

SERVİS HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ ve  
BİR İŞLETMEDE ÖRNEK UYGULAMA

Yıldız MANİSALI

Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran – 2009

SERVİS HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ

ve

BİR İŞLETMEDE ÖRNEK UYGULAMA

Yıldız MANİSALI

Dumlupınar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Yrd.Doç.Dr.Sema BEHDİOĞLU

Haziran – 2009

**KABUL ve ONAY SAYFASI**

Yıldız MANİSALI 'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Servis Hata Türü Etkileri Analizi ve Bir İşletmede Örnek Uygulama” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..... / ..... / .....

Danışman Üye : Yrd.Doç.Dr.Sema BEHDİOĞLU

Üye : Doç.Dr.Müjgan SAĞIR

Üye : Yrd.Doç.Dr.Özden ÜSTÜN

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Atalay KÜÇÜKBURSA  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## SERVİS HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ ve BİR İŞLETMEDE ÖRNEK UYGULAMA

Yıldız MANİSALI

Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2009

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Sema BEHDİOĞLU

### ÖZET

İşletmeler uygulamada pek çok problemle karşı karşıya gelebilirler ve bu problemleri aynı anda çözerek sıfır hataya sahip olmak isterler. Ancak doğru olan yaklaşım bu problemleri önceliklendirerek en önemli olandan başlayarak çözüm yoluna gitmektir.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), çok ölçütlü karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemi, Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ise toplam kalite yönetimi sisteminin kullandığı yüksek hata önleme yöntemlerinden biridir.

Bu çalışma 1996-2007 yılları kaza istatistik değerleri ele alınarak incelenen Tunçbilek Garp Linyitleri Kömür İşletmeleri'nde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Servis HTEA çalışması yapılması için meydana gelen kazalara neden olan hataların hangi serviste daha öncelikli olarak değerlendirileceğine karar vermede, HTEA takımıyla kriterler ve karar seçenekleri belirlenerek AHP uygulanmıştır. Belirlenen serviste gerçekleştirilen Servis HTEA risk öncelik sayıları (RÖS) “önlem alınması zorunlu”, “önlem alınabilir” ve “önlem alınması gerekmeyen” şeklinde gruplandırma yapılarak önlenabilirliği değerlendirilmiş ve iyileştirilmesine yönelik uygulama ortaya konmuştur.

Servis HTEA ile gerçekleştirilen risk değerlendirme analizi, işletmenin daha önce yapmış olduğu risk değerlendirme yöntemine üstünlük sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Süreci, Hata Türü ve Etkileri Analizi, İş Kazaları.

**SERVICE FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS  
AND AN APPLICATION IN A COMPANY**

Yıldız MANİSALI

Industrial Engineering, M. S. Thesis, 2009

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Sema BEHDİOĞLU

**SUMMARY**

Companies may confront with many problems in their applications and they want to obtain zero-fault by solving them at once. But the reasonable approach is to find a way of solution starting with the most important one prioritising them.

Analytic Hierarchy Process (AHP), is one of the decision-making methods in the solution of complex problems and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) is one of the high failure preventing methodologies used by Total Quality Management (TQM) system.

This study has been actualized at Tunçbilek West Lignite Coal Establishment (GLI) evaluating the accident statistic values between 1996 and 2007. Firstly, in order to be able to make FMEA service study, in aiming at defining the faults causing accidents previously at which service AHP is applied to find criteria and decision alternatives together with FMEA team at the defined service, than the service FMEA Risk Priority Numbers (RPN) have been found. Possibility of preventing the faults are evaluated and an improving application suggestion is made by classifying RPN as “precaution necessary”, “measurement possible”, “measurement unnecessary”.

Risk evaluation analysis applied with service FMEA overcome the risk evaluation method applied by the establishment beforehand.

**Keyword:** Analytic Hierarchy Process, Failure Mode and Effects Analysis, Occupational Accidents.

## TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca rehberlik eden, hiçbir konuda yardımını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Sema BEHDİOĞLU'na, Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN'e ve bölümdeki tüm hocalarıma, yaptığım uygulamada kolaylık sağlayan Garp Linyitleri Tunçbilek İşletmesi yöneticilerine ve başta Maden Yüksek Mühendisi Dr. Recep Çelik olmak üzere bana her türlü destek ve yardımı sağlayan mühendis ve diğer çalışanlara, öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen ve bana güç kaynağı olan sevgili aileme ve bana yol göstericiliğiyle her zaman kendime örnek almaya çalıştığım sevgili amcam Prof.Dr. Ekrem MANİSALI'ya tüm kalbimle teşekkür eder, minnetimi ve şükranlarımı sunarım.

Yıldız MANİSALI

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. İş Kazalarının Tanımı.....	2
1.2. Madencilik Sektöründe Kazalar, Hastalıklar .....	2
1.3. İş Sağlığı ve Güvenliği ve İş Kazaları Değerlendirmede Toplam Kalite Yönetimi .....	4
2. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ .....	6
2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci Kavramı ve Uygulama Alanları .....	6
2.2. AHP'nin Aşamaları.....	7
2.2.1. AHP'nin hiyerarşik yapısının oluşturulması .....	7
2.2.2. İkili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması .....	9
2.2.3. Sentez, değerlendirme ve sonuç .....	10
3.HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ.....	12
3.1. HTEA'nın Kapsamı .....	12
3.2. HTEA Çeşitleri .....	14
3.2.1. Tasarım HTEA .....	14
3.2.2. Süreç (Proses) HTEA .....	15
3.2.3. Sistem HTEA .....	15
3.2.4. Servis HTEA .....	15
3.3. HTEA Yöntemi .....	16
3.3.1. Başlangıç çalışmaları .....	17

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.2. HTEA yapılacak tasarım, süreç, sistem veya sevişte yer alan hatalara yönelik çalışmalar .....	19
3.3.2.1. Olası hata türlerinin belirlenmesi .....	19
3.3.2.2. Olası hata etkilerinin belirlenmesi .....	19
3.3.2.3. Olası hata nedenlerini belirlenmesi .....	20
3.3.2.4. Mevcut kontrollerin belirlenmesi .....	20
3.3.3. HTEA değerlendirme .....	20
3.3.3.1. Olasılık ( meydana gelme, ortaya çıkma ) .....	21
3.3.3.2. Ağırlık ( şiddet ) değerlerinin belirlenmesi .....	22
3.3.3.3. Saptanabilirlik (keşfedilebilirlik ) değerinin belirlenmesi .....	23
3.3.3.4. Risk Öncelik Sayısı'nın hesaplanması .....	24
3.3.3.5. Risk Öncelik Sayısı'nın değerlendirilmesi .....	24
4. LİTERATÜR TARAMASI .....	26
5. MATERYAL ve METOT .....	33
5.1. Materyal .....	33
5.2. Metot .....	34
6. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	37
6.1. İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması .....	37
6.2. HTEA Uygulaması .....	42
6.2.1. HTEA kapsamının belirlenmesi .....	42
6.2.2. HTEA takımının oluşturulması .....	43
6.2.3. Olası hata türlerinin belirlenmesi .....	43
6.2.4. Olası hata etkilerinin, nedenlerinin ve mevcut kontrollerin belirlenmesi .....	43
6.2.5. Ortaya çıkma, ağırlık, saptama ve RÖS değerlerinin hesaplanması .....	45
6.2.6. RÖS'e göre hataların sıralanması, alınacak önlemlerin belirlenmesi .....	48
6.2.7. Öngörülen önlemlerin uygulanmasından sonra ortaya çıkma, ağırlık, saptama ve RÖS değerlerinin yeniden hesaplanması .....	56
7. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	59
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	65
LİTERATÜR İÇİN KAYNAKLAR DİZİNİ .....	68
EKLER	
Ek-1 1996-2007 Yılları Arasında Tüm Servislerde Meydana Gelen Kaza İstatistikleri	
Ek-2 Expert Choice İle Hesaplanan AHP Değerleri	
Ek-3 1996-2007 Yılları Arasında Ayak İçi Servisinde Meydana Gelen Kaza İstatistikleri	



## **İÇİNDEKİLER (devam)**

Ek-4 Servis HTEA Formu

Ek-5  $RÖS > 100$  ve  $40 < RÖS < 100$  aralıklarında uzuvlara göre yaralanma sayıları, gün kayıpları  
ve ölümler

Ek-6 Matris Sistemi

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1. Tam hiyerarşi modeli .....	8
2.2. Tam olmayan hiyerarşi modeli.....	8
3.1. Toplam kalite sisteminde HTEA'nın yeri .....	13
3.2. HTEA akış şeması.....	17
4.1. Yıllara göre başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan FMEA yayın sayıları.....	26
4.2. Yıllara göre anahtar kelimeler içerisinde yer alan FMEA yayın sayıları.....	27
4.3. Yıllara göre başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan AHP yayın sayıları.....	27
4.4. Yıllara göre anahtar kelimeler içerisinde yer alan AHP yayın sayıları.....	28
4.5. FMEA yönteminin sektörel olarak dağılımı.....	32
5.1. AHP için hiyerarşik yapı.....	35
6.1. RÖS değerleri dağılım grafiği.....	49
6.2. Hata türlerine göre dağılım grafiği.....	49
6.3. Eski RÖS değerleri dağılım grafiği.....	54
6.4. Eski ve yeni RÖS değerleri dağılım grafiği .....	58
6.5. Yeni RÖS değerleri dağılım aralığı.....	58

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Bazı gazlar ve yarattığı tehlikeler .....	4
2.1. AHP ikili karşılaştırmalar için 1-9 ölçeği .....	7
2.2. Kriterler için ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması .....	9
2.3. Rasgele Tutarlılık İndeksleri (Rassallık İndeksleri) .....	11
3.1. MIL-STD 1629A'ya göre hataların sınıflandırılması .....	21
3.2. Hatanın ortaya çıkma sıklığı ve derecesi .....	22
3.3. Ağırlık derecelendirme tablosu .....	23
3.4. Saptanabilirlik derecelendirme tablosu .....	24
6.1. Kriterlerin için ikili karşılaştırma matrisi ve çözümleri .....	37
6.2. Serviste meydana gelen kaza sayısı kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi .....	38
6.3. Serviste meydana gelen kazaların bedensel etkileri kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi .....	38
6.4. Serviste meydana gelen kazaların neden olduğu işgücü kaybına göre ikili karşılaştırma matrisi .....	39
6.5. Serviste meydana gelen kazaların neden olduğu üretimde aksama kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi .....	39
6.6. Serviste meydana gelen kaza çeşitliliği kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi .....	40
6.7. Serviste meydana gelen kazaların ekonomik etkileri kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi .....	40
6.8. Karar seçenekleri olan servislerin her bir kritere göre öncelikleri .....	41
6.9. Karar seçenekleri olan HTEA uygulanacak servislerin seçim öncelikleri .....	41
6.10. Servis HTEA, hatanın ortaya çıkma sıklığı ve derecesi .....	46
6.11. Servis HTEA, ağırlık derecelendirme değerleri .....	47
6.12. Servis HTEA, saptanabilirlik değerleri .....	47
6.13. RÖS değerleri sıralaması .....	48
6.14. RÖS değerlerinin büyükten küçüğe sıralanması ve alınacak önlemler .....	51
6.15. Eski ve yeni RÖS değerleri .....	57
7.1. İyileştirme öncesi ve sonrası RÖS değerleri ve iyileşme oranları .....	61
7.2. İlk dört uzuv için birinci ve ikinci nedenleri .....	63

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
AHP	Analytic Hierarchy Process
Aİ	Açık İçi
AMB	Ambarlar
AO	Açık Ocak
AT	Atölyeler
BE	Birimde meydana gelen kazaların bedensel etkileri
BSI	British Standards Institute
EE	Birimde meydana Gelen kazaların ekonomik etkileri
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
GLİ	Garp Linyitleri İşletmeleri
H	Hazırlık
HT	Hata Türü
HTEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
ILO	International Labour Organization
ISO	International Organization for Standardization
İGK	Birimde meydana gelen kazaların neden olduğu iş gücü kaybı
İÖ	İyileştirme Öncesi
İS	İyileştirme Sonrası
KÇ	Birimde meydana gelen kaza çeşitliliği
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
KS	Birimde meydana gelen kaza sayıları
KS	Karo Sahası
LV	Lavvar
MIL-STD	Military Standards
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
RÖS	Risk Öncelik Sayısı
ST	Sosyal Tesisler
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
TQM	Total Quality Management

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
ÜA	Birimde meydana gelen kazalar sonucu üretimde aksama
WHO	World Health Organization

## 1. GİRİŞ

Günümüz dünyası hızla küreselleşmekte, artan rekabet şartlarına bağlı olarak “kalite” anlayışı ve klasik kalite teknikleri değişmektedir. Hammadde ve yarı mamul tedariklerinden ürünün tüketiciye ulaşmasına kadar geçen süreçte gerekli kontroller yapılmaktadır. Buna karşılık önleyici yöntemlerin kullanımı pek çok ülkede geri planda kalmıştır. Oluşan problemlerin çözümünü aramak yerine, potansiyel hataları tahmin edip bu hatalardan korunmak için önlemler almak gerekmektedir. Düzeltici faaliyetlerin yanı sıra pek çok önleyici yöntem geliştirilmiştir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) toplam kalite yönetimi sisteminin kullandığı yüksek hata önleme yöntemlerinden biridir. Diğer yandan HTEA yöntemi “risk değerlendirme” de yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ise çok ölçütlü karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHP, karmaşık problemlerin hiyerarşik yapıda modellenerek ana hedef, kriterler, alt kriterler ve karar seçeneklerini ilişkilendirerek karar vericilerin problemleri çözmesine olanak sağlar[1].

Çalışma, 1996-2007 yılları kaza istatistik değerleri ele alınarak incelenen Tunçbilek Garp Linyitleri Kömür İşletmeleri’nde gerçekleştirilmiştir(Bkz.Ek-1). İlk olarak HTEA çalışması yapılması için meydana gelen kazalara neden olan hataların hangi serviste daha öncelikli olarak değerlendirileceğine karar vermede, HTEA takımıyla kriterler ve karar seçenekleri belirlenerek AHP uygulanmıştır. Böylelikle belirlenen servisteki hataların HTEA ile önceliklendirilmesi hem daha isabetli sonuçlar ortaya çıkarmış hem de çalışmanın koordinasyonu açısından kolaylık sağlamıştır. Servis HTEA ile işletmede gerçekleşen kazalara neden olan hataların “önlem alınması gerekmeyen”, “önlem alınabilir” ve “önlem alınması zorunlu” şeklinde gruplandırma yapılarak, önlenabilirliği değerlendirilmiş ve iyileştirilmesine yönelik uygulama ortaya konulmuştur.

İşletmenin bünyesinde daha önce yapılan risk analizi yönteminde risk derecesi; olasılık ve etki derecesi olmak üzere iki faktörün bileşkesidir. HTEA, bu yaklaşımdan farklı olarak risk analizine üçüncü bileşen olarak hatanın saptanabilirliği boyutunu katarak, üç bileşenli daha karmaşık bir analiz oluşturmaktadır. Bu şekilde değişik nedenlerden fark edilmesi zor olan riskler arasında hiyerarşi kurularak, saptanabilmesi zor riskler önem sırasına göre daha üst

sıralara çıkarılmıştır. HTEA yöntemi, üçüncü faktör olan hatanın saptanabilirliğini de dikkate aldığı için, daha önce yapılan risk analizi yöntemine üstünlük sağlamaktadır.

İlerleyen bölümlerde iş kazalarının genel bir tanımı yapıp madencilik sektöründe meydana gelebilecek kazalar ve hastalıklar kısaca anlatılmış daha sonra TKY, AHP ve HTEA yöntemlerinden bahsedilerek çalışmada gerçekleştirilen iş kazası analizi ve değerlendirme modeli örnek bir uygulama ile anlatılarak elde edilen genel sonuçlar ortaya konulmuştur.

### **1.1 İş Kazalarının Tanımı**

İş kazasının birçok tanımı bulunmaktadır. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) iş kazasını “önceden planlanmamış, çoğu zaman yaralanmalara, makine ve teçhizatın zarara uğramasına veya üretimin bir süre durmasına yol açan olay” olarak tanımlamaktadır. Uluslar Arası Çalışma Örgütü (ILO) ise iş kazasını “belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan, önceden planlanmamış beklenmedik bir olay” şeklinde tanımlamıştır.

Sosyal Sigortalar Kanunu’na göre ise “Sigortalının iş yerinde bulunduğu sırada, işveren tarafından yürütülmekte olan iş dolayısıyla, sigortalının işveren tarafından başka bir yere gönderilmesi yüzünden asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda, emzikli kadın sigortalının çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda, sigortalıların işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere toplu olarak götürülüp getirilmeleri sırasında” meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedence veya ruhça arızaya uğratan olaylar iş kazası kapsamında değerlendirilmektedir[2]. Bir olayın iş kazası olarak nitelenmesi için işçinin olay anında hemen bir zarara uğraması şart değildir. Sonradan ortaya çıkan bedeni veya ruhi rahatsızlıkların kazaya bağlı olduğu doktor raporu ile tespit edilirse, üzerinden zaman geçse dahi, bu kaza da iş kazası olarak değerlendirilir.

### **1.2 Madencilik Sektöründe Kazalar, Hastalıklar**

#### *Kazalar*

Herkes tarafından bilindiği gibi madenlerde yaşanan patlamalar, yangınlar ve göçükler gibi büyük kazalar, felaketlerle sonuçlanmakta ve onlarca insanın ölümüne neden olmaktadır. Her ne kadar günümüzde kullanılan teknolojiler bu tip kazaları önleme konusunda oldukça büyük yol almış olsa bile madencilik, kaza ve ölüm riskinin en yüksek olduğu sektörlerin başında gelmektedir.

Madenlerde kullanılan gezgin makineler, dizel benzin ve hidrolik sıvılar içermekte olup; bunlar patlayıcı ve yanıcıdır. Elektrikli aletler ve dizel motorlar ise ateşleme ve yanma için birer kaynaktır. Yanabilme ve patlayabilme özelliğine sahip bu maddelerle, bunları ateşleyecek olan ekipmanların birlikte bulunması oldukça risklidir. Bunlarla birlikte bu yanıcı maddelerin yanında sigara içilmemeli, ateş yakılmamalı ve makinelerin aşırı ısınarak kısa devre yapması engellenmelidir. Ters durumda, patlamalar ve yangınlar kaçınılmaz olacaktır.

Kömür madenlerinde ise yukarıda anlatılan risklerin hepsi vardır ve bir de metan ve kömür tozu gibi alev alan ve patlayabilen tozlar ve gazlar ortamda bulunur. Metan diğer madenlerde de bulunmakla birlikte yerel cebri çekişli havalandırma ile seyreltilebilir ve yoğunluğu azaltılmak yoluyla tehlikesi sınırlandırılabilir. Kömür madenlerinde, kömür tozunun oluşmasını engellemek için, her türlü önlemin alınmasına karşın yine de patlama kaçınılmaz olabilir. Yerde 0.012 mm kalınlığında bile oluşacak kömür tozu havada asılı kalırsa patlamaya neden olur. Bu gerçekten çok büyük bir risktir. Ancak dolomit, alçıtaşı ve kireçtaşı gibi alevlenmeyen maddeler toz haline getirilerek yere serpilirse patlama riski azaltılmış olur. Bütün bu yanma ve patlama risklerini azaltmak konusunda alınabilecek yukarıda sayılan önlemlerle birlikte sızıntı olduğu zaman uyarı veren cihazlar, alevlenme olduğu zaman yangını anında haber veren ve müdahale eden otomatik yangın söndürücü sistemlerin kullanılması hem kazaları önleme hem de can kurtarma konusunda büyük bir öneme sahiptir[3].

### Hastalıklar

Madenlerde ve taş ocaklarında çalışanların en çok karşı karşıya kaldıkları toz silis tozları(kristal kuvars)dır. İçinde silis bulunan taşlar kırıldığında, parçalandığında ve ufalandığında solunabilir silis tozları ortaya çıkar. Bunun solunması çok tehlikelidir. Belirli bir süre (miktarına bağlı olarak aylar ya da yıllar) boyunca bu tozu solumak silikoz adı verilen bir tip pnömokonyozu geliştirir. Tüberküloz, akciğer kanseri ile artrit gibi otoimmün hastalıklara da neden olmaktadır.

Solunabilir kömür madeni tozları da son derece tehlikelidir. Bu tozların içinde silika, kireç ve kil de bulunur. Madencilik operasyonları sırasında kullanılan makineler ve teknikler ortamda sürekli olarak tozun bulunmasına neden olmaktadır. Ayrıca madenlerin yerin altında olması ve çalışılan alanın dar olması bu tozlarla teması arttırmaktadır. Bu tozların solunması halinde kömür madencileri pnömokonyozu oluşur. Bu tozları yoğun olarak solumak kronik bronşit ve amfizem hastalıklarına neden olabilir.



Kömür ocaklarında bulunan gazlar ve neden oldukları hastalıklar aşağıdaki tabloda açıklandığı gibidir. Metan, kömür ocaklarında patlamalara en çok neden olan gazdır. Bu riski azaltmak için, kömür ocağının duvarlarının yüzeyine yanıcı ve patlayıcı olmayan kireçtaşı tozu serpmek etkili olmaktadır. Çizelge 1.1’de bazı gazlar ve yarattığı tehlikeler listelenmiştir[3].

**Çizelge 1.1** Bazı gazlar ve yarattığı tehlikeler.

<b>Gazlar</b>	<b>Tehlikeler</b>
Metan	Patlama, yanma ve asfiksi
Karbon monoksit	Asfiksi
Hidrojen sülfür	Göz ve solunum yollarının tahriş olması
Oksijen kıtlığı	Anoksi
Dizel motor dumanı	Solunum yollarının tahriş olması, akciğer kanseri

### **1.3 İş Sağlığı ve Güvenliği ve İş Kazaları Değerlendirmede Toplam Kalite Yönetimi**

Toplam Kalite Yönetimi, günümüzde en genel haliyle, bir kuruluştaki tüm faaliyetlerin sürekli olarak iyileştirilmesi ve organizasyondaki tüm çalışanların kesin aktif katılımıyla çalışanlar, müşteriler ve toplum memnun edilerek karlılığa ulaşılması olarak ifade edilmektedir.

Toplam Kalite Anlayışı'nda, klasik yaklaşımdan farklı olarak çalışanlar ve yöneticilerden beklenen rolde önemli bir değişim yaşanmaktadır. Yeni anlayışta, sorumluluklarını eksiksiz olarak yerine getiren ancak bunun yanında yaptığı işin daha verimli yapılması, iş süreçlerinin geliştirilmesi konusunda sürekli düşünen ve belirlenmiş çeşitli sistematik katılım yöntemleri ile bu düşüncelerini ve becerilerini sisteme katan yeni bir çalışan davranışı sergilenmesi gerekirken, yöneticilerin de çalışanları teşvik edici, katılımı sağlayıcı, inisiyatif kullanmayı, sorumluluk almayı ve yenilikler yaratmayı teşvik eden bir insan kaynakları planlama sistemi kurması önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir[4].

İşletmelerde karşılaşılan en önemli insan kaynakları sorunlarından biri, çalışanların emniyetli ve sağlıklı bir çalışma ortamına sahip olmamalarıdır. Özellikle ülkemiz gibi sanayileşme ve teknolojik gelişme aşamasındaki ülkelerde İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili sorunlar ortaya çıkmakta, bu sorunlar çalışanların sağlığı yanında iş verimini de etkilemektedir. İş kazaları ve meslek hastalıkları sonucunda meydana gelen kayıplar ve bunların yarattığı sonuçlar göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. ILO (International Labour Organisation)'nun 2003 yılında yaptığı bir çalışmaya göre yılda;

- 270.000.000 işçi iş kazası geçirmekte,
- Kötü çalışma şartları nedeniyle 160.000.000 işçi meslek hastalığına yakalanmakta,
- İş kazası ve meslek hastalıkları nedeniyle, ortalama 2.000.000 işçi yaşamını yitirmektedir.

Yapılan bir başka araştırmada Türkiye’de yaşanan iş kazaları istatistik sonuçlarına göre ülkemiz avrupada birinci, dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. Ve yaşanan iş kazalarının %98’i önlenabilir nitelikte olmaktadır. Araştırmalara göre ülkemizde:

- Her 6 dakikada bir iş kazası olmakta,
- Her 6 saatte bir işçi hayatını kaybetmekte,
- Her 2,5 saatte bir işçi iş göremez hale gelmektedir

İş kazalarının %50’si kolayca önlenebilecek nitelikte, %48’i sistemli bir çalışma ile önlenebilecek niteliktedir. Bu nedenle iş kazalarını önlemeye yönelik çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Risk değerlendirme çalışmalarının sağlıklı bir şekilde yapılmasıyla iş kazalarının büyük oranda önlenileceği bir gerçektir[5,6].

İş kazalarını minimum seviyeye indirerek sistemde bulunan tüm personelin güvenliğini sağlayacak çalışmalar titizlikle yapılmalıdır. ISO 9001 ve ISO 14001 gibi standartlar kalite ve çevre yönetimleri üzerine yoğunlaşmış, dolayısıyla işletmelerde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve sürekli iyileştirilerek korunabilmesi için ayrı bir standarda gereksinim duyulmuştur. Avrupa birliği ile entegrasyonda da en önemli konulardan olan İş Sağlığı ve Güvenliği ayrıca, çalışma kanununda da yaklaşık olarak bu standardın bütün isteklerini içermektedir. OHSAS 18001, BSI ( British Standards Institute) tarafından yayınlanmış olan “İş Sağlığı ve Güvenliği” standardıdır. OHSAS 18001, ISO 9000 ve ISO 14000 gibi diğer uluslararası standartlardan farklı olarak bazı ulusal standart kuruluşları ve belgelendirme kuruluşlarının birlikte çalışmasıyla gerçekleştirilmiştir ve bir ISO standardı değildir[7].

Küreselleşmenin getirdiği artan rekabet şartlarıyla ortaya çıkan ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Sistemi birleşerek entegre bir yönetim sistemi anlayışını meydana getirmiştir. ISO 9001 müşteri odaklılık, ISO 14001 çevre odaklılık ve OHSAS 18001 ise çalışan odaklı olunmasını sağlamıştır[8]. Diğer bir açıdan bakıldığında “sıfır hata, sıfır atık ve sıfır kaza” oluşmasını amaçlamıştır.

## 2. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP)

Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), çok kriterli karar problemlerinin çözümünde etkin olarak kullanılan bir analiz tekniğidir. Verilerin olasılık dağılımlarıyla tanımlanabildiği risk altında karar verme, verilerin nicel olarak verildiği belirlilik altında karar verme ve verilerin karar sürecindeki ilişki derecesini temsil eden göreceli ağırlıkların atanmadığı belirsizlik altında karar verme gruplarından birisi için de değerlendirilebilen karar verme sürecidir[9,10].

### 2.1 Analitik Hiyerarşi Süreci Kavramı ve Uygulama Alanları

AHP, karmaşık problemlerin hiyerarşik yapıda modellenerek ana hedef, kriterler, alt kriterler ve karar seçeneklerini ilişkilendirerek karar vericilerin problemleri çözmesine olanak sağlar. Analitik Hiyerarşi Sürecinde, tecrübe ve yargılar, duygu ve düşünceler, karar seçeneklerinde sayısal bir ölçekle değerlendirilebilir. Bu şekilde hem objektif hem de subjektif ölçütlerin karar verme sürecine dahil olmasına imkan veren önemli bir araç olmaktadır[1]. AHP çeşitli endüstri kuruluşlarında, resmi kuruluşlarda ve birçok alanda başarıyla uygulanmıştır. Başlıca uygulama alanları; ekonomi ve yönetim problemleri, politik problemler, sosyal problemler ve teknolojik problemler olarak sıralanabilir.

Saaty'e göre AHP'nin esas özellikleri ve avantajları; model tekliği ve benzersizliği, karmaşıklık, bağımlılık, hiyerarşik yapılanma, ölçme, uyumluluk, birleştirmek, ödünleşim, yargı ve grup uyumu, sürecin tekrarı şeklinde sıralanmıştır[11].

İkili karşılaştırmalar yapılırken Thomas L. Saaty tarafından ortaya atılan 1-9 ölçeği olarak adlandırılan ve AHP çerçevesinde kullanılan göreceli önceliklendirme ölçeği Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bu çizelge sayesinde ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmaktadır.

**Çizelge 2.1** AHP ikili karşılaştırmalar için 1-9 ölçeği.

<b>Önem Derecesi</b>	<b>Tanım</b>	<b>Açıklama</b>
1	Eşit önem	İki seçenek de eşit derecede öneme sahip
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ortalama değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere ardışık yargı arasındaki değerler

## 2.2 AHP'nin Aşamaları

AHP'nin aşamaları; problemin tanımlanması, sistemin gözlenmesi, hiyerarşik yapının kurulması, önceliklerin belirlenmesi (ikili karşılaştırmalar), sentez, değerlendirme, sonuçtur.

### 2.2.1 AHP'nin hiyerarşik yapısının oluşturulması

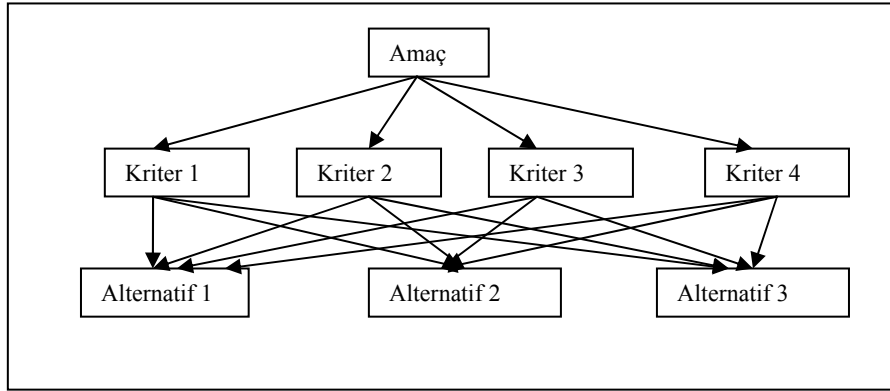
Hiyerarşik yapı, sistemi oluşturan tüm seviye veya bileşenlerin aralarındaki fonksiyonel bağımlılığın, sistem geneli üzerindeki etkisini en iyi ifade eden yapıdır[11].

İlk olarak uygulama sürecinde AHP kullanılarak çözülecek problemler için mümkün olduğu kadar ayrıntılı bir tanımlama yapılmalıdır. Belli bir öncelik hiyerarşisine göre belirlenen bu tanımlar; hiyerarşinin en yüksek seviyesinde bulunan “*ana hedef*”, “*kriterler*”, varsa “*alt kriterler*” ve “*karar seçenekleri*” dir[12].

İki çeşit hiyerarşi modeli vardır.

#### **Tam hiyerarşi modeli**

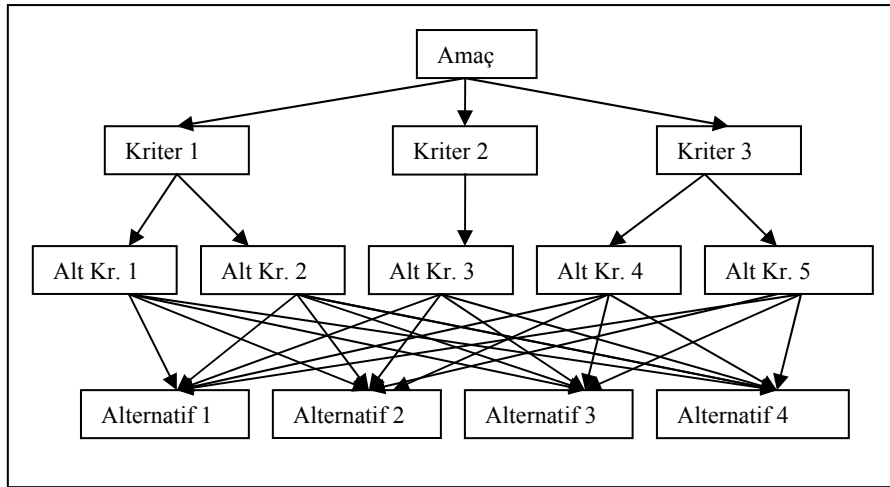
Bir düzeydeki elemanların bir alt düzeydeki elemanların hepsiyle etkileşim halinde olduğu modeldir. Bu model Şekil 2.1’de verilmektedir.



Şekil 2.1 Tam hiyerarşi modeli.

### **Tam olmayan hiyerarşi modeli (genel hiyerarşi modeli)**

Bir düzeydeki elemanların bir alt düzeydeki elemanların hepsiyle etkileşim halinde olmadığı modeldir. Bu model Şekil 2.2’de verilmektedir.



Şekil 2.2 Tam olmayan (genel) hiyerarşi modeli.

AHP’de, öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda amacı etkileyen kriterler varsa alt kriterler son olarak da karar seçenekleri belirlenir. Bu konuda karar sürecini etkileyen tüm faktörlerin belirlenebilmesi için anket çalışmasına veya bu konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurulabilir[11,13].

### 2.2.2 İkili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması

Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılarak amaca göre kriterlerin ve her bir kritere göre karar seçeneklerinin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması Çizelge 2.2'de verilmiştir[14].

**Çizelge 2.2** Kriterler için ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması.

i/j	Kriter 1	Kriter 2	.....	Kriter j	.....	Kriter n
Kriter 1	$W_1 / W_1$	$W_1 / W_2$	.....	$W_1 / W_j$	.....	$W_1 / W_n$
Kriter 2	$W_2 / W_1$	$W_2 / W_2$	.....	$W_2 / W_j$	.....	$W_2 / W_n$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Kriter i	$W_i / W_1$	$W_i / W_2$	.....	$W_i / W_j$	.....	$W_i / W_n$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Kriter n	$W_n / W_1$	$W_n / W_2$	.....	$W_n / W_j$	.....	$W_n / W_n$

Matristeki  $W_i / W_j$  terimi, amaca ulaşmak için i. kriterin j. kriterden ne kadar daha önemli olduğunu ifade etmektedir. Bu değerlendirmede, Çizelge 2.1'de verilen ölçek kullanılmaktadır. Örneğin; bu değer 7 ise, i. kriterin j. kritere göre çok kuvvetli düzeyde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde j. kriterin de i. kritere göre 1/7 düzeyinde önemli olduğu anlaşılır. İkili karşılaştırma matrisinin bir takım özellikleri vardır ve bunlar aşağıdaki gibidir[11]. Temel ölçek olarak 1-9 skalası kullanıldığı için matrisin tüm öğeleri daima pozitifdir ve matris karedir.

- İkili karşılaştırma matrisi tam tutarlı ise  $W_{ij} \times W_{jk} = W_{ik}$  dir.
- Eğer matris tutarlıysa matrisin herhangi bir satırından matrisin diğer tüm öğeleri bulunabilir.
- Toplam olarak  $C(n,2)$  kadar karşılaştırma yapılır. Örneğin 7 alternatifli bir durum için karar verici 21 ayrı ikili karşılaştırma yapacaktır.
- Matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör matrisi AHP'de ağırlık veya öncelik vektörü olarak adlandırılır.
- Matrisin köşegen değerleri 1'e eşittir.

### 2.2.3 Sentez, değerlendirme ve sonuç

AHP doğası gereği birden çok kişinin yargılarının değerlendirilmesine olanak sağlar. Dolayısıyla uygulamada tek bir kriter için tüm grup üyelerinin aynı görüşte olması zordur. Yargıların bir uzlaşma sağlayacak şekilde birleştirilmesi gerekmektedir. Literatürde bu durum için önerilen bazı yöntemler vardır[15]:

- grup üyelerinin tartışma yoluyla konu üzerinde uzlaşma sağlaması
- üyelerin yargılarından bir uzlaşma çıkarma görevini alacak bir aracıya (facilitator) başvurmak
- her ikili yargıyı matematiksel bir ifade yoluyla, örneğin geometrik ortalama ile, toplamak.

Bu yöntemlerden literatürde en sık kullanılanı geometrik ortalama yoluyla uzlaşma sağlamak şeklindedir.

Bu aşamada her bir ikili karşılaştırma matrisinde görelî önem vektörleri hesaplanır. Kriterlerin görelî önemlerini hesaplamak için, her bir satırın geometrik ortalaması alınarak “ $w_i$ ” sütun vektörü oluşturulur. Oluşturulan sütun vektörü normalize edilerek, görelî önemler vektörü “ $W_i$ ” hesaplanır. Matristeki her bir satır görelî önemler vektörü ile çarpılarak  $V_2$  sütun vektörü elde edilir. Daha sonra bu vektörün her elemanı, görelî önemler vektöründe karşılık gelen elemana bölünerek  $V_3$  vektörü hesaplanmakta,  $V_3$  sütun vektörünün aritmetik ortalaması ise en büyük özdeğer olan  $\lambda_{\max}$ ’ı vermektedir.  $\lambda_{\max}$  formül (1)’den hesaplanabilmektedir[29].

$$\lambda_{\max} = V_3 / n \dots\dots\dots(1)$$

Daha sonra ele alınan verilerin tutarlılık indeksinin ve tutarlılık oranının hesaplanması gerekmektedir. Bir karşılaştırma matrisinin tutarlı olabilmesi için, en büyük öz değeri ( $\lambda_{\max}$ ) matris boyutuna (n) eşit olmalıdır. Tutarlılık, alternatiflerin ya da kriterlerin ikili karşılaştırmalarının belirlenmesinde kararın uyumluluk göstermesidir. Literatürde Saaty tarafından önerilen üst limit 0,10’dur. Yargılar için hesaplanan tutarlılık oranı 0,10’un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Eğer yargıların tutarlılık oranı 0,10’un üstünde ise yargılar tutarsız kabul edilmektedir. Bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekir. Tutarlılık oranı yargıların yeniden gözden geçirilmesiyle düşürülebilir. Ancak bu işlemde başarısız olunursa, problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulması ve sürecin en baştan ele alınması gerekir[15].

Tutarlılık testinde amaç sadece A, B' den daha önemli; B'de C'den daha önemliyse A, C'den de önemlidir şeklinde bir tutarlılığı değil, aynı zamanda A, B'den 2 kat B'de C'den 3 kat önemliyse A, C'den 6 kat önemlidir şeklinde oransal bir tutarlılığı da sağlamaktır. Kısaca A-B ve B-C ikili karşılaştırmalarının doğal bir sonucu olarak ortaya çıkacak olan A-C ikili karşılaştırma sonucu, kişiye sorulduğunda belirtilen A-C ikili karşılaştırma sonucu ile yukarıdaki anlamda tutarlı olmalıdır. Bu uyum diğer tüm ikili karşılaştırmalar için de sağlanmalıdır[29].

Tutarlılık indeksi formül (2)'den ve tutarlılık oranı da formül (3)'ten hesaplanabilmektedir.

$$\text{Tutarlılık İndeksi (Tİ)} = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı (TO)} = \text{Tİ} / \text{Rİ} \dots\dots\dots(3)$$

Rassallık İndeksi ikili karşılaştırma matrislerinin ortalama tutarlılık indeksini ifade eder[11]. Yapılan bir çalışma sonucu 1-15 boyutundaki matrisler için Rassallık İndeksleri Çizelge 2.3'teki gibi bulunmuştur,  $n$  matris boyutudur[29].

**Çizelge 2.3** Rasgele Tutarlılık İndeksleri (Rassallık İndeksleri).

<b>n</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>Rİ</b>	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59



### 3. HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ

HTEA'nın çeşitli kaynaklarda farklı tanımları yer almaktadır. Müşteriye gitmeden önce tasarımdan, sistemden, süreçten ve/veya servisten kaynaklanan bilinen ve/veya potansiyel hataların, problemlerin, yanlışların tanımlanması, belirlenmesi ve giderilmesine yarayan bir mühendislik tekniğidir.

#### 3.1 HTEA'nın Kapsamı

HTEA bir kalite geliştirme yöntemidir. 1980 yılında bu konuda yayınlanmış ilk standartlardan biri olan MIL-STD 1629A (Hata Türü, Etkileri ve Kritiklik Analizi Uygulaması için Prosedür)'da HTEA'nın genel tanımı "Sistemdeki her bir olası hata türünün, sistemdeki sonuçlarını veya etkilerini belirlemek ve önemlerine göre her bir hata türünü sınıflandırmak için analiz edildiği bir prosedürdür" şeklinde verilmektedir.

HTEA, hatalar ortaya çıkmadan önce bir sistematik çerçeve içerisinde, geçmiş verilere dayanarak potansiyel hataların önceliklendirilmesini ve tedbir alınmasını sağlayan bir metottur. HTEA sadece tasarım veya sürece ait potansiyel hata türlerini dökümanete etmekle kalmayıp aynı zamanda konu ile ilgili tüm sorumlu kişilerin birbirleri ile iletişimini sağlamalarına yardımcı olmaktadır.

HTEA son dönemlerde kullanımı gittikçe yaygınlaşan bir tekniktir. Otomotiv sektörü başta olmak üzere gıda, metal, deniz taşıtları imalatı, yazılım, nükleer tasarımlar gibi çok çeşitli alanlarda hataların önlenmesine yönelik olarak kullanılmaya başlanılmıştır[16,17]. HTEA'nın pek çok alanda kullanımı kalite sisteminin ayrılmaz bir parçası olmasını sağlamıştır. Ürün kalitesi ve müşteri memnuniyetinin en önemli göstergesi olan güvenilirlik; bir aletin veya sistemin verilen bir zaman süresi boyunca ve verilen çalışma koşulları altında, kendisinden beklenen işlevleri uygun bir şekilde yerine getirmesi olasılığıdır. 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 sürecin güvenilirliğinin kontrol altına alınmasıdır. HTEA ile bu risk analizi yapılabilmekte ve HTEA, toplam kalite sisteminin ayrılmaz bir parçası ve güçlü bir yöntemi olmaktadır. Bu anlayışla bakıldığında hataların önlenmesine yönelik olarak eski ve yeni düşünce sistemi karşılaştırıldığında şu durum ortaya çıkmaktadır:

Eski düşünce:

Iskartaların gözlenmesi

Güvenilirliğin ortaya konması

Problemlere çözüm üretilmesi

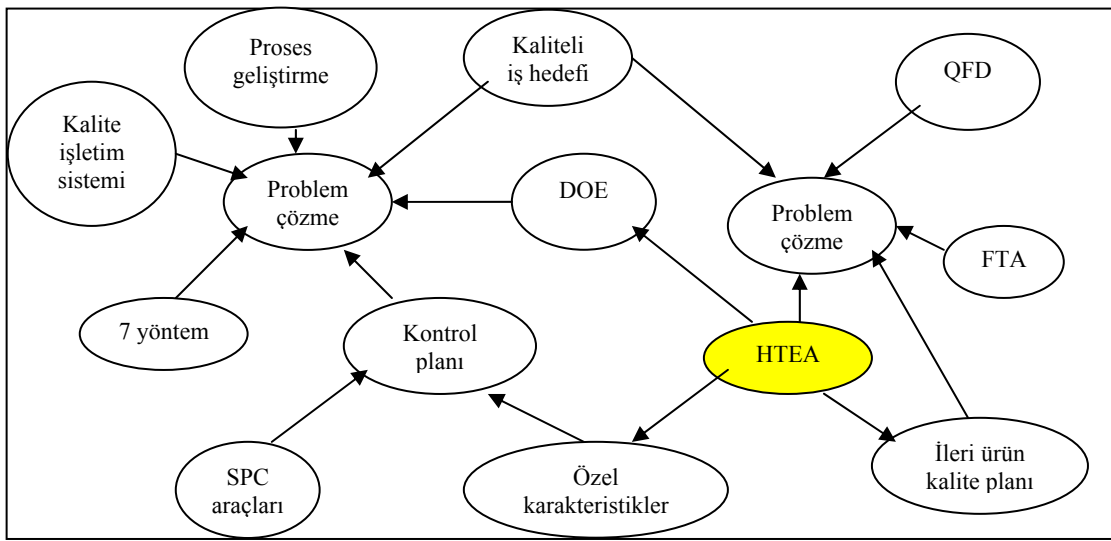
Yeni düşünce:

Iskartaların önüne geçilmesi

Güvensizliğin azaltılması

Problemlerin önlenmesi

HTEA sahip olduğu yeni düşünce anlayışıyla hataların önlenmesine yönelik toplam kalite sisteminin güçlü bir yöntemidir. Şekil 3.1’de toplam kalite sisteminde HTEA’nın yeri verilmiştir[18].



**Şekil 3.1** Toplam kalite sisteminde HTEA'nın yeri.

HTEA'nın kullanımı pek çok açıdan fayda sağlamaktadır. HTEA tekniğinin öncelikli amaçlarını ve genel olarak faydalarını sıralamak mümkündür[19,20]. HTEA'nın öncelikli amaçları şunlardır:

- Ürün veya proseste meydana gelebilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek, bu hataların oluşmasını engellemek,
- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle 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,
- İmalat veya montaj prosesi için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de yazılı hale getirmek,

- Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir HTEA; proses geliştirmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak, mantık örgüsü içinde yalnız gidebilecek her birimin analizini içeren) özetlemek.

Genel olarak faydalarını ise aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Emniyet, ürün ve üretim teknolojisi alanlarındaki zayıflıkları belirleme,
- Kalıplarda ve donanımlardaki değişikliklerin sayısını azaltma,
- Olası değişikliklerin maliyetinde azalma,
- Garanti giderlerinde azalma,
- İç hurdalarda azalma,
- Ürün yükümlülüğünde daha az risk,
- Etkili test programlarının belirlenmesi,
- Beklenmeyen olayların minimize edilmesi,
- Mühendislik değişimlerinin azaltılması,
- Problem çözümleri için hızlı referans sağlanması,
- Daha fazla müşteri tatmini.

### 3.2 HTEA Çeşitleri

Endüstride uygulanan ve genel olarak kabul görmüş iki tip HTEA vardır. Bunlar tasarım HTEA ve sistem HTEA'dır. Tasarım HTEA, bir sistem tasarımını analiz etmek ve çeşitli hata / hasar türlerinin sistemin çalışmasını nasıl etkilediğini saptamak için kullanılır. Süreç (proses) HTEA ise imalat, montaj ve servis proseslerinde oluşabilecek çeşitli hata türlerinin çalışmasını nasıl etkilediğini saptamak için kullanılır. Diğer HTEA tipleri ise bu iki ana HTEA tipinin türevleridir[21]. Uygulama alanları her türlü üretim ve hizmet şeklini kapsamaktadır ve aşağıda sıralanan şekilde bir çeşitliliğe sahiptir:

#### 3.2.1 Tasarım HTEA

Potansiyel veya bilinen hata türlerini tanımlayan, ilk üretim gerçekleşmeden hataların tanımlanması ve düzeltici faaliyetlerin uygulanmasını sağlayan bir yöntemdir. Etkili bir tasarım HTEA temel olarak sistem mühendislik süreci, ürün gelişimi, Ar-Ge, pazarlama, üretim veya bunların kombinasyonları boyunca gerçekleştirilir[19,23]. Bu aşamadaki amaç, sistemdeki hata etkilerini HTEA'nın uygulandığı aşamayı dikkate almaksızın en aza indirmektir.

#### 3.2.2 Süreç (Proses) HTEA

İmalat süreçleri ve montaj süreçlerini analiz etmek için kullanılır. Süreç veya montaj yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleri üzerinde odaklanır.

Uygun olmayan malzeme ve yöntemlerin kullanımıyla meydana gelen hatalar, işletmede çalışanların hataları, donanım hataları sonucu oluşan hatalar süreç HTEA ile üretime geçmeden belirlendiği için hataları düzeltmek kolay olacaktır. Ancak, insan, yöntem, malzeme, makine ve çevre olarak tanımlanmış üretim bileşenleri arasında etkileşmelerin olması süreç HTEA'nın daha zaman alıcı ve zor olarak tanımlanmasına neden olmaktadır[24].

### **3.2.3 Sistem HTEA**

Tasarım ve kavramların ön aşamalarında sistem ve alt sistemleri analiz ederek, sistem eksiklerinden doğan sistem fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerini belirlemeye odaklanır.

Sistem HTEA genellikle proses boyunca tasarım, test ve gelişimde kullanılan iyileştirici bir tekniktir. Etkili sistem HTEA; mühendislik prosesi, üretim gelişimi, AR-GE faaliyetleri veya bunların birlikte ele alındığı çalışmalarda gerçekleştirilir[22,23].

### **3.2.4.Servis HTEA**

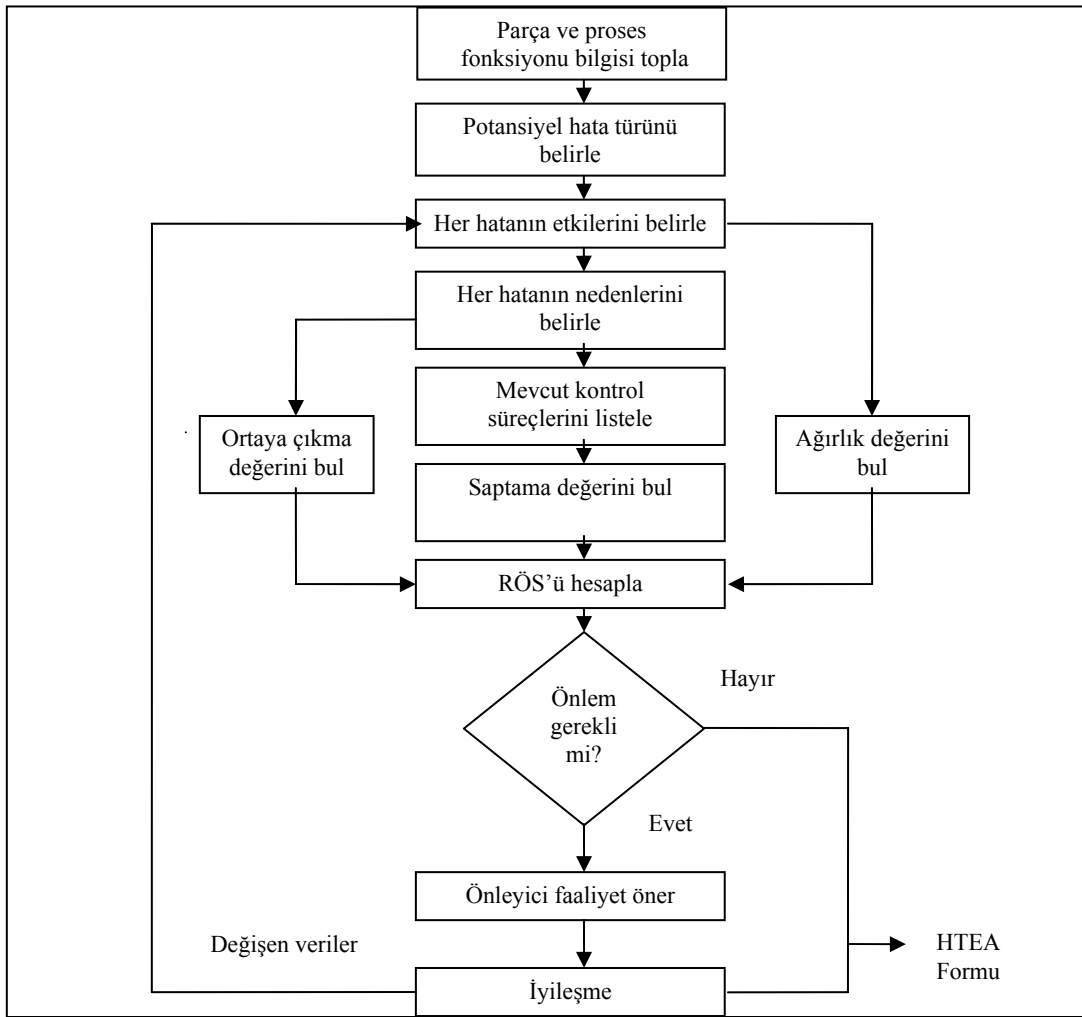
Servisi müşteriye ulaşmadan önce analiz etmekte kullanılan servis HTEA, sistem ve proses eksiliğinden kaynaklanan hata türlerini dikkate alan bir HTEA çeşididir. Servis HTEA, potansiyel ve bilinen hata türlerini önlemleriyle beraber ilk servis öncesinde ortaya koyan bir analiz tekniğidir. Servis HTEA genellikle malzeme, metot, işçi, makine, ölçme ve çevre göz önünde bulundurularak birbirleriyle etkileşimli olarak gerçekleştirilir.

Servis HTEA bir gelişim prosesidir ve etkili proses randımanı elde edebilmek için çeşitli teknoloji ve metotların uygulanmasını içerir. Uygun teknolojilerin ayarlanması müşterilerin gereksinimlerini, var olan sistemlerin kullanımını, standardize yaklaşımları, prosedürleri, araştırma sonuçlarını veya bunların kombinasyonlarını içermelidir. Etkili bir servis HTEA müşteri servisi, servis gelişimi, araştırma, kalite güvencesi, pazarlama ve operasyonların katılımıyla gerçekleştirilir[23]. Servis HTEA servisteki proses hata etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan bir tekniktir.

## **3.3 HTEA Yöntemi**

Hata türü ve etkileri analizi uygulamasında henüz standart bir uygulama süreci yoktur. Çoğunlukla her işletme kendi organizasyon yapısına göre ve isteklerine göre bir uygulama süreci oluşturmuş ve bunu izlemektedir. Şekil 3.2’de genel bir HTEA akış şeması verilmiştir[17]. En genel haliyle yöntem beş ana adımda toplanabilir. Bunlar:

- Başlangıç çalışmaları,
- Olası hata türü, nedenleri, etkileri ve hatayı saptamak için kullanılan mevcut kontrollerin belirlenmesi,
- Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenerek risk öncelik sayılarının belirlenmesi,
- Risk öncelik sayılarının sıralanarak önlem alınacak hataların ve önlemlerin belirlenmesi,
- Belirlenen önlemlerin uygulanması, yeni RÖS değerlerinin hesaplanması şeklindedir.



**Şekil 3.2** HTEA akış şeması.

### 3.3.1 Başlangıç çalışmaları

Bu aşama HTEA öncesi yapılması gereken hazırlıklardan oluşmaktadır. Bu aşamada ilk önce HTEA'nın kapsamı belirlenmeli, sonra HTEA takımı oluşturulmalı ve HTEA yapılacak sistem, tasarım, süreç veya servis incelenmelidir.

#### HTEA Kapsamının Belirlenmesi

Bir HTEA çalışmasına başlamak ve çalışmayı bitirmek için bazı koşullar gerçekleşmiş olmalıdır[24]. Bir HTEA çalışmasına başlamak için sistem, ürün, süreç veya servis için aşağıdaki durumların gerçekleşmiş olması gerekmektedir:

- Yeni sistem, ürün, prosesler veya servisler oluşturulurken,
- Mevcut sistem, ürün, proses veya servislerde değişiklikler yapılırken,
- Sistem ürün, proses ve servisler için yeni uygulamalar bulunurken,
- Mevcut sistem, ürün, proses ve servisler için gelişmeler olurken.

Yine bir HTEA çalışmasını sonlandırmak için bazı durumlar ise şunlardır:

- Tasarım HTEA, üretime geçişin kesin tarihi saptandığında,
- Süreç(Proses) HTEA, bütün proseslerin belirlendiği, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarına taşındığı anda,
- Sistem HTEA, bütün donanımın belirlendiği ve tasarımın son şeklini aldığı noktada,
- Servis HTEA, sistem tasarımı ve bireysel görevlerin tanımlandığı, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarında adreslendiği zaman sona erdirilmesi düşünülebilir.

Ayrıca HTEA kapsamı belirlenirken HTEA takımının sorumluluklarının da ortaya konması gerekir. Bunun yanında uygulama alanının büyük tutulması yerine küçük parçalara ayrılarak yapılmasıyla araştırmadan daha iyi sonuçlar elde edilecektir. Mevcut durum ve ulaşılmak istenen hedef değerın sayısal olarak tanımlanması, değerlendirme aşamasında kolaylıklar sağlayacaktır.

#### HTEA Takımının Kurulması

HTEA çalışması bir takım tarafından yürütülebilen bir süreçtir. Ürün, proses veya hizmette takım çalışması yapılarak; hatanın bulunması, hatanın risk önceliğinin saptanması, düzeltici-önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve hatanın müşteriye ulaşmadan engellenmesi, bireysel çalışmaya göre daha yansız olarak sağlanmış olur. Bunun yanında HTEA takımında bulunması istenen bazı özellikler vardır[17,27]. HTEA takımında aranan özellikler şunlardır :

- Takımı koordine etmekten sorumlu, konusunda uzman bir takım lideri olmalıdır.
- Takım üyeleri incelenecek süreci en iyi bilenlerden seçilmelidir. Mühendisler, teknisyenler, üretim ve kalite temsilcileri ve bölüm içinde konuya hakim diğer çalışanlar dahil edilebilir.
- Elemanlara tam zamanında eğitim verilmelidir.
- Takım sayısı 5 ile 8 kişi arasında olmalıdır.
- Üst yönetimden kişilerin takıma dahil edilmesi sağlanmalıdır.

### HTEA Yapılacak Tasarım, Sistem, Süreç, veya Servisin İncelenmesi

Başarılı bir HTEA çalışması için incelenecek olan ürün veya süreç ayrıntılı olarak bilinmelidir. İlk önce ürün veya sistemin fonksiyonları, çalışma ve üretim şekli belirlenmelidir. Test ve değerlendirme, kalite güvencesi, bütünlük lojistik destek, sistem emniyeti, tasarım ve geliştirme alanlarında yapılan çalışmalar da HTEA’da yararlanılabilecek önemli kaynaklardır[24].

#### **3.3.2 HTEA yapılacak tasarım, sistem, süreç veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar**

Bu bölümde; olası hata türlerinin belirlenmesi, olası hata etkilerinin belirlenmesi, olası hata nedenlerinin belirlenmesi, olası hataları saptamak için yapılan kontrollerin belirlenmesi konuları incelenmektedir.

##### **3.3.2.1 Olası hata türlerinin belirlenmesi**

Sistemin görevini tam anlamıyla yerine getirememesi hata olarak adlandırılır ve bu hatanın ortaya çıkma şekli ise hata türüdür. Hata türü fiziksel özellikler ile tanımlanır. Hata türünü belirlemek için “ürün ya da süreçte istenilen özelliklere nasıl sahip olunamaz” sorusuna cevap aranır.

Hata türleri beş hata kategorisinden birine ait olabilir. HTEA takımının olası hata türlerini tanımlamasına yardımcı olur. Olası hata türleri; tam hata, kısmi hata, aralıklı hata, zamanla oluşan hata ve kullanımda ortaya çıkan hata şeklinde sıralanabilir[19].

Hata türlerini belirlemek için, müşteri şikayet raporları, test raporları, garanti verileri, güvenilirlik analizi sonuçları, benzer ürün ve sistem bilgileri, benzer ürünler için daha önceden yapılmış HTEA çalışmaları sonuçları, simülasyon çalışmaları sonuçları gibi kaynaklardan sağlanan bilgilerden yararlanılabilir[17]. Olası hata türlerine örnek olarak: kırılma, aşınma, delinme, gürültü, deforme olma vs. verilebilir.

##### **3.3.2.2 Olası hata etkilerinin belirlenmesi**

Hata etkisi, hata türüyle bağlantılıdır. Ürünü kullanacak veya hizmeti görececek kişinin nasıl etkileneceği göz önünde bulundurularak “hata gerçekleşirse ne olacak” sorusuna cevap aranır. Uygulamada genellikle müşteri son müşteri olarak alınsa da bir sonraki işlem veya izleyen işlemler olabilir. Olası hata etkilerini saptamada kullanılan bazı kaynaklar şunlardır: müşteri şikâyetleri, garanti verileri, güvenilirlik verileri, yapılmış veya yapılmakta olan HTEA



sonuçları ve ilgili deney çalışmalarının sonuçlarından elde edilen veriler[21]. Olası hata etkilerine örnek olarak: gürültü, arızalanmaya yatkınlık, kötü görünüş, uyumsuzluk, düşük performans vs. verilebilir.

### **3.3.2.3 Olası hata nedenlerinin belirlenmesi**

Olası hata nedenlerini belirlemek için “olası hata türüne yol açabilecek nedenler nelerdir?” sorusuna cevap aranır. Hatanın nedeni hatanın türünü oluşturabilecek ilk anormalliktir[17]. En yüksek şiddet derecesine sahip olan hata türünden başlayarak, tüm hata türleri ve bunların tüm nedenleri saptanır. Hata nedenlerinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemler neden-sonuç (balık kılçığı) diyagramı ve beyin fırtınasıdır. Olası hata nedenlerine örnek olarak: aşırı yükleme, aşırı zorlanma, dengesizlik vs. verilebilir.

### **3.3.2.4 Mevcut kontrollerin belirlenmesi**

Mevcut kontroller bulunurken “bu hata türü nasıl saptanmaktadır?” ve “bu hata türü nasıl fark edilmektedir?” sorularına cevap aranır.

İşletmelerde yapılan ağırlık, boyut kontrolleri, çalışırılık testleri, kaçak kontrolleri, gözle muayeneler vb. önlemler mevcut kontrollere örnek gösterilebilir. Bazı durumlarda bir hata türünü saptamak için mevcut kontrol yöntemi bulunmayabilir. Böyle bir durum da belirtilmelidir.

### **3.3.3 HTEA değerlendirme**

Değerlendirme için her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. MIL-STD 1629 A’da kritiklik “hata türünün ortaya çıkma sıklığının sonuçlarının görelî ölçüsüdür” şeklinde tanımlanmaktadır[17]. Kritiklik sayısı, risk faktörlerinin olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır. Ancak uygulamada işlem kolaylığı sağlamak amacıyla kritiklik, olasılıksal bir değer yerine sayısal büyüklük olarak ifade edilir. Risk Öncelik Sayısı(RÖS) adı verilen bu sayı, hata ortaya çıkma ve bulunabilirlik risk faktörlerinin olasılık ile ve ağırlık risk faktörünün sözel olarak tanımlanan değerlerine belirli aralıkta yer alan sayılar atanıp matematiksel işlem uygulanması sonucu bulunur. Risk Öncelik Sayısının bir değeri veya anlamı yoktur sadece hataların kritiklik yönünden göreceli olarak karşılaştırılmasını ve sıralanmasını sağlar.

### 3.3.3.1 Olasılık (meydana gelme, ortaya çıkma)

Bir ürünün beklenen ömrü süresince kullanım esnasında hata türüne yol açacak belirli bir nedenin meydana gelme ihtimaline denir. Bir başka tanıma göre ise belirli bir sebebin sonucu olarak, bir hata türünün ne kadar sıklıkta oluşabileceğidir. Hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir olası hata türünün gerçekleşmesi olasılığı ile ilgilidir[22,17].

Ortaya çıkma değerinin belirlenmesinde iki farklı yöntem vardır. Birinci yöntemde göre bir hata türü (veya hata nedeni) için ortaya çıkma değeri belirlenir. İkinci yöntemde ise ortaya çıkma değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya çıkan hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı temeline dayanır[24]. Hata sıklığını belirlemek için güvenilirlik çalışması esas alındığında, ele alınan bileşenin ömrü boyunca beklenen hata sayısı (BHS) 100 veya 1000 bileşen için birikimli bileşen hata sayısı (BHS/100 veya BHS/1000) gibi ölçü değerlerinden yararlanılır. MIL-STD 1629 A'da hataların ortaya çıkma ihtimalleri beş sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırılma Çizelge 3.1'de verilmiştir[18].

**Çizelge 3.1** MIL-STD 1629 A'ya göre hataların sınıflandırılması.

Sınıf	Olasılık Değeri	Açıklama
A	$p > 0.20$	Ortaya çıkma olasılığı çok yüksek hatalar
B	$0.10 < p < 0.20$	Ortaya çıkma olasılığı oldukça yüksek hatalar
C	$0,01 < p < 0.10$	Ara sıra ortaya çıkan hatalar
D	$0.001 < p < 0.01$	Oldukça az ortaya çıkan hatalar
E	$p < 0.001$	Nadiren ortaya çıkan hatalar

Uygulamada HTEA yönteminde ortaya çıkma değeri olasılık olarak belirlenmemektedir. Bunun yerine ortaya çıkma ihtimali için çeşitli olasılık aralıkları oluşturularak ortaya çıkma değerinin derecelere göre belirlenmesi daha uygun olduğu bilinmektedir. Ancak tablo değerleri sektörel olarak farklılıklar gösterebilmektedir. Uygulamada bazen 1-10 skalası bazen de 1-5 skalası kullanılabilir. Meydana gelme değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir[18].

**Çizelge 3.2** Hatanın ortaya çıkma sıklığı ve derecesi

Hata Oluşma Sıklığı	Hatanın Olasılığı	Derece
<u>Pek Az</u> : Olası Olmayan Hata	1/1 500 000'den düşük	1
<u>Düşük</u> : Nispeten Az Olan Hata	1/150 000	2
	1/15 000	3
<u>Orta</u> : Ara Sıra Olan Hata	1/2 000	4
	1/400	5
	1/80	6
<u>Yüksek</u> : Tekrar Tekrar Hata	1/20	7
	1/8	8
<u>Çok Yüksek</u> : Kaçınılmaz Hata	1/3	9
	1/2 'den fazla	10

### 3.3.3.2 Ağırlık (şiddet) değerlerinin belirlenmesi

Olası hata türünün ortaya çıkması halinde müşteriye olan etkisinin değerlendirilmesidir. Hata şiddeti etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Hatanın etkisi 1 ile 10 arasında derecelendirilir. Bu dereceler hata türlerinin etkisi ile bağlantılıdır. Hatanın etki düzeyi arttıkça ağırlık da artar[18]. Şiddet derecesini belirlemek için kullanılan veri kaynakları hata etkisini belirlemede kullanılanlarla aynıdır. Daha önce kayıtları tutulan benzer sistemlerin veya ürünlerin kayıtlarından, laboratuarda yapılan deney çalışmalarından, müşterilerle yapılan anketlerden, HTEA takımındaki kişilerin tecrübelerinden yararlanılarak ağırlık değerleri belirlenir. Ağırlık derecelendirme değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir[17].

**Çizelge 3.3** Ağırlık derecelendirme tablosu.

<b>DERECE</b>	<b>AĞIRLIK</b>
1	Neredeyse hiç
2	Düşük
3	
4	Orta
5	
6	
7	Yüksek
8	
9	Çok yüksek
10	

### 3.3.3.3 Saptanabilirlik (keşfedilebilirlik) değerinin belirlenmesi

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

Saptanabilirlikte 1-10 arasında derecelendirme değerleri kullanılmaktadır. Çizelge 3.4'te saptanabilirlik derece değerleri verilmektedir[17].

**Çizelge 3.4** Saptanabilirlik derecelendirme tablosu.

Saptanabilirlik	Saptama ihtimali (%)	Derece
Neredeyse imkânsız	0 – 5	10
Düşük	6 – 15	9
Orta	16 – 25	8
	26 – 35	7
	36 – 45	6
Yüksek	46 – 55	5
	56 – 65	4
	66 – 75	3
Çok yüksek	76 – 85	2
	86 – 100	1

### 3.3.3.4 Risk Öncelik Sayısı'nın hesaplanması

Risk Öncelik Sayısı (RÖS); belirlenen olasılık (ortaya çıkma, meydana gelme), ağırlık (etki) ve saptanabilirlik (keşfedilebilirlik) değerleri kullanılarak elde edilen bir değerdir. Hata türlerinin kritikliklerini gösterir ve hata türlerini öncelik sırasına koymakta kullanılır.

RÖS hesaplamalarında kullanılan iki farklı yöntem vardır.

➤  $RÖS = O \times A \times S$  (olasılık x ağırlık x saptanabilirlik) .....(4)

➤  $RÖS = O + A + S$  (olasılık + ağırlık + saptanabilirlik) .....(5)

Uygulamada yaygın olan kullanım çarpma yöntemi olan formül (4)'tür[25].

### 3.3.3.5 Risk Öncelik Sayısı'nın değerlendirilmesi

Her bir hata türü için Risk Öncelik Sayısı hesaplandıktan sonra, kritikliklerine göre sıralanır ve önlem alınacak hata türleri belirlenir. Uygulamada Ford Motor Şirketi'nin HTEA çalışmalarında RÖS değerine göre düzeltici önlem alma kararları şu ölçütlere göre yapılmaktadır[17]:

- $RÖS < 40$  ise önlem almaya gerek yoktur
- $40 \leq RÖS \leq 100$  ise önlem alınmasında fayda vardır
- $RÖS \geq 100$  ise mutlaka önlem alınmalıdır

Eğer aynı RÖS değerine sahip iki veya daha fazla hata varsa, öncelikle ağırlığı ve sonra da saptama değeri yüksek olan hata ele alınmalıdır. Ağırlığı yüksek olan hataya öncelik verilmesinin nedeni ise bu değer hatanın etkisini göstermesidir. Saptamanın ortaya çıkma olasılığından daha büyük öneme sahip olmasının nedeni ise hatanın müşteriye ulaşmasıdır. Bu yüzden saptama ortaya çıkma olasılığından daha önemlidir.

Önem alınacak hata türleri belirlendikten sonra alınacak önlemler belirlenir. Bu aşamada RÖS'ni aşağı çekecek; yani olasılık, ağırlık ve saptama değerlerini küçültecek önlemler alınır. Ortaya çıkma olasılığını küçültecek önlemler; organizasyon, tasarımlar, üretim yöntemleri, planlar ve şartnameler sayılabilir. Ağırlık derecesini küçültmek için ise ürün veya sistemin tasarımında değişiklikler yapılmalıdır[24]. Kontrol yöntemlerinin güvenilirliği ve sıklığı artırılarak ve uygun olmayan parçaların bir sonraki müşteriye ulaşması engellenerek saptamanın derecesi düşürülebilir.

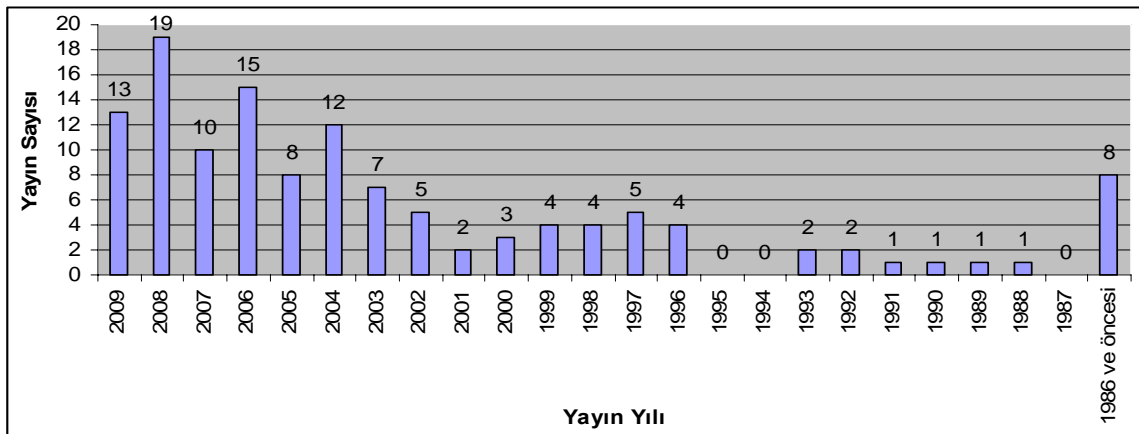
#### 4. LİTERATÜR TARAMASI

“Hata Türü ve Etkisi Analizi-FMEA” ilk olarak 1960-1965 yılları arasında NASA tarafından, aya insan indirecek olan APOLLO projesinde uygulanmaya başlanmış, 1965-1970 yılları arasında ABD Silahlı Kuvvetlerinde standart olarak kullanılmıştır. İlk endüstriyel uygulamayı ise 1970 yılında Japon NEC firması başlatmış ve daha sonra bu uygulama bütün dünyada yaygınlaşmıştır.

“Analitik Hiyerarşi Süreci-AHP” çok amaçlı bir karar verme yöntemi olup karmaşık karar problemlerinde, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve karar alternatifleri arasındaki hiyerarşik yapıda modellenerek çözümüne olanak sağlayan bir yöntemdir. AHP Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir.

Çalışmayla ilgili geçmiş yıllarda yapılan yayınlar uluslararası veri tabanında araştırılmıştır. Yapılan araştırma “Başlık, Anahtar Kelimeler ve Özet” içerisinde yapılmış ve daha sonra ise sadece “Başlık”, “Anahtar Kelimeler” ve “Özet” içerisinde incelenmiştir. Arama her iki yöntemle de “FMEA”, “AHP”, “FMEA ve AHP”, “FMEA ve Occupational Accidents” terimleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

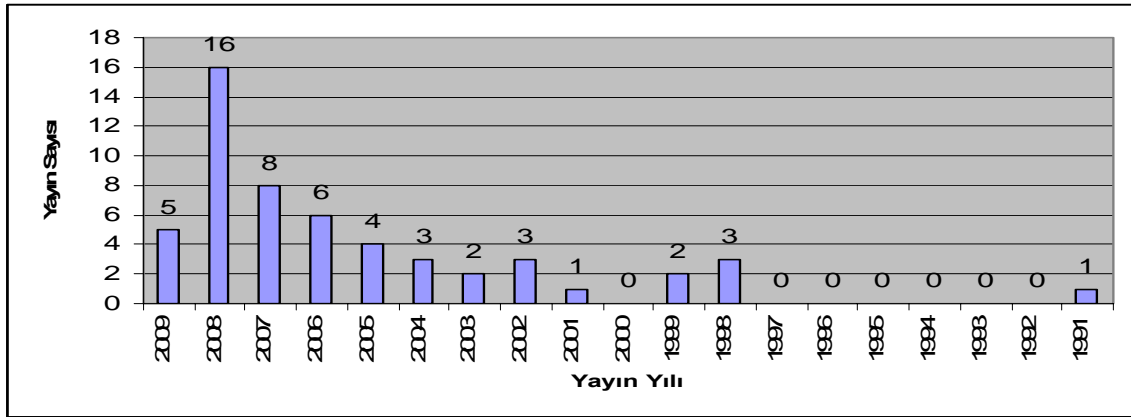
FMEA ile ilgili çalışmalar tarandığında başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan çalışma sayısı 127 olarak bulunmuştur. Elde edilen makalelerin yıllara göre dağılımı Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Yıllara göre başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan FMEA yayın sayıları.

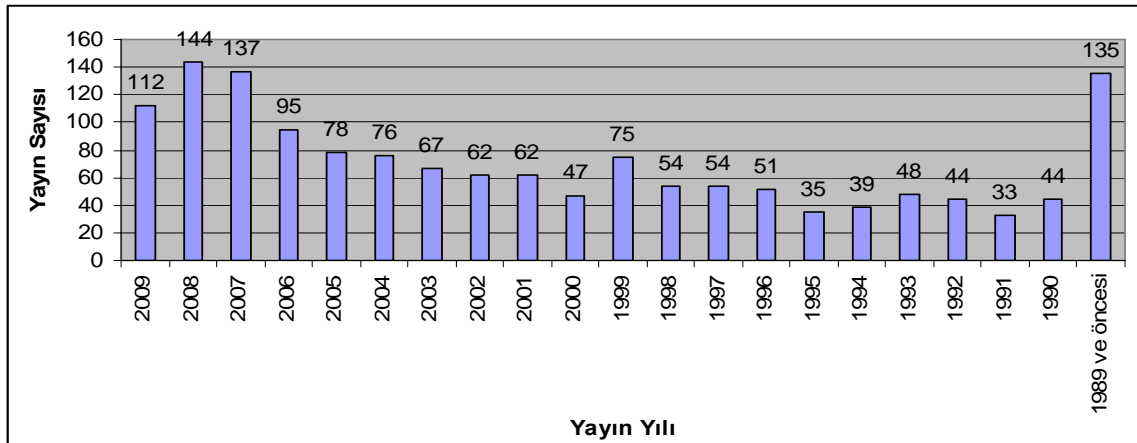
Şekil 4.1 incelendiğinde son yıllarda oldukça önemli oranda artış göstermiştir.

FMEA ile ilgili çalışmalar yalnızca anahtar kelimelerde incelendiğinde 54 adet çıkmıştır. Bulunan sonuçlar Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Yıllara göre anahtar kelimeler içerisinde yer alan FMEA yayın sayıları.

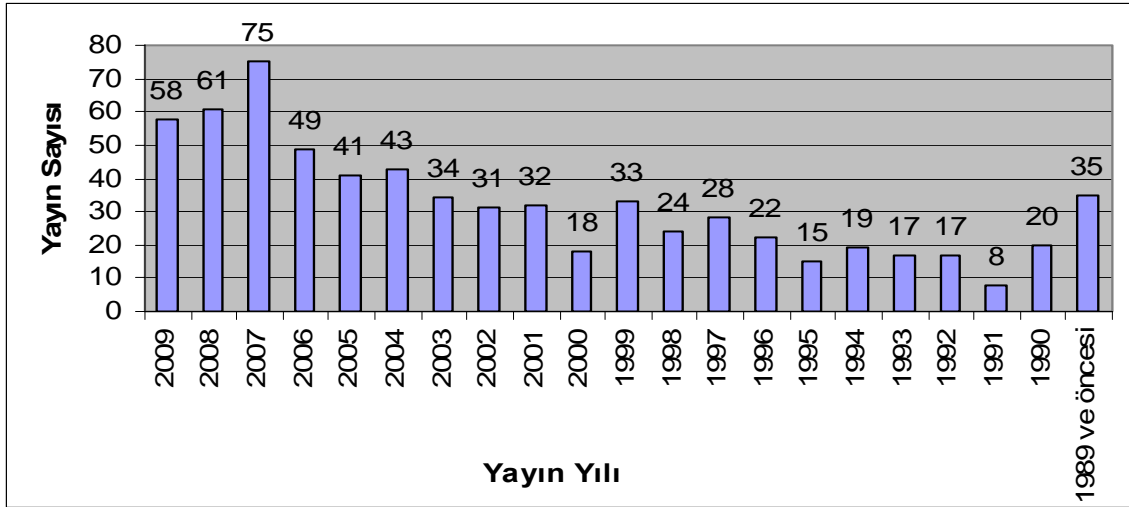
AHP ile ilgili çalışmalar tarandığında başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan çalışma sayısı 1492 olarak bulunmuştur. Elde edilen makalelerin yıllara göre dağılımı Şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.3 Yıllara göre başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan AHP yayın sayıları.

AHP ile ilgili çalışmalar yalnızca anahtar kelimelerde incelendiğinde 680 adet çıkmıştır. Bulunan sonuçlar Şekil 4.4’te verilmiştir.





**Şekil 4.4** Yıllara göre anahtar kelimeler içerisinde yer alan AHP yayın sayıları.

FMEA ve AHP ile ilgili çalışmalar tarandığında başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan çalışma sayısı 1 adet bulunmuştur. Su ve Chou (2007), “A Systematic Methodology for The Creation of Six Sigma Projects:A Case Study of Semiconductor Foundry” isimli çalışmalarında kritik altı sigma projeleri oluşturmak için yeni bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlamışlardır. Öncelikle projeler oluşturulmuş kuruluşun stratejik işletme politikaları ve müşteri beklentileri belirlenmiştir. Daha sonra her bir projenin faydalarını değerlendirmek için bir AHP uygulanmış ve yine her bir projenin risklerini değerlendirmek için ise FMEA uygulanmıştır[30].

FMEA konusunda yapılmış olan yayınlardan bazılarına ilişkin özetler ise aşağıda verilmiştir.

Sharratt P., (1999), “Environmental Criteria in Design” adlı çalışmada kimyasal süreçler ile onların çevresel etkilerini araştırmıştır. Araştırmanın amacı, modeller için talimatlar oluşturarak çevresel performansın uygun ölçülerinin seçimini desteklemektir[31].

Price C.J., and Taylor N.S., (2002) “Automated Multiple Failure FMEA” isimli çalışmalarında bir strateji geliştirmişler ve bir sahada elektriksel alt sistemlere HTEA uygulayarak sistemin çalışabilirliğini ve sonuçları teyid edilmiştir[32]

Scipioni A., Saccarola A., Centazzo A. ve Arena F., (2002), “FMEA Methodology Design, Implementation and Integration with HACCP System in a Food Company” isimli çalışmalarında İtalyan bir şekerleme endüstrisinde HTEA ve HACCP’yi entegre ederek

uygulamasını anlatmışlardır. Çalışma şirket içinden seçilmiş HTEA ekibiyle yürütülmüş ve çalışmanın tamamının bitmesine şirkette izin verilmiş böylelikle ileride kullanılacak bir model oluşturulmuştur[33].

Pillay A. and Wang J., (2003), “Modified Failure Mode and Effects Analysis Using Approximate Reasoning” isimli çalışmalarında denizcilik endüstrisinin, deniz sistemlerinin risk analizini yapmak için kullanılabilir güçlü teknikleri kabul ettiğinden ve hem ulusal hem de uluslararası denizcilik faaliyetlerinde HTEA’nın uygulanan bir teknik olmasını anlatmaktadır[34].

Teoh P.C. ve Case K., (2004), “Failure Modes and Effects Analysis Through Knowledge Modelling” adlı çalışmada kalite geliştirmede yaygın olarak kullanılan ve risk değerlendirme aracı olan FMEA kullanılarak tasarım hakkında bilgi birikimi ve bu bilgileri gelecek üretim için yeniden kullanmak için bilgi modeli yaklaşımı oluşturmuşlardır[35].

Marques M., ve ark. (2005), “Methodology for The Reliability Evaluation of A Passive System and Its Integration into A Probabilistic Safety Assessment” isimli çalışmada hareketli bir sıvı ile termal-hidrolik ilkelerine dayanan çalışmanın güvenilirliğini değerlendirmek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Alınan örnekte 900 MWE basınçlı su reaktörü üzerinde uygulanmak üzere bir sistemin yenilik tahmini yapılmıştır[36].

Pollard S.J.T, ve ark. (2006), “Recent Developments in The Application of Risk Analysis to Waste Technologies” isimli çalışmada endüstriyel bir proseste atık tasarrufu ve atık öncesi iyileştirmek için atık yönetimi ve yeni atık teknolojileri alt yapısı oluşturmada risk analizi yapmışlar ve durumu değerlendirmişlerdir[37].

Chin ve ark., (2009), “Failure Mode and Effects Analysis Using a Group-Based Evidential Reasoning Approach”, isimli çalışmalarında çok özellikli karar analizlerinde ER(Evidential Reasoning) uygulaması için FMEA kullanımını ve bir balıkçı teknesinde uygulanabilirliğini anlatmışlardır[38].

Kikukawa S., ve ark. (2009), “Risk Assessment for Liquid Hydrogen Fueling Stations” adlı çalışmalarında çok fazla egzoz gazı oluşumuna neden olan benzinli araçlar yerine likit hidrojen yakıtının kullanılması ve buna bağlı olarak hidrojen gazı dolun istasyonlarının güvenilirliğini bir risk değerlendirme yöntemleri olan FMEA ve HAZOP ile araştırmışlardır[39].

AHP konusunda yapılmış olan yayınlardan bazılarına ilişkin özetler ise aşağıda verilmiştir.

Alphonse C.B., (1997), “Application of The Analytic Hierarchy Process in Agriculture in Developing Countries” isimli çalışmasında AHP’nin tarım sektöründe yaygın olarak kullanılmamasını eleştirerek potansiyel bir uygulama önermektedir[40].

Zhu ve Dale (2001), “JavaAHP: A Web-Based Decision Analysis Tool for Natural Resource and Environmental Management” adlı çalışmalarında analitik hiyerarşi süreci yönteminde meydana gelen hataların nedenlerini araştırmışlardır[41].

Lainien ve ark. (2003), “Analyzing AHP-Matrices by Regression” adlı çalışmalarında analitik hiyerarşi sürecinde karar vermeyi etkileyen alternatifler arasında kıyaslama yapılarak uygulamada hatalı kararlara sebep olabilecek karşılaştırmalar vurgulanmıştır[42].

Salmeron ve Herrero (2005), “An AHP -Based Methodology to Rank Critical Success Factors of Executive Information Systems” isimli çalışmalarında kritik başarı faktörlerinin (CSF), bilgi sistemlerinde gelişim ve uygulamasını incelemiştir. Bu çalışmada AHP uygulamasıyla kritik başarı faktörlerinin öncelikleri belirlenmiştir[43].

Hajeeh ve Othman (2005), “Application of The Analytical Hierarchy Process in The Selection of Desalination Plants” isimli çalışmalarında; analitik hiyerarşi sürecini kullanarak deniz suyundan kullanılabilir su elde etmek için mevcut tuz arıtma yöntemleri arasında karar vermişlerdir[44].

Carlucci ve Schiuma (2007), “Knowledge Assets Value Creation Map: Assessing Knowledge Assets Value Drivers Using AHP” isimli çalışmalarında kanepeler sektöründe lider İtalyan bir şirketin performans iyileştirmesinde AHP’nin kullanımını değerlendirmişlerdir[45].

Sambasivan ve Fei (2008), “Evaluation of Critical Success Factors of Implementation of ISO 14001 Using Analytic Hierarchy Process (AHP) : a Case Study from Malaysia” isimli çalışmaları Malezya’daki elektrik-elektronik sektöründeki şirketler arasında gerçekleştirilmiştir. AHP’nin kullanıldığı deneysel bir çalışma ile kritik başarı faktörleri ve faydaların öncelikleri belirlenmiştir. Bu faktörler; yönetim anlayışı, örgütsel değişim, teknik açıdan, dış ve sosyal açıdan şeklinde takip etmektedir. Ayrıca çalışmanın sonuçları ISO-14001’in uygulanmasıyla elde edilebilen faydaları göstermektedir[46].

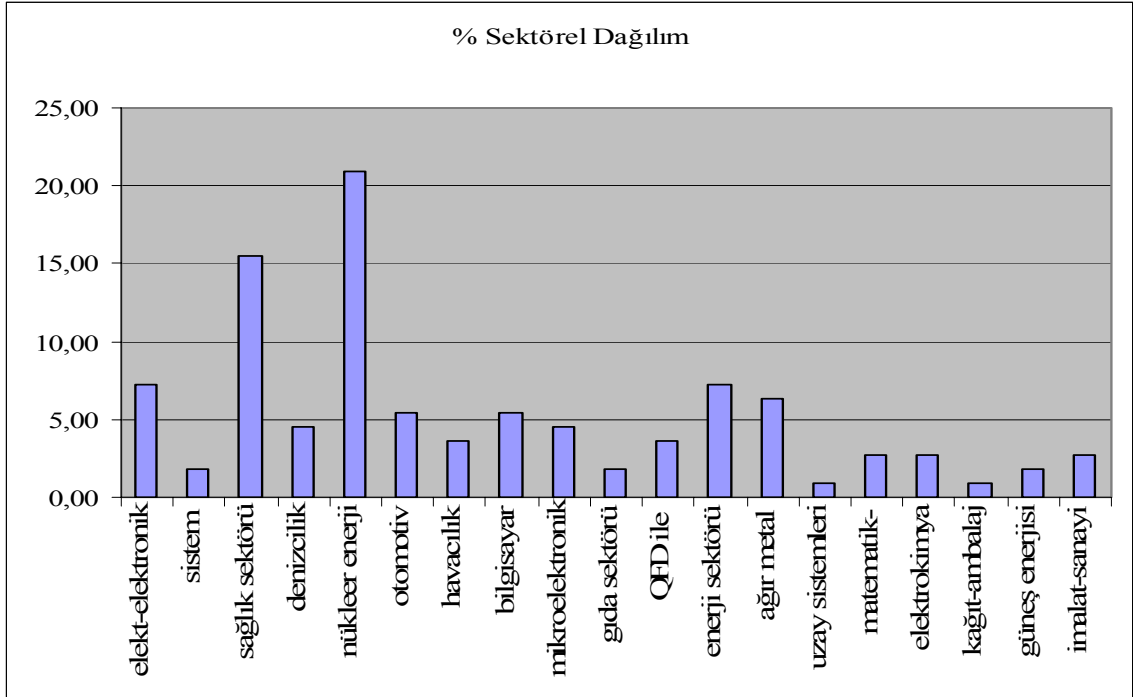
Tseng ve Lee (2009), “Comparing Appropriate Decision Support of Human Resource Practices on Organizational Performance with DEA/AHP Model” isimli çalışmalarında insan kaynakları uygulamalarının ve örgütsel performans değişkenleri için bir AHP/DEA modeli geliştirilmiştir[47].

Cebeci U., (2009), “Fuzzy AHP-Based Decision Support System for Selecting ERP Systems in Textile Industry by Using Balanced Scorecard” adlı çalışmada bir tekstil işletmesi için iş stratejileri ve şirketin hedeflerini karşılayan uygun bir kurumsal kaynak planlama sistemi (ERP) seçimi için bir yaklaşımı sunmaktadır. Çalışmada ERP sistem çözümlerini karşılaştırmak için AHP kullanılmıştır[48].

FMEA ve Occupational Accidents ile ilgili çalışmalar tarandığında başlık, anahtar kelimeler ve özet içerisinde yer alan çalışma sayısı 1 adet bulunmuştur. Schlechter W.P.G., (1996), “Facility Risk Review as a Means to Addressing Existing Risks During the Life Cycle of a Process Unit, Operation or Facility” adlı çalışmada günümüz işletmelerinin güvenli bir iş yeri sağlamak ve kurdukları ortaklıklarda da ortakları olacakları şirketlerin çalışma ortamlarına dikkat ettikleri, sanayi faaliyetleri sırasında çalışanlar için riskli olabilecek yangın veya patlama gibi sonuçlar doğurabilecek kontrolsüz gelişmelerden emin olmak istediklerini ve risk değerlendirmede HAZOP ve FMEA yöntemlerinin sıkça kullanıldığı anlatılmaktadır[49].

Yapılan literatür taraması sonucunda FMEA ve AHP yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmaların az olduğu ve FMEA yönteminin kullanımının son yıllarda oldukça artış göstererek farklı alanlarda kullanıldığı görülmüştür.

FMEA yönteminin kullanıldığı alanlara göre inceleme yapıldığında ise elektrik-elektronik, sağlık, denizcilik, nükleer enerji, otomotiv sektörü, havacılık, bilgisayar bilimleri, mikroelektronik, gıda sektörü, kalite fonksiyon dağılımıyla müşteri memnuniyeti, enerji sektörü, ağır metal üretimi, uzay sistemleri, imalat-sanayi, matematik-geometri, elektrokimya, sistem mühendisliği ve analizi, kağıt-ambalaj, güneş enerjisi ve sistemleri alanlarında araştırma yapıldığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre Şekil 4.5'teki grafik elde edilmiştir.



**Şekil 4.5** FMEA yönteminin sektörel olarak dağılımı.

Yapılan literatür taramasına göre FMEA yönteminin kullanım alanlarının oldukça geniş bir yelpazeye yayıldığı görülmektedir. Bu yelpazede yoğunluk nükleer enerji ve sağlık sektörlerindedir. Kömür madenciliği sektörü içinse bir yayına rastlanmamıştır.

## 5. MATERİYAL ve METOT

### 5.1 Materyal

Garp Linyitleri İşletmesi 1938 Yılında ETİBANK'a bağlı olarak, "Mahdut Mesuliyetli Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi" adı altında kurulmuştur. 1957 Yılından itibaren 6974 sayılı kanunla kurulan "Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu" içinde yer almıştır. 1995 yılında TKİ bünyesindeki tüm Müesseseler Bölge Müdürlüğü statüsüne, 2002 yılından itibaren de İşletme Müdürlüğü Statüsüne geçmiştir. 01.04.2004 Tarihinden itibaren Ilgın Linyitleri İşletmesini bünyesine alarak yeniden Müessese Müdürlüğü'ne dönüştürülmüştür.

Tunçbilek üretim sahası, Tavşanlı-Domaniç karayolu üzerinde yer almakta olup, Tavşanlı'ya 13 km, Kütahya'ya 58 km uzaklıktadır.

Üretim açık ocak üretimi ve yeraltı üretimi olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Toplam üretilebilir rezervin % 20'si açık ocak, %80'i yeraltı işletme yöntemi ile üretilebilecek durumda iken, yapılan üretimin % 85' i açık ocak, %15'i yeraltından üretilmektedir.

Açık işletme faaliyetleri; delme-patlatma, dekapaj ve kömür üretimi olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Kömür üzerindeki örtü tabakası doğrudan kazılabilecek özellikte olmadığından ilk önce delme işlemi yapılır. Ardından da deliklere patlayıcı şarj edilerek örtü tabakasının gevşetilmesi sağlanır. Kazı-yükleme çalışmaları ise açık ocak olarak projelendirilen sahalara shovel+kamyon sistemi ile örtü kazısı yapılarak dragline üretime hazırlanmakta, dragline çalışmasına uygun olmayan panolar yine aynı yöntemle kömür üstüne kadar açılmaktadır. Bölgenin mevcut makine parkında bulunan değişik kapasitelerdeki elektrikli shovel ekskavatörlerle örtü kazısı yapılacak saha 85 ve 170 short tonluk kamyonlara yüklenerek döküm harmanlarına boşaltılmaktadır. Çalışmalar iklim şartlarına bağlı olarak yaz aylarında yoğunlaşmakta hava şartları müsait olduğunda diğer aylarda da çalışma yapılabilmektedir.

Dekapaj faaliyetleri ile üzeri açılan kömür, elektrikli veya hidrolik ekskavatörlerle kömür kamyonlarına yüklenmekte ve kömürün özelliğine göre termik santrale veya lavvarlara sevk edilmektedir.

Yeraltı işletme sahaları ise konumlarına göre altı bölüme ayrılmıştır. Ancak sadece iki bölümde üretim yapılmakta diğer yeraltı sahalarında herhangi bir üretim yapılmamaktadır.

Yeraltı üretim faaliyetleri klasik ve mekanize olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir.

Gerek açık ocaklardan gerekse yeraltından çıkarılan tüvenan, kömür zenginleştirme işlemi için lavvara getirilmekte, burada zenginleştirme işlemi yapıldıktan sonra torbalama tesisine gönderilmektedir.

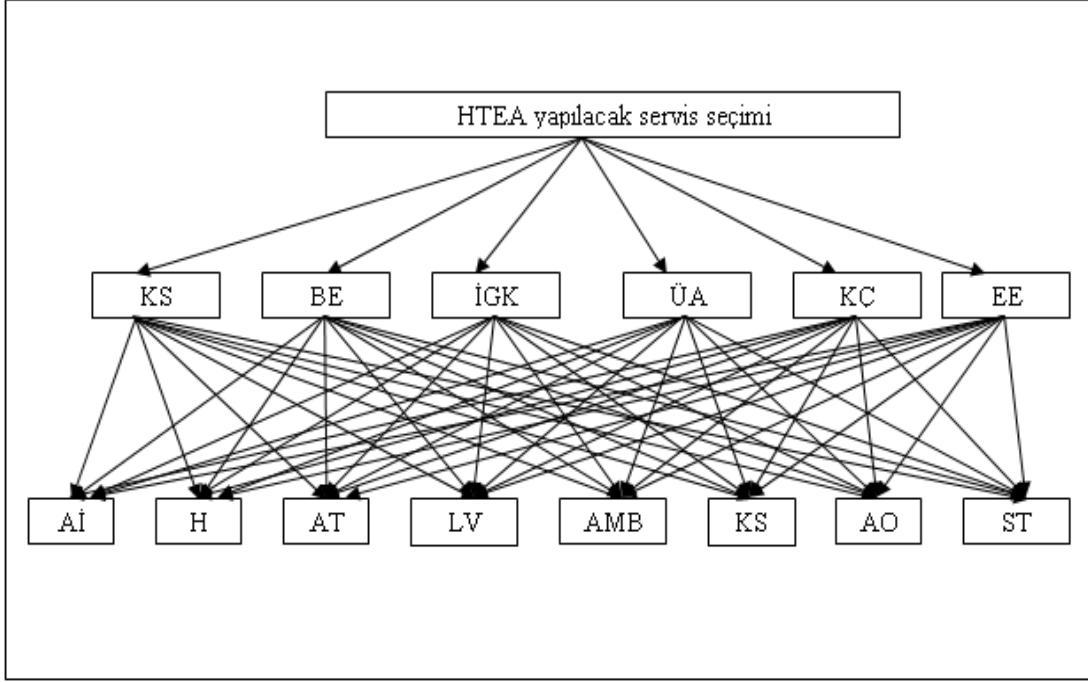
Araştırma, GLİ müessesesi İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Baş Mühendisliği ve bölümde çalışan mühendisler, teknikerler ve işçilerden oluşan HTEA takımıyla, işletme bünyesinde daha önce meydana gelmiş iş kazalarının 1996-2007 yılları arası verilerinden yararlanılarak yürütülmüştür.

## 5.2 Metot

Uygulamada birden fazla problemle karşı karşıya gelinmesi olasıdır. İşletmeler bu problemleri aynı anda çözerek sıfır hataya sahip olmak isterler. Ancak doğru olan yaklaşım, bu problemleri önceliklendirerek en önemli olandan başlayarak çözüm yoluna gitmektir.

Çalışmada ilk olarak, HTEA uygulanması için, meydana gelen kazalara neden olan hataların hangi serviste daha öncelikli olarak değerlendirileceğine karar vermede, HTEA takımıyla, kriterler ve karar seçenekleri belirlenerek AHP uygulanmıştır. Böylelikle belirlenen servisteki hataların HTEA ile önceliklendirilmesi hem daha isabetli sonuçlar ortaya çıkarmış hem de çalışmanın koordinasyonu açısından kolaylık sağlamıştır. Servis HTEA ile, risk seviyesi en yüksek kazalar çıkartılmış, önceliklendirilmiş gerçekleşen kazalara neden olan hataların “önlem alınması gerekmeyen”, “önlem alınabilir” ve “önlem alınması zorunlu” şeklinde gruplandırma yapılarak, önlenabilirliği değerlendirilmiş ve iyileştirilmesine yönelik uygulama ortaya konmuştur. Bu şekilde yapılan iyileştirmelerin başarıları da kontrol edilerek, sürekli bir kontrol ve iyileştirme sistemi tesis edilmiştir.

AHP uygulamasında hiyerarşik yapı oluşturulurken kriterler ve karar seçenekleri 1996-2007 yılları kaza istatistik değerlerine göre HTEA takımı tarafından belirlenmiştir (bkz.Ek-1). Kriterler “oluşan kazaların ne tür etkileri olmuştur?” sorusuna cevap aranarak belirlenmiştir. Karar seçenekleri ise “oluşan kazaların etkileri nerede daha fazla etkisini göstermiştir?” sorusuna cevap aranarak belirlenmiştir. Burada karar seçeneklerinde ayak içi ve hazırlık yeraltında, atölyeler, lavvar, ambarlar, karo sahası, açık ocak ve sosyal tesisler yer üstünde bulunan servislerdir. Analitik hiyerarşi sürecinin ilk aşaması olan amaç, kriterler ve karar seçenekleri Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 AHP için hiyerarşik yapı.

Amaç; HTEA yapılacak servisin seçilmesidir.

Belirlenen 6 kriter aşağıda verildiği gibidir.

- KS: Kaza sayısı
- BE: Bedensel etkiler
- İGK: İş gücü kaybı
- ÜA: Üretimde aksama
- KÇ: Kaza çeşitliliği
- EE: Ekonomik etkiler şeklindedir.

Belirlenen yeraltı ve yer üstünde bulunan 8 karar seçeneği servis aşağıda verildiği gibidir.

- Aİ: Ayak İçi
- H: Hazırlık
- AT: Atölyeler
- LV: Lavvar
- AMB: Ambarlar



- KS: Karo Sahası
- AO: Açık Ocak
- ST: Sosyal Tesisler şeklindedir.

Bundan sonraki aşamada ise ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. İlk karşılaştırma matrisi amaç için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisidir. Daha sonra ise her bir kriter için karar seçenekleri ikili karşılaştırılmıştır. Bu işlemlerden sonra ise oluşan matrislerin tutarlılıklarının test edilmesi gerekmektedir. Bunun için  $\lambda_{\max}$ , tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranının hesaplanması gerekmektedir.  $\lambda_{\max}$  için formül(1), tutarlılık indeksi için formül(2), tutarlılık oranı için ise formül(3)'ten yararlanılmıştır.

Matrisler için hesaplanan tutarlılık oranı 0.10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Eğer tutarlılık oranı 0.10 ve 0.10'un üstünde ise matrisler tutarsız kabul edilmektedir. Bu durumda matrislerin kalitesinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

AHP yöntemi ile servis seçimi yapıldıktan sonra, seçilen serviste meydana gelen iş kazalarına Servis HTEA uygulanmaktadır. Uygulanan Servis HTEA çalışmasında, serviste meydana gelen iş kazaları HTEA takımı tarafından çıkarılmış ve her bir hata türü, etkileri, nedenleri, belirlenmiş meydana gelme, ağırlıklandırma ve saptama değerleri bulunarak RÖS değerleri formül (4)'ten hesaplanmıştır. RÖS değeri yüksek olan hatalar sıralanmış ve iyileştirme gereken hatalara iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. RÖS değerleri tekrar hesaplanarak mevcut iyileştirmelerin sağladığı yararlar gözlemlenmiştir.

## 6. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 6.1 İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

HTEA takımı tarafından AHP için matrisleri oluşturulurken önem derecelerinin belirlenmesinde aynı görüşe sahip olunamadığında, literatürde önerilen yöntemlerden biri olan tartışma yoluyla uzlaşma sağlama yoluna gidilmiştir.

HTEA uygulanacak servis seçimi için belirlenen kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri ve çözüm sonuçları Çizelge 6.1’de verilmiştir.

**Çizelge 6.1** Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi ve çözümleri.

AMAÇ	KS	BE	İGK	ÜA	KÇ	EE	w <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
KS	1	1/3	2	2	3	3	1,513	0,225	1,417	6,28707
BE	3	1	3	2	3	2	2,182	0,325	2,125	6,53804
İGK	1/2	1/3	1	1	3	1	0,891	0,133	0,855	6,43977
ÜA	1/2	1/2	1	1	2	1	0,891	0,133	0,817	6,15432
KÇ	1/3	1/3	1/3	1/2	1	3	0,618	0,092	0,662	7,19444
EE	1/3	1/2	1	1	1/3	1	0,618	0,092	0,626	6,79827
<b>TOPLAM</b>	5,67	3,00	8,33	7,50	12,33	11,00	6,713	$\lambda_{max}=6,569$		
Tutarlılık İndeksi = 0,114			Tutarlılık Oranı = 0,092 < 0,10				matris tutarlıdır			

Çizelge 6.1 incelendiğinde servis seçimi için en önemli kriterin 0,325 ile serviste meydana gelen kazaların bedensel etkileri olduğu görülür. Daha sonra 0,225 ile serviste meydana gelen kazaların sayısı, 0,133 ile serviste meydana gelen kazaların iş gücü kaybına etkisi ve serviste meydana gelen kazaların üretimde aksamaya etkisi, 0,092 ile serviste meydana gelen kazaların çeşitliliği ve birimde meydana gelen kazaların ekonomik etkisi yer almaktadır.

Karar seçenekleri olan yer altı ve yer üstü servislerinin **serviste meydana gelen kazaların sayısı** kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.2’de, **serviste meydana gelen kazaların bedensel etkileri** kriterine göre ikili karşılaştırmaları Çizelge 6.3’te verilmektedir.

**Çizelge 6.2** Serviste meydana gelen kaza sayısı kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

KS	Aİ	H	AT	LV	AMB	KS	AO	ST	wi	Wi	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Aİ	1	2	4	5	6	7	3	9	3,820	0,314	2,736	8,719
H	1/2	1	3	4	5	6	2	9	2,747	0,226	1,911	8,469
AT	1/4	1/3	1	2	4	6	1/3	7	1,322	0,109	0,918	8,454
LV	1/5	1/4	1/2	1	3	5	1/5	6	0,905	0,074	0,645	8,678
AMB	1/6	1/5	1/4	1/3	1	2	1/6	3	0,484	0,040	0,328	8,247
KS	1/7	1/6	1/6	1/5	1/2	1	1/7	2	0,320	0,026	0,225	8,567
AO	1/3	1/2	3	5	6	7	1	9	2,355	0,193	1,693	8,751
ST	1/9	1/9	1/7	1/6	1/3	1/2	1/9	1	0,219	0,018	0,154	8,545
<b>TOPLAM</b>	2,70	4,56	12,06	17,70	25,83	34,50	6,95	46,00	12,172	$\lambda_{\max}=8,554$		
Tutarlılık İndeksi = 0,079			Tutarlılık Oranı = 0,056 < 0,10						matris tutarlıdır			

**Çizelge 6.3** Serviste meydana gelen kazaların bedensel etkileri kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

BE	Aİ	H	AT	LV	AMB	KS	AO	ST	wi	Wi	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Aİ	1	2	6	4	7	5	3	9	3,820	0,315	2,744	8,715
H	1/2	1	5	3	6	4	2	8	2,706	0,223	1,902	8,526
AT	1/6	1/5	1	1/5	3	1/3	1/7	4	0,498	0,041	0,374	9,104
LV	1/4	1/3	5	1	5	3	1/3	6	1,371	0,113	0,991	8,768
AMB	1/7	1/6	1/3	1/5	1	1/3	1/7	2	0,345	0,028	0,235	8,280
KS	1/5	1/4	3	1/3	3	1	1/5	5	0,789	0,065	0,567	8,712
AO	1/3	1/2	7	3	7	5	1	8	2,365	0,195	1,718	8,815
ST	1/9	1/8	1/4	1/6	1/2	1/5	1/8	1	0,237	0,020	0,163	8,349
<b>TOPLAM</b>	2,70	4,58	27,58	11,90	32,50	18,87	6,94	43,00	12,131	$\lambda_{\max}=8,659$		
Tutarlılık İndeksi = 0,094			Tutarlılık Oranı = 0,067 < 0,10						matris tutarlıdır			

Karar seçenekleri olan yer altı ve yer üstü servislerinin **serviste meydana gelen kazaların neden olduğu iş gücü kaybına etkisi** kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.4'te, **serviste meydana gelen kazaların neden olduğu üretimde aksama** kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.5'de verilmiştir.

**Çizelge 6.4** Serviste meydana gelen kazaların neden olduğu iş gücü kaybı kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

İGK	Aİ	H	AT	LV	AMB	KS	AO	ST	wi	Wi	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Aİ	1	2	4	3	6	5	1/2	8	2,706	0,218	1,880	8,617
H	1/2	1	3	2	6	5	1/3	7	1,951	0,157	1,345	8,554
AT	1/4	1/3	1	1/2	4	3	1/7	6	0,899	0,072	0,637	8,787
LV	1/3	1/2	2	1	4	3	1/6	6	1,489	0,120	0,822	6,847
AMB	1/6	1/6	1/4	1/4	1	1/2	1/8	2	0,345	0,028	0,239	8,603
KS	1/5	1/5	1/3	1/3	2	1	1/6	4	0,526	0,042	0,368	8,672
AO	2	3	7	6	8	6	1	9	4,262	0,344	3,121	9,083
ST	1/8	1/7	1/6	1/6	1/2	1/4	1/9	1	0,227	0,018	0,163	8,897
<b>TOPLAM</b>	4,58	7,34	17,75	13,25	31,50	23,75	2,55	43,00	12,405	$\lambda_{\max}=8,507$		
Tutarlılık İndeksi = 0,072			Tutarlılık Oranı = 0,051 < 0,10						matris tutarlıdır			

**Çizelge 6.5** Serviste meydana gelen kazaların neden olduğu üretimde aksama kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

ÜA	Aİ	H	AT	LV	AMB	KS	AO	ST	wi	Wi	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Aİ	1	2	5	4	7	6	1/3	8	2,860	0,234	2,022	8,657
H	1/2	1	3	2	6	5	1/3	7	1,951	0,159	1,317	8,265
AT	1/5	1/3	1	1/2	4	3	1/6	5	0,872	0,071	0,613	8,615
LV	1/4	1/2	2	1	4	3	1/4	6	1,207	0,099	0,820	8,325
AMB	1/7	1/6	1/4	1/4	1	1/3	1/8	3	0,345	0,028	0,246	8,734
KS	1/6	1/5	1/3	1/3	3	1	1/7	3	0,513	0,042	0,362	8,631
AO	3	3	6	4	8	7	1	9	4,262	0,348	3,041	8,737
ST	1/8	1/7	1/5	1/6	1/3	1/3	1/9	1	0,237	0,019	0,164	8,474
<b>TOPLAM</b>	5,38	7,34	17,78	12,25	33,33	25,67	2,46	42,00	12,247	$\lambda_{\max}=8,555$		
Tutarlılık İndeksi = 0,079			Tutarlılık Oranı = 0,056 < 0,10						matris tutarlıdır			

Karar seçeneklerinden olan yer altı ve yer üstü servislerinin **serviste meydana gelen kaza çeşitliliği** kriterine göre matris Çizelge 6.6'da, **serviste meydana gelen kazaların ekonomik etkileri** kriterine göre matris Çizelge 6.7'de verilmiştir.

**Çizelge 6.6** Serviste meydana gelen kaza çeşitliliği kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

KÇ	Aİ	H	AT	LV	AMB	KS	AO	ST	wi	Wi	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Aİ	1	3	4	5	9	7	5	8	4,441	0,366	3,223	8,807
H	1/3	1	2	3	8	6	4	7	2,683	0,221	1,934	8,748
AT	1/4	1/2	1	2	6	4	1/3	5	1,333	0,110	0,930	8,463
LV	1/5	1/3	1/2	1	6	4	1/5	5	0,972	0,080	0,722	9,008
AMB	1/9	1/8	1/6	1/6	1	1/3	1/5	1/2	0,237	0,020	0,174	8,891
KS	1/7	1/6	1/4	1/4	3	1	1/3	2	0,483	0,040	0,335	8,413
AO	1/5	1/4	3	5	5	3	1	5	1,655	0,136	1,348	9,884
ST	1/8	1/7	1/5	1/5	2	1/2	1/5	1	0,330	0,027	0,229	8,412
<b>TOPLAM</b>	2,36	5,52	11,12	16,62	40,00	25,83	11,27	33,50	12,134	λ <sub>max</sub> =8,828		
Tutarlılık İndeksi =0,118			Tutarlılık Oranı =0,084 < 0,10						matris tutarlıdır			

**Çizelge 6.7** Serviste meydana gelen kazaların ekonomik etkileri kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

EE	Aİ	H	AT	LV	AMB	KS	AO	ST	wi	Wi	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Aİ	1	1	2	2	4	4	1/3	4	1,743	0,167	1,352	8,107
H	1	1	2	2	4	4	1/3	4	1,743	0,167	1,352	8,107
AT	1/2	1/2	1	1	3	2	1/3	3	1,052	0,101	0,814	8,084
LV	1/2	1/2	1	1	3	2	1/4	3	1,015	0,097	0,785	8,085
AMB	1/4	1/4	1/3	1/3	1	2	1/7	1/2	0,422	0,040	0,352	8,710
KS	1/4	1/4	1/2	1/2	1/2	1	1/5	2	0,486	0,046	0,398	8,560
AO	3	3	3	4	7	5	1	7	3,571	0,342	2,830	8,284
ST	1/4	1/4	1/3	1/3	2	1/2	1/7	1	0,422	0,040	0,342	8,483
<b>TOPLAM</b>	6,75	6,75	10,17	11,17	24,50	20,50	2,74	24,50	10,454	λ <sub>max</sub> =8,303		
Tutarlılık İndeksi = 0,043			Tutarlılık Oranı = 0,031 < 0,10						matris tutarlıdır			

Her bir kriterin kendi içinde ikili karşılaştırma matrisi ve her bir kriter için karar seçenekleri olan servislerin ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı çıkması, oluşturulan matrislerde kullanılan verilerin doğruluğunu göstermektedir. Sekiz karar seçeneğinin her bir kriterine göre öncelikleri Çizelge 6.8'de verilmektedir.

**Çizelge 6.8** Karar seçenekleri olan servislerin her bir kritere göre öncelikleri.

	KS	BE	İGK	ÜA	KÇ	EE
<b>Ayak İçi</b>	0,314	0,315	0,218	0,234	0,366	0,167
<b>Hazırlık</b>	0,226	0,223	0,157	0,159	0,221	0,167
<b>Atölyeler</b>	0,109	0,041	0,072	0,071	0,110	0,101
<b>Lavvar</b>	0,074	0,113	0,120	0,099	0,080	0,097
<b>Ambarlar</b>	0,040	0,028	0,028	0,028	0,020	0,040
<b>Karo Sahası</b>	0,026	0,065	0,042	0,042	0,040	0,046
<b>Açıkocak</b>	0,193	0,195	0,344	0,348	0,136	0,342
<b>Sos.Tesisler</b>	0,018	0,020	0,018	0,019	0,027	0,040

Belirlenen kriterlere göre karar seçenekleri olan servislerin önceliklendirilmesi, kriterlerin öncelikleri ile karar seçenekleri olan servislerin her bir kritere göre önceliklerinin çarpılmasıyla elde edilir. AHP'ye göre elde edilen karar seçeneği öncelikleri Çizelge 6.9'da verilmiştir.

**Çizelge 6.9** Karar seçenekleri olan HTEA uygulanacak servislerin seçim öncelikleri.

Servisler	Öncelik Değerleri
Ayak İçi	0,282
Hazırlık	0,201
Atölyeler	0,076
Lavvar	0,099
Ambarlar	0,031
Karo Sahası	0,046
Açıkocak	0,243
Sosyal Tesisler	0,022

Çizelge 6.9 incelendiğinde servis seçiminde **0,282 ile ayak içi servisi** en büyük öneme sahiptir. Bu nedenle HTEA çalışması ayak içi servisinde meydana gelen iş kazalarına uygulanmıştır.

Analitik Hiyerarşi Süreci için Microsoft Excel'de yapılan hesaplamalar Expert Choice paket programında da yapılmış ve sonuçlar Ek-2'de verilmiştir. Rakamlar arasında küçük farklılıklar oluşmuş ancak sonuç itibarıyla en önemli servis her iki hesaplamada da Ayak İçi çıkmıştır.

## 6.2 HTEA Uygulaması

Tunçbilek Garp Linyitleri İşletmesi'nde gerçekleştirilen servis HTEA'nın yürütüldüğü aşamalar şunlardır:

- HTEA kapsamının belirlenmesi
- HTEA takımının oluşturulması
- Olası hata türlerinin belirlenmesi
- Olası hata etkilerinin, nedenlerinin ve mevcut kontrollerin belirlenmesi
- Ortaya çıkma, ağırlık, saptama ve RÖS değerlerinin hesaplanması
- RÖS'e göre hataların sıralanması, alınacak önlemlerin belirlenmesi
- Öngörülen önlemlerin uygulanmasından sonra ortaya çıkma, ağırlık, saptama ve RÖS değerlerinin yeniden hesaplanması

### 6.2.1 HTEA kapsamının belirlenmesi

Tunçbilek Garp Linyitleri İşletmesi'nde yapılacak olan risk değerlendirme çalışmasında Servis HTEA seçilmiştir. Risk değerlendirme kapsamı olarak AHP ile belirlenen Ayak içi biriminde meydana gelen kazalar ele alınacak ve değerlendirilecektir. Ayak içinde 1996-2007 yılları arasında meydana gelen kazalar ekler kısmında verilmiştir(Bkz. Ek-3).

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın 25747 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Risk Grupları Listesi Tebliğine göre Tunçbilek Garp Linyitleri İşletmesi V.Risk Grubundadır[3]. Bu grup İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda etkin çalışmaların yapılması gereken işletmeleri içermektedir. Risk değerlendirme ise İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmalarında temel oluşturmaktadır. Buna paralel olarak GLİ Tunçbilek İşletmesi'nde elde edilen veriler dahilinde HTEA takımıyla yapılan incelemede çok sayıda iş kazası meydana geldiği belirlenmiştir. Meydana gelen bu iş kazalarının çalışanlar ve işletme açısından ne gibi sonuçlar doğurduğu da araştırılmıştır. Çalışmanın başında yapılan AHP değerlendirme sonuçlarına göre kazaların en büyük etkisi çalışanlara bedensel olarak zarar vermesidir. Yine HTEA takımı tarafından AHP ile HTEA uygulaması yapılacak servis "ayak içi" olarak belirlenmiştir. HTEA ile risk değerlendirme çalışması ayak içi servisinde yapılacak ve sonuçlar üzerinde iyileştirme yapıp yapılmayacağına karar verilecektir.

### 6.2.2 HTEA takımının oluşturulması

HTEA takımı işletme çalışanlarından seçilmiş olup işçi sağlığı ve iş güvenliği başmühendisi, işçi sağlığı ve iş güvenliği teknikeri, istihsal başmühendisi, hazırlık başmühendisi, maden mühendisi ve yeraltı çavuşu olmak üzere altı kişiden oluşmaktadır.

### 6.2.3 Olası hata türlerinin belirlenmesi

Olası hata türleri ayak içinde aşağıda verildiği gibi belirlenmiştir.

**HT1:** İş makineleri dışındaki makinelere kaynaklanan hata türü.

**HT2:** İş makinelerinden kaynaklanan hata türü.

**HT3:** Kullanılan el aletlerinden kaynaklanan hata türü.

**HT4:** Ayakta, hazırlıkta ve ocak yollarında göçük, taş veya kömür düşmesinden kaynaklanan hata türü.

**HT5:** Tahkimat malzemesi ve diğer malzemelerin (nakliyat, tamir-bakım, montaj-demontaj hariç) düşmesi sonucu oluşan hata türü.

**HT6:** Hareket halinde veya duran bir malzemenin çarpması veya malzemeye çarpmak sonucu oluşan hata türü.

**HT7:** Herhangi bir şeyi elle taşıma sırasında oluşan hata türü.

**HT8:** Herhangi bir şeyi mekanik olarak taşıma sırasında oluşan hata türü.

**HT9:** Elle taşıma, mekanik taşıma, makine, iş makinesi ve el aletleri nedenleri dışında oluşan hata türü.

### 6.2.4. Olası hata etkilerinin, nedenlerinin ve mevcut kontrollerin belirlenmesi

Belirlenen hata türlerinin etkileri de aşağıdaki gibidir:

**E1:** Baş, el, ayak ve gövdeden yaralanma.

**E2:** Baştan yaralanma.

**E3:** Baş, el, gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma.

**E4:** Baş, el, ayak, kol, bacak, gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma.

**E5:** Baş, el, ayak, kol, bacak, gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma ve ölüm.

**E6:** Baş, el, ayak, kol, bacak, gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma.



**E7:** Baş, el, ayak, kol, bacak ve gövdeden yaralanma.

**E8:** Baş, el ve ayaktan yaralanma.

**E9:** El, ayak, kol, bacak ve gövdeden yaralanma.

Belirlenen hata türlerinin nedenleri de aşağıdaki gibidir:

**İş makineleri dışındaki makinelerden kaynaklanan hata türü ve hata nedenleri:**

Makine veya bir parçasının çalışanın üzerine düşmesiyle; Makine veya bir parçasının çalışana çarpması, vurmasıyla; Basınçlı hava veya hidrolik hortumlarının patlamasıyla; Uzuvsıkışmasıyla; Uzuvlara çapak, yonga vs. batmasıyla; Çalışanların makine parçasını kaldırırken veya zorlanma sonucu belini incitmesiyle; Makinelerden kaynaklanan diğer nedenlerdir.

**İş makinelerinden kaynaklanan hata türü ve hata nedenleri:**

İş makinesi üzerinde çalışırken düşme nedeniyle oluşur.

**Kullanılan el aletlerinden kaynaklanan hata türü ve hata nedenleri:**

El aleti ile çalışanın kendisine vurması, kesmesi veya el aletlerinin üzerine düşmesiyle; El aleti ile çalışırken zorlanma sonucu belini incitmesiyle; El aleti ile çalışırken zorlanma sonucu düşmeyle; El aletlerine bağlı olarak oluşan diğer nedenlerdir.

**Ayakta, hazırlıkta ve ocak yollarında göçük, taş veya kömür düşmesinden kaynaklanan hata türü ve hata nedenleri:**

Ayakta kazı yaparken taş veya kömür düşmesiyle; Ayakta arkadan kömür çekerken taş veya kömür düşmesiyle; Ayakta tahkimat yaparken veya sökerken taş veya kömür düşmesiyle; Ayakta temizlik yaparken, malzeme çekerken ve diğer sebepler nedeniyle; Ayak montajı-demontajı sırasında taş veya kömür düşmesiyle; Hazırlıklarda kazı yaparken taş veya kömür düşmesiyle; Ocak yollarında tamir-tarama yaparken taş veya kömür düşmesiyle oluşan nedenlerdir.

**Tahkimat malzemesi ve diğer malzemelerin düşmesi sonucu oluşan hata türü ve hata nedenleri:**

Tahkimatı kurarken tahkimat malzemesi düşmesiyle; Tahkimatı sökerken tahkimat malzemesi düşmesiyle; Kurulu tahkimatın düşmesiyle; Herhangi bir şeyin çalışanın üzerine

düşmesiyle; Tutulan herhangi bir şeyin çalışan üstüne düşmesiyle; Malzeme düşmesi sonucu meydana gelen diğer nedenlerdir.

**Hareket halinde veya duran bir malzemenin çarpması veya malzemeye çarpmak sonucu oluşan hata türü ve hata nedenleri:**

Hareket halindeki bir şeyin çarpması, vurmasıyla; Çalışanların yeraltında duran tahkimat parçalarına çarpmasıyla; Çalışanların duran bir malzemeye çarpması ve vurmasıyla; Malzemenin çalışanlara çarpması sonucu oluşan diğer nedenlerdir.

**Herhangi bir şeyi elle taşıma sırasında oluşan hata türü ve hata nedenleri:**

Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken, indirirken çalışanın üzerine düşmesiyle; Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken indirirken düşmeyle; Herhangi bir şeyi elle taşıırken kaldırırken indirirken uzuv sıkışmasıyla; Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken, indirirken belini incitmeyle; Malzeme çarpması sonucu oluşan diğer nedenlerdir.

**Herhangi bir şeyi mekanik olarak taşıma sırasında oluşan hata türü ve hata nedenleri:**

Konveyörlerin hareketli aksamalarının çarpması, vurması, sıkıştırmasıyla; Diğer nakliyat ünitelerinin çarpması, vurması, sıkıştırmasıyla; Nakliyat ünitelerinden çalışanların üzerine herhangi bir şey düşmesiyle; Mekanik taşıma sırasındaki diğer nedenlerdir.

**Elle taşıma, mekanik taşıma, makine, iş makinesi ve el aletleri nedeniler haricinde oluşan hata türü ve hata nedenleri:**

Yürürken düşmeyle; Diğer düşmelerle; Tahkimatı yaparken veya sökerken uzuv sıkışmasıyla; Tahkimat yaparken veya sökerken bel incinmesiyle; Ayak burkulmasıyla; Çivi batmasıyla oluşan nedenlerdir.

**Tüm hatalar için kontrol faaliyetleri:**

Kişisel koruyucu donanım(KKD) kullanımı, uyarı levhaları, eğitim, periyodik bakım ve kontroller, güvenlik önlemleri, güvenlik denetimleri, talimatlar şeklindedir.

**6.2.5.Ortaya çıkma, ağırlık, saptama ve RÖS değerlerinin hesaplanması**

Çalışmanın bu aşamasında olasılık, ağırlık, saptanabilirlik ve risk öncelik sayısı (RÖS) belirlenir. Bunun için literatürde kabul görmüş Pillay ve Wang'ın oluşturduğu HTEA bileşenleri tablosundan yararlanılarak “**olasılık**” değerleri için Çizelge 6.10'daki gibi, “**ağırlık**”

değerleri için Çizelge 6.11'deki gibi, “**saptanabilirlik**” değerleri için Çizelge 6.12'deki gibi uyarlanmıştır.

Olasılık: 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. Çizelge 3.2 dikkate alınarak Servis HTEA olasılık değerleri Çizelge 6.10'daki gibi düzenlenmiştir.

**Çizelge 6.10** Servis HTEA, hatanın ortaya çıkma sıklığı ve derecesi.

Hata Oluşma Sıklığı	Ölçüt	Hatanın Olasılığı	Derece
Pek Az	Belirlenen serviste hata yoktur	1/1 500 000'den düşük	1
Düşük	Serviste nispeten az olan hatayla ilgilidir	1/150 000	2
		1/15 000	3
Orta	Serviste ara sıra olan hatayla ilgilidir	1/2 000	4
		1/400	5
		1/80	6
Yüksek	Serviste tekrar <u>tekrar</u> olan hatayla ilgilidir	1/20	7
		1/8	8
Çok Yüksek	Serviste kaçınılmaz olan hatayla ilgilidir	1/3	9
		1/2 'den fazla	10

Ağırlık (şiddet): Hata şekillerinin olası sonuçlarını, niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmek amacıyla sınıflandırma yapılır. Şiddetlilik sınıflandırması olarak adlandırılan bu sınıflandırmada analiz edilen her bir servisin, hata türünün sonuçlarının kayıp ile ifadesidir. Kayıplar servisin hasar görmesi, fonksiyonunu yitirmesi, can kaybı, yaralanma şeklinde ortaya çıkar. Kayıp miktar ve çeşitleri, hata etkisinin derecesini belirler. Çizelge 3.3 dikkate alınarak Servis HTEA ağırlık derecelendirme değerleri Çizelge 6.11'de düzenlenmiştir.

**Çizelge 6.11** Servis HTEA, ağırlık derecelendirme değerleri.

<b>Etki</b>	<b>Etkinin Önem Derecesi</b>	<b>Derece</b>
Tehlike Yok	Hatanın hiçbir etkisi yok	1
Çok Az Tehlike	Hatanın etkisi iş güvenliği açısından çok az tehlikeli	2
Az Tehlike	Hatanın etkisi iş güvenliği açısından az tehlikeli	3
Çok Düşük Tehlike	Operatörün zarar görmesi ihtimali düşük, hatanın etkisi iş güvenliği açısından çok düşük tehlikeli	4
Düşük Tehlike	Operatörün zarar görmesi ihtimali düşük, hatanın etkisi iş güvenliği açısından düşük tehlikeli	5
Orta Tehlike	Operatör ortaya çıkan hata nedeniyle ortalama düzeyde risk altında, hatanın etkisi iş güvenliği açısından orta tehlikeli	6
Yüksek Tehlike	Hata etkisi yüksek, yaralanma olasılığı yüksek	7
Çok Yüksek Tehlike	Hatanın etkisi çok yüksek operatör yüksek risk altında	8
Tehlike Uyararak Gelir	Hata türü uyarı vererek ortaya çıkar, etkisi çok fazla ve operatörün yaralanma/ölme riski çok yüksek	9
Tehlike Uyarısız Gelir	Hata türü uyarısız ortaya çıkar, etkisi çok fazla ve operatörün yaralanma/ölme riski çok yüksek	10

**Saptanabilirlik (keşfedilebilirlik):** 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. Çizelge 3.4 dikkate alınarak Servis HTEA saptanabilirlik değerleri Çizelge 6.12’de düzenlenmiştir.

**Çizelge 6.12** Servis HTEA saptanabilirlik değerleri.

<b>Saptanabilirlik</b>	<b>Saptanabilirlik İhtimali</b>	<b>Derece</b>
İmkânsız	Hatanın saptanabilirliği mümkün değil	10
Çok Zor	Hatanın saptanabilirliği çok zor	9
Zor	Hatanın saptanabilirliği zor	8
Çok Az	Hatanın saptanabilirliği çok az	7
Az	Hatanın saptanabilirliği az	6
Orta	Hatanın saptanabilirliği orta	5
Ortanın Üstü	Hatanın saptanabilirliği ortanın üstünde	4
Yüksek	Hatanın saptanabilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Hatanın saptanabilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Hatanın saptanabilirliği hemen hemen kesin	1

**RÖS (Risk Öncelik Sayısı):** Risk öncelik sayısı kritiklik sayısı göstergesidir. RÖS olasılık, ağırlık ve saptanabilirliğin çarpılmasıyla hesaplanır.

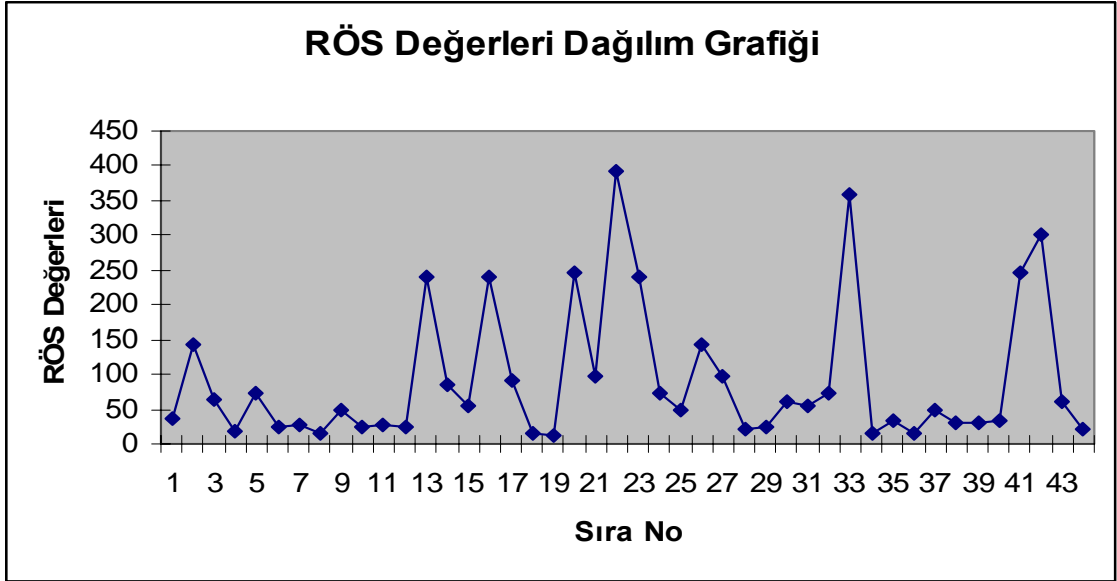
### 6.2.6 RÖS'e göre hataların sıralanması, alınacak önlemlerin belirlenmesi

Bu bölümde RÖS değerleri formül(4) kullanılarak hesaplanmış ve HTEA formuna göre oluşturulan tablo Çizelge 6.13'te verilmiştir.

**Çizelge 6.13** RÖS değerleri sıralaması.

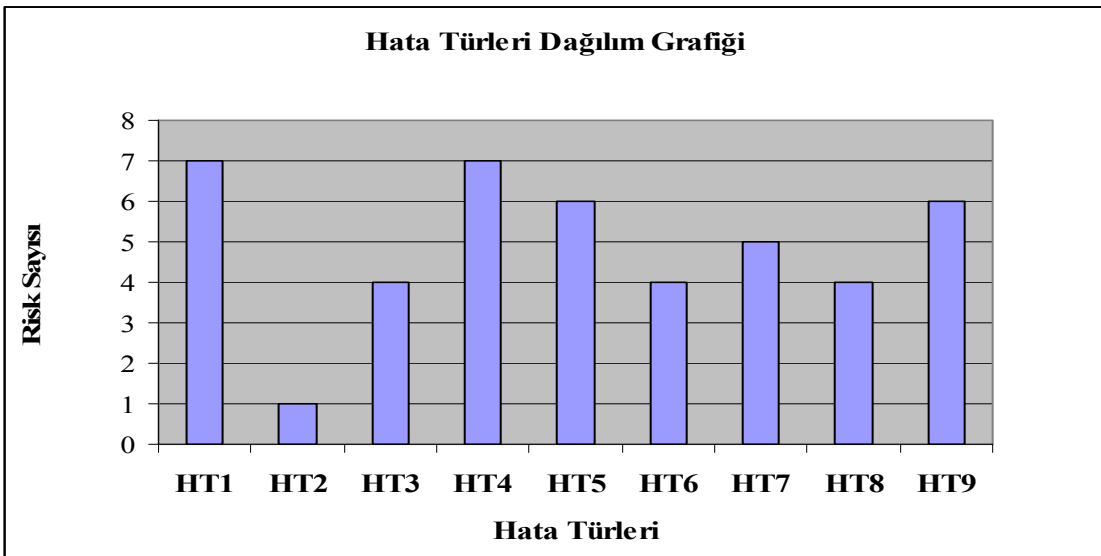
Sıra No	RÖS	Sıra No	RÖS
1	35	23	240
2	144	24	72
3	64	25	49
4	18	26	144
5	72	27	96
6	24	28	20
7	27	29	24
8	14	30	60
9	50	31	56
10	24	32	72
11	28	33	360
12	24	34	16
13	240	35	32
14	84	36	16
15	56	37	48
16	240	38	30
17	90	39	30
18	16	40	32
19	12	41	245
20	245	42	300
21	96	43	60
22	392	44	20

Çizelge 6.13 göz önünde tutularak her bir RÖS değeri önem sırasına göre büyükten küçüğe sıralanmış ve önlem alınması gerekli faaliyetler  $RÖS > 100$  olarak, önlem alınabilir faaliyetler de  $40 < RÖS < 100$  olarak belirlenmiştir.  $RÖS < 40$  çıkan değerlere ise herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Çizelge 6.13'teki RÖS değerlerinin eşit çıktığı durumda HTEA yöntemi gereğince "Ağırlık" değeri yüksek olan alınmış ve o eşitse "Saptanabilirlik" değeri yüksek olan alınmış ve en son olarak da "Olasılık" değeri göz önünde tutulmuştur. RÖS değerlerinin eşit olduğu hatalarda üç bileşenin de eşit çıkması durumunda HTEA takımının ön gördüğü RÖS değeri daha ön sırada yer almıştır. Hesaplanan söz konusu RÖS değerlerinin grafiksel olarak dağılımı Şekil 6.9'da verilmektedir.



Şekil 6.1 RÖS değerleri dağılım grafiği.

RÖS değerleri belirlendikten sonra her bir hata türüne göre risklerin dağılımı HTEA formundan yararlanılarak belirlenmiş ve yoğunluğun hangi hata türlerinde olduğu saptanmıştır. HT1 ve HT4 hataların en yoğun olduğu hata türleridir. Daha sonra ise HT5 ve HT9 gelmekte bu sıra HT7, HT3-HT6-HT8, HT2 şeklinde devam etmektedir. Hata türlerine göre dağılım Şekil 6.10'da grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 6.2 Hata türlerine göre dağılım grafiği.

Çizelge 6.14'te sıralaması yapılmış RÖS değerleri ve alınacak önlemler verilmektedir. Burada “risk sıralaması” riskin büyüklük derecesini, “sıra no” ise HTEA formuna göre sıralamayı göstermektedir. HTEA takım yargısıyla birlikte geçmişteki veriler göz önünde bulundurularak alınacak önlemler belirlenmiş ve çözüm için en etkin değerlendirme yapılmaya çalışılmıştır.

**Çizelge 6.14** RÖS değerlerinin büyükten küçüğe sıralanması ve alınacak önlemler.

Risk Sayısı	Sıra No	RÖS Değeri	Alınacak Önlemler
1	22	392	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi
2	33	360	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting trolley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak
3	42	300	1.Dikkat, 2.Sürekli eğitim
4	41	245	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı levhaları, 3.Dikim-söküm sırasında kullanılan aletlerin tamir-bakım, yenilenmesi, 4.Dikkat
5	20	245	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi
6	23	240	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi
7	13	240	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak
8	16	240	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak
9	26	144	1.Nakliye araçlarına malzemelerin düzgün olarak istiflenmesini sağlamak, 2.Tamir-bakım ve gerekliyse yenileme, 3.Sürekli eğitim
10	2	144	1.Bakım, 2.Yenileme, 3.Sürekli iş güvenliği eğitimi



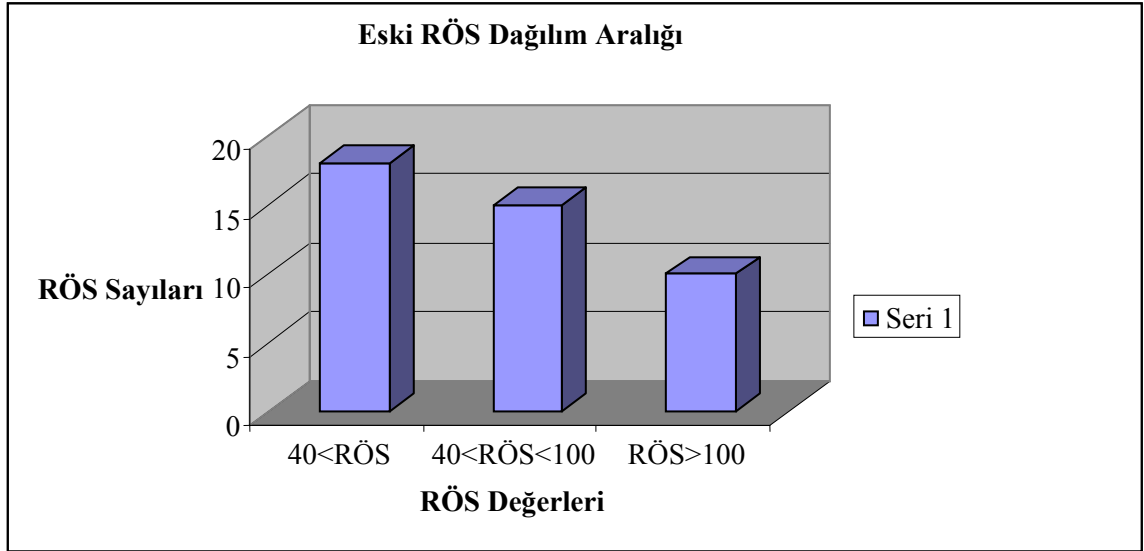
**Çizelge 6.14** RÖS değerlerinin büyükten küçüğe sıralanması ve alınacak önlemler(Devam).

Risk Sayısı	Sıra No	RÖS Değeri	Alınacak Önlemler
11	21	96	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi
12	27	96	1.Ayak içerisindeki tahkimatların düzgün sıralanması ve yüksekliklerinin eşit olması, 2.Kama ve sarmaların tavandan aşağıya doğru çıkıntı yapmasının engellenmesi
13	17	90	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak
14	14	84	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak
15	24	72	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.KKD Kullanım Denetimi
16	5	72	1.Eğitimlerle çalışanların dikkatinin artmasının sağlanması
17	32	72	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting trolley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak
18	3	64	1.Bakım, 2.Yenileme, 3.Eğitimin sürekliliği 4.Denetimin sürekliliği
19	30	60	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting trolley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak
20	43	60	1.KKD kullanımının denetlenmesi

Çizelge 6.14 RÖS değerlerinin büyükten küçüğe sıralanması ve alınacak önlemler(Devam).

Risk Sayısı	Sıra No	RÖS Değeri	Alınacak Önlemler
21	31	56	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting trolley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak
22	15	56	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak
23	9	50	1.Sürekli eğitim, 2.Bakım 3.Gerekliyse yenileme, 4.Çalışanları uyarıcı levhalar
24	25	49	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.KKD Kullanım Denetimi
25	37	48	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı levhaları kullanmak, 3.Nakliyat ünitelerinin sürekli bakımı, gerekiyorsa tamiri, 4.Eksik parçaların (makara, emniyet halatı, muhafaza, geçiş köprüleri gibi) tamamlanması
26	1	35	Önlem gerekli değil
27	35	32	Önlem gerekli değil
28	40	32	Önlem gerekli değil
29	38	30	Önlem gerekli değil
30	39	30	Önlem gerekli değil
31	11	28	Önlem gerekli değil
32	7	27	Önlem gerekli değil
33	6	24	Önlem gerekli değil
34	29	24	Önlem gerekli değil
35	10	24	Önlem gerekli değil
36	12	24	Önlem gerekli değil
37	28	20	Önlem gerekli değil
38	44	20	Önlem gerekli değil
39	4	18	Önlem gerekli değil
40	18	16	Önlem gerekli değil
41	36	16	Önlem gerekli değil
42	34	16	Önlem gerekli değil
43	8	14	Önlem gerekli değil
44	19	12	Önlem gerekli değil

RÖS değerlerinin sıralaması yapıldıktan sonra dağılım aralığı belirlenmiş ve toplam 10 risk değeri önlem alınması zorunlu olarak, 15 risk değeri önlem alınabilir olarak çıkmıştır. Buna göre oluşturulmuş RÖS dağılım aralığı grafiği Şekil 6.11’de verilmiştir.



Şekil 6.3 Eski RÖS değerleri dağılım grafiği.

Alınacak önlemler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

**Ayak içerisinde sürekli denetim:**

Ayak içerisinde mühendis, vardiya sorumlusu, vardiya sorumlusu yardımcısı ve ayak içi nezaretçileri tarafından sürekli denetim yapılmaktadır. Çalışma esnasında ayakta en az “1” nezaretçi mutlaka bulunmaktadır.

**Sürekli eğitim:**

Dönemler halinde ocakta çalışan personele geliştirme ve tekamül(olgunlaşma) kursları verilmektedir.

**Tamir-bakım:**

Ocakta arızalara ve arızalanma ihtimali bulunan ekipmanların tamir-bakım işleri yapılmaktadır. Ayrıca her ekipmanın periyodik bakımı vardır.

**Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi:**

Ekonomik ömrünü dolduran malzeme kullanılmayıp yenisiyle değiştirilmektedir. Yeni malzemenin alımında teknik personelin, nezaretçilerin ve çalışan işçilerin görüşleri alınmaktadır. Uzman kişiler tarafından belirli sayılardaki numuneler denenmekte ve uygun olanı seçilerek teknik araştırmalardan sonra alım yapılmaktadır.

**Uyarı ve ikazların artırılması:**

Belirli periyotlarda ocak sorumlusu(teknik personel) tarafından çalışan personelin dikkatini artırmak için bilgilendirme ve uyarı konuşmaları yapılmaktadır. Uyarıları dikkate almayanlara da cezalar verilmektedir.

**Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması:**

Gelişen her teknolojidenden yararlanılmakta ve makine kullanımları artırılmaktadır.

**Ocak içerisinde kulikar, monoray, shunting trolley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak:**

Kısa mesafelerde vinç yerine shunting trolley kullanılmakta, uzun mesafelerde ise kulikar ve monoray kullanılmaktadır.

**Dikim-söküm sırasında kullanılan aletlerin tamir-bakım, yenilenmesi:**

Sürekli tamir-bakım ve yenileme yapılmakta ve kaliteli malzeme kullanılmaktadır.

**Ekstra güvenlik tedbirleri:**

Gerekli görülen her güvenlik tedbiri alınmakta ve uygulanmaktadır.

**İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak:**

Ortada yetersizlik varsa ilave yapılmakta ve tavan sağlamlaştırılmaktadır.

**Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak:**

Her durumda uyarı levhaları hazırlanarak tüm personelin daha dikkatli davranması sağlanmaktadır.

**Nakliye araçlarına malzemelerin düzgün olarak istiflenmesini sağlamak:**

Nakliye işlemleri, nakliyata nezaret eden eğitimli kişiler tarafından yapılmaktadır. İstiflenen malzemelerin sarkması sonucu sağa sola çarpması engellenmektedir.

**Ayak içerisindeki tahkimatların düzgün sıralanması ve yüksekliklerinin eşit olması:**

Tahkimatlar arası mesafe 60 cm'dir. İlave yüklerin geldiği bölümlerde mesafe azaltılmakta ve tahkimat sayısı artırılmaktadır. Tahkimat yüksekliği klasik panoda 180-200 cm arasında, mekanize panoda ise 300-320 cm arasında olmasına dikkat edilmektedir. Bu mesafelere teknik elemanlar karar vermektedir.

**Kama ve sarmaların tavandan aşağıya doğru çıkıntı yapmasının engellenmesi:**

Kırılan kama(ağaç olanlar) ve sarmaların(demir olanlar) insanlara zarar vermemesi için değiştirilmektedir.

**KKD denetimi:**

Teknik personel tarafından sürekli olarak denetlenmektedir.

**Nakliyat ünitelerinin sürekli bakımı, gerekiyorsa tamiri:**

Vardiyalık, günlük, haftalık bakımları yapılmakta ve eğer değiştirilmesi gerekenler var ise değiştirilmektedir.

**Eksik parçaların (makara, emniyet halatı, muhafaza, geçiş köprüleri gibi) tamamlanması:**

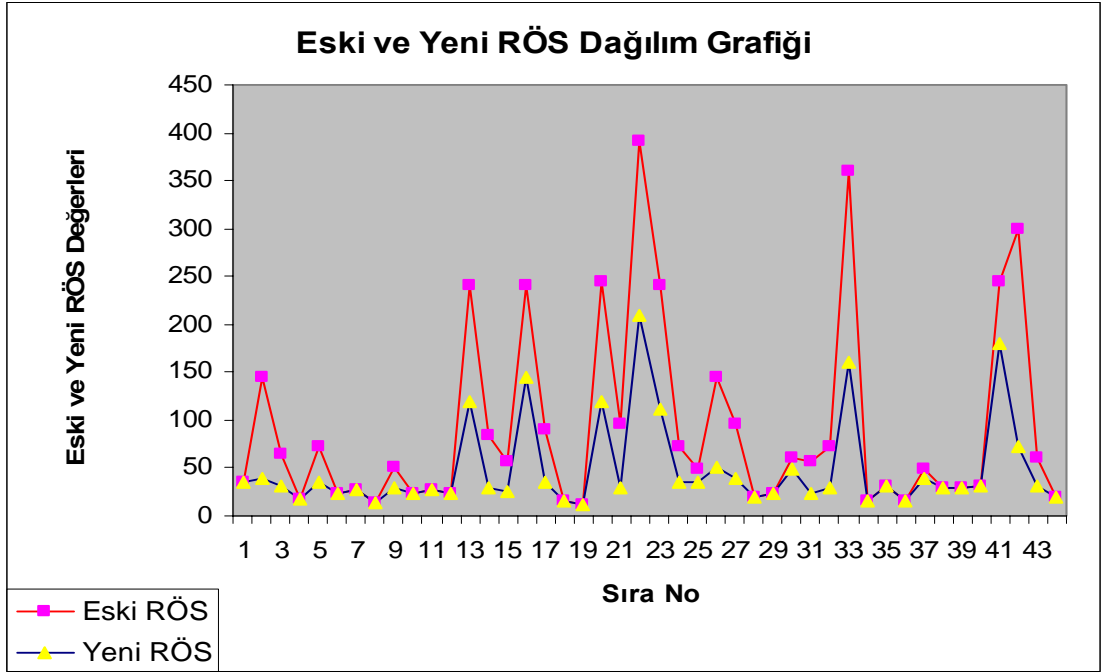
Eğer beklenmeyen bir şekilde kopma vs. meydana gelirse hemen değişim gerçekleştirilmekte, kesinlikle eksik parçayla çalışılmamaktadır.

**6.2.7 Öngörülen önlemlerin uygulanmasından sonra ortaya çıkma, ağırlık, saptama ve RÖS değerlerinin yeniden hesaplanması**

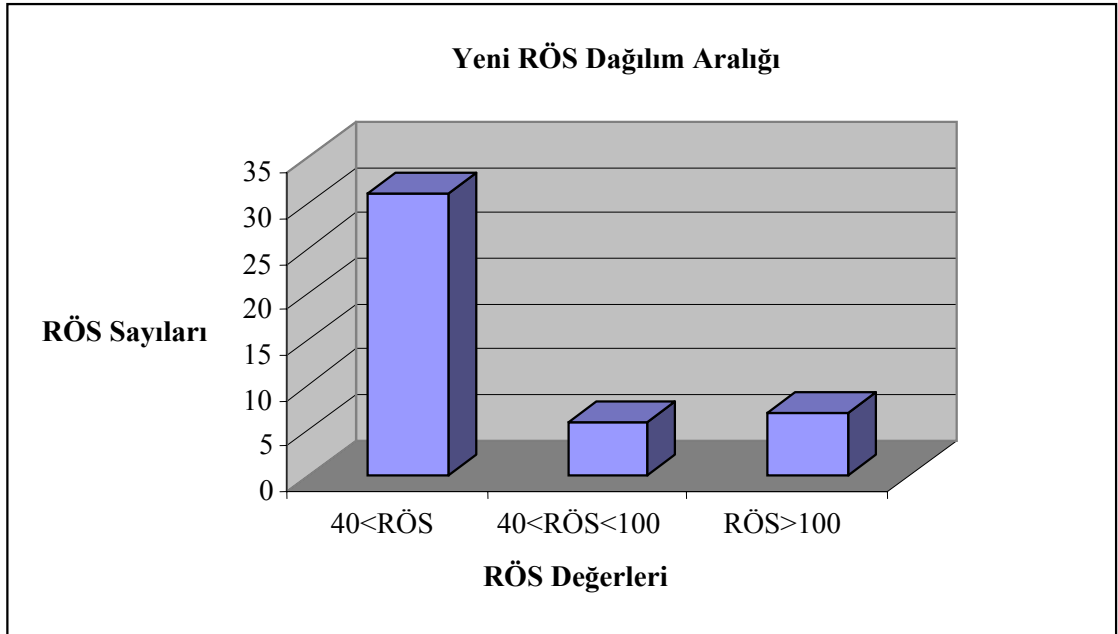
İyileştirme için gerekli koşullar HTEA takımı tarafından belirlendikten sonra yaklaşık iki aylık zaman diliminde alınabilecek önlemler uygulanmıştır. Uygulama sonucunda olasılık, ağırlık ve saptanabilirlik değerleri takım tarafından yeniden belirlenerek RÖS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda yapılan iyileştirmelerin isabetli olduğu görülmüştür. Yapılan bu iyileştirmeyle oluşan yeni RÖS değerlerinin 7 tanesi RÖS>100, 6 tanesi 40<RÖS<100 ve 31 tanesi de RÖS<40 şeklinde dağılım göstermiştir. Çizelge 6.15'te eski ve yeni RÖS değerleri Şekil 6.12'de ise eski ve yeni RÖS değerleri grafik olarak verilmektedir. Şekil 6.13'de ise yeni RÖS değerleri dağılım aralığı grafiği verilmektedir.

Çizelge 6.15 Eski ve yeni RÖS değerleri.

Sıra No	Eski RÖS	Yeni RÖS	Sıra No	Eski RÖS	Yeni RÖS
1	35	35	23	240	112
2	144	40	24	72	35
3	64	32	25	49	35
4	18	18	26	144	50
5	72	36	27	96	40
6	24	24	28	20	20
7	27	27	29	24	24
8	14	14	30	60	48
9	50	30	31	56	24
10	24	24	32	72	30
11	28	28	33	360	160
12	24	24	34	16	16
13	240	120	35	32	32
14	84	30	36	16	16
15	56	25	37	48	40
16	240	144	38	30	30
17	90	36	39	30	30
18	16	16	40	32	32
19	12	12	41	245	180
20	245	120	42	300	72
21	96	30	43	60	32
22	392	210	44	20	20



Şekil 6.4 Eski ve yeni RÖS değerleri dağılım grafiği.



Şekil 6.5 Yeni RÖS değerleri dağılım aralığı.

## 7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Uygulamada birden çok problemle karşı karşıya gelinmesi olasıdır. İşletmeler bu problemleri aynı anda çözerek sıfır hataya sahip olmak isterler. Ancak doğru olan yaklaşım bu problemleri önceliklendirip en önemli olandan başlayarak çözüm yoluna gitmektir. HTEA yöntemi problemleri oluşturan hataları önceliklendirerek daha büyük risk taşıyanların daha önce çözüm yoluna gidilerek önlenmesi ve ortadan kaldırılmasını kolaylaştıran bir yöntemdir.

Çalışmaya ilk olarak HTEA takımı kurularak başlanmış ve çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan AHP modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde takım yargısıyla kriterler ve karar seçenekleri belirlenmiş ve böylelikle çıkan sonuca göre çalışma “ayak içi” servisinde yürütülmüştür. Zaman, maliyet ve kaynakların kısıtlı olması nedeniyle tüm işletme genelinde HTEA uygulamak yerine AHP yöntemiyle tek birime indirgenerek önceliklendirme yapılmış ve hem çalışmanın daha iyi koordine edilmesi sağlanmış hem de 72 hata yerine 44 hatayla Servis HTEA’sı yapılmıştır.

Yürütülen Servis HTEA kapsamına göre HTEA bileşenleri olan olasılık, ağırlık ve saptanabilirlik değerleri geçmiş istatistikî verilere ve takım yargısına dayanılarak verilmiştir. Her bir hatanın RÖS değeri elde edilmiş ve çıkan sonuçlar “önlem alınması zorunlu”, “önlem alınabilir” ve “önlem alınması gerekmeyen” şeklinde ayrılmıştır. RÖS değeri yüksek olan hataların öncelik sıralamasından sonra alınabilecek önlemler belirlenmiş ve her bir hata için iyileştirmeler uygulanmıştır. Yapılan iyileştirme faaliyetlerinin ardından yeniden hesaplanan RÖS değerlerinin “önlem alınması zorunlu” grupta bulunanlarının “önlem alınabilir” ve “önlem alınması gerekmeyen” gruplara gerilediği gözlemlenmiştir.

Çalışmada elde edilen en önemli sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıda özet olarak sunulmuştur. Elde edilen sonuçların önceki mevcut değerlerle karşılaştırılmasında anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Birey, aile ve ülke düzeyinde sıkça rastlanan maddi ve manevi acıların ve kayıpların önceden gereken önlemlerin alınması ile azaltılabileceği görülmektedir. Özlenen böyle bir sonuç ise çalışmada incelendiği gibi çalışma ortamlarının bilimsel ve rasyonel olarak dizayn edilerek; gerekli kurallara titizlikle uyulması ile elde edileceği ve insan hayatının hiçbir maddi değerle ölçülemeyeceği bilinciyle sağlanabileceği gerçeğinin toplumumuzda yerleşmesiyle mümkün olacaktır.



İyileştirme öncesinde;  $R\ddot{O}S > 100$  ve  $40 < R\ddot{O}S < 100$  aralıklarındaki uzuvlara göre yaralanma sayıları, gün kayıpları ve ölümler Ek-5'teki tabloda verilmiştir. Bu tabloda her bir hata türü ve bu hata türlerini oluşturan kaza nedenleri toplu halde gösterilmiştir.

Ayak içinde sürekli denetimlerle çalışanların hem bireysel hem de toplu halde can güvenliğini etkileyecek faktörler kontrol altına alınmış ve çalışanların gerekli kurallara uyması sağlanmış, sürekli eğitimlerle personelin gelişimi sağlanmıştır.

Tamir-bakım-yenileme ile arızalanan ya da arızalanma ihtimali olan donanım tamiri yenilenmesi ve periyodik bakımlarının yapılmasıyla işlevini daha sağlıklı sürdürmesi sağlanmıştır.

Ocak içerisinde elle taşıma yerine uygun araçların kullanılmasına özen gösterilerek hem çalışanın zarar görme ihtimali azaltılmış hem de işe pratiklik kazandırılmıştır.

Çalışanların kullanmaları gereken kişisel koruyucu donanımın parçası olan, eldiven çelik burunlu çizme, baret kullanımı teknik personel tarafından sürekli olarak takip edilmiş ve denetlenmiştir.

Uyarı ve ikazların artırılması ve ekstra güvenlik önlemlerinin alınmasıyla işçilerin daha dikkatli olmaları sağlanmıştır.

Gerekli iyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra RÖS değerleri tekrar hesaplanmış ve iyileştirme öncesi ve sonrası RÖS değerleri ve iyileştirme oranları Çizelge 6.20'de verilmiştir. "N" sembolü ile gösterilenler her bir hata türünü oluşturan nedenlerdir(Bkz.Ek-4).

**Çizelge 7.1** İyileştirme öncesi ve sonrası RÖS değerleri ve iyileşme oranları.

HATA TÜRÜ		İÖ - RÖS Değeri	İS - RÖS Değeri	İyileştirme Oranı (%) Azalma
HT1	N2	144	40	72
	N3	64	32	50
	N5	72	36	50
HT3	N1	50	30	40
HT4	N1	240	210	<b>12,5</b>
	N2	84	30	64
	N3	56	25	55
	N4	240	144	40
	N5	90	36	60
HT5	N1	245	120	51
	N2	96	30	69
	N3	392	210	46
	N4	240	112	53
	N5	72	35	51
	N6	49	35	29
HT6	N1	144	50	65
	N2	96	40	58
HT7	N1	60	48	20
	N2	56	24	57
	N3	72	30	58
	N4	360	160	56
HT8	N3	48	40	17
HT9	N3	245	180	27
	N4	300	72	<b>76</b>
	N5	60	32	47

Ek-5'teki veriler göz önünde tutularak aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

- Uzuvlara göre yaralanma sayılarına baktığımızda en fazla değer 144 adet ile HT4 grubunda N1'in oluşturduğu kaza çeşididir. Aynı şekilde uzuvlara göre gün kayıplarına baktığımızda da 2459 gün ile en fazla kaybı aynı hata nedeni vermektedir. Aynı hata nedeninin hesaplanan RÖS değeri de 240 ile 100'den büyük bir değer çıkmıştır ve önlem alınması zorunlu bir değerdir. Bu sonuç HTEA yönteminin gerçekçi bir sonuç ortaya çıkardığını göstermektedir.
- Uzuvlara göre yaralanma sayılarını takip eden diğer iki hataya bakıldığında 59 ile HT7 grubuna dahil olan N4'ün oluşturduğu kazadır ve ikinci sırada yer almaktadır. RÖS değeri 360 ile önlem alınması zorunlu bir değerdir. Üçüncü sırada yer alan 36 adet ile HT4 grubuna dahil olan N3'ün oluşturduğu kazadır ve RÖS değeri 56'dır. Bu değer ise önlem alınabilir risk grubuna dahildir.
- Uzuvlara göre gün kayıplarında ilk 5'te sıralama yaptığımızda ise:
  1. HT4 grubunda N1'in oluşturduğu kazadır ve 2459 gündür. RÖS=240'tır.
  2. HT5 grubunda N3'ün oluşturduğu kazadır ve 847 gündür. RÖS=392'dir.

3. HT4 grubunda N3'ün oluşturduğu kazadır ve 564 gündür. RÖS=56'dır.
4. HT5 grubunda N4'ün oluşturduğu kazadır ve 529 gündür. RÖS=240'tır.
5. HT7 grubunda N4'ün oluşturduğu kazadır ve 478 gündür. RÖS=360'tır.

Burada çıkan sıralama ve RÖS değerleri paralellik göstermektedir.

- Her bir uzuv için yaralanma sayılarına bakılırsa sıralama aşağıdaki gibi olur:
  1. Ayaktan yaralanma 145 adet,
  2. Gövdeden yaralanma 141 adet,
  3. Elden yaralanma 128 adet,
  4. Baştan yaralanma 87 adettir.
- Her bir uzuv için yaralanma sonucu oluşan gün kayıplarına bakıldığında ise sıralama aşağıdaki gibi bulunmuştur:
  1. Ayaktan yaralanma 2975 gün,
  2. Elden yaralanma 2415 gün,
  3. Gövdeden yaralanma 1327 gün,
  4. Baştan yaralanma 886 gün.

Elbette ki tüm yaralanmalar önemlidir. Sonuçta insan sağlığı her şeyden önce gelmelidir. Ancak çıkan sonuçları değerlendirmek gerekirse bu ilk 4 yaralanma şekli diğerlerine göre daha önemli boyuttadır. Burada ayaktan yaralanma sayısı her iki RÖS aralığı için de en büyük değeri vermektedir. Buna paralel olarak da gün kaybı yüksek değerde çıkmaktadır. KKD'nin bir parçası olan çelik burunlu çizme giyilmesine gereken önemin gösterilmediği sonucu çıkarılabilir. Ayaktan yaralanma sayısını gövdeden yaralanma sayısı takip etmektedir. Hayati önem taşıyan organların gövdede bulunması da bunu oluşturan kaza nedeninin titizlikle üstünde durulmasını gerektirmektedir. Elden yaralanma sayısı ise üçüncü sırada yer almaktadır. Yeraltında kömür kazı işlemleri mekanize ve klasik olarak gerçekleşmektedir. Her ne kadar makineleşme olsa da el, insan vücudunun en işlek organıdır ve KKD'nin bir parçası olan eldiven giyilmesinde hassas davranılmadığı sonucu çıkarılabilir. Baştan yaralanma dördüncü sırada yer almaktadır. Bu ise kısmen de olsa sevindiricidir ve baret giyilmesi konusunda hassas davranıldığını göstermektedir.

Ek-4 ve Ek-5'e göre Çizelge 7.2'deki gibi bir sıralama yapılabilir. Ayakta kazı yaparken taş veya kömür düşmesi ile oluşan kaza sonucu yaralanma dört uzva göre öncelikli nedendir. Bu yüzden kömür kazı işlemi sırasında oluşan kazaları önlemek ve ortadan kaldırmak için gerekli önemin gösterilmesi gerekmektedir. İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat

malzemeleriyle tavanın sağlamlaştırılması, uyarı levhalarıyla işçilerin dikkatinin artırılması, sürekli eğitim verilmesi ve ekstra güvenlik önlemlerinin alınmasında hassasiyet gösterilmesi gerekmektedir.

HT7, HT9 ve HT5 için de alınabilecek önlemler yaralanma sayılarını azaltacak ve hem güvenli bir iş ortamı sağlanabilecek hem de oluşan işgücü kaybı önlenmiş olacaktır.

**Çizelge 7.2** İlk dört uzuv için birinci ve ikinci nedenleri.

	<b>Birinci neden</b>	<b>İkinci neden</b>
<b>Ayaktan yaralanma</b>	1.HT4-N1:Ayakta kazı yaparken taş veya kömür düşmesi	2.HT5-N1:Tahkimatı kurarken tahkimat malzemesi düşmesi
<b>Gövdeden yaralanma</b>	1.HT7-N4:Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken, indirirken belini incitme	2.HT9-N4:Tahkimat yaparken veya sökerken bel incinmesi
<b>Elden yaralanma</b>	1.HT4-N1:Ayakta kazı yaparken taş veya kömür düşmesi	2.HT9-N3:Tahkimatı yaparken veya sökerken uzuv sıkışması
<b>Baştan yaralanma</b>	1.HT4-N1:Ayakta kazı yaparken taş veya kömür düşmesi	2.HT7-N3:Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken, indirirken uzuv sıkışması

Çalışma sonucunda elde edilen genel sonuçlardan biri de işletmenin daha önce yaptığı risk değerlendirme yöntemiyle HTEA'nın karşılaştırılmasıdır. İşletmenin bünyesinde daha önce yapılan risk analizi yönteminde risk derecesi; olasılık ve etki derecesi olmak üzere iki faktörün bileşkesidir. HTEA, işletmenin önceden yapmış olduğu risk analizine üçüncü bileşen olarak hatanın saptanabilirliği boyutunu katarak, üç bileşenli daha karmaşık bir analiz oluşturmaktadır. Bu şekilde değişik nedenlerden fark edilmesi zor olan riskler arasında hiyerarşi kurularak, saptanabilmesi zor riskler önem sırasına göre daha üst sıralara çıkarılmıştır. HTEA yöntemi, üçüncü faktör olan hatanın saptanabilirliğini de dikkate aldığı için, diğer risk analizi yöntemine üstünlük sağlamaktadır. Ek-6'da işletmenin daha önce yaptığı risk değerlendirmesinde kullanılan " Matris Sistemi " verilmektedir.

Ayrıca oluşan kazalara neden olan hataların büyük çoğunluğunun çalışan işçilerin dikkatsizliğinden ve işle ilgili yeterli derecede eğitime tabi tutulmadığından kaynaklandığı gözlemlenmiştir. İşletmede düzenli aralıklarla eğitim seminerleri verilmesiyle bu tür hatalar en aza indirgenebilir.

Çalışmada hedeflenen temel amaçlara ulaşılmış, ülkemizin en önemli konularından olan ve maden sektöründe en çok meydana gelen ölümle veya yaralanma ile sonuçlanan üzücü kaza

olaylarının sebep–sonuç ilişkileri, HTEA yöntemiyle ülkemizin önemli bir enerji kaynağında incelenmiştir. Elde edilen sonuçların problemin bilimsel temellerinin tespiti ve gelecekte uygulanacak stratejik ve taktik planlama ile uygulama yöntemi hakkında önemli bulgular sunduğu gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Siniany, S., Z., Mehrez, A., Hadad, Y., 2000, An AHP/DEA Medhodoloji for Ranking Decision Making Units, International Transactions in Operational Research, 7(2), 109-124s
- [2] <http://www.iskazasi.com>
- [3] <http://www.isguvenligi.net>
- [4] <http://www.kalder.org/diger/ky.htm>
- [5] <http://www.riskanaliz.net>
- [6] <http://www.tumgazeteler.com/?a=268611>
- [7] <http://www.standartkalite.com>
- [8] Çakmak, A., 2007, Entegre Kalite Yönetim Sistemleri ISO 9001:2000, ISO 14001 ve OHSAS 18001, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,
- [9] Saaty, T., L., VARGAS, L., G., 2001, Models, Methods, Concepts and Applications of The Analytic Hierarchy, Kluwer Academic Publishers
- [10] Taha, H., 2000, Yöneylem Araştırması, Literatür Yayıncılık
- [11] Anık, Z., 2007, Nesne Yönelimli Yazılım Dillerinin Analitik Hiyerarşi ve Analitik Network Prosesi ile Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,
- [12] Sang, C., K., Simon, C., 1999, An Evaluation of Succes Factors Using The AHP To Implement ISO 14001-Based EMS, International Journal of Quality & Reliability Management, Cilt 15 (2), 209s.
- [13] Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M., 2004, İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt:19 No:2, 131-138s
- [14] Saaty, T.L., 2006, Fundamentals of Decision Making and Priority with The Analytic Hierarchy Process
- [15] Kuruüzüm, A., Atsan, N., 2001, Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (1), 83-105, 23s.
- [16] Muşlubeyli, Erginel, N., Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği İçin Bir Model, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt 15, Sayı 3, 10s.
- [17] Durhan, D., 2006, Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,
- [18] <http://www.onlinekalite.com>
- [19] Yılmaz, B.S., 2000, Hata Türü ve Etki Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt 2, Sayı:4, 18s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [20] Şamur, M.S., 2005, Otomotiv Servislerinde FMEA ve FTA Hata Önleme Tekniklerinin Uygulanması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 170s.
- [21] Öztekin, C., 2006, Hizmet Sektöründe Hata Türü Etkileri Analizi ve Bir Uygulama, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 131s.
- [22] Akın, B., 1998 ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul
- [23] Taptık, Y., Keleş, Ö., 1998, Kalite Savas Araçları, Kalder Yayınları No: 23, İstanbul
- [24] Stamatís, D. H., 2003 “Failure Mode and Effects Analysis – FMEA from Theory to Execution”, ASQC Quality Pres, Wisconsin, 28-34
- [25] Söylemez, C., 2006, Hata Türü ve Etkileri Analizi İş Güvenliği Uygulaması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117s.
- [26] Yılmaz, E., 1999, Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü, DOA Dergisi No: 5, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, Sayfa: 95-122, Tarsus.
- [27] Eryürek, Ö., F., Tanyaş, M., 2003, Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı, İTÜ Dergisi Mühendislik Cilt:2, Sayı:6, 31-40
- [28] Alford, B., D., Golden, B., 2004, Two Applications Involving The Analytic Hierarchy Process, MSc Thesis, University of Maryland, s. 6.
- [29] Özdemir, S., M., 2002. Bir İşletmede Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Performans Değerleme Sistemi Tasarımı, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt:13(2), 11s
- [30] Su C., T., Chou C., J., 2008, A Systematic Methodology for The Creation of Six Sigma projects: A Case Study of Semiconductor Foundry, Expert Systems with Applications, 34(4), 2693-2703p
- [31] Sharratt P., 1999, Environmental Criteria in Design, Computers & Chemical Engineering, 23(10), 1469-1475p
- [32] Price N., Taylor N., 2002, Automated Multiple Failure FMEA, Reliability Engineering and System Safety, 76(1) 1-10p
- [33] Scîpioní A., Saccarola G., Centazzo A., Arena F., 2002, FMEA Methodology Design, Implementation and Integration With HACCP System in a Food Company, Food Control 13(8), 495-501p
- [34] Pillay, A., Wang, J., 2003, Modified Failure Mode and Effects Analysis Using Approximate Reasoning, Reliability Engineering&System Safety 79(1), 69-85p
- [35] Teoh, P., C., Case, K., 2004, Failure Modes and Effects Analysis Through Knowledge Modelling, 153-154, 253-260p

### **KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- [36] Marquez, F., P., G., Schmid, F., Collado, J., C., 2005, Methodology for The Reliability Evaluation of A Passive System and Its Integration into A Probabilistic Safety Assessment, *Nuclear Engineering and Design*, 235(24), 2612-2631p
- [37] Pollard, S.J.T, Smith, R., Longhurst, P.J., Eduljee, G.H., Hall, D., 2006, Recent Developments in The Application of Risk Analysis to Waste Technologies, *Environment International*, 32(8), 1010-1020p
- [38] Chin, K.S., Wang, Y.M., Poon, G.K.K., Yang, J.B., 2009, Failure Mode and Effects Analysis Using a Group-Based Evidential Reasoning Approach, *Computers & Operations Research*, 36(6), 1768-1779p
- [39] Kikukawa, S., Mitsuhashi, H., Miyake, A., (2009), Risk Assessment for Liquid Hydrogen Fueling Stations, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(2), 1135-1141p
- [40] Alponce, C.B., 1997, Application of The Analytic Hierarchy Process in Agriculture in Developing Countries, *Agricultural Systems* 53(1), 97-112p
- [41] Zhu, X., Dale, A.P., 2001, JavaAHP: A Web-Based Decision Analysis Tool for Natural Resource and Environmental Management, *Environmental Modelling & Software*, 16(3), 251-262p
- [42] Lainien, P., Hamalainen, R.P., 2003, Analyzing AHP-Matrices by Regression, *European Journal of Operational Research*, 148(3), 514-524p
- [43] Salmeron, J.L., Herrero, I., 2005, An AHP-Based Methodology to Rank Critical Success Factors of Executive Information Systems, *Computer Standards & Interfaces*, 28(1), 1-12p
- [44] Hajeeh, M., Othman, A.A., 2005, Application of the Analytical Hierarchy Process in the Selection of Desalination Plants, *Desalination*, 174(1), 97-108p
- [45] Carlucci, D., Schiuma, G., 2007, Knowledge Assets Value Creation Map: Assessing Knowledge Assets Value Drivers Using AHP, *Expert Systems with Applications*, 32(3), 814-821p
- [46] Sambasivan, M., Fei, N.Y., 2008, Evaluation of Critical Success Factors of Implementation of ISO 14001 Using Analytic Hierarchy Process (AHP): a Case Study From Malaysia, *Journal of Cleaner Production*, 16(13), 1424-1433p
- [47] Tseng, Y.F., Lee, T.Z., 2009, Comparing Appropriate Decision Support of Human Resource Practices on Organizational Performance with DEA/AHP Model, *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6548-6558p
- [48] Cebeci, U., 2009, Fuzzy AHP-Based Decision Support System for Selecting ERP Systems in Textile Industry by Using Balanced Scorecard, *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8900-8909p
- [49] Schlechter, W.P.G., 1996, Facility Risk Review as a Means to Addressing Existing Risks During the Life Cycle of a Process Unit, Operation or Facility, *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 66(1-3), 387-402p



### LİTERATÜR İÇİN KAYNAKLAR DİZİNİ (Son Yıllar)

- [1] Liu, H., 2009, The Extension of Fuzzy QFD: From Product Planning to Part Deployment, *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11131-11144p
- [2] Ford, E.C., Gaudette, R., Myers, L., Vanderver, B., Engineer, E., Zellars, R., Song, D.Y., Wong, J., Dewese, T.L., 2009, Evaluation of Safety in a Radiation Oncology Setting Using Failure Mode and Effects Analysis, *International Journal of Radiation Oncology\*Biology\*Physics*, 74(3), 852-858p
- [3] Chiozza, M.L., Ponzetti, C., 2009, FMEA: A Model for Reducing Medical Errors, *Clinica Chimica Acta*, 404(1), 75-78p
- [4] Chin, K.S., Wang, Y.M., Poon, G.K.K., Yang, J.B., 2009, Failure Mode and Effects Analysis Using a Group-Based Evidential Reasoning Approach, *Computers & Operations Research*, 36(6), 1768-1779p
- [5] Huang, H.W., Shih, C., Hung, H.C., Chen, M.H., 2009, Development and Diversity and Defense-in-Depth Application of ABWR Feedwater Pump and Controller Model, *Nuclear Engineering and Design*, 239(6), 1136-1147p
- [6] Hu, A.H., Hsu, C.W., Kuo, T.C., Wu, W.C., 2009, Risk Evaluation of Green Components to Hazardous Substance Using FMEA and FAHP, *Expert Systems with Applications*, 36(3 part 2), 7142-7147p
- [7] Wang, Y.M., Chin, K.S., Poon, G.K.K., Yang, J.B., 2009, Risk Evaluation in Failure Mode and Effects Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean, *Expert Systems with Applications*, 36(2-part 1), 1195-1207p
- [8] Sivapirakasam, S.P., Surianarayanan, M., G. Swaminathan, G., 2009, Hazard Assessment for The Safe Storage, Manufacturing and Handling of Flash Compositions, *Journal of Loss Prevention in The Process Industries*, 22(2), 254-256p
- [9] Chen, L.H., Ko, W.C., 2009, Fuzzy Linear Programming Models for New Product Design Using QFD with FMEA, *Applied Mathematical Modelling*, 33(2), 633-647p
- [10] Kikukawa, S., Mitsuhashi, H., Miyake, A., 2009, Risk Assessment for Liquid Hydrogen Fueling Stations, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(2), 1135-1141p
- [11] Pinna, T., Caporali, R., Tesini, A., 2008, Failure Mode and Effect Analysis for Remote Handling Transfer Systems of ITER, *Fusion Engineering and Design*, 83(10-12), 1710-1714p
- [12] Pinna, T., Boccaccini, L.V., Salavy, J.F., 2008, Failure Mode and Effect Analysis for The European Test Blanket Modules, *Fusion Engineering and Design*, 83(10-12), 1733-1737
- [13] Tsuru, D., Enoda, M., Akiba, M., 2008, Recent Progress in Safety Assessments of Japanese Water-Cooled Solid Breeder Test Blanket Module, *Fusion Engineering and Design*, 83(10-12), 1747-1752p

### LİTERATÜR İÇİN KAYNAKLAR DİZİNİ ( Son Yıllar )(devam)

- [14] Colvin, R., Grunske, L., Winter, K., Timed Behavior Trees for Failure Mode and Effects Analysis of Time-Critical Systems, *Journal of Systems and Software*, 81(12), 2163-2182p
- [15] Chen, Z., Feng, K.M., Zhang, G.S., Yuan, T., Pan, C.H., 2008, Preliminary Safety Research for CH HCSB TBM Based on FMEA Method, *Fusion Engineering and Design*, 83(5-6), 743-746p
- [16] Huang, H.W., Shih, C., Yih, S., Chen, M.H., 2008, Integrated Software Safety Analysis Method for Digital I&C Systems, *Annals of Nuclear Energy*, 35(8), 1471-1483p
- [17] Almannai, B., Greenough, R., Kay, J., 2008, A Decision Support Tool Based on QFD and FMEA for The Selection of Manufacturing Automation Technologies, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(4), 501-507p
- [18] Chen, H., Moan, T., Verhoeven, H., 2008, Safety of Dynamic Positioning Operations on Mobile Offshore Drilling Units, *Reliability Engineering & System Safety*, 93(7), 1072-1090p
- [19] Korayem, M.H., Iravani, A., 2008, Improvement of 3P and 6R Mechanical Robots Reliability and Quality Applying FMEA and QFD Approaches, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(3), 472-487p
- [20] Su, C.T., Chou, C.J., 2008, A Systematic Methodology for The Creation of Six Sigma Projects: A Case Study of Semiconductor Foundry, *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2693-2703p
- [21] Huq, M.S., Fraass, B.A., Dunscombe, P.B., Gibbons, JR. J.P., Ibbott, G.S., Medin, P.M., Mundt, A., Mutic, S., Patla, J.R., Thomadsen, B.R., Williamson, J.F., Yorke, E.D., 2008, A Method for Evaluating Quality Assurance Needs in Radiation Therapy, *International Journal of Radiation Oncology\*Biology\*Physics*, 71(1), S170-S173p
- [22] Rath, F., 2008, Tools for Developing a Quality Management Program: Proactive Tools (Process Mapping, Value Stream Mapping, Fault Tree Analysis, and Failure Mode and Effects Analysis), *International Journal of Radiation Oncology\*Biology\*Physics*, 71(1), S187-S190p
- [23] Tekinerdoğan, B., Sözer, H., Aksit, M., 2008, Software Architecture Reliability Analysis Using Failure Scenarios, *Journal of Systems and Software*, 81(4), 558-575p
- [24] Huang, H.W., Shih, C., Yih, S., Chen, M.H., 2008, System-Level Hazard Analysis Using The Sequence-Tree Method, *Annals of Nuclear Energy*, 35(3), 353-362p
- [25] Thivel, P.X., Bultel, Y., Delpech, F., 2008, Risk Analysis of a Biomass Combustion Process Using MOSAR and FMEA Methods, *Journal of Hazardous Materials*, 151(1), 221-231p
- [26] Hu, M., McMenemy, K., Ferguson, S., Dodds, G., Yuan, B., 2008, Epipolar Geometry Estimation Based on Evolutionary Agents, *Pattern Recognition*, 41(2), 575-591p

### LİTERATÜR İÇİN KAYNAKLAR DİZİNİ ( Son Yıllar )(devam)

- [27] Sharma, R.K., Kumar, D., Kumar, P., 2008, Predicting Uncertain Behavior of Industrial System Using FM—A Practical Case, *Applied Soft Computing*, 8(1), 96-109p
- [28] Seiwert, B., Hayen, H., Karst, U., 2008, Differential Labeling of Free and Disulfide-Bound Thiol Functions in Proteins, *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 19(1), 1-7p
- [29] Eom, S.W., Kim, M.K., Kim, I.J., Moon, S.I., Sun, Y.K., Kim, H.S., 2007 Life Prediction and Reliability Assessment of Lithium Secondary Batteries, *Journal of Power Sources*, 174(2), 954-958p
- [30] Brown, D.W., Kalgren, P.W., Byington, C.S., Roemer, M.J., 2007, Electronic Prognostics – A Case Study Using Global Positioning System (GPS), *Microelectronics Reliability*, 47(12), 1874-1881p
- [31] Kurd, Z., Kelly, T.P., 2007, Using Fuzzy Self-Organising Maps for Safety Critical Systems, *Reliability Engineering & System Safety*, 92(11), 1563-1583p
- [32] Dorado, A.C., Mateo, J.M.M., Perruca, L.S., Morales, D.R., Valladolid, J.C., 2007, Mejora de la Seguridad y Evaluación de los Resultados del Proceso de Anticoagulación Oral Implantado en un Area de Atención Primaria, *Revista de Calidad Asistencial*, 22(6), 287-298p
- [33] Govindarajan, R., Molero, J., Tuset, V., Arellano, A., Ballester, R., Cardenal, J., Caro, M., Fernandez, J., Jove, J., Luguera, E., Melero, A., Puertas, M.D.M., Sal, R., Sanchez ,J.L., Vidal, A., Felhu, E., 2007, El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) Ayuda a Aumentar la Seguridad en Radioterapia, *Revista de Calidad Asistencial*, 22(6), 299-309p
- [34] Bell, J., Snooke, N., Price, C., 2007, A Language for Functional Interpretation of Model Based Simulation, *Advanced Engineering Informatics*, 21(4), 398-409p
- [35] Astrom, K., Fontell, E., Virtanen, S., 2007, Reliability Analysis and Initial Requirements for FC Systems and Stacks, *Journal of Power Sources*, 171(1), 46-54p
- [36] Huang, H.W., Shih, C., Yih, S., Chen, M.H., Lin, J.M., 2007, Model Extension and Improvement for Simulator-Based Software Safety Analysis, *Nuclear Engineering and Design*, 237(9), 955-971p
- [37] Guimaraes, A.C.F., Lapa, C.M.F., 2007, Fuzzy Inference to Risk Assessment on Nuclear Engineering Systems, *Applied Soft Computing*, 7(1), 17-28p
- [38] Wilkinson, P., 2007, The Changing Role of Physical Testing in Vehicle Development Programmes, *Journal of Terramechanics*, 44(7), 15-22p
- [39] Aldana, F.A.C., Melon, M.G., Delucio, I.F., Beltran, P.A., Bautista, R.P., 2009, University Objectives and Socioeconomic Results: A Multicriteria Measuring of Alignment, *European Journal of Operational Research*, 199(3), 811-822p

### LİTERATÜR İÇİN KAYNAKLAR DİZİNİ ( Son Yıllar )(devam)

- [40] Sueyoshi, T., Shang, J., Chiang, W.C., 2009, A Decision Support Framework for Internal Audit Prioritization in a Rental Car Company: A Combined Use Between DEA and AHP, *European Journal of Operational Research*, 199(1), 219-231p
- [41] Angelue, G.N., Economides, A.A., A Compound Real Option and AHP Methodology for Evaluating ICT Business Alternatives, *Telematics and Informatics*, 26(4), 353-374p
- [42] Yang, C.L., Chuang, S.P., Huang R.H., 2009, Manufacturing Evaluation System Based on AHP/ANP Approach for Wafer Fabricating Industry, *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11369-11377p
- [43] Uang, L., Chen, K.H., Wu, Y.W., 2009, What Kind of Marketing Distribution Mix can Maximize Revenues: The Wholesaler Travel Agencies' Perspective?, *Tourism Management*, 30(5), 733-739p
- [44] Ebrahim, R.M., Razmi, J., Haleh, H., 2009, Scatter Search Algorithm for Supplier Selection and Order Lot Sizing Under Multiple Price Discount Environment, *Advances in Engineering Software*, 40(9), 766-776p
- [45] Chao, R.J., Chen, Y.H., 2009, Evaluation of the Criteria and Effectiveness of Distance e-Learning with Consistent Fuzzy Preference Relations, *Expert Systems with Applications*, 36(7), 10657-10662p
- [46] Pascual, N.R., Richardson, D.M., Krug, R.M., Brown, A., R. Chapman, A., Forsyth, G.G., Maitre, D.C.L., Robertson, M.P., Stafford, L., Wilgen, B.W.V., Wannenburg, A., Wessels, N., 2009, Ecology and Management of Alien Plant Invasions in South African Fynbos: Accommodating Key Complexities in Objective Decision Making, *Biological Conservation*, 142(8), 1595-1604p
- [47] Kwon, E.H., Ko, W.I., 2009, Evaluation Method of Nuclear Nonproliferation Credibility, *Annals of Nuclear Energy*, 36(7), 910-916p
- [48] Xu, Y., Zhang, Y., 2009, A Online Credit Evaluation Method Based on AHP and SPA, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 14(7), 3031-3036p
- [49] Liu, C.C., Chen S.Y., 2009, Prioritization Of Digital Capital Measures in Recruiting Website for The National Armed Forces, *Expert Systems with Applications*, 36(5), 9415-9421p
- [50] Sametskyi E.A., Disterhoft, J.F., Ohno, M., 2009, Autophosphorylation of  $\alpha$ CaMKII Downregulates Excitability of CA1 Pyramidal Neurons Following Synaptic Stimulation, *Neurobiology of Learning and Memory*, 92(1), 120-123p
- [51] Michnik, J., Lo, M.C., 2009, The Assessment of The Information Quality with The Aid of Multiple Criteria Analysis, *European Journal of Operational Research*, 195(3), 850-856p
- [52] Fino, E., Paille, V., Deniau, J.M., Venance, L., 2009, Asymmetric Spike-Timing Dependent Plasticity of Striatal Nitric Oxide-Synthase Interneurons, *Neuroscience*, 160(2), 744-754p

### LİTERATÜR İÇİN KAYNAKLAR DİZİNİ ( Son Yıllar )(devam)

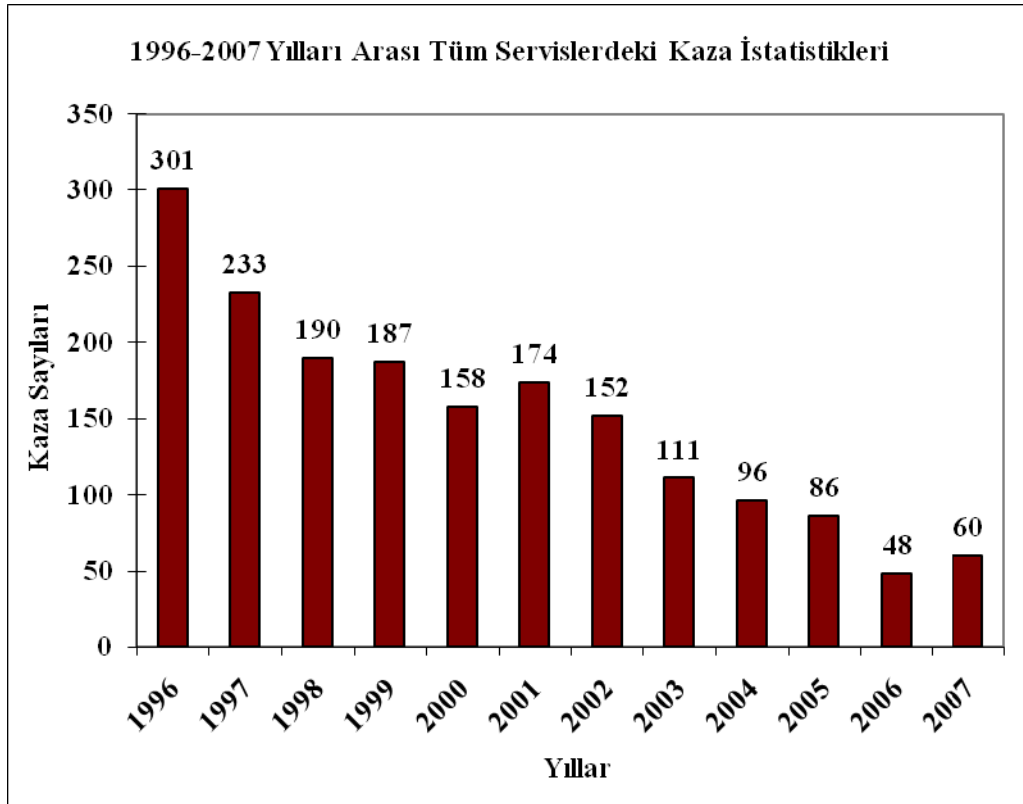
- [53] Jenkinson, P.M., Edelstyn, N.M.J., Drakeford, J.L., Ellis, S.J., 2009, Reality Monitoring in Anosognosia for Hemiplegia, *Consciousness and Cognition*, 18(2), 458-470p
- [54] Zhao, J., Wu, Y., Zhu, N., 2009, Check and Evaluation System on Heat Metering and Energy Efficiency Retrofit of Existing Residential Buildings in Northern Heating Areas of China Based on Multi-Index Comprehensive Evaluation Method, *Energy Policy*, 37(6), 2124-2130p
- [55] Halide, H., Stigebrandt, A., Rehbein, M., Mckinnon, A.D., 2009, Developing a Decision Support System for Sustainable Cage Aquaculture, *Environmental Modelling & Software*, 24(6), 694-702p
- [56] Figueira, J.R., Greco, S., Showinski, R., 2009, Building a Set of Additive Value Functions Representing a Reference Preorder and Intensities of Preference: GRIP Method, *European Journal of Operational Research*, 195(2), 460-486p
- [57] Perini, A., Rica, F., Susi, A., 2009, Tool-Supported Requirements Prioritization: Comparing the AHP and CBRank Methods, *Information and Software Technology*, 51(6), 1021-1032p
- [58] Wang, G., Oin, L., Li, G., Chen, L., 2009, Landfill Site Selection Using Spatial Information Technologies and AHP: A Case Study in Beijing, China, *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2414-2421p
- [59] Tseng, F.M., Chiu, Y.J., Chen, J.S., 2009, Measuring Business Performance in the High-Tech Manufacturing Industry: A Case Study of Taiwan's Large-Sized TFT-LCD Panel Companies, *Omega*, 37(3), 686-697p
- [60] Dey, A., Thanh, D., Nguyen, T., Lang, R.J., Exintaris, B., 2009, Spontaneous Electrical Waveforms in Aging Guinea Pig Prostates, *The Journal of Urology*, 181(6), 2797-2805p
- [61] Wang, Y.M., Chin, K.S., 2009, A new Data Envelopment Analysis Method for Priority Determination and Group Decision Making in The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 195(1), 239-250p
- [62] Aragonés-Beltrán, P., Mendoza-Roca, J.A., Bes-Pia, A., García-Melón, M., Parra-Ruiz, E., 2009, Application of Multicriteria Decision Analysis to Jar-Test Results for Chemicals Selection in The Physical–Chemical Treatment of Textile Wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, 164(1), 288-295p
- [63] N'gouemo, P., Yasuda, R.P., Faingold, C.L., 2009, Protein Expression of Small Conductance Calcium-Activated Potassium Channels is Altered in Inferior Colliculus Neurons of The Genetically Epilepsy-Prone Rat, *Brain Research*, 1270, May 107-111p
- [64] Hikmat, H.A., Saba, F., Al, N., 2009, Developing a Green Building Assessment Tool for Developing Countries – Case of Jordan, *Building and Environment*, 44(5), 1053-1064p

**LİTERATÜR İÇİN KAYNAKLAR DİZİNİ ( Son Yıllar )(Devam)**

- [65] Sharma, S., Agrawal, N., 2009, Selection of a Pull Production Control Policy Under Different Demand Situations for a Manufacturing System by AHP-Algorithm, *Computers & Operations Research*, 36(5), 1622-1632p
- [66] Dwivedi, P., Alavapati, J.R.R., 2009, Stakeholders' Perceptions on Forest Biomass-Based Bioenergy Development in The Southern US, *Energy Policy*, 37(5), 1999-2007p
- [67] Rahario, H., Xie, M., Brombacher, A.C., 2009, On Modeling Dynamic Priorities in The Analytic Hierarchy Process Using Compositional Data Analysis, *European Journal of Operational Research*, 194(3), 834-846p
- [68] Chang, C.W., Wu, C.R., Lin, H.L., 2009, Applying Fuzzy Hierarchy Multiple Attributes to Construct an Expert Decision Making Process, *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7363-7368p
- [69] Dağdeviren, M., Yavuz, S., Kılınç, N., 2009, Weapon Selection Using the AHP and TOPSIS Methods Under Fuzzy Environment, *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8143-8151p
- [70] Naghadehi, M.Z., Mikaeil, R., Ataei, M., 2009, The Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Approach to Selection of Optimum Underground Mining Method for Jajarm Bauxite Mine, Iran, *Expert Systems with Applications*, 36(49), 8218-8226p

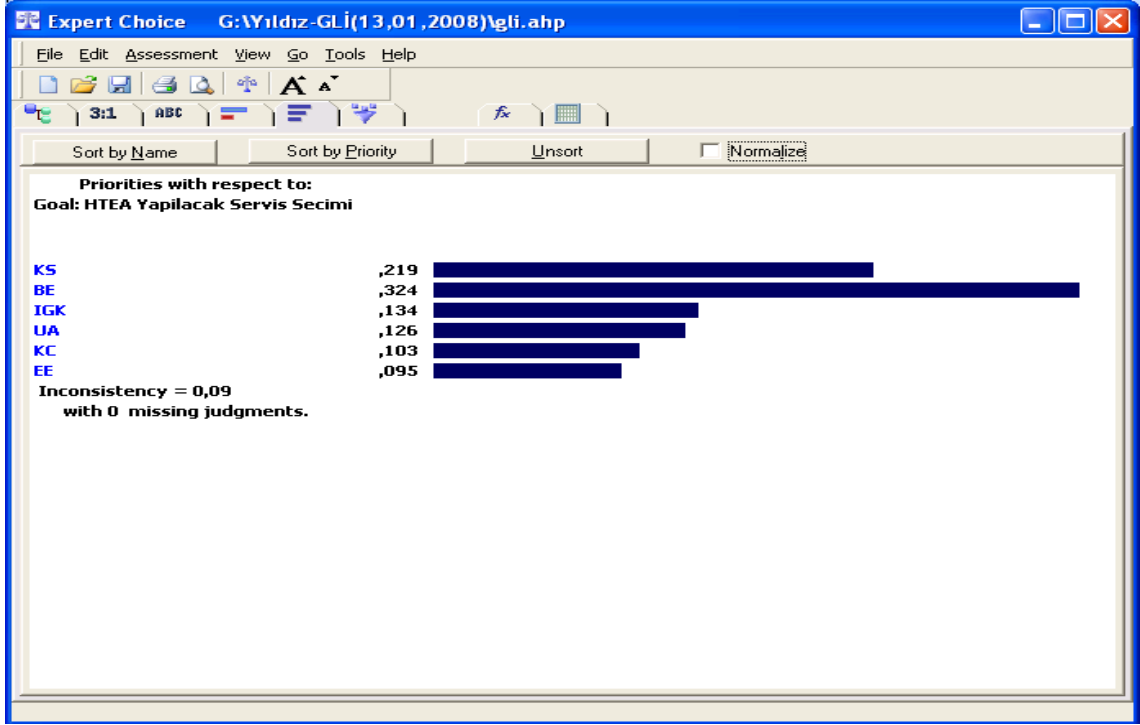
**Ek-1** 1996-2007 Yılları Arasında Tüm Servislerde Meydana Gelen Kaza İstatistikleri.

YILLAR	TOPLAM		
	TOPLAM	ÖLÜMLÜ	ÖLÜMSÜZ
1996	301	1	300
1997	233	0	233
1998	190	0	190
1999	187	2	185
2000	158	0	158
2001	174	0	174
2002	152	1	151
2003	111	0	111
2004	96	0	96
2005	86	0	86
2006	48	1	47
2007	60	1	59
TOPLAM	1796	6	1790

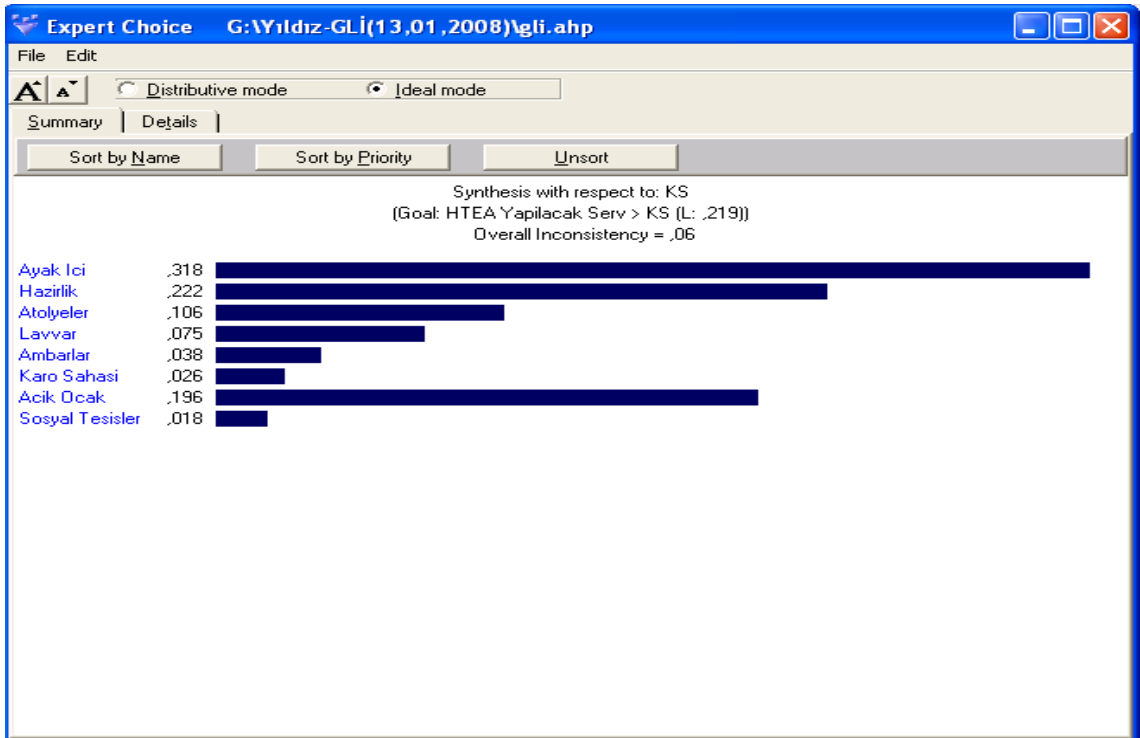


Ek-2 Expert Choice İle Hesaplanan AHP Değerleri.

Ek-2 a) Kriterlerin öncelik değerleri.

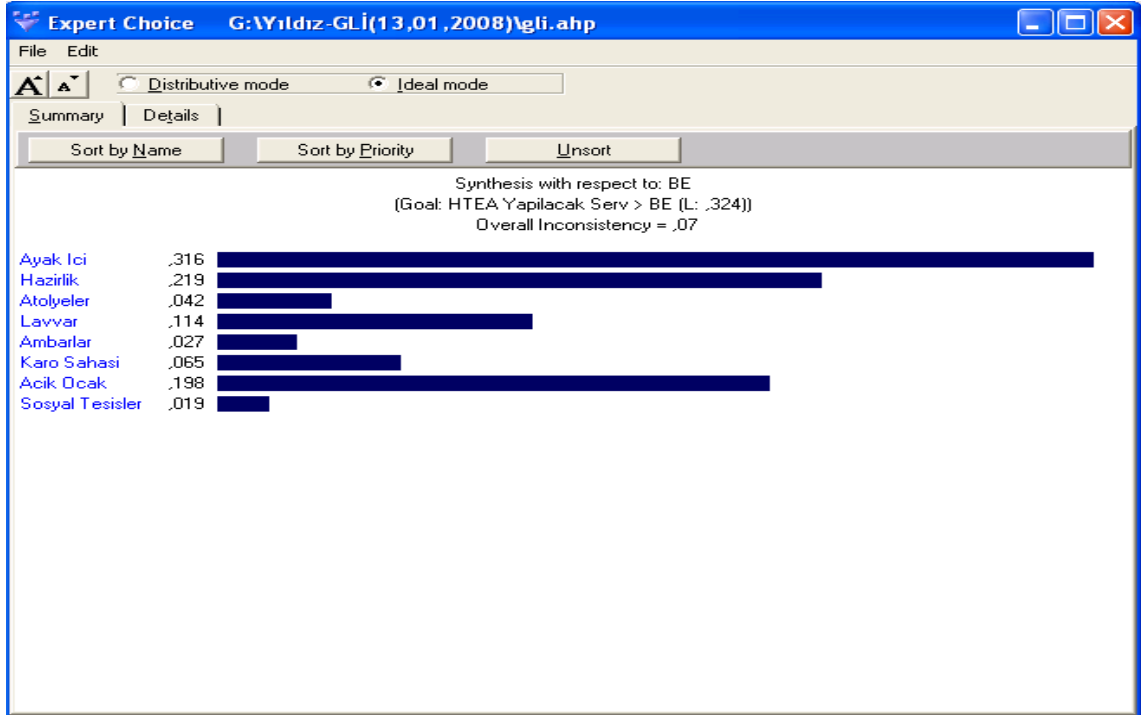


Ek-2 b) KS Kriterine öncelik değerleri.

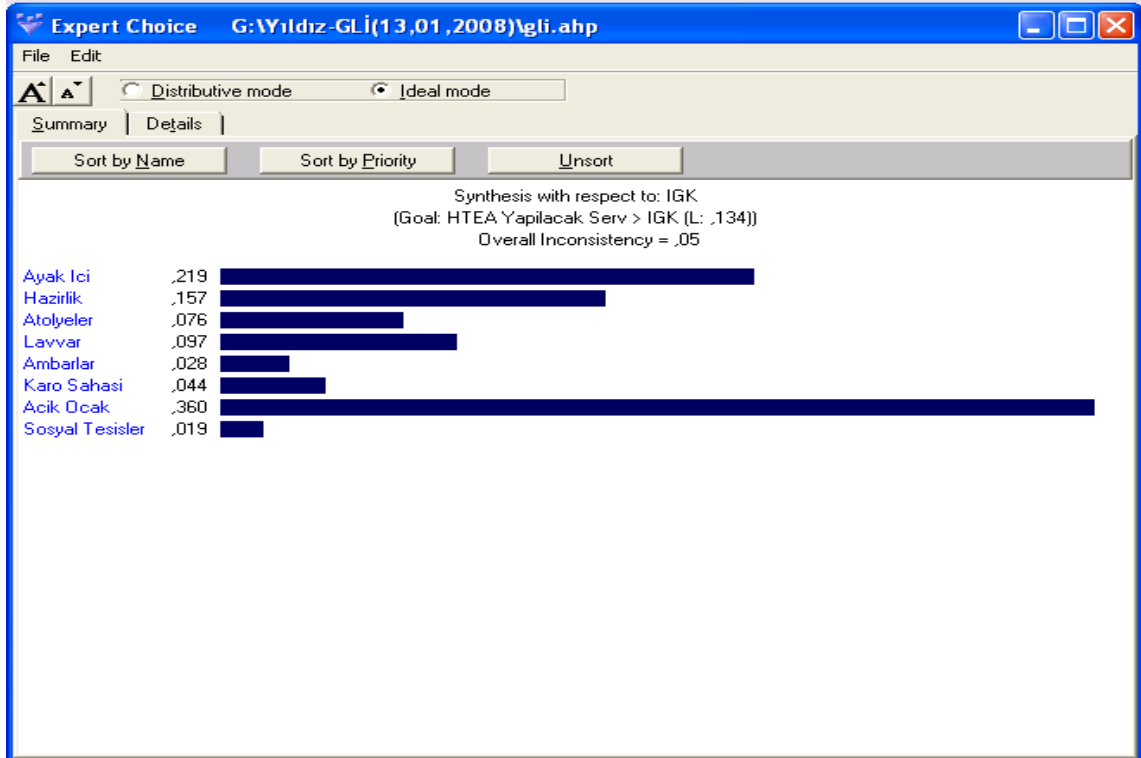




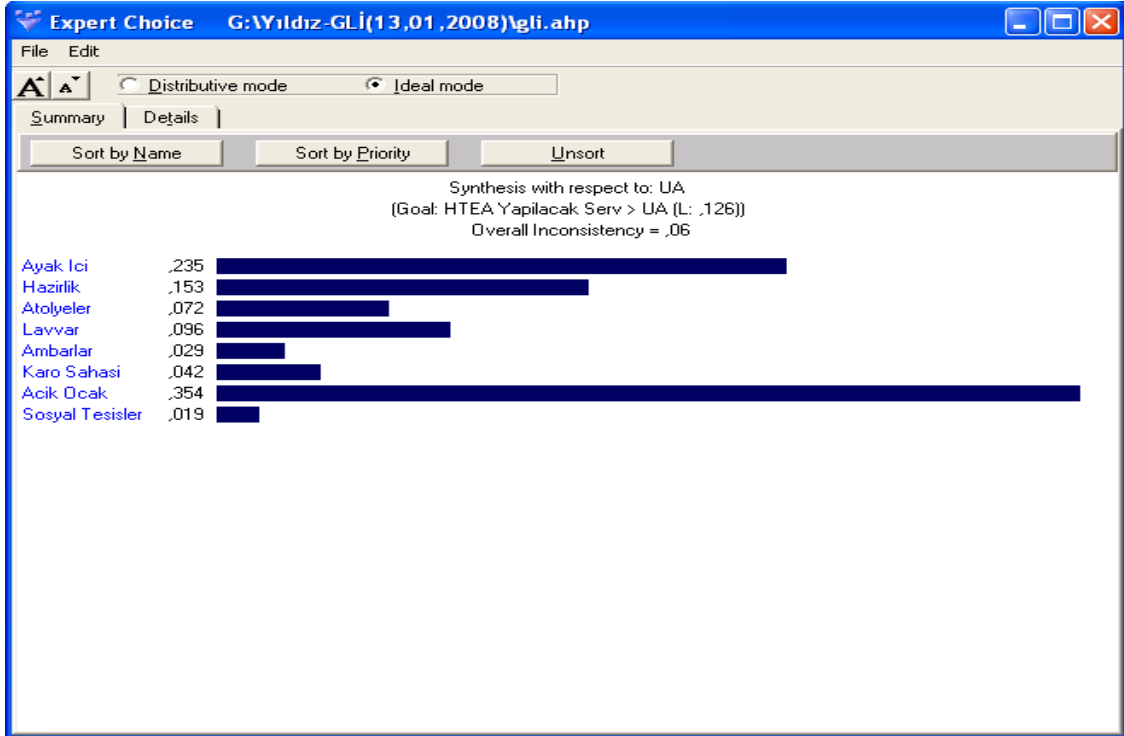
Ek-2 c) BE Kriterine göre öncelik değerleri.



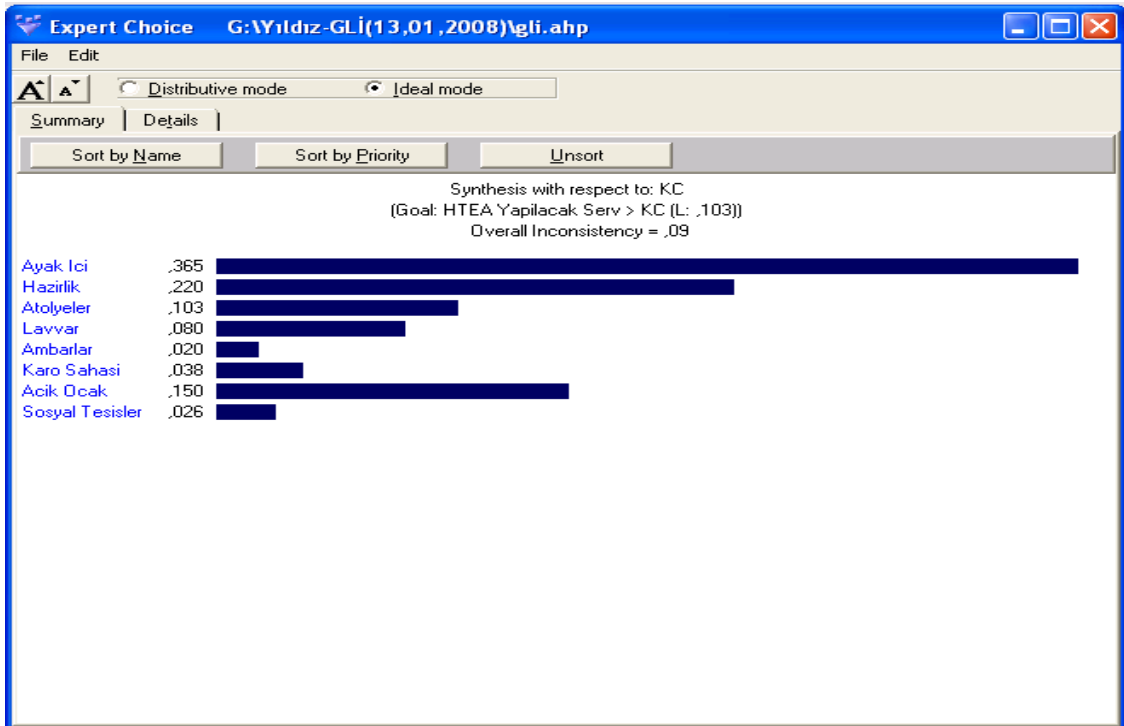
Ek-2 d) İGK Kriterine göre öncelik değerleri.



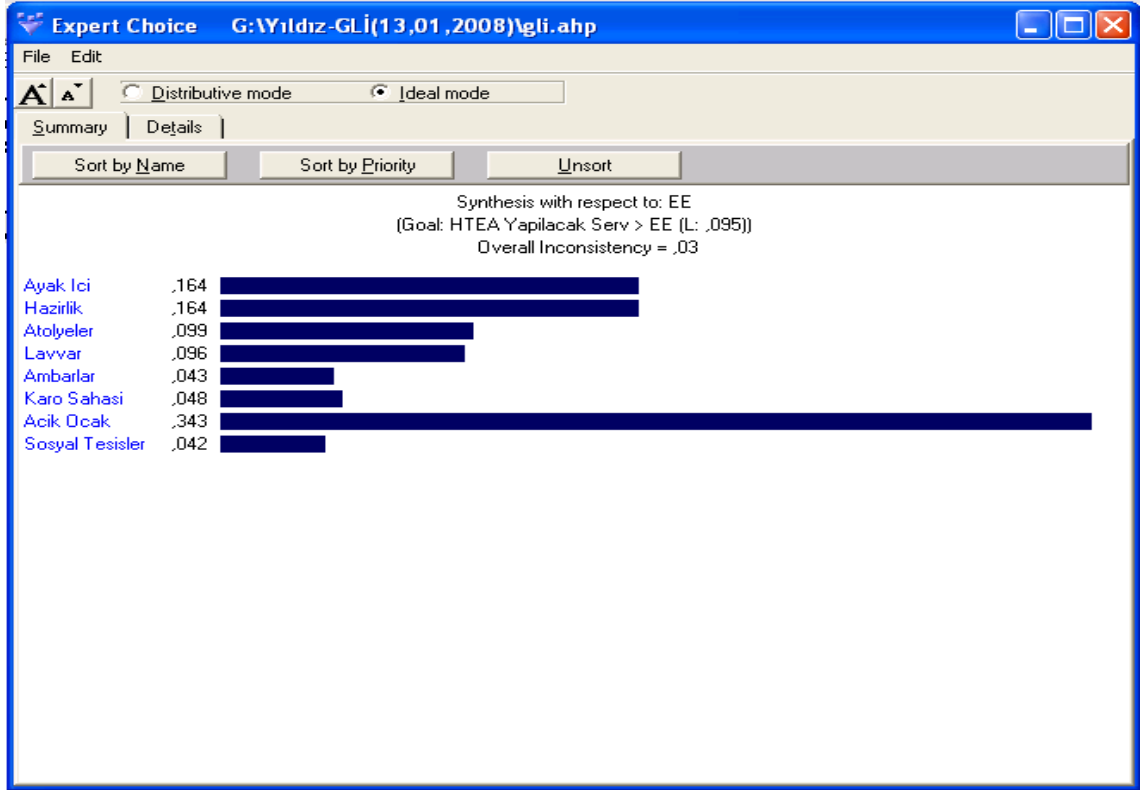
Ek-2 e) ÜA Kriterine göre öncelik değerleri.



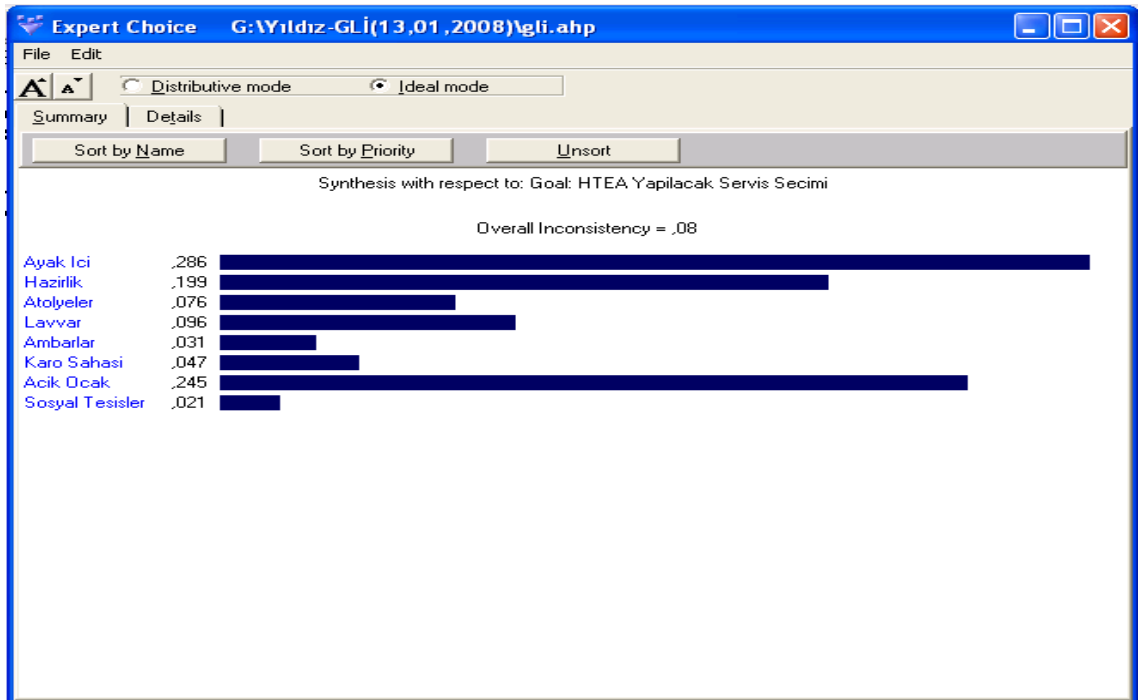
Ek-2 f) KÇ Kriterine göre öncelik değerleri.



Ek-2 g) EE Kriterine göre öncelik değerleri.

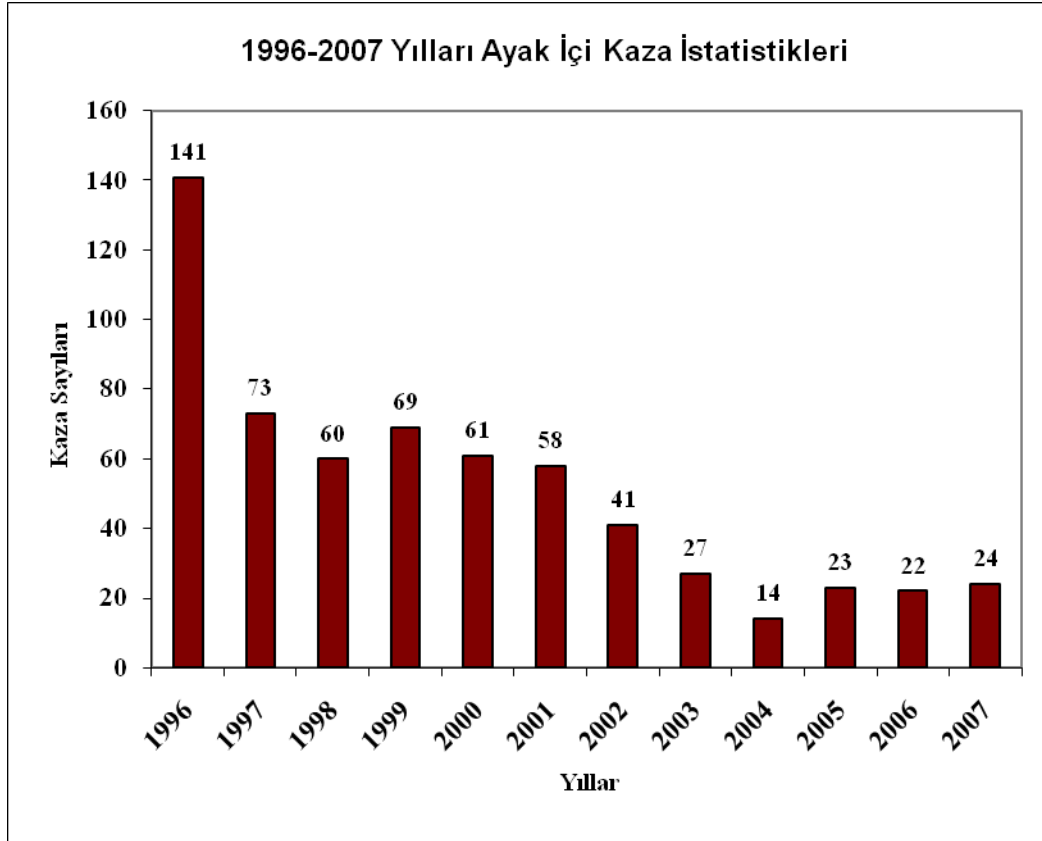


Ek-2 h) HTEA yapılacak servis seçimi değerleri.




**Ek-3** 1996-2007 Yılları Arasında Ayak İçi Servisinde Meydana Gelen Kaza İstatistikleri.


YILLAR	TOPLAM	ÖLÜMLÜ	ÖLÜMSÜZ
1996	141	0	141
1997	73	0	73
1998	60	0	60
1999	69	1	68
2000	61	0	61
2001	58	0	58
2002	41	0	41
2003	27	0	27
2004	14	0	14
2005	23	0	23
2006	22	0	22
2007	24	0	24
TOPLAM	613	1	612




#### Ek-4 Servis HTEA Formu.

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni	
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)	
														
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Risk Değerlendirme Formu				
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Eylül-Kasım 2008				
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı				
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)										Analiz Türü: Servis HTEA				
1	HT1:İş makineleri dışındaki makinelere kaynaklanan hata türü	E1:Baş, el, ayak ve gövdeden yaralanma	N1:Makine veya bir parçasının çalışanın üzerine düşmesi	KKD, Eğitim, Uyarı Levhaları, Periyodik Tamir-Bakım	1	7	5	35						
2			N2:Makine veya bir parçasının çalışana çarpması, vurması	KKD, Eğitim, Uyarı Levhaları, Periyodik Tamir-Bakım	3	8	6	144	1.Bakım 2.Yenileme 3.Sürekli iş güvenliği eğitimi	1	5	8	40	
3			N3:Basınçlı hava veya hidrolik hortumlarının patlaması	KKD, Eğitim, Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	8	8	64	1.Bakım 2.Yenileme 3.Eğitimin sürekliliği 4.Denetimin sürekliliği	1	4	8	32	
4			N4:Uzuv sıkışması	KKD, Eğitim, Uyarı Levhaları	1	6	3	18						
5			N5:Uzuvlara çapak, yonga vs.batması	KKD, Eğitim, Denetim	3	6	4	72	1.Eğitimlerle çalışanların dikkatinin artmasının sağlanması	3	3	4	36	
6			N6:Makine parçasını kaldırırken veya zorlanma sonucu belini incitme	KKD, Eğitim, Talimatlar, Uyarı Levhaları	1	6	4	24						
7			N7:Makinelere kaynaklanan diğer kazalar	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	3	9	27						


**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

	RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Risk Değerlendirme Formu			
	Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Eylül-Kasım 2008			
	Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6), (düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
	Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2), (hemen hemen kesin:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni (O)	Yeni (A)	Yeni (S)	Yeni (RÖS)	
8	HT2:İş makinelerinden kaynaklanan hata türü	E2:Baştan yaralanma	N1:İş makinesi üzerinde çalışırken düşme	KKD, Eğitim, Talimatlar	1	7	2	14						

**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**


Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
													
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Risk Değerlendirme Formu			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Eylül-Kasım 2008			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
9	HT3:Kullanılan el aletlerinden kaynaklanan hata türü	E3:Baş, el, gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma	N1:El aleti ile çalışanın kendisine vurması, kesmesi veya el aletlerinin üzerine düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar	2	5	5	50	1.Sürekli eğitim, 2.Bakım 3.Gerekliyse yenileme, 4.Çalışanları uyarıcı levhalar	2	3	5	30
10			N2:El aleti ile çalışırken zorlanma sonucu belini incitmek	KKD, Eğitim, Talimatlar, Denetim	1	4	6	24					
11			N3:El aleti ile çalışırken zorlanma sonucu düşmek	KKD,Eğitim, Talimatlar, Denetim	1	4	7	28					
12			N4:El aletlerine bağlı olarak oluşan diğer kazalar	KKD, Eğitim, Talimatlar	1	3	8	24					

**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**


Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
													
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Risk Değerlendirme Formu			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Eylül-Kasım 2008			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6), (düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2), (hemen hemen kesin:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
13	H4:Ayakta, hazırlıkta ve ocak yollarında göçük, taş veya kömür düşmesinden kaynaklanan hata türü	E4:Baş, el, ayak,bacak, gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma	N1:Ayakta kazı yaparken taş veya kömür düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	10	8	3	240	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak	6	7	5	210
14			N2:Ayakta arkadan kömür çekerken taş veya kömür düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	4	7	3	84	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak	3	5	2	30
15			N3:Ayakta tahkimat yaparken veya sökerken taş veya kömür düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	8	7	1	56	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak	5	5	1	25




**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
										Risk Değerlendirme Formu			
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Eylül-Kasım 2008			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6), (düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2), (hemen hemen kesin:1)													
16	H4(Devam)	E4 (Devam)	N4:Ayakta temizlik yaparken, malzeme çekerken ve diğer sebeplerden oluşan	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	5	6	8	240	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak	4	4	9	144
17			N5:Ayak montajı-demontajı sırasında taş veya kömür düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	3	5	6	90	1.Sürekli eğitim, 2.Ekstra güvenlik tedbirleri, 3.İlave kama, fırça, süren gibi tahkimat malzemeleriyle tavanı sağlamlaştırmak, 4.Uyarı levhaları ile işçilerin dikkatini artırmak	2	3	6	36
18			N6:Hazırlıklarda kazı yaparken taş veya kömür düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	8	2	16					
19			N7:Ocak yollarında tamir-tarama yaparken taş veya kömür düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	4	3	12					


**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
										Risk Değerlendirme Formu			
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Eylül-Kasım 2008			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)													
20	HT5:Tahkimat malzemesi ve diğer malzemelerin (nakliyat, tamir-bakım, montaj-demontaj hariç) düşmesi sonucu oluşan hata türü	E5:Baş, el, ayak,kol, bacak,gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma ve ölüm	N1:Tahkimatı kurarken tahkimat malzemesi düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar, Denetim	7	5	7	245	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi	5	4	6	120
21			N2:Tahkimatı sökerken tahkimat malzemesi düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar, Güvenlik Denetimi	4	6	4	96	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi	3	5	2	30
22			N3:Kurulu tahkimatın düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	7	7	8	392	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma boşaltma tabancalarının yenilenmesi	5	6	7	210


**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
										Risk Değerlendirme Formu			
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Eylül-Kasım 2008			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)													
23	HT5(Devam)	E5(Devam)	N4:Herhangi bir şeyin çalışanın üzerine düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	3	8	10	240	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.Tamir-bakım, 4.Gerekliyse tahkimat direkleri, sarma, doldurma, boşaltma tabancalarının yenilenmesi	2	7	8	112
24			N5:Tutulan herhangi bir şeyin çalışan üstüne düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	8	9	72	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.KKD Kullanım Denetimi	1	5	7	35
25			N6:Malzeme düşmesi sonucu meydana gelen diğer kazalar	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	7	7	49	1.Ayak içerisinde sürekli denetim, 2.Sürekli eğitim, 3.KKD Kullanım Denetimi	1	5	7	35


**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
											Risk Değerlendirme Formu		
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu											Eylül-Kasım 2008		
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)											Hazırlayan: HTEA Takımı		
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)											Analiz Türü: Servis HTEA		
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)													
26	HT6:Hareket halinde veya duran bir malzemenin çarpması veya çalışanın malzemeye çarpması sonucu oluşan hata türü	E6:Baş, el, ayak, kol, bacak, gövde ve muhtelif yerlerden yaralanma	N1:Hareket halindeki bir şeyin çarpması, vurmaları	KKD, Eğitim, Talimatlar, Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	2	9	8	144	1.Nakliye araçlarına malzemelerin düzgün olarak istiflenmesini sağlamak, 2.Tamir-bakım ve gerekliyse yenileme, 3.Sürekli eğitim	2	5	5	50
27			N2:Yeraltında duran tahkimat parçalarına çarpmak	KKD, Eğitim, Talimatlar, Uyarı Levhaları	6	4	4	96	1.Ayak içerisindeki tahkimatların düzgün sıralanması ve yüksekliklerinin eşit olması, 2.Kama ve sarmaların tavandan aşağıya doğru çıkıntı yapmasının engellenmesi	5	2	4	40
28			N3:Duran bir malzemeye çarpmak, vurmak	KKD, Eğitim, Talimatlar, Uyarı Levhaları	1	2	10	20					
29			N4:Malzeme çarpması sonucu oluşan diğer kazalar	KKD, Eğitim, Talimatlar, Uyarı Levhaları	1	6	4	24					


**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
													
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Risk Değerlendirme Formu			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Eylül-Kasım 2008			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
30	HT7:Herhangi bir şeyi elle taşıma sırasında oluşan hata türü	E7:Baş,el, ayak,kol, bacak ve gövdeden yaralanma	N1:Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken, indirirken çalışanın üzerine düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar, Güvenlik Önlemleri, Güvenlik Denetimi	2	6	5	60	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting traley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak	2	4	6	48
31			N2:Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken indirirken düşmek	KKD, Eğitim, Talimatlar, Güvenlik önlemleri	1	7	8	56	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting traley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak	1	3	8	24


Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
													
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Risk Değerlendirme Formu			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Eylül-Kasım 2008			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
32	HT7(Devam)	E7(Devam)	N3:Herhangi bir şeyi elle taşıırken kaldırırken indirirken uzuv sıkışması	KKD, Eğitim, Talimatlar, Güvenlik önlemleri	4	6	3	72	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting traley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak	2	5	3	30
33			N4:Herhangi bir şeyi elle taşıırken, kaldırırken, indirirken belini incitmek	KKD, Eğitim, Talimatlar, Güvenlik önlemleri	10	6	6	360	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı ve ikazların artırılması, 3.Elle taşıma yerine forklift, vinç gibi araçlardan uygun olanla taşıma işleminin yapılması, 4.Ocak içerisinde ise kulikar, monoray, shunting traley, ocak içi vinci gibi araçlar kullanmak	4	5	8	160
34			N5:Malzeme çarpması sonucu oluşan diğer kazalar	KKD, Eğitim, Talimatlar, Güvenlik önlemleri	1	4	4	16					

**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
										Risk Değerlendirme Formu			
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Eylül-Kasım 2008			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)													
35	HT8:Herhangi bir şeyi mekanik olarak taşıma sırasında oluşan hata türü	E8:Baş, el ve ayaktan yaralanma	N1:Konveyörlerin hareketli aksamalarının çarpması, vurması, sıkıştırması	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	2	8	2	32					
36			N2.Diğer nakliyat ünitelerinin çarpması, vurması, sıkıştırması	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	8	2	16					
37			N3:Nakliyat ünitelerinden çalışanların üzerine herhangi birşey düşmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	6	8	48	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı levhaları kullanmak, 3.Nakliyat ünitelerinin sürekli bakımı, gerekiyorsa tamiri, 4.Eksik parçaların(makara, emniyet halatı, muhafaza, geçiş köprüleri gibi) tamamlanması	1	5	8	40
38			N4:Mekanik taşıma sırasındaki diğer kazalar	KKD, Eğitim, Talimatlar Periyodik Bakım ve Kontroller, Güvenlik Denetimleri	1	6	5	30					

**Ek-4 Servis HTEA Formu (devam).**

Sıra No	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Nedenleri	Kontrol Faaliyeti	O	A	S	RÖS	İyileştirme Planı (varsa)	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
										(O)	(A)	(S)	(RÖS)
										Risk Değerlendirme Formu			
RÖS<40; önlem almaya gerek yok, 40≤RÖS≤100; önlem alınabilir, RÖS>100; önlem alınması zorunlu										Eylül-Kasım 2008			
Ortaya çıkma(O):(1/2'den fazla:10), (1/3:9), (1/8:8), (1/20:7), (1/80:6), (1/400:5), (1/2 000:4), (1/15 000:3), (1/150 000:2), (1/1 500 000'den düşük:1)										Hazırlayan: HTEA Takımı			
Ağırlık (şiddet) (A):(uyarısız tehlike:10),(uyarılı tehlike:9),(çok yüksek tehlike:8),(yüksek tehlike:7),(orta tehlike:6),(düşük tehlike:5), (çok düşük tehlike:4),(az tehlike:3),(çok az tehlike:2),(tehlike yok:1)										Analiz Türü: Servis HTEA			
Saptanabilirlik(S):(imkansız:10),(çok zor:9),(zor:8),(çok az:7),(az:6),(orta:5),(ortanın üstü:4),(yüksek:3),(çok yüksek:2),(hemen hemen kesin:1)													
39	HT9:Elle taşıma, mekanik taşıma, makine, iş makinesi ve el aletleri nedenleri dışında oluşan hata türü	E9:El, ayak, kol, bacak ve gövdeden yaralanma	N1:Yürürken düşme	KKD, Eğitim, Güvenlik Önlemleri	1	3	10	30					
40			N2:Diğer düşmeler	KKD, Eğitim	1	4	8	32					
41			N3:Tahkimatı yaparken veya sökerken uzuv sıkışması	KKD, Eğitim, Talimatlar	7	7	5	245	1.Sürekli eğitim, 2.Uyarı levhaları, 3.Dikim-söküm sırasında kullanılan aletlerin tamir-bakım, yenilenmesi, 4.Dikkat	5	6	6	180
42			N4:Tahkimat yaparken veya sökerken bel incinmesi	KKD, Eğitim, Talimatlar	6	5	10	300	1.Dikkat, 2.Sürekli eğitim	3	3	8	72
43			N5:Ayak burkulması	KKD, Eğitim	2	3	10	60	1.KKD kullanımının denetlenmesi	2	2	8	32
44			N6:Çivi batması	KKD, Eğitim	1	2	10	20					



Ek-5 RÖS>100 ve 40<RÖS<100 aralıklarında uzuvlara göre yaralanma sayıları, gün kayıpları ve ölümler.

		Uzuvlara Göre Yaralanma Sayıları ve Ölüm Sayıları									Uzuvlara Göre Gün Kayıpları							RÖS>100	40<RÖS<100	
		Baş	El	Ayak	Kol	Bacak	Gövde	Muh.	Ölüm	Top.	Baş	El	Ayak	Kol	Bacak	Gövde	Muh.			Top.
HT1	N2	2	3	2	0	0	6	0	0	13	9	56	23	0	0	59	0	147	144	
	N3	2	1	0	0	0	0	0	0	3	6	20	0	0	0	0	0	26		64
	N5	4	3	0	0	0	0	0	0	7	20	27	0	0	0	0	0	47		72
HT3	N1	4	2	0	0	0	1	0	0	7	7	24	0	0	0	5	0	36		50
HT4	N1	17	36	64	1	6	16	4	0	144	99	424	1433	40	279	156	28	2459	240	
	N2	0	7	5	0	4	1	0	0	17	0	97	25	0	28	17	0	167		84
	N3	4	10	10	0	3	9	0	0	36	34	197	193	0	58	82	0	564		56
	N4	1	10	9	0	1	1	0	0	22	5	257	140	0	10	16	0	428	240	
	N5	1	2	6	0	2	0	0	0	11	10	17	137	0	20	0	0	184		90
HT5	N1	8	5	11	0	0	6	1	0	31	49	64	254	0	0	28	30	425	245	
	N2	6	2	2	2	1	5	0	0	18	231	16	32	49	20	20	0	368		96
	N3	6	5	6	3	2	7	1	1	31	200	278	29	156	10	171	3	847	392	
	N4	0	2	9	0	1	1	2	0	15	0	93	300	0	15	4	117	529	240	
	N5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	20	0	0	0	0	20		72
	N6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0	5		49
HT6	N1	3	2	1	0	0	0	1	0	7	33	54	37	0	0	0	10	134	144	
	N2	11	6	2	2	1	4	0	0	26	171	89	31	5	18	16	0	330		96
HT7	N1	0	2	5	0	1	1	0	0	9	0	0	121	0	13	18	0	152		60
	N2	1	2	0	0	0	1	0	0	4	12	3	0	0	0	20	0	35		56
	N3	17	1	1	0	0	0	0	0	19	0	317	3	30	0	0	0	350		72
	N4	0	2	1	0	0	56	0	0	59	0	20	6	0	0	452	0	478	360	
HT8	N3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	6		48
HT9	N3	0	25	3	2	0	1	0	0	31	0	362	44	24	0	5	0	435	245	
	N4	0	0	0	0	0	24	0	0	24	0	0	0	0	0	253	0	253	300	
	N5	0	0	6	0	0	1	0	0	7	0	0	141	0	0	5	0	146		60
TOPLAM		87	128	145	10	23	141	9	1	544	886	2415	2975	304	476	1327	188	8571		

Ek-6 Matris Sistemi.

**MATRİS SİSTEMİ**

**RİSK = OLASILIK X ETKİ**

OLASIK	ZARAR VERME ETKİ DERECEŚİ				
	ÇOK HAFİF (1)	HAFİF (2)	ORTA DERECE (3)	CİDDİ (4)	ÇOK CİDDİ (5)
ÇOK KÜÇÜK (1)	ANLAMSIZ 1	DÜŞÜK 2	DÜŞÜK 3	DÜŞÜK 4	DÜŞÜK 5
KÜÇÜK (2)	DÜŞÜK 2	DÜŞÜK 4	DÜŞÜK 6	ORTA 8	ORTA 10
ORTA DERECE (3)	DÜŞÜK 3	DÜŞÜK 6	ORTA 9	ORTA 12	YÜKSEK 15
YÜKSEK (4)	DÜŞÜK 4	ORTA 8	ORTA 12	YÜKSEK 16	YÜKSEK 20
ÇOK YÜKSEK (5)	DÜŞÜK 5	ORTA 10	YÜKSEK 15	YÜKSEK 20	TOLERE EDİLEMEZ 25

**ORTAYA ÇIKMA OLASILIĞI**

- 1 - Yılda bir ( çok küçük )
- 2 - Üç ayda bir ( küçük )
- 3 - Ayda bir ( orta dereceli )
- 4 - Haftada bir ( yüksek )
- 5 - Her gün ( çok yüksek )

**ZARAR VERME ETKİSİ**

- 1- (çok hafif) Hasar ya da yaralanmaya neden olmayan kaza, iş saati kaybı olmayan
- 2 - (hafif) İlk yardım gerektiren küçük yaralanmalar
- 3 - (orta) En az 3 gün istirahat gerektiren yaralanmalar
- 4 - (ciddi) Ciddi yaralanmalar
- 5 - (çok ciddi) Birden çok ölümlü, ölümlü veya sürekli iş görmezlik

RİSK PUANI	SONUÇ
15-25	KABUL EDİLEMEZ RİSK Bu risklerle ilgili hemen çalışma yapılmalı
8-12	DİKKATE DEĞER RİSK Bu risklere mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edilmeli
1-6	KABUL EDİLEBİLİR RİSK Acil Tedbir Gerektirmeyebilir