	8	Tezgah kontrolü	10	800
1 8	Nozul presleme	Presleme esnasında aşırı basınç, aşırı ısı ve patlama	Operatörün yaralanması, Gözle temasta göz kaybı	9	Operatör hatası, tezgah arızası,ko ruyucu kullanılm aması	7	Tezgah kontrolü, koruyucu kullanılm ası	6	378
1 9	Sıvama	Uzun süreli temas	Operatörün yaralanması	6	Operatör hatası	7	Mevcut kontrol yok	5	210
2 0	Sıvama	Dökülme, parlama	Operatörün yaralanması	6	Operatör hatası	6	Mevcut kontrol yok	7	252
2 1	OHM Kontrolü	Ölçüm esnasında elektrik kaynaklı ateşleme	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, zincirleme reaksiyon sonucu infilak, atölye çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar	10	Operatör hatası, tezgah arızası, alet, aparat,eki pman arızası	8	Tezgah kontrolü, alet aparat, ekipman kontrolü	9	720

Fabrikanın üretimleri, özellikle Atölyede yapılan üretimlerin patlayıcı parlayıcı maddeler içermesi nedeni hesaplanmış olan tüm RÖS değerleri yüksek tespit edilmiştir. Atölye bazında çalışıldığında öncelikle RÖS numarası yüksek olanlardan başlamak üzere, tümü için olmak kaydı ile önlemler alınması gerekli görülmektedir. RÖS'na bakarak öncelikle ele alınması gereken hata türlerine karar verilmiş ve tavsiye edilen faaliyetler, sorumlular ve hedeflenen tarihler tespit edilmiştir. Belirlenen bu tavsiye faaliyetlerin yanı sıra, beyin fırtınası ile de ilave tavsiye ve önlemler yapılmıştır. Yürütülen uygulama sonucunda gerçekleştirilen faaliyetler forma kaydedilmiş ve yeni durum için önem, ortaya çıkma, yakalama kısıtları tekrar değerlendirilerek puanlandırılmış ve yeni RÖS hesaplaması yapılmış olup aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

Çizelge 5.3. Uygulama 1 son durum RPN hesaplaması

Sıra no. (fonksiyon , potansiyel hata modu)	Tavsiye edilen faaliyetler	Sorumluluk & hedeflenen tamamlanma tarihi	Faaliyet Sonuçları				
			Gerçekleştirilen faaliyetler	Önem	Ortaya çıkma	Yakalama	Yeni RPN
1	Operatöre eğitim verilmesi, ölçme aletinin kalibrasyonu, aparat temizliği sağlanması	Üretim, Mühendislik ,Kalite, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, ölçme aleti kalibre edildi, talimatlarda değişiklik yapıldı	8	4	4	128
2	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, talimatlarda değişiklik yapıldı, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı	8	4	6	192
3	Operatöre eğitim verilmesi, aparat yenilenmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, aparat yenilendi	8	3	5	120

Çizelge 5.3.(Devam) Uygulama 1 son durum RPN hesaplaması

4	Operatöre eğitim verilmesi, aparat yenilenmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, aparat yenilendi	6	3	5	90
5	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı	8	4	5	160
6	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı, kesim alanına ilaveler yapıldı	8	3	4	96
7	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, ölçme aleti kalibre edildi, talimatlarda değişiklik yapıldı, daha açık hale getirildi	8	4	4	128
8	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı	8	4	5	160
9	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı, talimata bu husus ilave edildi	8	4	4	128

Çizelge 5.3.(Devam) Uygulama 1 son durum RPN hesaplaması

10	Operatöre eğitim verilmesi, aparat yenilenmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, aparat yenilendi	8	4	4	128
11	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı	8	4	5	160
12	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı, talimata bu husus ilave edildi	8	4	4	128
13	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi	5	5	5	125
14	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının yapılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bakımı yapıldı, talimata bu husus ilave edildi	8	4	5	160
15	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, elektrik alıcı tabla yerleştirilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bina dışı elektrik alma aparatı onarıldı	8	4	4	128
16	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi	7	3	4	84

Çizelge 5.3.(Devam) Uygulama 1 son durum RPN hesaplaması

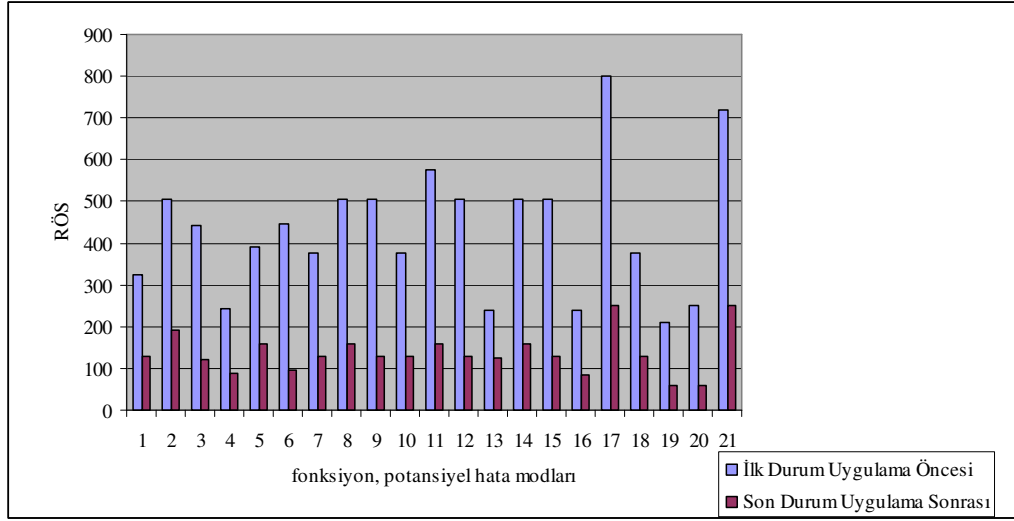
17	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması, göstergelerin kalibrasyonu, işlem kesme butonu konması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi,tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı, göstergeler kalibre edildi , periyodik bakım için süre sıkılaştırıldı.	9	4	7	252
18	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması, koruyucu giysi ve gözlük kullanılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi,tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı, gözlük kullanımı sağlandı, talimatlar yenilendi	8	4	4	128
19	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi	5	3	4	60
20	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi	5	3	5	60
21	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması, alet ekipmanın yenilenmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi,tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı,alet ekipman yenilendi,periyodik bakım faaliyeti için süre sıkılaştırıldı.	9	4	7	252

Aşağıda verilen tabloda tespit edilen potansiyel hata modalarına ait uygulama öncesi değerler ve uygulama sonrası değerler verilmiştir. HTEA yöntemi uygulanarak ortaya çıkması olası iş güvenliğini tehdit altına alacak faktörlerin etkileri

azaltılmıştır. Yapılan çalışmaların, önlemlerin etkisi ile ikinci durum için hesaplanan RPN değerleri ilk duruma göre oldukça düşük gerçekleşmiştir. Ortalama olarak %68 oranında bir iyileşme sağlanmıştır.

Çizelge 5.4.Uygulama 1 RPN karşılaştırması

Sıra no. Fonksiyon, potansiyel hata modu	Önem	Ortaya çıkma	Yakalama	RPN	Önem	Ortaya çıkma	Yakalama	Yeni RPN
1	9	6	6	324	8	4	4	128
2	9	7	8	504	8	4	6	192
3	9	7	7	441	8	3	5	120
4	7	5	7	245	6	3	5	90
5	8	7	7	392	8	4	5	160
6	8	8	7	448	8	3	4	96
7	9	7	6	378	8	4	4	128
8	9	7	8	504	8	4	5	160
9	9	7	8	504	8	4	4	128
10	9	7	6	378	8	4	4	128
11	9	8	8	576	8	4	5	160
12	9	7	8	504	8	4	4	128
13	6	8	5	240	5	5	5	125
14	9	7	8	504	8	4	5	160
15	9	7	8	504	8	4	4	128
16	6	8	5	240	7	3	4	84
17	10	8	10	800	9	4	7	252
18	9	7	6	378	8	4	4	128
19	6	7	5	210	5	3	4	60
20	6	6	7	252	5	3	5	60
21	10	8	9	720	9	4	7	252



Şekil 5.1. Uygulama 1 durum karşılaştırma

5.4. Uygulama 2 CS -160 Atölyesi

Fabrikanın NATO gizlilik esaslarına uygun olarak çalışmasından dolayı ürün. atölye isimleri gibi tanımlamalarda sembolik isimlendirmeler kullanılmıştır.

CS-160 Atölyesi, MKE Barutsan Yakıt Ve Patlayıcı Fabrikası yerleşim alanı içerisinde piroteknik bölgede yer almakta olup, atölyede, B Roketi Harp Başlığı dolum işlemi gerçekleştirilmektedir.

Bina yerleşimi: Fabrika metro planında CS-160 olarak tanımlanmıştır. Bina yerleşim planı taslağı gizlilik içerir. CS-160 atölyesi 136,5 m² kapalı alanda kurulmuş olup çatı yüksekliği 3,20 m'dir. Ön cephede toplam 4 adet ahşap kapı bulunmakta olup, giriş kapıları kanatlı tipte ve dışa açılır vaziyettedir, ayrıca ön cephede 4 arka cephede 3 adet dikey açılıp kapanır ahşap pencere mevcuttur. Yan cephelerde kapı veya pencere bulunmamaktadır. Aydınlatma tesisatı, imalat tezgâhları toza, neme karşı IP55 korumalı etanj özelliktedir. Binanın havalandırması kapı-pencerenin açılmasıyla yapılmaktadır. Isıtma sıcak su ile sağlanmakta, kış aylarında ortam sıcaklığı 20±2° C de tutulmaktadır. Bina panel radyatörlerle ısıtılmakta ve çalışma günlerinde günlük temizlemeleri yapılmaktadır. Bina betonarmedir. Bina tabanı

beton olup, çatı galvanizli sac ile kaplanmıştır. Binada Fabrikanın paratoner şemsiyesi altındadır. Binanın ana giriş kapısının yanında 1 adet statik yük alma levhası mevcut bulunmaktadır.

Yangına karşı korunma donanımı olarak otomatik sulu söndürme teçhizatının yanı sıra 1 adet 10 kg'lık, (kuru kimyevi tozlu) yangın tüpü, eşanjör odası ön duvarında kazma, kürek, balta, kanca ile kum dolu 3 adet kova bulunmaktadır. Tüp ve yangın söndürme teçhizatı sürekli olarak Fabrika İtfaiye Teşkilatınca periyodik kontrol edilmekte ve başka amaçla kullanılmamaktadır. Atölyeye en yakın hidrant bina alt kısmı, yol karşısındadır. Binada tanımlanmış faaliyetlerin dışında faaliyet yapılmamaktadır.

Tanımlı el aletlerinin ve malzemelerin dışında uygunsuz hiç bir malzeme bulundurulmamaktadır. Binada olması gereken ikaz ve uyarı levhaları mevcuttur. Acil kaçış yollarını gösterir levha bulunmaktadır.

Binaya ulaşım yolları düz asfalttır ve geceleri aydınlatma yapılmaktadır. Binanın ön ve arka cepheleri 5 m yüksekliğinde toprak sütre ile çevrilidir. Sütre dipleri kaymayı önlemek amacıyla 1 metrelik beton duvarla çevrelenmiştir. Sütrelerin ve bina çevresinin, duvardan itibaren her yönde 50 metre mesafeye kadar ot ve yanıcı madde temizliği sürekli yapılmaktadır.

Binada çalışma yapılırken görevli personelin dışında kalan her türlü kişinin girmesi yasaklanmıştır. Çalışma olmadığı zamanlarda ziyaretçilerin ve yabancıların girişi fabrika yönetimin iznine tabiidir.

Mevcut Durum; Fabrikada iş güvenliğini sağlamaya yönelik hususlar risk analizi başlığı altında değerlendirilmekte olup, genel itibari ile atölye ile ilgili alınan teknik emniyet önlemlerinin, İş Sağlığı ve Güvenliği mevzuatına uygunluğunun incelenmesi ve değerlendirilmesini ihtiva etmekte olup detaya yönelik kapsamlı değildir. HTEA çalışmasının yapılması, hataların türlerinin, sebeplerinin, etkilerinin ve öncelik değerlerinin belirlenmesi, neticesinde düzeltici faaliyetler ve önleyici tedbirlerin alınarak iş güvenliğinin sağlanması ve yapılan analizin sürekli kılınarak yaşayan bir

proses haline getirilmesini sağlamaktır. Mevcut atölyede yapılan çalışmalar öncelikli olarak HTEA adımları perspektifinde ele alınmış olup, Çalışmada Atölye Üretim Mühendisinin, Teknik Emniyet Mühendisinin bilgi ve tecrübelerinden yararlanılarak koordineli bir çalışma yürütülmüştür.

Uygulama pratik olarak daha önce bahsedilmiş olan 9 adımın da belirli bir plan ve takvim dahilinde icra edilmiştir. Uygulamanın yapıldığı atölyede mevcut faaliyetler öncelikle iş akış şemaları üzerinden değerlendirilmiş, atölye bazında tezgah teçhizat incelemeleri yapılmış, ardından üretim esnasında gözlemlene yapılarak hangi fonksiyon modunda hangi hata modunun hangi nedenle oluşabileceği ve hangi tür etkilere sebep olabileceği değerlendirilmiş olup, aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Çizelge 5.5. Uygulama 2 hata türleri ve etkileri

Fonksiyon Modu	Potansiyel Hata Modu	Potansiyel Hata Etkisi	Hatanın Potansiyel Nedenleri
Harp başlığı madeni aksam depolama	Sandıklanmış harp başlığı komplelerinin taşıma esnasında düşmesi	Operatöre düşmesi yaralanması	Operatör Hatası
Madeni aksam sarım	Sarım işleminin yanlış yapılması	patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör Hatası, talimat eksikliği
Madeni aksam sarım	Dolum esnasında patlayıcı sızması	patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör Hatası, aparat eskimesi
Madeni aksam sarım	fırlama esnasında ani veya kademeli ısı artışı	patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör Hatası, tezgah arızası
Madeni aksam şartlandırma	Şartlandırma esnası ve sonrası ısı değişikliği	Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı	Operatör Hatası, tezgah arızası
Oktol Eritme	Kazan doldurma esnasında kazan dışına dökülme	Zehirlenme – ölüm – felç riski, iş gücü kaybı Patlama – şok etkisi, can, mal, tezgâh kaybı	Operatör Hatası

Çizelge 5.5.(Devam) Uygulama 2 hata türleri ve etkileri

Harp Başlığı İmla	Patlayıcı sızması	patlayıcı buharından zehirlenme Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör hatası, tezgah arızası,talimat eksikliği
Harp Başlığı İmla	Kazan delinmesi	patlayıcı buharından zehirlenme Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	Tezgah arızası, Operatör hatası, planlı bakım onarım eksikliği
Harp Başlığı İmla	taşıma esnasında düşürme	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör hatası
Vibrasyon	Yanlış bağlama	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Tezgah arızası, Operatör hatası
Vibrasyon	Cihazın farklı vibrasyon vermesi	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	Tezgah arızası, Operatör hatası

Çizelge 5.5.(Devam) Uygulama 2 hata türleri ve etkileri

Bozuk Harp Başlığı Eritme	Patlayıcı sızması	patlayıcı buharından zehirlenme Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	İlk kontrol operatör hatası,Operatör hatası, tezgah arızası,talimat eksikliği
Bozuk Harp Başlığı Eritme	Dikkatsiz hareket, temas	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör hatası
Bozuk Harp Başlığı Eritme	Düşürme	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	Operatör hatası

İncelenen ve elde edilen bu veriler doğrultusunda, CS-160 atölyesi için tanımlanmış olan fonksiyon modları için olasılık, şiddet ve yakalama değerleri yine iş akışları, tesis yerleşimi, mevcut yerleşim, çalışma şekilleri, ergonomik unsurlar, makine ekipman, tezgah bilgileri, tecrübi bilgiler dikkate alınarak tespit edilmiş, bu değerler kullanılarak RÖS (RPN) hesaplaması yapılmış olup aşağıdaki tabloda sunulmaktadır. İlerleyen tablolarda kolaylık sağlamak amacı ile fonksiyon ve potansiyel hata modu tanımlamaları bir tutularak numaralandırma yapılmıştır.

Çizelge 5.6. Uygulama 2 ilk durum RPN hesaplaması

Sıra no	Fonksiyon	Potansiyel hata modu	Potansiyel hata etkisi	Önem	Hatanın potansiyel nedenleri	Ortaya çıkma	Geçerli olan kontroller	Yakalama	RPN
1	Harp başlığı madeni aksam depolama	Sandıklanmış harp başlığı komplelerini taşıma esnasında düşmesi	Operatöre düşmesi yaralanması,	6	Operatör Hatası	8	Mevcut Kontrol yok	7	336
2	Madeni aksam sarım	Sarım işleminin yanlış yapılması	Patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası, talimat eksikliği	6	Mevcut Kontrol yok	7	378
3	Madeni aksam sarım	Dolum esnasında patlayıcı sızması	patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası, aparat eskimesi	7	Aparat Kontrolü	8	504
4	Madeni aksam sarım	fırınlama esnasında ani veya kademeli ısı artışı	patlama, parlama, yangın, atölyede bulunan diğer malzemelere etki, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası, tezgah arızası	6	Mevcut kontrol yok	6	324

Çizelge 5.6.(Devam) Uygulama 2 ilk durum RPN hesaplaması

5	Madeni aksam şartlandırma	Şartlandırma esnası ve sonrası ısı değişikliği	Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı	7	Operatör Hatası, tezgah arızası	6	Mevcut kontrol yok	5	210
6	Oktol Eritme	Kazan doldurma esnasında kazan dışına dökülme	Zehirlenme – ölüm – felç riski, iş gücü kaybı Patlama – şok etkisi, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası	8	Mevcut kontrol yok	8	576
7	Oktol Eritme	Dikkatsiz hareket, temas	Zehirlenme – ölüm – felç riski, iş gücü kaybı Patlama – şok etkisi, can, mal, tezgâh kaybı	9	Operatör Hatası	8	Mevcut kontrol yok	8	576
8	Oktol Eritme	Uzun süreli maruz kalma	Zehirlenme – ölüm – felç riski, iş gücü kaybı	8	Operatör Hatası	6		6	288
9	Harp Başlığı İmla	Patlayıcı sızması	patlayıcı buharından zehirlenme Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	10	Operatör hatası, tezgah arızası, talimat eksikliği	8	Tezgah kontrolü	9	720

Çizelge 5.6.(Devam) Uygulama 2 ilk durum RPN hesaplaması

10	Harp Başlığı İmla	Kazan delinmesi	patlayıcı buharından zehirlenme Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	10	Tezgah arızası, Operatör hatası, planlı bakım onarım eksikliği	7	Tezgah kontrolü	8	560
11	Harp Başlığı İmla	taşıma esnasında düşürme	Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	10	Operatör hatası	6		9	540

Çizelge 5.6.(Devam) Uygulama 2 ilk durum RPN hesaplaması

1 2	Vibrasyon	Yanlış bağlama	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	8	Tezgah arızası, Operatör hatası	7	Tezgah kontrolü	8	448
1 3	Vibrasyon	Cihazın farklı vibrasyon vermesi	Patlama,parlama,Yangın, tezgâh, iş gücü, malzeme kaybı, ölüm tehlikesi	8	Operatör hatası	8	Mevcut kontrol yok	8	512
1 4	Bozuk Harp Başlığı Eritme	Patlayıcı sızması	patlayıcı buharından zehirlenme Nihai ürünün etkin hale gelmesi, oluşacak zincirleme reaksiyon sonucu atölyede infilak, atölye ve yakın çevresinde can ve ciddi maddi kayıplar kaybı, ölüm tehlikesi	10	İlk kontrol operatör hatası,Operatör hatası, tezgah arızası,talimat eksikliği	8	Mevcut kontrol yok	9	720

Çizelge 5.6.(Devam) Uygulama 2 ilk durum RPN hesaplaması

1	Bozuk	Dikkatsiz	Nihai ürünün	10	Operatör	6	Mevcut	9	540
5	Harp	hareket,	etkin hale		hatası,		kontrol		
	Başlığı	temas	gelmesi,				yok		
	Eritme		oluşacak						
			zincirleme						
			reaksiyon						
			sonucu						
			atölyede						
			infilak,						
			atölye ve						
			yakın						
			çevresinde						
			can ve ciddi						
			maddi						
			kayıplar						
			kaybı, ölüm						
			tehlikesi						
1	Bozuk	Düşürme	Nihai ürünün	10	Operatör	6	Mevcut	9	540
6	Harp		etkin hale		hatası		kontrol		
	Başlığı		gelmesi,				yok		
	Eritme		oluşacak						
			zincirleme						
			reaksiyon						
			sonucu						
			atölyede						
			infilak,						
			atölye ve						
			yakın						
			çevresinde						
			can ve ciddi						
			maddi						
			kayıplar						
			kaybı, ölüm						
			tehlikesi						

Fabrikanın üretimleri, özellikle Atölyede yapılan üretimlerin patlayıcı parlayıcı maddeler içermesi nedeni hesaplanmış olan tüm RÖS değerleri yüksek tespit edilmiştir. Atölye bazında çalışıldığında öncelikle RÖS numarası yüksek olanlardan başlamak üzere, tümü için olmak kaydı ile önlemler alınması gerekli görülmektedir. RÖS'na bakarak öncelikle ele alınması gereken hata türlerine karar verilmiş ve

tavsiye edilen faaliyetler, sorumlular ve hedeflenen tarihler tespit edilmiştir. Belirlenen bu tavsiye faaliyetlerin yanı sıra, beyin fırtınası ile de ilave tavsiye ve önlemler yapılmıştır. Yürütülen uygulama sonucunda gerçekleştirilen faaliyetler forma kaydedilmiş ve yeni durum için önem, ortaya çıkma, yakalama kısıtları tekrar değerlendirilerek puanlandırılmış ve yeni RÖS hesaplaması yapılmış olup aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

Çizelge 5.7. Uygulama 2 son durum RPN hesaplaması

Sıra no. (fonksiyon, potansiyel hata modu)	Tavsiye edilen faaliyetler	Sorumluluk & hedeflenen tamamlanma tarihi	Faaliyet Sonuçları				
			Gerçekleştirilen faaliyetler	Önem	Ortaya çıkma	Yakalama	Yeni RPN
1	Operatöre eğitim verilmesi, rutin atölye temizliğinin yapılması	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, talimatlarda değişiklik yapıldı	6	4	5	120
2	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Mühendislik, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, talimatlarda değişiklik yapıldı,	8	4	6	192
3	Operatöre eğitim verilmesi, aparat yenilenmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, aparat yenilendi, talimat değiştirildi	9	4	6	216
4	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması	Üretim, Mühendislik, Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bakımım ve kalibrasyonu yapıldı, talimata bu husus ilave edildi	8	4	5	160

Çizelge 5.7.(Devam) Uygulama 2 son durum RPN hesaplaması

5	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bakımım ve kalibrasyonu yapıldı, talimata bu husus ilave edildi	5	3	4	60
6	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı	8	5	7	280
7	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi	8	5	7	280
8	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, talimatlarda değişiklik yapıldı, koruyucu maske kullanımı sağlandı	7	4	4	112
9	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı, talimata bu husus ilave edildi	9	5	8	360
10	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi, tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı, talimata bu husus ilave edildi, planlı bakım süresi sıkılaştırıldı	9	5	7	315

Çizelge 5.7.(Devam) Uygulama 2 son durum RPN hesaplaması

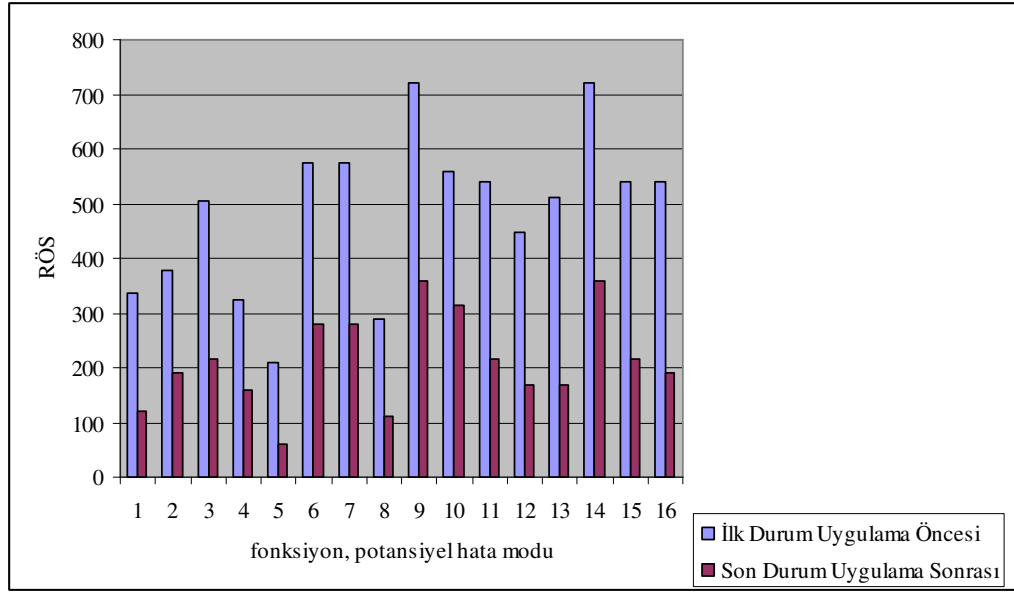
11	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı	9	3	8	216
12	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının kalibrasyonunun yapılması	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi,tezgah arızası giderildi, bakımı ve kalibrasyonu yapıldı, talimata bu husus ilave edildi	7	4	6	168
13	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah ayarlarının yapılması	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, tezgah ayarları yenilendi, talimatlar değiştirildi	7	4	7	168
14	Operatöre eğitim verilmesi, tezgah arızasının giderilmesi, bakımının yapılması, talimatların değiştirilmesi	Üretim, Mühendislik , Teknik Emniyet, Bakım Onarım	Operatöre eğitim verildi,tezgah arızası giderildi, bakımı yapıldı, talimatlar değiştirildi, planlı bakım süresi sıkılaştırıldı	9	5	8	360
15	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi	9	3	8	216
16	Operatöre eğitim verilmesi	Üretim, Teknik Emniyet	Operatöre eğitim verildi, yerleşimde hataya sebep olabileceği düşünülen küçük çaplı değişiklikler yapıldı	9	3	7	189

Aşağıda verilen tabloda tespit edilen potansiyel hata modalarına ait uygulama öncesi değerler ve uygulama sonrası değerler verilmiştir. Görebileceğimiz gibi HTEA yöntemi uygulanarak ortaya çıkması olası iş güvenliğini tehdit altına alacak

faktörlerin etkileri azaltılmıştır. Yapılan çalışmaların, önlemlerin etkisi ile ikinci durum için hesaplanan RPN değerleri ilk duruma göre oldukça düşük gerçekleşmiştir. Ortalama olarak %57 oranında bir düşüş iyileşme sağlanmıştır.

Çizelge 5.8. Uygulama 2 RPN karşılaştırması

Sıra no. Fonksiyon, potansiyel hata modu	Önem	Ortaya çıkma	Yakalama	RPN	Önem	Ortaya çıkma	Yakalama	Yeni RPN
1	6	8	7	336	6	4	5	120
2	9	6	7	378	8	4	6	192
3	9	7	8	504	9	4	6	216
4	9	6	6	324	8	4	5	160
5	7	6	5	210	5	3	4	60
6	9	8	8	576	8	5	7	280
7	9	8	8	576	8	5	7	280
8	8	6	6	288	7	4	4	112
9	10	8	9	720	9	5	8	360
10	10	7	8	560	9	5	7	315
11	10	6	9	540	9	3	8	216
12	8	7	8	448	7	4	6	168
13	8	8	8	512	7	4	7	168
14	10	8	9	720	9	5	8	360
15	10	6	9	540	9	3	8	216
16	10	6	9	540	9	3	7	189



Şekil 5.2. Uygulama 2 durum karşılaştırma

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kalite sisteminin bir aracı olan Hata Türü ve Etkileri Analizi, iş güvenliği alanında kullanımı oldukça pratik, analiz tekniğini kullanan ve riskleri önceliklendirerek, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin, emniyet tedbirlerinin alınmasına yardımcı olarak, daha güvenilir bir ortamda çalışmayı temin edebilmektedir. Bu yaklaşımda belirli kısıtlar altında riskin minimizasyonu hedeflenmektedir. Yapılan her iki uygulamada da bu durum başarı ile sağlanmış, HTEA İş Güvenliği uygulaması müspet sonuçlar vermiştir. Oransal olarak değerlendirme yapıldığında ilk uygulamada ortalama yaklaşık %68 oranında, ikinci uygulamada ise ortalama yaklaşık %57 oranında RPN değerlerinde düşüş kaydedildiği belirlenmiştir.

Birinci uygulama sonuçları ele alındığında ilk durum RPN değerlerinin yüksek olmasına karşın ilk durum RPN değerleri ile ikinci durum RPN değerleri arasında oldukça farklılıklar olduğu görülmekte, tavsiyeler uyarınca yapılan, gerçekleştirilen faaliyetlerin başarılı olduğu değerlendirilmektedir. HTEA uygulaması yaparak olası hata türleri, nedenleri ve etkileri tespit edilmiş, önlemler alınarak daha güvenli bir çalışma ortamı temin edilmiştir. Bu durum işveren ve çalışanlar açısından da olumlu bir durum oluşturmuş, ayrıca motivasyonunun artırılması sağlanmıştır. Yapılan bu değerlendirmeler doğrultusunda çalışma oldukça başarılı olmuştur, ancak bu ifade yalnızca uygulamanın ilk aşaması olarak çalışmanın başarılı olduğu olarak değerlendirilmelidir. Uzun vadede başarılı sonuçlar alınması, İş Güvenliğinin sağlanması ve sürekli kılınması esassından hareketle, HTEA İş Güvenliği uygulamasının başarısı, yapılan çalışmaların kayıt altına alınması, yaşayan bir prosedür bir çalışma olarak değerlendirilip uygulanması ve oldukça sıkı aralıklarla tekrarlanmasına bağlıdır. Yapılan her iki uygulamada, özellikle ikinci uygulama, her ne kadar atölyelerin yüksek riskli yapısını yansıtsa da , yada bir başka deyimle önem ciddiyet değerinin düşmesi çok fazla beklenmese dahi ,daha yapılabilecek çalışmalar olduğuna bu değerlerin daha da düşürülebileceğine işaret etmektedir. Riskin minimizasyonu hedeflenmekte olmasına rağmen belirli kısıtlar olduğu, her zaman istenilen çok düşük seviyelere çekilemeyebileceği de değerlendirilmeli, en azından

HTEA uygulamaları sonrası elde edilen değerlerin korunması sağlanabilmelidir. İş güvenliği alanında diğer uygulamalarından farklı olarak özellikle HTEA İş Güvenliği Uygulamalarının daha sıklıkla tekrarlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu durum özellikle HTEA uygulaması ile yapılan iyileştirme çalışmaların korunmasına, yeni yapılacak HTEA alışmaları ile değerin daha da düşürülmesine, tekrarlı ekip çalışmaları ile daha evvel fark edilememiş olası hata türlerinin de tespit edilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Erginel Muslubeyli N. , “Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği İçin Bir Model ve Uygulaması” *Endüstri Mühendisliği Dergisi*,15 (3): 17-26 (2002).
2. Pyzdek, T. , “The Six Sigma Project Planner: A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC”, *The McGraw-Hill Companies*, New York, 5-224 (2003).
3. Pillay, A. , Wang, J., “Modified Failure Mode And Effects Analysis Using Approximate Reasoning” , *Reliability Engineering and System Safety*, 79 (1): 69-85 (2003).
4. Franceschini F., Galetto M. , “A New Approach for Evaluation of Risk Priorities of Failure Modes in FMEA”, *Int. J. Prod. Res.* 39 (13): 2291-3002 (2000).
5. Özkılıç Ö., “İş Sağlığı Ve Güvenliği,Yönetim Sistemleri Ve Risk Değerlendirme Metodolojileri”, *Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu*, Ankara,5-142 (2005).
6. Akın B., Erol V., Çetin C., “Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi”, *Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş.*, , İstanbul, 5-342 (1998).
7. İnternet : Failure Mode And Effects Analysis, <http://www.fmeca.com> (2005).
8. Çiğdem S., “Hata Türü ve Etkileri Analizi”, *Koç Holding A.Ş. Eğitim ve Geliştirme Merkezi*, İstanbul,7-120 (1994).
9. MIL-STD-1629A “Military Standart Procedures for Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis”, *Department of Defence*,Washington D.C.,1-80 (1980).
10. Juran , J.M., Gyra, Frank M., “Quality Planning and Analysis”, *McGraw Hill Inc.* USA,7-200 (1980).
11. Elliott B. J. , “Risk Analysis - Two Tools You Can Use to Assure Product Safety and Reliability”, The Validation Consultant, *Booth Scientific Inc.*, USA,12 (1998).
12. Besterfield, D. H. , Besterfield, C., Besterfield, G. & Besterfield, M.,”Total Quality Management” 2nd Ed., *Prentice Hall*, New Jersey, 3-20 (1999).
13. Mizuno, S. & Akao Y., “QFD: The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment”, *Asian Productivity Organization*, Tokyo, 5-24 (1994).
14. Şen, A., Deveci, İ., Yenigöl F. & Gürkaynak, Y., “Bir Sistem Tasarımında KFG, HMEA ve Güvenilirlik Tekniklerinin Tasarım Güvencesi Amacı ile Kullanılması”, *4. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, Antalya,1-5 (1999).

15. Stamatis, D. H., “FMEA From Theory to Execution”, *ASQ Publications*, Milwaukee, Wisconsin, 7-494 (1995).
16. Pentti H. , Atte H. , “Failure Mode and Effect Analysis of Software Based Automotion Systems”, *STUK-YTO-TR-190*, Helsinki, 1-37 (2002).
17. Şimşek, M. , “Sorularla Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri”, *Alfa Basım Yayım Ltd. Şti.*, İstanbul, 5-314 (2000).
18. EQOC, “European Organization for Quality Control 3rd Edition”, *Glossary*, Rotterdam, 20 (1972).
19. İnternet: Hata Türü ve Etkileri Analizi, <http://www.kageme.itu.edu.tr/icerik/5teknik/html/ohtea1.htm>, (2000).
20. Gül B., “Kalite Yönetiminde Hata Türü ve Etkileri Analizi”, Yüksek Lisans Tezi *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 4-64 (2001).
21. Boyacıoğlu, B., “Hata Etkileri Analizi – FMEA”, *Elginkan Vakfı Eğitim Semineri*, İzmir, 3-35 (1998).
22. Yılmaz, B.S., “Hata Türü ve Etki Analizi” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, İzmir, 2(4): 134-150 (2000).
23. Motor Vehicle Company, “Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Process (Process FMEA)”, *Society of Automotive Engineers (SAE)*, USA, 20-320 (2000).
24. Ford Motor Company, “Failure Mode and Effects Analysis Handbook”, *Ford Motor Company*, Dearborn, 12-266 (2000).
25. Duman, E. , “Hata Türü ve Etkileri Analizi” ,Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-90 (2001).
26. Bilgin, M. , “Tasarımda Kalite ve FMEA Metodu”,Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 20-130 (1994).
27. Yılmaz, A. , “Hata Türü ve Etki Analizi” , Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü* İstanbul, 1-80 (1997).
28. Revelle, J. B., Moran, J. W. & Cox, C. A., “The QFD Handbook”, *John Wiley and Sons*, New York, 3-313 (1998).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SÖYLEMEZ, Cenk
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 06.05.1977 Kırklareli
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 8634680
 Faks : 0 (312) 8632748
 e-mail : cenksoylemez@hotmail.com

Eğitim Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet tarihi

Lisans	Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği	1999
Lise	Bor Şehit Nuri Pamir Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl

Yer

Görev

2000-	MKE Elmadag Roket Fabrikası	Mühendis
-------	-----------------------------	----------

Yabancı Dil

İngilizce