

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
GEMİ İNŞAATI VE DENİZ BİLİMLERİ FAKÜLTESİ



GEMİ VE DENİZ TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ

TEKNİK RAPOR

Rapor Tipi : İnceleme - Araştırma

Rapor No : DEN 2015 / 02

Rapor Tarihi : 18.09.2015

Onaylayan:

TERSANELERDE İŞ SAĞLIĞI VE
GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Hakan Akyıldız
Doç. Dr. Barış Barlas

ÖNSÖZ

İş güvenliği konusunun kendi yapısı itibarıyla çok bilimli bir karaktere sahip olması ve tersane sektöründe mevcut olan yüksekte bloklar halinde çalışma, çok çeşitli iş ekipmanlarının kullanılması ve bunların yanında tehlikeli kimyasalların boya, raspa vb. çalışmalar gibi çok çeşitli risk gruplarını içermesi bu sektörü çok tehlikeli sınıfa sokmaktadır. Bu nedenle tehlikelerin ve risklerin neler olduğunu ve tersane sektöründeki başlıca risk odaklarını incelemekte yarar vardır. Bu çalışmada başlangıç olarak riskin tanımına, insanlar tarafından riskin nasıl algılandığı konularına ve risk değerlendirmesi ile ilgili kanunlara yer verilmiş, tersanelerde yapılan işleri ve faaliyetleri açıklayarak, tersane sektöründeki başlıca riskler incelenip sık karşılaşılan noksanlıklar gözlemlenmiştir. Tersane sektöründeki genel noksanlıklar dışında risk analiz uygulamalarından bahsedilerek kullanılan risk analiz yöntemleri anlatılmıştır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Literatür Araştırması	3
2. TERSANELER ve GEMİ İNŞAATI SANAYİ	5
2.1 Gemi İnşaatı Sanayinde İstihdam.....	5
2.2 Türkiye Gemi İnşaatı Sanayi.....	7
2.3 Tersanelerde Yapılan Başlıca İşler.....	9
2.4 Tersanenin Başlıca Bölümleri.....	10
2.5 Tersanelerde Kullanılan Başlıca Ekipmanlar ve Maddeler	11
2.6 Tersanelerde Meydana Gelen Kazalar.....	12
3. İŞ KAZALARI.....	16
3.1 İş Kazası.....	16
3.2 Kaza Nedenleri ve Kaza Kategorileri.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Risk Değerlendirmesi	Error! Bookmark not defined.
3.4 İş Güvenliği Yönetim Sistemleri.....	Error! Bookmark not defined.
4. RİSK DEĞERLENDİRME ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	22
4.1 Risk Değerlendirmesi Ne Zaman Yapılır	24
4.2 Risk Değerlendirmesi	25
4.3 Risklerin Algılanması.....	26
4.4 Risk Değerlendirme Karar Matrisi.....	27
4.5 Fine-Kinney Yöntemi.....	32
4.6 Hata Ağacı Analizi	34
4.6.1 Hata ağacı analiz aşamaları.....	35
4.6.2 Temel prensipler ve semboller.....	37
4.6.3 Analiz diyagramının yapılandırılması	38
4.7 Olay Ağacı Analizi.....	48
4.8 Ön Tehlike Analizi	52
4.9 İş Güvenlik Analizi.....	Error! Bookmark not defined.
4.10 Olursa Ne Olur? Analizi	54
4.11 Birincil Risk Analizi.....	54
4.12 Tehlike ve Çalışılabilirlik	55
4.13 Hata Türleri ve Etkileri Analizi.....	58
4.14 Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları.....	61

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER.....	Error! Bookmark not defined.
KAYNAKLAR.....	66

KISALTMALAR

T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
İSG	: İşçi sağlığı ve güvenliği
İSGYS	: İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi
LPG	: Likit petrol gazları
CE	: Conformance Européenne (Avrupa Uygunluğu)
CNC	: Computer Numerical Control
V	: Volt
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
PHA	: Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis)
FMEA	: Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi (Failure Mode And Effects Analysis)
FMCEA	: Olası Hata Türleri ve Kritik Etki Analizi Metodolojisi (Failure Mode and Critically Effects Analysis)
HACCP	: Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (Hazard Analysis and Critical Control Points)
SA	: Güvenlik Denetimi (Safety Audit)
SFA	: Güvenlik Fonksiyon Analizi (Safety Function Analysis)
FTA	: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)
ETA	: Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis)
HAZOP	: Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Metodolojisi (Hazard and Operability Study)
JSA	: İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis)
WIA	: Olursa Ne Olur Analizi (What If Analysis)
PRA	: Birincil Risk Analizi - (Preliminary Risk Analysis)
CCA	: Neden Sonuç Analizi (Cause - Consequence Analysis)
HEI	: İnsan Hata Tanımlaması (Human Error Identification)
HRA	: İnsan Güvenilirlik Değerlendirmesi (Human Reliability Assessment)
THERP	: İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği (Technique for Human Error Rate Prediction)
CREAM	: Kavramsal Güvenilirlik ve Hata Analiz Yöntemi (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)
HTA	: Hiyerarşik Görev Analizi (Hierarchical Task Analysis)
DA	: Sapma Analizi (Deviation Analysis)
RADM	: Risk Değerlendirme Karar Matris Metodolojisi (Risk Assessment Decision Matrix)
MORT	: Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı (Management Oversight and Risk Tree)
EA	: Enerji Analizi (Energy Analysis)
SBD	: Güvenlik Bariyer Diyagramları (Safety Barrier Diagrams)
BTM	: Papyon Yöntemi (Bow Tie Method)

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1 : Tersanelerimizde Ocak 2000 - Ocak 2013 yılları arasında ölümlerle sonuçlanan kazaların nedenlerine göre dağılımları.....	21
Tablo 2 : Tersanelerimizde Ocak 2000 - Aralık 2012 yılları arasında çalışan sayıları, ölümlerle sonuçlanan kazalar ve ölüm oranları	21
Tablo 3 : Türkiye imalat sektöründe Ocak 2000 ve Aralık 2009 yılları arasında çalışan sayıları, kaza oranları (Barlas 2012a)	23
Tablo 4 : İş kazalarının temel nedenleri ve alınacak tedbirler (4M4E).	25
Tablo 5 : Kaza kategorileri ve kaza tipleri	26
Tablo 6 : Devletin, işverenin ve işçilerin üzerine düşen sorumluluklar.....	28
Tablo 7 : İş kazasının gerçekleşme ihtimali	36
Tablo 8 : İş kazasının şiddeti	37
Tablo 9 : İş kazasının ihtimal ve zarar derecesi.....	37
Tablo 10 : Risk skoru değerlendirme	38
Tablo 11 : 5x5 analiz matrisi yönteminde risk değerlendirme ve aksiyon kriterleri .	38
Tablo 12 : Fine – Kinney yöntemi olasılık değerleri tablosu	39
Tablo 13 : Fine – Kinney yöntemi şiddet değerleri tablosu	40
Tablo 14 : Fine – Kinney yöntemi frekans değerleri tablosu	40
Tablo 15 : Fine – Kinney yöntemi risk değerlendirme sonucu tablosu	40
Tablo 16 : Hata ağacı analizinde kullanılan semboller	44
Tablo 17 : HAZOP metodolojisi uygulamasında kullanılan anahtar kelimeler	62

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1 : Türkiye'deki Tersaneler ve Yat Yapım Yerlerinin Coğrafi Konumları.....	17
Şekil 2 : Günlere bağlı ölümlü kaza sayıları.....	22
Şekil 3 : Ortalama hava sıcaklığına bağlı ölümlü kaza sayıları.....	23
Şekil 4 : Hata Ağacı Analiz Aşamaları	42
Şekil 5 : 'VE' Kapısı.....	50
Şekil 6 : 'VEYA' Kapısı.....	51
Şekil 7 : $ZO = A \cdot (B + C)$ için Hata Ağacı yapısı.....	52
Şekil 8 : $ZO = A \cdot (B + C)$ için azaltılmış Hata Ağacı yapısı.....	52
Şekil 9 : $ZO = C + (A \cdot B)$ için Hata Ağacı yapısı.....	53
Şekil 10 : $ZO = C + (A \cdot B)$ için azaltılmış Hata Ağacı yapısı.....	54
Şekil 11 : Olay ağacı analizi adımları.....	55
Şekil 12 : Hata ağacı ve olay ağacı analizlerinin ilişkisi.....	56
Şekil 13 : Yangın/patlama için örnek hata ağacı analizi.....	56
Şekil 14 : Yangın için olay ağacı analizi: Olasılık ve frekans hesaplama.....	57
Şekil 15 : HAZOP tehlike sapma hipotezi.....	62
Şekil 16 : HAZOP takımının izleyeceği aşamalar.....	63

TERSANELERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN RISK ANALİZİ YÖNTEMLERİ

ÖZET

Son yıllarda, tersane sektöründeki işler artarak daha karmaşık hale gelmiştir. Bu yüzden, daha etkili nitel ve nicel risk analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, tersanelerde karşılaşılan başlıca riskler ve noksanlıkların giderilmesinde kullanılmaktadır.

Denizcilik sektöründe, tersanelerdeki risk analiz yöntemlerinin nitel ve nicel olarak ele alınması önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Çünkü, ağır sanayi olarak giderek artan orandaki tersane faaliyetleri tehlikeleri de beraberinde getirmektedir. Bu tehlikeleri azaltmak ve kontrol edebilmek için meydana gelen kazaların iyi analiz edilmesi çok önemlidir. Dolayısıyla, bu çalışmanın temel amacı gemi inşaa sektöründe ortaya çıkabilecek ciddi kazaların nedenlerini araştırmaktır. Ayrıca, 2000-2013 yılları arasında, Türk tersanelerinde meydana gelmiş ciddi kazaların nedenlerini ve sonuçlarını analiz etmektir.

Bu çalışmada, başlangıç olarak riskin tanımına, insanlar tarafından riskin nasıl algılandığı konularına ve risk değerlendirmesi ile ilgili başlıklara yer verilmiş, tersanelerde yapılan işler açıklanarak, tersane sektöründeki başlıca riskler ve sık karşılaşılan noksanlıklar anlatılmıştır. Tersanelerdeki genel noksanlıklar dışında risk analiz yöntemlerinden bahsedilerek, tersanelerde kullanılacak risk değerlendirmesi yöntemleri anlatılmıştır. Gemi inşaatı sektöründe iş kazasına sebep olabilecek riskleri önlemenin, iş yerine ve yapılan işe uygun bir iş sağlığı ve güvenliği organizasyonu oluşturmanın önemi vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Tersane; İş kazaları; İş güvenliği; Risk analizi; Risk analizi yöntemleri.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY IN TERMS OF RISK ANALYSIS METHODS IN SHIPYARD

SUMMARY

Over the past decades the complexity of the shipbuilding operations has increased rapidly. Therefore, efficient and sophisticated quantitative and qualitative safety analysis techniques have been widely developed and implemented for determination and analysis of the risk limits of the shipbuilding industry related problems.

The quantitative/qualitative analysis of risks of the shipbuilding industry is one of the most important research issues in the maritime industry. Increasingly large amount of operations brings potential threats to shipbuilding safety and environment. To control or reduce risks, it is necessary to analyze and evaluate the accidents. This paper focuses on shipyards' accidents in Turkey. Aim of the study is to identify and evaluate driving factors causing fatalities for the shipbuilding industry. It is also to investigate causes and incidence rates of fatalities between January 2000 and January 2013 in Turkish shipyards retrospectively. Occupational accidents, classification of occupational accidents, accident categories and risks are defined. Classification of fatal occupational accidents and revealed major fatality reasons for the shipbuilding industry are given. Strategies recommended to minimize the fatalities at shipyards and extra precautions can be taken in order to minimize the occurrence of accidents and fatalities are discussed.

Keywords: Shipyard; Work-related accidents; Occupational safety; Risk analysis; Methods of Risk analysis.

1. GİRİŞ

İş sağlığı ve gvenliği (İSG) bir kltrdr. Gnmzde alışanın kafasında koruyucu baret grnce iş güvenliğinin büyük ölçüde sağlandığını düşünen bir toplumsal algıyla karşı karşıyız. Bazen bu algıyı az da olsa çalışma ortamındaki kişiler de sergilemektedir. İSG konusunun uğraştığı alan yaşam ve ölüm arasında uzun soluklu bir çalışmayı gerektirmektedir. Türkiye tüm sanayileşen ülkeler gibi gelişen sanayi, artan üretim ve bunlara bağlı olarak artan iş kazaları sürecinden geçmektedir. Hangi sektörde hızlı bir üretim artışı varsa, o sektörde iş kazaları da buna paralel olarak artmaktadır. İş kazalarına ait raporlar okunduğu zaman, gerçekleşen her iş kazasının bir Şekilde önlenmesinin mümkün olduğu görülür. Ancak gerçekte iş kazaları bir noktaya kadar nlenebilir. Sıfır kaza mümkün değildir, çünkü kaza olayı zaten normal Őartlarda olması beklenmeyen bir olaydır. Ne kadar önlem alınırsa alınsın bir zaman mutlaka beklenmeyen bir kaza olayı gerçekleşir. Kaza olana kadar insanların göremediği yeni bir önlem, böyle bir kazanın ilerde tekrarlamaması için bundan sonra dikkate alınır. Çalışanların iş kazası sebebi ile ölmesi, sürekli olarak veya geçici iş göremez hale gelmesi, çalışana, işverene ve devlete önemli ölçüde ekonomik maliyetler yüklemektedir. Çünkü iş kazası meydana geldiğinde sadece kazaya uğrayan kişi ve çevresi açısından değil, mikroekonomik açıdan işletmeyi ve makroekonomik açıdan da devleti etkilemektedir.

1.1 Amaç

Son 10 yılda Türkiye Tersanelerinde ardı ardına gelen ölümlü iş kazası haberleri, Türkiye Gemi İnaşatı sektörünü yaşanan iş kazaları aracılığı ile zaman zaman kamuoyunun gündeminde n sıralara çıkarılmıştır. Bu iş kazaları karşısında verilen anlık tepkiler ve çıkarılan sonuçlar; işçilerin bilgi ve eğitim eksikliği, taşeronluk (alt yüklenicilik) sistemi ve gemi inşaatı piyasasındaki rekabetçi yapı olduğudur. 2003-2008 yılları arasında Türkiye Gemi İnaşatı sektörü, dünya ticaret hacmi ve buna bağlı olarak navlun fiyatlarının da artması sebebiyle, ciddi bir atılım

yapmış, 2004 yılından bu yana da, gemi inşaatı sektöründeki canlanmaya paralel olarak, toplam iş kazalarının ve ölümlü iş kazalarının sayısında ciddi bir artış gerçekleşmiştir. Ancak çıkarılan bu sonuçlara ve kazaları önlemek için yapılan uygulamalara rağmen, yıllardır süre gelen iş kazalarında önemli bir azalma olmamış, aksine 2008 yılında önemli bir yükseliş yaşanmıştır. Şimdiye kadar gerçekleştirilen önlem ve uygulamaların, yaşanan iş kazalarını istendiği ölçüde engellemediği kaza rakamlarından görülmektedir. İş kazalarıyla ilgili rakamların, tersanelerde yıllık üretim miktarlarındaki değişimlerle de karşılaştırılması gerekmektedir. Özellikle aynı istihdam düzeyindeyken yaşanan sipariş azalması ve iş durgunluğu, iş kazalarının da sayısal olarak azalmasına neden olmaktadır. Şu halde kaza rakamlarındaki sayısal düşüş, esasen sektörde iş güvenliği ve sağlığına ilişkin koşulların iyileştiği anlamına gelmemektedir.

SGK verileri incelendiğinde iş kazalarının en sık metal işleme/üretim sektöründe, ölümlü sonuçlanan iş kazalarının ise en sık inşaat sektöründe meydana geldiği görülmektedir. Tersanelerde yapılan işler gereği, yukarıda bahsedilen iki sektöründe risklerini içermektedir. Tehlikenin daha net anlaşılabilmesi için bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Tersane sektöründe mevcut olan yüksekte bloklar halinde çalışma, çok çeşitli iş ekipmanlarının kullanılması ve bunların yanında tehlikeli kimyasalların boya, raspa vb. çalışmalarda yer alması, sektörün iş kazası ve meslek hastalığı açısından çok büyük riskler içermesine sebebiyet vermektedir (Güner, 2013). İş güvenliği konusunun kendi yapısı itibarıyla çok bilimli bir karaktere sahip olması ve gemi inşaatı sektörünün çok çeşitli risk gruplarını içermesi; iş sağlığı ve güvenliği çözümlerinin çok bilimli, eş güdüm halinde ve çok sayıda uzmanlıktan oluşan bir ortak çabayla yapılması yasal bir zorunluluk olduğu kadar kaçınılmaz bir sonuçtur.

Bu çalışmada önce iş kazalarının geniş bir tanımı yapılmış, Türkiye’de resmi kaza istatistikleri sunulmuş, kaza nedenleri anlatılmıştır. İş kazaları kategorize edilmiş, iş kazalarının sebep olduğu sosyal ve ekonomik boyutlar anlatılmış, tehlikeli meslek grupları kavramı çeşitli verilere dayanılarak tanımlanmıştır. Gemi inşaatı sanayinde meydana gelen iş kazaları rakamları istatistiksel verilere dayanılarak, ekonomik aktivite ile ilişkilendirilmiştir. Tersanelerde meydana gelen kazaların sınıflandırılması yapılmış, tersanelerde iş kazasına neden olabilecek tehlikeli durum

ve hareketler belirlenmiştir. Önemli yaralanmalı ve ölümlü kazaları en aza indirmek için alınması gerekli tedbirler kısaca başlıklar halinde sunulmuştur.

1.2 Literatür Araştırması

Uluslararası literatürde, gemi inşaatı sanayindeki iş kazaları ile ilgili çalışmalar, inşaat sektörü ile karşılaştırıldığında çok sınırlıdır. Bartley ve Fagin (1990) işsiz kalan tersane işçilerinin durumlarını zor tersane koşullarının yıllar boyunca işçilere verdiği etkiyi de göz önüne alarak incelemişlerdir. Moll Van Charante ve Mulder (1990) Hollanda’da iki yıl boyunca meydana gelen tersane kazalarını incelemiş ve çıkarımlarda bulunmuşlardır. Moll Van Charante vd. (1991) yaptıkları bu çalışmada, tersanelerde meydana gelen çoğu iş kazasının duruş ve yürüme bozukluğundan kaynaklanabileceğini savunmuşlardır. Krstev vd (2007) ABD’de askeri bir tersande 15 yıl boyunca çalışmış işçileri yaklaşık 40 yıl boyunca izlemiş ve hastalıklardan ölüm nedenlerini araştırmışlardır. Valentino vd (2003) tersanelerde yüksek basınçlı aletlerin kullanımı sırasında yaşanan iş kazalarını derinlemesine incelemişlerdir. Elklit (1997) Danimarka’da bir tersanede bir tankerin inşası sırasında yaşanan patlamayı inceleyerek, nelerin yapılmaması gerektiği ve bu kazanın sonuçlarını araştırmıştır. Sulzer-Azarof ve Austin (2000) davranış temelli güvenlik (Behavior-Based Safety) konusunu tersaneleri de içine alacak biçimde incelemişlerdir. Shinoda vd (2010) tersanelerde risk analizini iş güvenliği yönetimi açısından incelemişlerdir. Jacinto ve Silva (2010) iş kazalarını azaltmak için papyon yöntemini (bow-tie) gemi inşaatı sanayine uygulamışlardır. Wu vd. (2013) 1985-2008 yılları arasında Tayvan’daki gemi söküm sektöründe meydana gelen ölümcül iş kazalarını incelemişlerdir. Petronio (1984) tersanelerde meydana gelen kazaları istatisti olarak incelemiş ve kazaların önlenmesi için iş organizasyonunda yapılması gerekli değişiklikler hakkında önerilerde bulunmuştur. Saari ve Naesaenen (1989) tersanelerde çalışma ortamının temizlik ve düzenli olmasının iş kazaları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Arcelani vd. (1990) İtalya’da bir tersanede meydana gelen 1375 iş kazası inceleyerek tersanedeki bölümleri risk açısından sınıflandırmışlardır. Barlas (2012a) Türkiye’de tersanelerde meydana gelen ölümcül iş kazalarını istatistiksel olarak araştırmış ve ölümcül iş kazaların kimliklerini ortaya koymaya çalışmıştır. Barlas (2012b) tersanelerde meydana gelen iş kazalarının önüne

geçebilmek için alınması gerekli tedbirleri AHP yöntemiyle incelemiş ve öncelik sıralaması yapmıştır.

Türkiye’de şimdiye kadar tersanelerde yaşanan kazalar ile ilgili sivil toplum örgütlerinin (DİSK / Limter-İş Sendikası, TMMOB-İstanbul İl Koordinasyon Kurulu, İstanbul Tabip Odası, İstanbul İşçi Sağlığı Enstitüsü) beraberce yayınlamış olduğu inceleme komisyonu raporu (Limter-İş, 2007) ve TMMOB Gemi Mühendisleri Odası’nın hazırladığı İş Sağlığı ve Güvenliği Raporu (GMO, 2007) ve Cumhurbaşkanlığı Devlet Denetleme Kurulu’nun hazırladığı Tersanecilik Sektörü ile İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Tuzla Tersaneler Bölgesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi Hakkında inceleme raporu (TC Cumhurbaşkanlığı Devlet Den. Kurulu, 2008) ve Barış Barlas’ın TMMOB Gemi Mühendisleri Odası tarafından yayımlanan eseri bulunmaktadır (Barlas, 2011).

2. TERSANELER ve GEMİ İNŞAATI SANAYİ

2.1. Gemi İnşaatı Sanayinde İstihdam

Gemi inşaatı sanayi emek yoğun bir imalat sanayi olması dolayısı ile istihdam yaratıcı bir sektör olarak kabul edilmektedir. Bu özellik, gelişmekte olan ve işsizlik oranları yüksek ülkelerin gemi inşaatını hedef sektörler arasına almasına yol açmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde istihdam artışı, gemi inşaatında ileri ülkelerde kapasite azalması ve istihdam düşüşlerini berberinde getirmektedir. Gemi inşaatı istihdam istatistikleri çeşitli nedenlerden dolayı belirsizlikler göstermektedir. Gemi inşaatı doğrudan ve dolaylı olarak işgücü yaratmaktadır. Her tersanenin devamlı çekirdek personeli bulunmakta, işgücü ihtiyacına göre bu personel geçici alt yüklenici personel ile desteklenmektedir. Bu çalışma modeline ek olarak yer darlığından dolayı tekne, boru donanımı, bir kısım teçhizat tersane dışında imal edilip tersaneye getirilerek monte edilebilmektedir. Avrupa tersanelerinin bir kısmı tekne inşaatını alt yüklenicilere değişik ülkelerde yaptırıp, donatımı kendi tersanelerinde gerçekleştirmektedir. Ülkemizde olduğu gibi blok inşaatlarının tersane dışındaki alt yüklenicilere verilmesi, ambar kapakları gibi ekipmanların dışarıda yaptırılması olağan gemi inşaatı modelleri içinde yer almaktadır. Yan sanayi üretimleri bazı ülkelerde gemi inşaatı istihdamı içinde verilmekte olup, bu nedenlerden dolayı doğrudan işgücü ile dolaylı işgücünün karşılaştırmaları birbirleri ile çelişebilmektedir. Endüstri istatistikleri genelde CESA, KOSHIPA, SAJ gibi gemi inşaatı tersaneleri birlikleri tarafından verilmektedir.

Avrupa'da ve Japonya'da uzun yıllar boyu gemi inşaatında sağlanan istihdam, bu ülkelerde gemi inşaatı kapasitesinin azalması neticesinde önemli düşüşler göstermiştir. 1975 yılında 461988 kişiye istihdam sağlayan (Weber ve Nevala, 2006) Avrupa gemi inşaatı sanayi 2008 yılında 144608'e gerileyerek istihdam açısından % 69 küçülmüştür (CESA, 2008). Japonya'da ise 1975 yılında 288363 dolayında olan gemi inşaatı istihdamı 2008 yılında 70090 seviyesine inmiştir. 1990'lı yıllarda yükselen Güney Kore ve son yıllarda yükselen gemi inşaatı

sanayi ülkesi olan Çin’de ise istihdamın artışı gözlemlenmiştir. 1993 yılında 36000 seviyesinde olan Güney Kore gemi inşaatı istihdamı günümüzde 81000 seviyesindedir (KOSHIPA, 2008).

Gemi inşaatı sanayinde istihdam, kapasite dışında verimlilikten etkilenmektedir. İstihdamı belirleyen etmenlerin en önemlilerinden olan verimlilikte, kişi başına düşen üretimi artırma amacı güden ülkeler istihdamı azaltarak verimlilikleri artırma yoluna gitmektedirler. Özellikle işçilik ücretlerinin yüksek olduğu Avrupa ve Japonya üretim hatlarını robot benzeri üretim imkanları ile donatarak gerekli işgücünü azaltmaktadırlar. Sektörde önemli bölgeler olan Avrupa ve Japonya’da işgücünün önemli bir oranını yaşlı işgücü oluşturmaktadır. Avrupa gemi inşaatı işgücünün özellikle, Almanya, Hollanda, Birleşik Krallık ve İtalya’da yakın gelecekte emeklilikler dolayısı ile kalifiye işgücü darlığı doğacağı, genç nüfusun sektördeki dalgalanmalar nedeniyle sektöre ilgisinin az olduğu bildirilmektedir. Japonya’da ise işgücünün % 46’sının 50 yaş üzerinde olduğu, 10-15 sene içinde emekli olacağı beklenmektedir (Lorentzen, 2006). Avrupa ülkeleri gemi inşaatı sanayinde istihdam rakamları Weber ve Nevala (2006) tarafından ülke beyanlarına dayanılarak verilmiştir. 1995-2005 yılları arasında incelenen istihdam rakamlarında, Yunanistan, Danimarka, Polonya, Malta, Portekiz, Slovakya, İspanya ve Birleşik Krallık için istihdamdaki azalış dikkat çekicidir. Avrupa’da gemi inşaatı sanayinde istihdam için diğer kaynak Avrupa tersaneler birliği olan CESA istatistikleridir.

Güney Kore’de 1996-2000 arası istihdam az miktarda azalmış, 2000 yılından sonra artmaya devam etmiştir. 1993 yılında 8000 civarında olan alt yüklenici sayısının 2005 yılında 39000’e çıktığı tahmin edilmektedir. Japonya’da 1975 yılında 288363 olan gemi inşaatı istihdamı 2008 yılında 70090 seviyesine inmiştir. Japon tersaneleri 1974 petrol krizi sonrasında 16 yıllık süren hızlı bir kapasite indirimi ile tersane işgücünü 1990 yılında 127299 seviyesine indirmiştir. Bu yıldan sonra Japonya işgücünü korumayı seçmiş kapasite indirimini yavaşlatmıştır. Çin gemi inşaatı sanayi istihdamı ile ilgili geçmiş yıllara ait güvenilir veri bulunmamaktadır. 2005 yılı itibarı ile gemi inşaatında istihdam 154703 olup Liaoning 22747, Shanghai 27596, Jiangsu 21818, Shandong 14072, Hubei 14084, Guangdong 11020 ile istihdamın en yoğun olduğu bölgelerdir (China Shipbuilding Statistical Yearbook, 2006).

Ülkemizde gemi inşaatı sanayide istihdam değerlerini sağlıklı olarak elde etmek sektörün uzun yıllardır ağırlıklı olarak alt yüklenici sistemi ile iş bazında üretim anlaşmaları yapması nedeniyle olanaklı değildir. Tersanelerimizin üretimlerinin önemli bölümü çıplak tekne işçiliği işlenen çelik baz alınarak kilo başına götürü usulü, boru işçiliği, elektrik donanımı, makine montajı, tefrişat gibi kısımlar ihale şeklinde alt yükleniciye verilmektedir. Bu nedenle de sektördeki önemli çoğunluğunun harcanan adam saat veya adam-yıl işgücü kayıtları mevcut değildir. Aynı nedenle tersanelerin devamlı personel sayısı, gerçekleştirilen gemi inşaatına oranla çok düşüktür.

Dünya gemi inşaatına benzer şekilde tersanelerimizdeki doğrudan istihdamın dışında dolaylı istihdam önem taşımaktadır. Gemi yan sanayi tersane dışında gerçekleştirilmesi nedeniyle bu tip istihdamın temel nedenidir. Bunun yanında özellikle 2004 sonrasında tersanelerimizin Tuzla bölgesinde yer alan tesislerinin alan bazında alınan siparişler için yetersiz kalması sonucu tersanelerimiz Tuzla deri sanayi bölgesinde ve diğer bölgelerde blok inşaatlarını alt yüklenicilere yaptırmaya başlamışlar.

Tablo 2.1’de 2000-2014 yılları arasında tersanelerimizdeki istihdam rakamı değerleri verilmiştir. 2002 öncesi düşük sipariş döneminde 5-6 bin tahmin edilen istihdam, sipariş artımları 2002-2004 arasında ile 13-15 bin kişi aralığına çıkmış olup, 2005 yılında 24200 kişi seviyesine, gemi inşaatı sanayinin en tepe seviyesi olan 2008 Ağustos ayında ise 33480 kişi seviyesine çıkmıştır. Ancak sektörde son 4 yılda % 126’ya varan bu istihdam artışının eğitilmiş kalifiye eleman artışı ile gerçekleştirilmesi mümkün değildir. 2008 Eylül ayında girilen kriz sonrasında kesilen yeni gemi inşa siparişleri nedeniyle, 2008 yılı Kasım ayı verilerine göre istihdam 25923 kişiye inmiştir ki, bu yaklaşık % 25’lik bir istihdam azalmasına tekabül etmektedir. 2008 yılı istihdam rakamı 26910, 2009 yılı istihdam rakamı 19179’dur.

2.2. Türkiye Gemi İnşaatı Sanayi

Türkiye gemi inşaatı sanayi sırasıyla; yapım ve bakım-onarım tersaneleri, gemi söküm alanları, yat çekek yerleri, yan sanayi ve malzeme tedarikçilerinden

oluşmaktadır (Barlas ve Gören, 2006). Gemi inşaatı sanayi, döviz ve yabancı sermaye girdisi, teknoloji transferi, yan sanayinin gelişimi, istihdam sağlaması, ticaret filosunun desteklenmesi ve stratejik önemi nedeniyle ülke kalkınmasında önemli bir yere sahiptir. Yurt dışına ihraç etmek üzere inşa edilen yeni gemiler ve tersanelerimizde bakım onarımlarının gerçekleştirildiği yabancı bayraklı gemilerle önemli miktarda döviz girdisi sağlanmaktadır. 2014 yılı itibariyle yaklaşık 20 bin kişilik doğrudan istihdam ve yan sanayi ile birlikte yaklaşık 100 bin kişiye iş imkanı ve ayrıca, ortalama 500 civarındaki yan sanayi iş kolunda yaratılan diğer katma değerlerle, Türkiye ekonomisi için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır.

Türkiye’de özel sektör tersaneleri ve yat yapım yerleri; Tuzla Özel Sektör Gemi İnşa Sanayi Bölgesi başta olmak üzere Marmara, Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgelerinde faaliyet göstermektedir. Şekil 1’de harita üzerinde Türkiye’deki tersanelerin coğrafi konumları verilmiştir. Türkiye orta ve küçük tonajlı ürün tanker ve kimyasal tanker inşaatında ve süper-mega yat inşasında dünyada önemli bir yer edinmiş durumdadır.



Şekil 1: Türkiye’deki Tersaneler ve Yat Yapım Yerlerinin Coğrafi Konumları
(Barlas, 2008).

2.3. Tersanelerde Yapılan Başlıca İşler

Tersanelerde gerek yeni gemi inşaatı üretim gerekse de bakım-onarım işleri kademelerinde çok çeşitli işler yürütülmektedir. Bu işleri iş kolları, faaliyet türleri ve işin güçlüğüne göre olmak üzere bir çok değişik şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Bütün bu işlerin planlanması ve yürütülmesi aşamalarında çalışanlar mesleki sağlık ve güvenlik riski ile karşı karşıya gelmektedirler. Çalışılan ortamın şartları ve zorluklarını analiz edebilmek için, malzeme temininden geminin suya indirilmesine kadar olan sürecin adımlarını incelemek gerekir. Bu işlemleri yapan işçilerin uzmanlaştıkları iş kolları aşağıda detaylı olarak incelenmiştir.

Gemi ve yat üretiminde yapılan başlıca işler aşağıdaki şekilde özetlenmiştir. CNC makinelerinde hassas olarak kesilmiş çelik sac levhalar, boru bükme makinelerinde ve hidrolik preslerde soğuk şekillendirme ile istenilen şekle sokulur. Çelik saclar, korozyona maruz kalmamaları için ön raspa ve ön boyama işlemlerine tabi tutulurlar. Ön imalat olarak adlandırılan bu işlemler sırasında; soğuk şekillendirilmiş parçalar daha sonra birbirine kaynatılarak grup haline getirilir. Bu işlemlere; tulani, döşek, güverte üzerine lama stifnerlerin kaynatılması gibi isimler verilmektedir. Belirlenmiş boyut ve şekle getirilmiş olan sac levhalar, birleştirilmek üzere kaldırma araçları vasıtasıyla montaj hattına taşınır. Montaj hattında kaynak işlemleriyle levhalar gemi bloklarını oluşturacak şekilde birleştirilir. Geminin alt bloklarının oluşturulduğu montaj safhasında ayrıca geminin boru sistemleri yerleştirilir. Bu kısımda alt bloklarda oksijen ile kesme işlemleri yapılmaktadır. Montaj kısmında oluşturulan alt bloklar, kaldırma araçları yardımıyla, kızağa taşınır. Kızağa taşınan bu alt bloklar elektrik ark kaynağı kullanılarak birleştirilir. Alüminyum ya da çelikten imal edilmiş kamara, kaptan köşkü vb. üst yapılar gemi kızakta iken monte edilir. Alt blokların kızakta birleştirilmesi işleminden sonra, bu aşamaya kadar gemide sacları birleştirme amacıyla yapılan kaynak işleri sırasında oluşan cüruf lar spiral taş makinesi kullanılarak temizlenir ve kaynak kalitesinin belirlenmesi amacıyla birleştirme bölgeleri değişik yöntemlerle test edilir. Yapılan cüruf temizliği ve kaynak kalite kontrolünün ardından tekneye uygulanacak boyanın önem taşıdığı gemi karinası, ambar iç kısımları gibi yerler ve korozyona maruz kalmış çelik sac lar raspa işlemine tabii tutulur.

Blok imalatta; ön imalatta hazırlanan grupların bir araya getirilip kaynakla birleştirilmesi işlemleri yapılır. Daha sonra blokların kızak üzerinde kaynakla birleştirilmesi gerçekleştirilir. Bu işlemlerden sonra da, gemi bloklarının raspa ve boyası yapılır. Saclarda meydana gelen korozyonlar ve boya kalitesini engelleyecek diğer maddeler raspa işlemi ile temizlenerek, sac yüzeyleri boya işlemine hazır hale getirilir. Hazır hale gelmiş olan kısımlar boya tabancası, fırça, rulo vb. kullanılarak boyanır.

Her türlü boru devresi, elektrik, elektronik devreler, makine teçhizatının monte edilmesi gemi donatımı işlemleridir. Uygun hava ve deniz koşullarında, tekne ve tekne üstü yapının tamamlanması, bazı makinelerin yerleştirilmesi ve boya, raspa vb yüzey işlemlerinin tamamlanmasının ardından kızakta bulunan gemi denize indirilir. Denize indirilen gemide, makine, boru sistemleri, yalıtım, mobilya, navigasyon sistemleri, elektrik tesisatı vb. donanım yükleme ve montaj işlemleri yapılır. Diğer yüzey temizleme, boyama ve kaynak/kesme işlemlerinden sonra yapılan temizliğin ardından geminin inşası tamamlanmış olur. Uygulamada farklılıklar bulunsa bile yeni gemi inşası ile gemi bakım-onarım işleri birbirinin benzeridir.

2.4. Tersanenin Başlıca Bölümleri

Genel olarak tersanelerin girişinde yönetim ve dizayn ofis binaları bulunmaktadır. Ön imalatın yapıldığı blok imalat sahası genelde açık alan olarak düzenlenmiştir. Kızak altları alt işverenlerin işçilerinin soyunma yerleri, WC ve depo olarak kullanılmaktadır. Atölyeler çelik konstrüksiyon çatılı betonarme binalardır. Tersaneler son yıllarda yapılan ek atölye ve yatırımlar yüzünden sıkışık ve dar alanlarda hizmet vermektedirler. Tersanelerin başlıca bölümleri şunlardır:

- Yönetim bölümü,
- Kesim ve soğuk şekillendirme atölyesi
- Boru atölyesi
- Kapalı blok imalat atölyesi
- Açık blok imalatı alanı

- Raspa atölyesi
- Malzeme stok sahası
- Kızaklar
- Kuru ve yüzen havuzlar
- Marangoz atölyesi
- Döşeme atölyesi
- Boya bölümü.

2.5. Tersanelerde Kullanılan Başlıca Ekipmanlar ve Maddeler

Gemi inşaatında kreyn vinç, portal vinç, mobil vinç, tavan vinci, köprü vinç, ceraskal, forklift, hidrolik kriko, ırgat, romörk, torna tezgahı, planya tezgahı, yatar daire tezgahı, daire tezgahı, şerit testere tezgahı, dekupaj testere, kalınlık, sunta kesme makinası, gönye kesme, taşlama tezgahları, zımpara taşı, spiral taşlama, titreşimli zımpara, matkap tezgahı, matkap, hidrolik pres, boru bükme makinası, el frezesi, el planyası, polisaj makinası, motopomp, kompresör, oksijen-LPG kesme, elektrik kaynak makinası, CNC kesme makinesi, optik kesim, gazaltı kaynak makinası, tozaltı kaynak makinası, plazma kesme makinası, oksijen-asetilen tertibatı, jeneratör, seyyar filtre toz toplama, seyyar havalandırma vb. makine ve tezgahlar kullanılmaktadır.

Tersanelerde üretim ve bakım-onarım için bir takım temel ve yardımcı prosesler gerçekleştirilmektedir. Bu prosesler genellikle onlarca alt işlemden oluşmaktadır. Bu proses ve işlemlerin gerçekleştirilmesi esnasında bir çok sağlık ve güvenlik riskleri ortaya çıkmaktadır. Tersanelerde gerek doğrudan üretim sürecinde gerek başka amaçlar için çok çeşitli, ham, yan mamul ve mamul madde kullanılmakta ve çeşitli ürünler üretilmektedir. Çalışanlar bu maddeler ile çok çeşitli şekillerde etkileşim içine girmekte ve sağlık ve güvenlikleri az veya çok olumsuz yönde etkilenmektedir. Yani diğer bir ifadeyle kullanılan ve üretilen maddeler ile bunların atık ve artıkları çalışanlar açısından riskler taşımaktadır. Gemi inşaatında çelik, kaynak teli, kaynak tozu, çeşitli boya ve çözücüler, grit, oksijen ve LPG,

ahşap, kontraplak, deniz tutkalı, epoksi ve polyeşter reçine, cam elyafı, jelkot, aseton vb. maddeler kullanılmaktadır.

2.6. Tersanelerde Meydana Gelen Kazalar

Tersanelerde Ocak 2000 - Ocak 2013 yılları arasında ölümlle sonuçlanan kazaların nedenlerine göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir. Tersanelerde meydana gelen iş kazalarının istatistiksel olarak incelenmesi sonucu beş ana neden öne çıkmaktadır; yüksekten düşme, elektrik çarpması, patlama, malzeme çarpması veya düşmesi ve sıkışma.

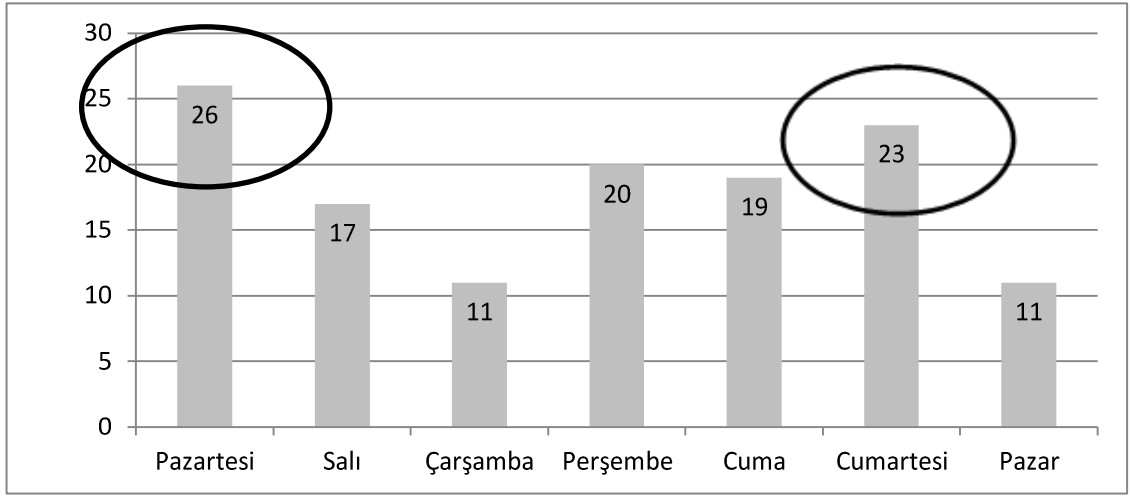
Tablo 1: Tersanelerimizde Ocak 2000 - Ocak 2013 yılları arasında ölümlle sonuçlanan kazaların nedenlerine göre dağılımları.

Ölüm nedeni	Sayı	%
Yüksekten düşme	48	37.8
Elektrik akımına maruz kalma	18	14.2
Yangın ve patlama	21	16.5
Cisim çarpması	18	14.2
Sıkışma	11	8.7
Diğer	11	8.7
Toplam	127	100

Tablo 2: Tersanelerimizde Ocak 2000 - Aralık 2012 yılları arasında çalışan sayıları, ölümlerle sonuçlanan kazalar ve ölüm oranları.

Yıllar	Çalışan sayısı	Ölüm sayısı	Ölüm oranı (1/100000)
2000	5250	5	95.2
2001	5750	1	17.4
2002	13545	7	51.7
2003	14150	6	42.4
2004	14750	6	40.7
2005	24200	13	53.7
2006	28580	10	35.0
2007	33000	12	36.4
2008	26910	29	107.8
2009	19179	15	78.2
2010	21449	11	51.3
2011	20560	3	14.6
2012	21769	8	36.8
		$\Sigma=126$	Ort=50.9

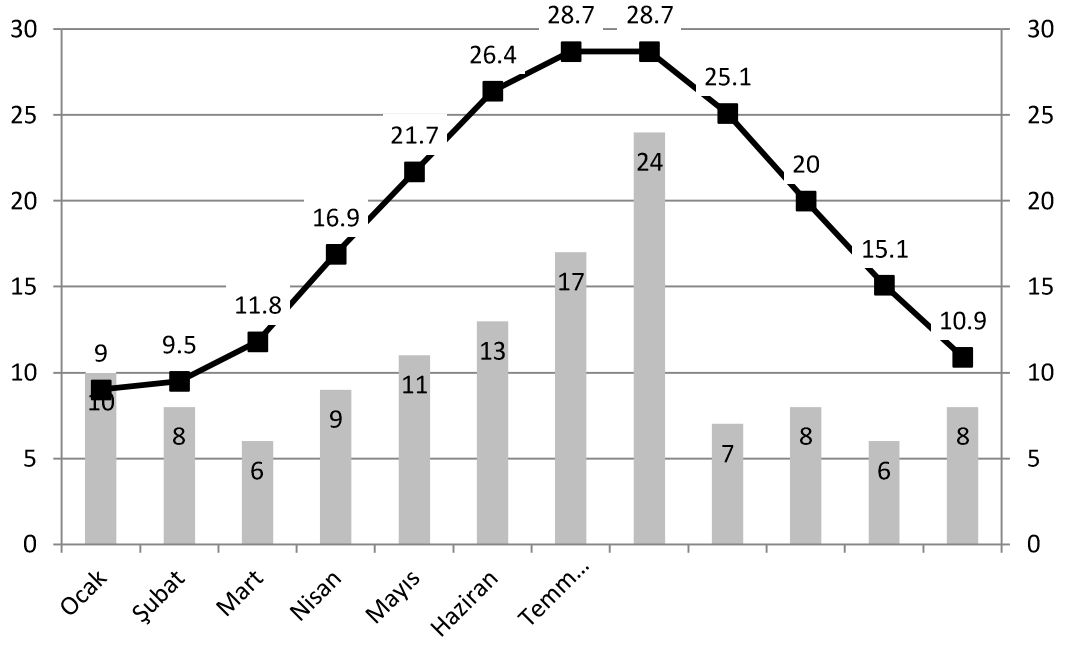
Tablo 2’de tersanelerimizde Ocak 2000 - Aralık 2012 yılları arasında çalışan sayıları, ölümlerle sonuçlanan kazalar ve ölüm oranları verilmiştir. En yüksek ölüm oranı, navlun fiyatlarının Eylül 2008’e kadar en yüksek olduğu ve buna paralel olarak gemi inşaatı aktivitesinin tavan yaptığı 2008 yılında gerçekleşmiştir. 13 yıllık süre içerisinde toplam 126 tersane çalışanı iş kazası neticesinde hayatını kaybetmiş, ortalama ölüm oranı (fatality rate) 50.9 olmuştur. Yani 13 yılın ortalaması olarak, her yıl tersanede çalışan her yüzbin işçiden 51 işçi hayatını kaybetmektedir. Tablo 3’de Türkiye imalat sektöründe Ocak 2000 ve Aralık 2009 yılları arasında çalışan sayıları, kaza oranları (Barlas 2012a) verilmiştir. Veriler göstermektedir ki, 10 yıllık sürede gemi inşaatı sanayindeki ölüm oranları, imalat sektörü ölüm oranlarından 3.5 kat daha fazladır. Şekil 2’de günlere bağlı ölümlü kaza sayıları verilmiştir. En yüksek ölümlü kazalar Pazartesi ve Cumartesi günlerinde gerçekleşmiştir. En az ölümlü kazanın olduğu gün ise Çarşamba ve Pazar günleridir. Şekil 3’de ortalama hava sıcaklığına bağlı ölümlü kaza sayıları görülmektedir. İstanbul’da ortalama hava sıcaklığı değerlerine göre değerlendirildiğinde, en tehlikeli ayların Mayıs-Ağustos arası aylar olduğu görülmektedir.



Şekil 2: Günlere bağlı ölümlü kaza sayıları

Tablo 3: Türkiye imalat sektöründe Ocak 2000 ve Aralık 2009 yılları arasında çalışan sayıları, kaza oranları (Barlas 2012a).

Yıl	İmalat sektörü çalışan sayısı	İmalat sektörü ölümlü kaza	İmalat sektörü ölüm oranı (1/100,000)	Tersane ölüm oranı (1/100,000)
2000	5,005,403	1173	23.4	95.2
2001	4,886,881	1008	20.6	17.4
2002	5,223,283	872	16.7	51.7
2003	5,615,238	810	14.4	42.4
2004	6,181,251	841	13.6	40.7
2005	6,918,605	1072	15.5	53.7
2006	7,818,642	1601	20.5	35.0
2007	8,505,390	1044	12.3	36.4
2008	8,802,989	866	9.8	107.8
2009	9,030,202	1171	13.0	78.2
Toplam=10458		Ort= 16.0	Ort = 55.9	



Şekil 3: Ortalama hava sıcaklığına bağlı ölümlü kaza sayıları

3. İş Kazası, Kaza Nedenleri, Kaza Kategorileri ve Risk Değerlendirmesi

3.1. İş Kazası

Genel anlamıyla kaza; beklenmedik bir zamanda ve beklenmedik şekilde, dikkatsizlik, bilgisizlik, ehliyetsizlik, ihmal ve tedbirsizlik gibi nedenlerle yaralanmalara, insana, hayvana, eşyaya, doğaya zarar veren can ve mal kayıplarına neden olan olaydır. Eğer kaza, işyerinde, iş yapılırken ve işçinin işi ile ilgili bir nedenle oluşmuşsa iş kazası olarak nitelendirilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) iş kazasını “önceden planlanmamış, çoğu kez kişisel yaralanmalara ve ölümlere, makineler ile araç ve gereçlerin zarara uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan bir olay” olarak tanımlamıştır (WHO, 2014). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) iş kazasını “belirli bir zarar ya da yaralanmaya neden olan, beklenmeyen, önceden planlanmayan bir olay” olarak tanımlamıştır. Her iki tanımda da iş kazası, beklenmeyen istenmeyen ve planlanmayan, sonuçta insan ve eşyaya zarar veren bir olay olarak belirtilmiştir (ILO, 2014).

Uluslararası kuruluşlarca yapılan araştırmalarda, iş güvenliği ile verimlilik arasında doğrudan ilişki olduğu, sağlıklı ve güvenli işyerlerinde verimliliğin arttığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, iş güvenliğinin artırılması sonucu işyerinde verimlilik ve üretim artışı olmaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) yaptığı araştırmalarda, üretimde kullanılan tüm teçhizatta koruma sistemlerinin geliştirilmesi ile iş sağlığı ve güvenliğinin artırılması sonucunda iş akışının sağlanmasıyla önemli ölçüde üretim ve gelir artışının olduğu saptamıştır.

3.2. Kaza Nedenleri ve Kaza Kategorileri

İşyerindeki çeşitli etkenler çalışan insan üzerinde doğrudan ve dolaylı yollardan çeşitli etkilere yol açmaktadır. Doğrudan etkiler sonucunda kazalar, dolaylı etkiler sonucu ise meslek hastalıkları ortaya çıkmaktadır. İşyerindeki olumsuz

çalışma koşullarının etkileri kendisini iş kazaları şeklinde kendini göstermektedir. İş kazalarının oluşmasında çevre koşullarının yanı sıra sosyolojik, psikolojik ve fizyolojik birçok etken rol oynamaktadır. Kaza nedenlerini, tehlikeli durumları oluşturan çevresel faktörler ve tehlikeli davranışlara neden olan kişisel faktörler olarak iki ana başlık altında toplamak mümkündür (TC Cumhurbaşkanlığı Devlet Den. Kurulu, 2008). İş kazalarının önlenmesi için yapılacak çalışmalarda, bu nedenlerin birlikte ele alınıp değerlendirilmesi ve hem kişisel faktörlerin hem de tehlikeli çevresel faktörlerin belirlenerek ortadan kaldırılması gerekmektedir. Kişisel faktörler olarak yetersiz bilgi ve yetenek, yetersiz fiziksel güç, yetersiz motivasyon, psikolojik ya da zihinsel sorunlar sayılabilir. Çevresel faktörler olarak hatalı makina, uygun olmayan çalışma standartları, uygun olmayan çalışma yöntemi sayılabilir.

Tablo 4: İş kazalarının temel nedenleri ve alınacak tedbirler (4M4E).

İnsan (Man)	M	Eğitim (Education)	E
Eşyalar (Machines)		Eşya Tasarımı (Engineering)	
Çevre (Media)		Ortam (Environment)	
Yönetim (Management)		Kontrol (Enforcement)	

Kazaların nasıl oluştuğunun temel nedenleri bularak ortaya çıkarmak ve etkili bir kontrol mekanizması kurarak kazaları önleyici tedbirleri oluşturmak çok önemlidir. Kazaların temel nedenleri; insan, eşya, çevre ve kontrol faktörlerinden, kazaları önleyici tedbirler ise eğitim, eşyanın tasarımı, ortam ve kontrol faktörlerinden kaynaklanmaktadır. Tablo 4’de verildiği üzere, bu temel nedenler ve tedbirler arasındaki ilişki kısaca 4M4E (Man, Machine, Media, Management; Education, Engineering, Environment, Enforcement) olarak bilinmektedir (Chiba ve diğ. 2005, Suzuki ve diğ. 2008). Tablo 5’de kaza kategorileri ve kaza tipleri gösterilmiştir (Barlas 2012b). İş kazalarının önlenmesine yönelik olarak yapılacak çalışmalarda istenilen sonuca ulaşılabilmesi için temel nedenlerin ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Tablo 5: Kaza kategorileri ve kaza tipleri.

Kaza kategorisi	Kaza tipleri
Algılama kazaları	Farkında olmadan yapılan hatalar sonucu oluşan kazalar
Unutma kazaları	Konsantrasyon eksikliği veya işe verilen ara sonucunda unutma kazaları
İhmalkarlık kazaları	Refleks sonucu veya bilinçsizce yapılan hatalar
Muhakeme kazaları	Yanlış karar verme veya deneme-yanılma sonucu oluşan kazalar
Eylem kazaları	Yetersiz beceri, düzensiz ve özensiz iş yapma sonucu kazalar
Kasti kazalar	Kasti eylem sonucu oluşan kazalar
Diğer	Uyuşukluk ve sersemlik sonucu kazalar

3.3. Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirme kavramı mevzuatımıza yakın zamanda girmiş olmakla birlikte içeriği ve kullanılan yöntemler yeni değildir. 20. yüzyılın başlarında güvenilirlik teoreminin oluşturulması ve kullanılmaya başlanması sonrasında risk değerlendirme kavramı konuşulmaya başlanmıştır. Ülke ekonomilerinin gelişmesinde risk yönetimi önemli bir yere sahiptir. Riskleri yönetme ve önlem alma çalışmaları gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki en önemli farktır. Özellikle 20. yüzyıl başlarından itibaren tehlikeli maddelerin artan üretimi, kullanımı ve depolanması yüzünden endüstriyel kaza olasılığı büyük oranlarda artmıştır. Bu yüzden insanların, üretilen malların ve çevrenin korunması gereği doğmuş, dolayısıyla endüstriyel kazaların önlenmesi için sistematik yaklaşım ihtiyacı belirmiştir. 1959'dan itibaren dünyada meydana gelen birçok büyük endüstriyel kaza, bu kazaların önlenmesi için yasal yaptırım gerekliliğini de beraberinde getirmiştir. İtalya'nın Seveso kentinde 1976'da gerçekleşen ciddi endüstriyel kazayı takiben, endüstriyel donanımlarda kaza önleme üzerine bir Direktif olan Seveso Direktifi (82/501/EEC) kabul edilmiştir. Daha sonra Hindistan, Bhopal'de 1984 yılında ve İsviçre, Basel'de 1986 yılında gerçekleşen iki büyük kaza bu direktifin

değiştirilmesine neden olmuştur. Son olarak yeni ve gözden geçirilmiş bir Direktif (96/82/EEC) 1996 yılında kabul edilmiştir ve 82/501/EEC sayılı Direktif'in yerini almıştır. Seveso II Direktifi adını alan bu direktif, tehlikeli maddeler içeren büyük endüstriyel kazaların önlenmesine yönelik çeşitli kontrol yükümlülükleri getirmiştir.

Risk yönetiminin amacı; iş kazaları ve meslek hastalıklarını oluşturan nedenler ve bunları etkileyen faktörler ile ilgili mümkün olan en geçerli ve doğru bilgiyi toplayarak tehlikelerin ortaya çıkarılmasını ve kontrol önlemlerini belirlemek amacıyla bir güvenlik ağı kurmaktır. Uygun bir "İş Emniyeti Kültürü"nü başarmak için, bir organizasyonun risklere karşı sahip olacağı genel davranış biçiminin büyük önemi vardır. Etkin bir risk yönetimi kültürüne sahip olmak demek, insanların içinde birlikte çalışabilecekleri ve herhangi bir kayıp olmadan önce potansiyel problemleri tanıyabilecekleri ve bunları ortadan kaldıracabilecekleri proaktif bir yaklaşıma sahip olmaları demektir. Etkin bir "İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Yönetim Kültürü" için herkesin buna gerçekten inanması gerekir. İş Güvenliği Yönetim Sisteminin temelini "Risk Değerlendirmesi" oluşturmaktadır.

İş kazalarını ve bunların neden oldukları kayıpları en aza indirmek amacıyla, bilimsel araştırmalara dayalı, çalışanlara yönelik tehlikelerin araştırılması ve önlenmesi amacıyla yapılan yöntemli güvenlik çalışmalarının tümüne iş güvenliği diyoruz. Genel anlamda iş güvenliği kavramı çalışanların, işletmenin ve üretimin her türlü tehlike ve zararlardan korunmasını içerir. Çalışanların işte karşılaştıkları tehlikelerin ortadan kaldırılması ya da azaltılması için oluşturulmuş yükümlülükler ait teknik kuralların tümünü kapsar. Güvenlik, sosyal gelişmenin temel parametrelerinden biridir. İş güvenliğinde temel amaç; çalışanların sağlığına zarar verebilecek hususların önceden belirlenerek gereken önlemlerin alınması, iş kazası geçirilmeden, meslek hastalıklarına yakalanmadan, rahat ve güvenli bir ortamda çalışmalarının sağlanması, çalışanların ruhsal ve bedensel sağlıklarının korunmasıdır. Ayrıca, üretim güvenliğini sağlayarak, zamanın ve kişisel performansın da maksimum verimlilikte kullanılmasını sağlamaktır. Hiç bir şey insan hayatından daha değerli değildir.

İşyerinde, güvenlikle ilgili şartları sağlamak işverenin öncelikli sorumluluğu olduğu gibi çalışanlarda alınan önlemlere ve yönergelere uymakla yükümlüdür. Dolayısıyla, güvenlik önlemleri ancak tarafların uzlaşması ve inanmalarıyla başarılı olacaktır. Bunun için, iş güvenliği konusunda kanun ve yönetmelikleri takip edip

yorumlayabilme becerisine sahip olmak, iş güvenliğinin sağlanabilmesi için alınması gereken tüm tedbirleri almak ve bu tedbirlerin yönetmeliklere uygunluğunu sağlamak, risk analizi ve değerlendirmesi yapabilmek oldukça önemlidir.

3.4. İş Güvenliği Yönetim Sistemleri

İş güvenliği çok bileşenli bir kavramdır. Aynı zamanda da birden fazla tarafın bir araya gelmesi ile ortaya çıkar. İş güvenliği yönetimi, sadece üst yönetimlerin sorumluluğunda olmayıp, tüm çalışanları ilgilendirir. Organizasyonel öncelikleri belirleyen üst yönetimlerden, bir kazayı veya potansiyel tehlikeyi gözlemleyebilecek işçiye kadar herkesi kapsar. Etkin bir risk yönetimi kültürüne sahip olmak demek, herhangi bir insan kaybı olmadan önce potansiyel problemleri tanıyabilecek ve bunları ortadan kaldıracabilecek proaktif bir yaklaşıma sahip olmak demektir. Dolayısıyla, etkin bir “İş Güvenliği Risk Yönetim Kültürü” için herkesin buna gerçekten inanması gerekir. Ayrıca, bunu başarmak için bir organizasyonun risklere karşı sahip olacağı genel davranış biçiminin büyük önemi vardır. Birbirlerinin varlık nedeni olan işçi ve işverenin işbirliği içinde, Devletin ilgili birimleri ile de koordineli çalışması gerekir. İş güvenliği ile ilgili tarafların üzerine düşen sorumluluklar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Devletin, işverenin ve işçilerin üzerine düşen sorumluluklar.

Devletin Görevleri	İşverenin Görevleri	İşçilerin Görevleri
Mevzuat hazırlama, Denetim, Eğitim olanağı.	Sağlık ve güvenlik önlemlerini alma, Çalışanların eğitimlerini sağlama, İşyerindeki riskler ve korunma konusunda çalışmalar yapma, İşyerinde sağlık ve güvenlik örgütlenmesi sağlama.	İşyerindeki tüm teçhizatı doğru kullanmak, Kendisinin ve başkalarının güvenliğini önemsemek, Sağlık ve güvenlik kurallarına uymak, Tehlike durumlarını ilgililere bildirmek,

Tablo 6'da tanımlanan sorumluluklar, işin yapılması sırasında çeşitli nedenlerden kaynaklanan risklerden korunmak amacı ile yapılan sistemli ve bilimsel çalışmaları içermektedir. Ayrıca, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak, risklere karşı korumak, çalışanların güvenliğini geliştirmek, üretimin devamlılığını sağlamak ve verimliliği artırmak için bu sorumlulukların yerine getirilmesi gerekmektedir.

4. RİSK DEĞERLENDİRME ANALİZ YÖNTEMLERİ

Bir işyerinin veya yapılacak bir işin risk değerlendirmesinde kullanılan analiz yöntemleri çok çeşitli şekilde sınıflandırılabilir. Bu yöntemler teknik eksenli, insan eksenli veya yönetim eksenli olabilmektedir. Ayrıca bir görevin analizi veya bir kazanın araştırılması da yapılabilmektedir. Teknoloji, tesis, donanım hatalarını ve bunların sebep olacağı kazaları incelemeyi esas alan yöntemler teknik eksenli yöntemlerdir (Mentes vd., 2014, 2015).

Risk analizine sadece kesin, belirleyici ya da sadece olasılık içeren yöntemlerle yaklaşılmaz. Her olasılık yaklaşımı kesinlik içeren belirleyici hususlara, her belirleyici yaklaşım da sonuç değerlendirmesi için sayısal yöntemlere ihtiyaç duyar. Risk değerlendirme yöntemlerine baktığımızda iki temel yaklaşım olduğunu görürüz; nitel (sonuç odaklı) analiz ve nicel (risk odaklı) analiz.

Nitel yaklaşımda, riski hesaplarken sayısal yöntemler yerine yüksek ve çok yüksek gibi tanımlayıcı değerler kullanılır. Karar süreci basit olan kolay ve hızlı bir analizdir. Elde edilen sonuçlar kolay anlaşılabilir sonuçlardır. Diğer taraftan, kaza analizinde kesin ve açık olmayan değerlendirmeler yapılma olasılığı olan bir yaklaşımdır. Böylece, kesinlik ve güvenlikle ilgili yanlış sonuçlara ulaşılarak kuruluşa pahalı çözümler önerebilir.

Nicel yaklaşımda ise, riski hesaplarken sayısal yöntemler kullanılır. Öncelikleri belirleyen, saydam ve çeşitli olasılıkları göz önüne alan bir yaklaşımdır. Çok riskli konulara odaklanan, sonuçları kriterlere göre değerlendirilebilen bütüncül bir analiz yöntemidir. Bu oranda, karmaşık ve zaman alan bir yaklaşımdır. Dolayısıyla, uzman kişilerce yapılması gereken aksi taktirde büyük belirsizlikler içeren bir analiz şeklidir. Risk analizi çalışmalarında kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

- Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis – PHA),
- Fine-Kinney Risk Analiz Yöntemi,
- Zürih Tehlike Analizi (Zurich Hazard Analysis),

- Makine Risk Değerlendirme (Machine Risk Assessment),
- Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi (Failure Mode And Effects Analysis - FMEA),
- Olası Hata Türleri ve Kritik Etki Analizi Metodolojisi (Failure Mode and Critically Effects Analysis- FMCEA),
- Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (Hazard Analysis and Critical Control Points - HACCP),
- Güvenlik Denetimi (Safety Audit),
- Güvenlik Fonksiyon Analizi (Safety Function Analysis - SFA),
- Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis - FTA),
- Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis - ETA),
- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Metodolojisi (Hazard and Operability Study - HAZOP),
- İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis – JSA),
- Olursa Ne Olur Analizi (What If Analysis),
- Birincil Risk Analizi - (Preliminary Risk Analysis - PRA),
- Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi -(Preliminary Risk Analysis (PRA) Using Checklists),
- Neden Sonuç Analizi (Cause - Consequence Analysis - CCA),
- İnsan Hata Tanımlaması (Human Error Identification - HEI),
- İnsan Güvenilirlik Değerlendirmesi (Human Reliability Assessment - HRA),
- İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği (Technique for Human Error Rate Prediction - THERP),
- Kavramsal Güvenilirlik ve Hata Analiz Yöntemi (Cognitive Reliability and Error Analysis Method - CREAM),
- Hiyerarşik Görev Analizi (Hierarchical Task Analysis - HTA),
- Sapma Analizi (Deviation Analysis - DA),
- Tehlike Derecelendirme İndeksi (DOW index, MOND index, NFPA index),

- Hızlı Derecelendirme Metodu (Rapid Ranking, Material Factor),
- Risk Değerlendirme Karar Matris Metodolojisi(Risk Assessment Decision Matrix),
- Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı (Management Oversight and Risk Tree - MORT),
- Enerji Analizi (Energy Analysis),
- Güvenlik Bariyer Diyagramları (Safety Barrier Diagrams - SBD),
- Papyon Yöntemi (Bow Tie Method).

Aşağıdaki alt başlıklarda yukarıda verilen risk analizi yöntemlerinden, mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan dört yöntem etraflıca, altı yöntem kısaca anlatılmıştır.

4.1. Risk Değerlendirmesi Ne Zaman Yapılır

Kuruluşlarda risk değerlendirme çalışmalarının ne zaman yapılacağı karar verilmesi gerekli önemli konulardan birisidir. Risk değerlendirme çalışmaları aşağıdaki durumlarda yapılmalıdır:

Kuruluşlarda risk değerlendirme çalışmaları

- İşe başlama aşamasında,
- İşyerinde bir değişiklik olması durumunda,
- İş kazası, meslek hastalığı, olay sonrasında,
- Düzenli aralıklarla yapılmalıdır.

Risk analizi ve tehlikelerin tanımlanmasında kullanılan bu yöntemlerin seçimi, analizi yapılacak sanayi kolunun, tesisin ve çalışma ortamının cinsi (gemi, tersane, otomotiv sektörü, inşaat sahası vb.), sonuçların ne amaçla kullanılacağı, analizin kapsamı vb. gibi derinliğine yapılacak analizlerle yapılmalıdır. Ayrıca, seçilecek yöntemi uygulayacak personelin varlığı oldukça önemlidir.

İş kazaların önlenmesinde proaktif adım olarak risk değerlendirmesi çok önemlidir. İş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin temel amacı işyerlerindeki

çalışma koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike ve sağlık riskini azaltarak insan sağlığını etkilemeyen seviyeye düşürmektir, bu amaç çerçevesinde “Risk Yönetim Prosesi” iş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin temel taşını teşkil etmektedir.

Risk değerlendirme aşağıdaki sorulara cevap aramaktadır:

1. Tehlikeler nelerdir?
2. Potansiyel etki ve sonuçlar nelerdir ve bunlar kabul edilebilir düzeyde midir?
3. Bu etki ve sonuçların meydana gelme olasılıkları nedir?
4. Riskin kabul edilebilir durumunun devam ettirilebilmesi için kontrol ve koruma önlemleri yeterli midir?

Bir iş yerinin risk değerlendirmesindeki hedefler ise şunlardır:

1. Operasyonun çalışanlar ve çevre açısından, güvenlik ve sağlıklarının hangi derecede sağlandığının kanıtlanabilir biçimde belirlenmesi,
2. Güvenlik gereksinimlerine uygunluğun doğrulanması,
3. Herhangi bir hata oluştuğunda mal, can ve çevreye olan etkilerinin belirlenmesi,
4. Hataların nasıl değerlendirileceğinin ve nasıl kontrol altına alınabileceğinin belirlenmesi.

Kantitatif (quantitative) ve kalitatif (qualitative) olmak üzere, iki temel risk analizi yöntemi mevcuttur. Kantitatif risk analizi, riski hesaplarken sayısal yöntemlere başvurur.

4.2. Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirmesi kavramının muhtelif kaynaklarda çok fazla tanımı bulunmaktadır. Bu tanımlar incelendiğinde bir takım ortak yönleri ile bazı farklılıklar bulunduğu dikkatleri çekmektedir. Risk Değerlendirmesi; tüm uygulamalarda, riskin büyüklüğünü tahmin etmek ve riskin tolere edilip edilemeyeceğine karar vermektir, riskin büyüklüğünün tahmin edilmesini ve riskin kabul edilebilir olup olmadığının

tanımlanmasını kapsayan süreçtir. Ayrıca, sistematik metotlarla çalışma ortamı, şartları ya da çevrede var olan tehlikeleri belirlemek, riskleri ortaya çıkarmak ve kontrol etmek için uygun nitel ve/veya nicel yöntemler kullanılarak yapılan çalışmaların bütünüdür. Kabul Edilebilir Risk; kanuni zorunluluklar ve işletmenin kendi sağlık ve güvenlik politikası ve uygulamaları dikkate alındığında, kabul edilecek düzeye indirilmiş risktir.

4.3. Risklerin Algılanması

Riskler insanlar tarafından nasıl algılanır ?

İnsanların riski nasıl algıladıkları konusu bilimsel alanda üzerinde çalışılan bir konudur. Riskin nasıl algılandığını anlamak için; insanların riski nasıl tanımladıklarına bakmak gereklidir. Risk insanlarca oldukça farklı şekilde tanımlanmaktadır.

Farklı risk tanımları

- Risk kaybetme ihtimalidir.
- Risk muhtemel kaybın miktarıdır.
- Risk bir fonksiyondur ve ihtimal ve kayıp seviyesinin çarpımı olarak ifade edilir.
- Risk belirli bir tehlike karşısında kişinin şahsi varlıklarından bir kısmının veya tamamının kaybedilme ihtimalidir.

Riskin algılanmasını etkileyen başlıca faktörler

- Korkutuculuk düzeyi,
- Anlaşılabilirlik düzeyi,
- Etkilenecek kişi sayısı, gibi hususlardır.

Kişisel risk algılamasını etkileyen faktörler

- Tehlikenin ne ölçüde anlaşılabilirliği,
- Tehlikenin ne denli eşit dağıldığı,

- Tehlikeyi ne derece önleyebileceği,
- Riskin bireyce gönüllü olarak üstlenilip üstlenilmediği.

Risk algılaması – zaman arasındaki ilişkisi

- Risk kişi tarafından ilk belirlendiğinde bir önem seviyesinde algılanır. Ancak zamanla önem seviyesinde bir düşüş gözlenir. Bu olaya kanıksama denir,
- Konu ile ilgili ciddi bir kaza yaşanması sonrası risk algılama seviyesi aniden yükselir,
- Zaman geçtikçe risk algılama seviyesinde tekrar azalma gözlenir. Bu aşamada uyulması gerekli kurallar konmuştur. Fakat yine de umursamazlık ve kanıksama sonucu algılamada zamanla azalma meydana gelir.

4.4. Risk Değerlendirme Karar Matrisi

En sık kullanılan yaklaşımlardan biri olan risk değerlendirme matrisidir (RADM, Risk Assessment Decision Matrix). ABD Askeri standardı MIL_STD_882-D olarak da bilinen sistem güvenlik program gereksimini karşılamak amacıyla geliştirilmiştir. Matris diyagramları iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmekte kullanılan bir değerlendirme aracıdır.

Tehlikelerin risk seviyelerinin değerlendirilmesi yapılırken olası risklerin seviyelerine bakılır. Yapılan işler, tehlikeler ve olası kazalar sınıflandırılarak listeler oluşturulur. Ayrıca, daha önceki kazalar ve kıl payı olaylara bakılmalı ve zararın olasılığı, şiddeti, tehlikeye maruz kalabilecek personel sayısı kontrol edilme seviyesi, vb. faktörler, insan kaynaklı nedenler, fiziksel nedenler ve işyeri nedenleri göz önüne alınmalıdır. 5x5 analiz matrisi tehlikelerin değerlendirmesi esnasında kullanılan temel yöntemlerden biridir. Bu yöntemde risk; olasılık ve zararın şiddetine bağlı olarak bulunmaktadır. Sonuçta riskler çok yüksek, yüksek, orta, küçük, çok küçük ayrılabilir. 5x5 analiz matris diyagramı özellikle sebep-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu metod basit olması dolayısıyla tek başına risk analizi yapmak zorunda olan analistler için idealdir, ancak değişik prosesler içeren veya birbirinden çok farklı akım şemasına sahip işlerin hepsi için tek başına yeterli değildir ve analistin birikimine göre metodun başarı oranı değişir. Bu tür işletmelerde

özellikle aciliyet gerektiren ve biran evvel önlem alınması gerekli olan tehlikelerin tespitinin yapılabilmesi için kullanılmalıdır. Bu metod ile öncelikle bir olayın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi takdirinde sonucunun derecelendirilmesi ve ölçümü yapılır. Matris diyagramları çok boyutlu düşünce yoluyla problemler konuların açığa kavuşturulmasına katkı sağlar. Matris diyagramları bir probleme veya olaya iştirak eden veya problem veya olay üzerinde etkisi olan faktörlerin, parametrelerin tanımlanmasını ve aralarındaki ilişkinin belirlenmesini sağlar. Matris diyagramının temel avantajı; her iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini grafiksel olarak göstermesidir.

Tehlike: Çalışma ortam ve şartlarında var olan, ya da dışarıdan gelebilecek kapsamı belirlenmemiş, maruz kimselere, işyerine ve çevreye zarar ya da hasar verme potansiyelidir.

Risk: Tehlikelerden kaynaklanan bir olayın, meydana gelme ihtimali ile zarar verme derecesinin bir bileşkesidir.

$Risk = O \times D$ (Tehditin Olma Olasılığı x Zararın Derecesi)

O: Olasılık

D: Zararın Derecesi

formülü kantitatif risk analizinin temel formülüdür. Kalitatif risk analizinde ise riski tanımlarken sayısal değerler yerine Tablo 7’de verilen iş kazasının gerçekleşme ihtimalini ve Tablo 8’te verilen iş kazasının şiddetini tanımlayıcı ifadeler kullanır (Özkılıç, 2005). En sık kullanılan yaklaşımlardan birisi risk değerlendirme matrisidir. Bu matris risk skoru belirlenmesiyle elde edilir. Tablo 9’da verilen iş kazasının ihtimal ve zarar derecesinin çarpılması ile elde edilir. Tablo 10’da risk skoru değerlendirmesi sonucunda yapılması gerekli eylemler görülmektedir. Tablo 11’de 5x5 analiz matrisi yönteminde risk değerlendirme ve aksiyon kriterleri verilmiştir. (Akyıldız vd., 2012)

Tablo 7: İş kazasının gerçekleşme ihtimali

İhtimal	Ortaya çıkma olasılığı
Çok küçük	Hemen hemen hiç
Küçük	Çok az (yılda bir kez), sadece anormal durumlarda
Orta	Az (yılda bir kaç kez)
Yüksek	Sıklıkla (ayda bir)
Çok yüksek	Çok sıklıkla (haftada bir, her gün),

Tablo 8: İş kazasının şiddeti

Şiddet	Sonuçların Derecesi
Çok Hafif	İş saati kaybı yok,
Hafif	İş günü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan ayakta tedavi ilk yardım gerektiren
Orta	Hafif yaralanma, yatarak tedavi
Ciddi	Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
Çok Ciddi	Ölüm, sürekli iş göremezlik

Tablo 9: İş kazasının ihtimal ve zarar derecesi.

İhtimal	Zarar derecesi				
	1 Çok Hafif	2 Hafif	3 Orta	4 Ciddi	5 Çok Ciddi
1 Çok Küçük	1 Anlamsız	2 Düşük	3 Düşük	4 Düşük	5 Düşük
2 Küçük	2 Düşük	4 Düşük	6 Düşük	8 Orta	10 Orta
3 Orta	3 Düşük	6 Düşük	9 Orta	12 Orta	15 Yüksek
4 Yüksek	4 Düşük	8 Orta	12 Orta	16 Yüksek	20 Yüksek
5 Çok Yüksek	5 Düşük	10 Orta	15 Yüksek	20 Yüksek	25 Çok Yüksek

Tablo 10: Risk skoru değerlendirmesi.

SONUÇ	EYLEM
25 KATLANILAMAZ RİSK	Risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalıdır.
20-16-15 ÖNEMLİ RİSKLER	Risk azaltılınca kadar iş başlatılmamalıdır. Acil eylem planına alınmalıdır.
12-10-9-8 ORTA DÜZEYDEKİ	Riskleri düşürmek için dönemlik faaliyetler planlanmalıdır.
6-5-4-3-2 KATLANILABİLİR	Mevcut durumun sürdürülebilirliği sağlanmalı ve kontrol edilmelidir.
1 ÖNEMSİZ	Mevcut durumun sürdürülebilirliği sağlanmalı ve kontrol edilmelidir.

Tablo 11: 5x5 analiz matrisi yönteminde risk değerlendirme ve aksiyon kriterleri.

SONUÇ	EYLEM
Katlanılamaz Riskler 25	Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir.
Önemli Riskler (15,16,20)	Belirlenen risk azaltılıncaya kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk işin devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler (8,9,10,12)	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Bu faaliyetler yapılacak plana göre gerçekleştirilmelidir.
Katlanılabilir Riskler (2,3,4,5,6)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir.
Önemsiz Riskler 1	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir.

4.5. Fine-Kinney Yöntemi

Fine-Kinney yöntemi, 5x5 analiz yöntemine benzemekle birlikte, risk değerlendirme çalışmalarında en yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Bu yöntem, T. Fine'in 1971 yılında Journal of Safety Research'te yayımlanan "Mathematical Evaluations for Controlling Hazards" makalesinde ve G.F. Kinney ve A.D. Wiruth'un "Practical Risk Analysis for Safety Management" adlı teknik raporunda etraflıca açıklanmış olup, iş kazalarına ait frekans, şiddet ve olasılık gibi temel unsurlar için önceden çerçevesi çizilmiş birer tablodan yararlanmak suretiyle risk analizinin gerçekleştirilmesini temel almaktadır (Fine, 1971; Kinney ve Wiruth, 1976). Bu yöntem bazı bilimsel çalışma ve yayında yanlış bir biçimde Fine ve Kinney (1971) olarak kaynak gösterilmektedir (Marhavilas, 2009; Marhavilas et al., 2011; Bessa et al., 2015; Matanovic, 2015). Fine-Kinney yöntemi, risklerin derecelendirilmesini sağlayan, ve bu derecelendirme sonuçlarına göre hangi tedbirlere öncelik verilmesi ve kaynakların öncelikle nerelere aktarılması konularına açıklık sağlayan bir yöntemdir. Tablolar yardımıyla risklerin ağırlık oranları hesaplanarak derecelendirme yapılır ve risk derecesine, yani önlem alınmasının gerekli olup olmadığına, karar verilir. 5x5 analiz matrisine göre bir artısı olarak, Fine-Kinney yönteminin, geçmiş yıllardaki kazaları göz önüne aldığından daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Fine-Kinney risk değerlendirmesi yöntemi, Olasılık(O), Şiddet(Ş) ve Frekans(F) skalalarından meydana gelmiş olup, risk derecesi(R);

$$R = \text{Olasılık}(O) \times \text{Şiddet}(\text{Ş}) \times \text{Frekans}(F)$$

olarak hesaplanır. Olasılık, şiddet ve frekans skalaları sırasıyla Tablo 12, 13 ve 14'de; Fine-Kinney risk değerlendirme sonucu ise Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 12: Fine – Kinney yöntemi olasılık değerleri tablosu.

OLASILIK DEĞERİ	OLASILIK (Zararın gerçekleşme olasılığı)
10	Beklenir, kesin
6	Yüksek, oldukça mümkün
3	Olası
1	Mümkün fakat düşük
0,5	Beklenmez fakat mümkün
0,2	Beklenmez

Tablo 13: Fine – Kinney yöntemi şiddet değerleri tablosu.

ŞİDDET DEĞERİ	ŞİDDET (İnsan ve çevre üzerinde yaratacağı tahmini zarar)
100	Birden fazla ölümlü kaza / Çevresel felaket
40	Öldürücü kaza / Ciddi çevresel zarar
15	Kalıcı hasar / Yaralanma, iş kaybı / çevresel engel oluşturma,
7	Önemli hasar / Yaralanma, dış ilkyardım ihtiyacı / arazi
3	Küçük hasar / Yaralanma, dahili ilkyardım / arazi sınırları
1	Ucuz atlatma / Çevresel zarar yok

Tablo 14: Fine – Kinney yöntemi frekans değerleri tablosu.

FREKANS DEĞERİ	FREKANS (Tehlikeye zaman içinde maruz kalma tekrarı)
10	Hemen hemen sürekli (bir saatte birkaç defa)
6	Sık (günde bir veya birkaç defa)
3	Ara sıra (haftada bir veya birkaç defa)
1	Seyrek (yılda birkaç defa)
0,5	Çok seyrek (yılda bir veya daha seyrek)

Tablo 15: Fine – Kinney yöntemi risk değerlendirme sonucu tablosu.

RİSK DEĞERİ	RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU
400 < R	Tolerans gösterilemez risk (Hemen gerekli önlemler alınmalı / veya işin durdurulması, tesisin, binanın kapatılması vb. düşünülmelidir.)
200 < R < 400	Esaslı risk (Kısa dönemde iyileştirilmelidir “birkaç ay içerisinde”)
70 < R < 200	Önemli Risk (Uzun dönemde iyileştirilmelidir “yıl içerisinde”)
20 < R < 70	Olası Risk (Gözetim altında uygulanmalıdır.)
R < 20	Önemsiz Risk (Önlem öncelikli değildir.)

4.6. Hata Ağacı Analizi

Hata Ağacı Analizi kavramı (FTA), 1962 yılında Bell Telefon Laboratuvarlarında, Minutemen kıtalararası balistik füze hedefleme kontrol sisteminin güvenlik değerlendirmesini gerçekleştirmek amacıyla dizayn edilmiştir. Hata Ağacı Analizi, sistemde tehlike olarak kendini gösteren olası tüm problem ya da hataların tanımlanmasında ve analizinde kullanılan sistematik bir yoldur. Tüm bu hataları ve sebeplerini görüntülemeye tekniğin kendine özel mantık sembollerinden yararlanılarak hatanın soy ağacı çıkarılır. Hata ağacı metodolojisi, sistem hatalarını ve sistem ve sistem bileşenlerinin hatalarındaki özgül sakıncalı olaylar arasındaki bağlantıyı gösteren mantıksal diyagramlardır. Tanımlanmış, istenmeyen olay veya durumun nedenlerinin mantıksal kombinasyonunun grafiksel ifadesidir. Bu metod, tündengelimli mantığa dayanan bir tekniktir. Sakıncalı olay, daha önceden tanımlanmış olay ile hataların nedensel ilişkileridir. Sonuç olay, patlama, çarpışma, karaya oturma, teçhizatın arızalanması, zehirli gaz çıkışı ve üretime ara verilmesi gibi örnekler olabilir.

Hata ağacı analizi belki de en iyi bilinen ve uygulanan güvenlik analizi yöntemlerinden biridir. Fonksiyonel hatanın ciddi sonuçlara neden olabileceği ve aynı zamanda önemli miktarda kaynağın tehlike analizi için ayrılabilirdiği karmaşık teknik sistemler için büyük önemi vardır. Bu yöntem kullanılarak, bir tepe olayın (top event) gerçekleşmesi veya gerçekleşmemesi için alınması gereken önlemler ayrıntılı bir şekilde analiz edilir. Yöntem, ayrıntılı ve zaman alıcı olduğu için daha çok karmaşık sistemlerde kullanılır. Tepe olaya sebep olabilecek tüm alternatifler değerlendirilir. Dolayısıyla, analiz edilecek olayın sınırlarının iyi belirlenmesi ve bunun da deneyimli bir kişi tarafından yapılması oldukça önemlidir. Bu yöntemle, ayrıca, hem tek bir olaya hem de çeşitli olaylara bağlı kaza olasılıklarını analiz etmek, tepe olayın ne sıklıkta ve ne olasılıkta olabileceğini rakamlarla belirlemek, alınacak önlemlerin ekonomik olup olmadığını saptamak mümkündür. Yöntemin yüksek risk sektörleri dışında genel iş güvenliği için uygun olup olmadığı sorgulanabilir. Hata Ağacı Analizinin avantajları:

- Karmaşık sistemlerde risklerin belirlenmesine yardım eder,

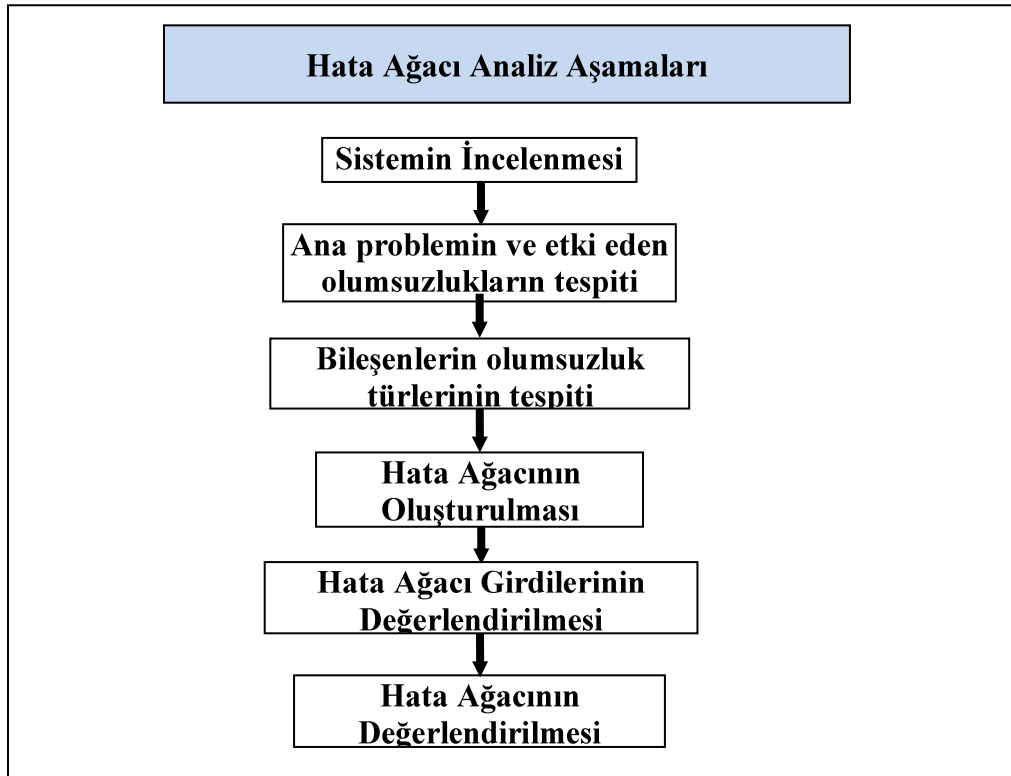
- Genel bakış açısını kaybetmeden aynı anda tek hata üzerine odaklanmayı mümkün kılar,
- Hataların nasıl ciddi sonuçlara neden olabileceği hakkında genel bakış açısı sağlar,
- Analiz ile belirli yakınlığı olanlar ile, sonuçları oldukça hızlı şekilde anlamak mümkündür,
- Olasılık hesapları yapmak için bir fırsat sağlar.

Hata Ağacı Analizinin dezavantajları:

- Oldukça ayrıntılı ve zaman alan bir yöntemdir,
- Herkes uygulamasını yapamaz, uzmanlık ve eğitim gerektirir,
- Yüksek doğruluk imajı yaratabilir. Sonuçları gelişmiş görünebilir ve, ihtimal hesapları yapıldığında, bunlar tek bir değer formunda ifade edilebilir. Fakat, çoğu metottaki gibi, çok miktarda muhtemel hata kaynağı vardır.
- Mekanik olarak uygulanamaz ve bütün hataların bulunmasını garanti etmez. Genelde, değişik analizciler değişik çeşitlilikte ağaçlar üretebilir. Fakat ağacın değişik formları olsa da içeri hala aynıdır,
- Gerçekleşmesi için genellikle ayrıntılı doküman materyali mevcut olmalıdır.

4.6.1. Hata ağacı analiz aşamaları

Hata Ağacı Analizi üç temel adımda ve Şekil 4’de verildiği gibi uygulanabilir.



Şekil 4: Hata Ağacı Analiz Aşamaları

1. Sistemin incelenmesi: Güvenlik analizinin yürütülmeden önce ön koşulların belirlenmesi gereklidir. Hata ağacının oluşturulması için ayrıntılı inceleme ve öngörülere gerek duyulabilir. Bunlar, örnek olarak, çalışılan sistemin sınırlarına ve geçerli olacağı düşünülen operasyon durumlarına uygulanabilir. Aynı zamanda ne tür hatalar oluşabileceği ve analizden çıkarılması gerekenler hakkında öngörüler yapılabilir. Bu aşamada, analiz edilecek istenmeyen olay seçilir ve bu olay birkaç farklı olaya da bölünebilir. Daha sonra her durum için ayrı ayrı hata ağacı üretilebilir.
2. Hata Ağacının Oluşturulması: Hata ağacı oluştururken, mevcut hatalı durumlar ve hata olayları hakkındaki bilgi birikiminden yararlanılmalıdır. Bunun için, HAZOP analizi sonuçları kullanılabilir. Böylece, tepe olayın oluşmasına katkı yapabilecek hataların bir listesi elde edilmiş olur. Eğer, hata ağacının tepe olayı birden çok bağımsız yolla oluşuyorsa sistem VEYA kapısı ile bölünmelidir. Analiz aşağı yönde hareket ederek ve daha fazla temel neden arama ile devam eder. İyi ve eksiksiz bir hata ağacı inşası aşama aşama yapılan bir deneme yanılma sürecidir. Hata ağacının tam olarak kabul edileceğini bilmek zor olabileceğinden hataya neden olabilecek hiçbir önemli neden atlanmamalıdır. Dolayısıyla, ön hata listesinin bütün noktaları kapsayıp kapsamadığını görmek için ilk kontrol yapılmalıdır.
3. Hata Ağacının Değerlendirilmesi: Tamamlanmış hata ağacı değerlendirilerek bazı kararlar verilir. Analizin amacına göre, bu aşama birkaç farklı basamak içerebilir.
 - *Sonuçların doğrudan değerlendirmesi.* Ağaç tepe olayının hangi değişik şekillerde oluşabileceği ve mevcut güvenlik koruyucuları hakkında bilgi verir. Tepe olayın oluşmasına doğrudan neden olabilecek bazı hatalar için kontrol yapılabilir.
 - *Minimum kesme setlerinin bir listesinin hazırlanması.* Kesme seti, tepe olaya neden olabilecek temel olay yığındır. Minimum kesme seti kendi içinde başka bir kesme seti bulundurmaz.
 - *Minimum kesme setlerinin derecelendirilmesi.* Dikkat edilmesi gereken hata grupları, minimum kesme setleri temelinde değerlendirilebilir ve derecelendirilebilir.

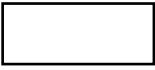

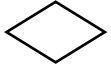


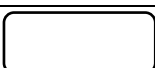


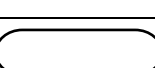
- *Olasılıkların hesaplanması.* Olasılıklar hakkında bilgi varsa ya da tahmin edilebiliyorsa, tepe olayın olma olasılığı minimum kesme setleri listesinden hesaplanabilir.

4.6.2. Temel prensipler ve semboller

Hata ağacı sistemi, performans amaçları ve hedefleri tanımlamada açık bir mantıkla görsel olarak oldukça önemlidir. Ağaç yapısının temel amacı insan, cihaz ve çevresel olaylar arasındaki ilişkileri göstermek olmalıdır.

1. Hata ağacı sisteminde, olaylar ve mantıksal kapılar temel kavramlardır. Analizde ya / ya da yaklaşımı ile bir olay ya oluşuyordur ya da oluşmuyordur. Daha sonra olay “doğru” ya da “yanlış” olarak ifade edilebilir. Bu durum, karmaşık sistemlerdeki hataların basit bir şekilde tanımlanabilmesi avantajını getirir. Diğer taraftan, gerçek hayatta oluşacak sonuçların değişik nedenlerinin hesaba katılmaması ise bir zayıflık olarak değerlendirilebilir.
2. Hata ağacındaki semboller kapılar ve olaylar olmak üzere iki grupta tanımlanabilir. Bu yapıların oluşturulmasında kullanılan semboller Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 16: Hata ağacı analizinde kullanılan semboller.

Sembol	Tanımı	Anlamı
	OLAY	Basit olayların ya da faktörlerin birleşimiyle oluşan olay
	TEMEL OLAY	Daha ileri bir işleme gerek duyulmayan temel bir olay ya da hata.
	BELİRSİZ OLAY	Nedeni tanımlanmamış ve belirsiz bir son olayı gösterir.
	'VEYA' KAPISI	Sembol altındaki olaylardan en az birinin gerçekleşmesi durumunda oluşur.
	'VE' KAPISI	Sembol altındaki tüm olayların gerçekleşmesi durumunda oluşur.
	DURUMSAL OLAY	Mantık kapısı ile bağlı yapılması gereken normal olay.
	BİRLEŞİM	'N' girdi olay içinden en az 'M' tanesi gerçekleşirse baştaki olay oluşur.
	AKTARMA SEMBOLÜ	Bağlantı ve birleştirme için kullanılır. Hata ağacının başka bir yerde daha ileri noktaya geliştiğini gösterir.
		Bu noktada, analizin daha fazla ilerlemesine ihtiyaç olmadığını gösterir.

4.6.3. Analiz diyagramının yapılandırılması

Hata ağacı analizinde, en önemli etki, performans, sakatlık, tahribat ya da kaybı ifade eden zirve olay (top event)'in tespiti analizin birinci aşamasıdır. Analizi doğrudan ya da dolaylı etkileyen diğer tüm faktörler sonucunda oluşan olay ya da hatalar zirve olayı oluşturmaktadır. Dolayısıyla, öngörülen faktörler diyagrama yerleştirilmek üzere listelenir ve analiz, tüm alt faktörlere kadar oluşturularak diyagram tamamlanır. Zirve olayın saptanması için aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Kaza kayıtları incelenir (sistemin kendine veya başkalarına ait),
- Mevcut enerji kaynakları araştırılır,
- Potansiyel kazalar ve bunun sonucunda oluşabilecek kayıp ya da hatalar tespit edilir,
- Gerekirse olursa ne olur (What If) senaryoları geliştirilebilir,

- Gerekirse Çeklist (Check List)'ler kullanılır.

Hata Ağacı Analizi aynı zamanda hem Nitel hem de Nicel bir analizdir. Hata ağacı analizinde Nitel ve Nicel yaklaşımlar aşağıda özetlenmiştir.

Nitel Analiz:

Sistemdeki hata olasılığının değerlendirilmesi ve daha iyi sonuç alabilmek için “Asgari Hata Ağacı Grubu (Minimal Cut Set)” analizi yapılması gerekir. Bu analiz, sistemin daha iyi tanımlanması, zaafpların azaltılması ve hata ağacının başarılı olması açısından önemlidir. Hata ağacı grupları zirve olayını oluşturan asgari gruplardır. Bu uygulamalar yapılırken ‘Boolean’ matematiği kullanılır ve böylece hata ağacı grupları asgari hata ağacı gruplarına indirgenir.

Basit ya da karmaşık hipotezlerin matematiksel ifadeler şeklinde gösterildiği Boolean matematiğinin temeli, Aristotle'nin mantığının matematiksel notasyonlara uygulanması sonucu atıldı. Matematikçi George Boole (1815-1864) tarafından 1854 yılında ortaya atılan fikirlerin Peano, Whitehead, Bertrand Russell ve diğer matematikçiler tarafından geliştirilmesi ile, sayısal elektroniğin oluşumunu sağlayan Boolean matematiği geliştirildi. Boolean matematiğinin gelişim sürecinde, kullanılan notasyon ve sembollerde de bazı değişimler olmuş ve Boolean matematiğini oluşturan kurallar (postulates), E.V. Huntington tarafından 1904 yılında basılmıştır. Daha sonra, süreç içinde değişime uğrayan bu kurallar Claude E. Shannon tarafından elektronikte anahtarlamalı sistemlerde başarıyla uygulandı (1938). Dolayısıyla, Boolean matematiği devre matematiği olarak da bilinir. Boolean matematiği, bu analizi yapan analiste iyi bir analiz yapabilmesinde ve hata ağacının indirgenmesinde yardımcı olur.

Boolean Kuralları:

Boolean matematiği kuralları, ‘VE’, ‘VEYA’ ve ‘DEĞİL’ temel mantıksal işlemlerinden oluşan sembolik bir sistemdir. Her sistemde olduğu gibi, Boolean matematiğinin de kendi içerisinde kuralları vardır. Sadeleştirme işlemini gerçekleştirmede kullanılan bu kuralları özet olarak aşağıdaki şekilde inceleyelim.

Boolean matematiğinde temel özellikler etkisiz eleman, birim eleman, yutan eleman, ters eleman şeklinde sıralanabilir:

1(a) Toplamada Etkisiz Eleman (0):

$$A + 0 = A$$

$$0 + 0 = 0$$

$$1 + 0 = 1$$

1(b) Çarpmada Etkisiz Eleman (1):

$$A \cdot 1 = A$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

1(c) Toplamada Birim Eleman:

$$A + 1 = A$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

1(d) Çarpmada Yutan Eleman:

$$A \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

1(e) Ters Eleman: Bir değişken '0' ise değili (barı, tersi vb.) '1'; değişken '1' ise değili '0' olarak alınır. Bir değişkenin değili, değişken üzerine konan çizgi veya kesme işareti ile belirtilir.

$$A = 0 \rightarrow A' = 1 \quad ; \quad A = 1 \rightarrow A' = 0$$

Bir değişkenin değilinin değili (tersinin tersi) kendisine eşittir : $A'' = A$

1(f) Toplama ve Çıkarma İşlemleri: 'VEYA' işlemi toplama (+) ve 'VE' işlemi çarpma (.) işlemlerine karşılık gelir.

$$A + A' = 1$$

$$A \cdot A' = 0$$

$$A + A = A$$

$$A \cdot A = A$$

$$0 + 1 = 1$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$0 + 0 = 0$$

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$1 + 1 = 1$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

2. Sabit Kuvvetlilik:

Boolean matematiğinde normal aritmetik işlemlerdeki toplama ve çarpma işlemlerinden farklı olarak kullanılan kurallardan birisi de sabit kuvvetlilik. O halde,

$$A + A = A \quad (A + A + A + \dots + A = A) \quad ; \quad A \cdot A = A \quad (A \cdot A \cdot A \dots : A = A)$$

3. Değişim Kanunu (Commutative Law):

Toplama ve Çarpma işlemlerinde geçerli olan değişim kanunu aynı şekli ile Boolean matematiğinde de geçerlidir.

$$A + B = B + A \quad ; \quad A \cdot B = B \cdot A$$

4. Birleşme Kanunu (Associative Law):

Toplama ve Çarpma işlemlerinde geçerli olan birleşme kanunu aynı şekli ile Boolean matematiğinde de geçerlidir.

$$(A + B) + C = A + (B + C) \quad ; \quad (A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$$

5. Dağılma Kanunu (Distributive Law):

Gerek ‘toplamanın çarpma’ üzerindeki gereksede ‘çarpmanın toplama’ üzerindeki dağılma özellikleri olarak tanımlanan kanunlar, aynı şekli ile boolean matematiğinde kullanılmaktadır.

$$A \cdot (B + C) = (A \cdot B) + (A \cdot C) \quad ; \quad (A + B) \cdot (A + C) = A + (B \cdot C)$$

6. Yutma Kanunu (Absorption Law):

Boolean matematiğinde geçerli olan kurallardan bir diğeri ise yutma kanunudur.

$$A + (A \cdot B) = A \quad ; \quad (A + B) \cdot B = B$$

7. Basitleştirme Kanunu (Minimisation Law):

$$A + A' \cdot B = A + B \quad ; \quad A \cdot (A' + B) = A \cdot B$$

8. De Morgan Kanunu (DE Morgan Law):

‘VEYA DEĞİL’ ve ‘VE DEĞİL’ işlemlerinden faydalanarak uygulanan ve lojik işlemlerde kolaylıklar sağlayan kurallardır.

$$\overline{A \cdot B} = A + B' \quad ; \quad \overline{A + B} = A' \cdot B'$$

Örnekler:

Giriş değişkenlerinin alabilecekleri sayısal değerleri ve sayısal değerlere göre çıkışların durumunu gösteren doğruluk tabloları oluşturulurken, ‘n’ tane değişken için 2^n değişik durum oluşur. Örneğin; 2 değişkenli bir ifade için $2^2 = 4$ değişik durum, 3 değişkenli bir ifade için $2^3 = 8$ değişik durum elde edilir.

1.

A	B	A + B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

2.

A	B	A . B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3. Giriş değişkenleri olarak isimlendirilen A ve B değişkenlerinin alacağı sayısal değerleri ve bu değişkenlerle oluşturulabilecek bütün işlemleri doğruluk tablosu ile gösterelim.

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A'</i>	<i>B'</i>	<i>A + B</i>	<i>A · B</i>	<i>A + A'</i>	<i>A · A'</i>	<i>B + B'</i>	<i>B · B'</i>	<i>A + B'</i>	<i>A' + B</i>
0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1

Yukarıdaki örneklere göre diğer kural ve kanunlar da doğruluk tabloları oluşturularak ispatlanabilir.

4. Dağılıma kanununda; $(A + B) \cdot (A + C) = A + (B \cdot C)$ ifadesini ispatlarsak:

$$(A + B) \cdot (A + C) = A \cdot A + A \cdot C + B \cdot A + B \cdot C = A(1 + C + B) + (B \cdot C) = A \cdot 1 + B \cdot C = A + B \cdot C$$

5. Basitleştirme kanununda; $A \cdot (A' + B) = A \cdot B$ ifadesini ispatlarsak:

$$A \cdot (A' + B) = A \cdot A' + A \cdot B = 0 + A \cdot B = A \cdot B$$

Nicel Analiz

Hata ağacı analizinde, listelenmiş faktörlerin ya da olayların tanımlanabileceğinden emin olmak için nicel analiz yapılabilir. Bu analizde kullanılan tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

$$R + P = \frac{S}{S + F} + \frac{F}{S + F} = 1$$

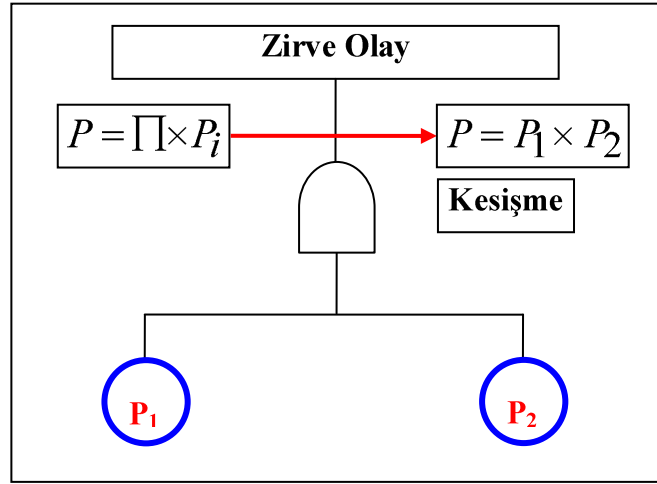
$$\text{Burada, } R = \frac{S}{S + F} \text{ ve } P = \frac{F}{S + F}$$

Ayrıca, *S* başarıyı, *F* hataları, *R* güvenilirliği ve *P* ise hata olasılığını göstermektedir. Nicel analizde, *P* ve *R* arasındaki ilişki kurularak *P* değeri saptanır. Daha sonra, üstel

hata dağılımları belirlenir ve mantık kapıları arasındaki genişleme tespit edilir. Kapılara göre R ve P'nin türetilmesi aşağıdaki şekilde olabilir:

'VE Kapısı':

İki ya da üç bağımsız elementten her ikisi ve üçü birlikte sistem hatası oluşturabilir.



Şekil 5: 'VE' kapısı

$$R_T = R_A + R_B - R_A \cdot R_B$$

$$P = 1 - R_T$$

$$P = 1 - (R_A + R_B - R_A \cdot R_B)$$

$$P = 1 - [(1 - P_A) + (1 - P_B) - (1 - P_A) \cdot (1 - P_B)]$$

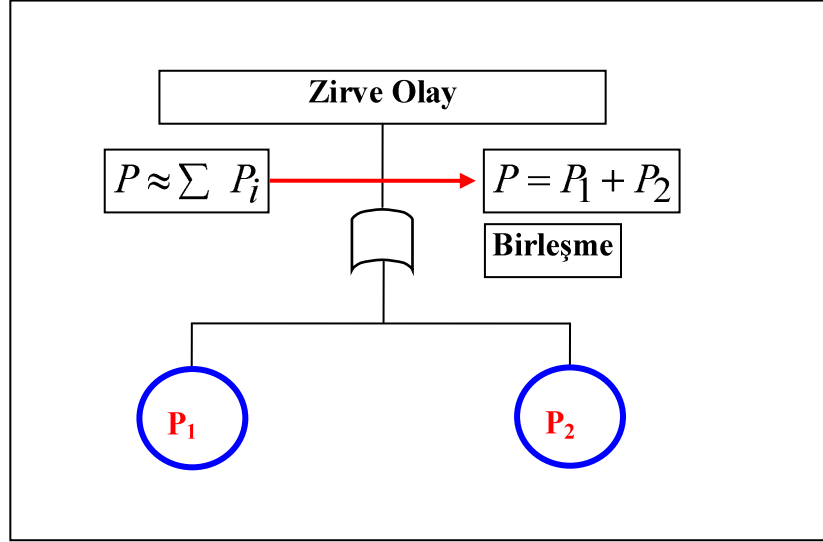
$$P = P_A \cdot P_B \quad \text{Kesişme}$$

Üç girdi için, $P = P_A \cdot P_B \cdot P_C$ olacaktır.

Sonuç olarak; $P = \prod_{i=1}^n (1 - P_i)$ yazılabilir.

'VEYA Kapısı':

İki ya da üç bağımsız elementten herhangi biri sistem hatası oluşturabilir.



Şekil 6: 'VEYA' kapısı

$$R_T = R_A \cdot R_B$$

$$P = 1 - R_T$$

$$P = 1 - R_A \cdot R_B$$

$$P = 1 - (1 - P_A) \cdot (1 - P_B)$$

$$P = P_A + P_B - \frac{P_A \cdot P_B}{1000000} \quad \text{Birleşme}$$

ihmal edilebilir

$$P \approx P_A + P_B$$

Üç girdi için, $P = P_A + P_B + P_C - P_A \cdot P_B - P_A \cdot P_C - P_B \cdot P_C + P_A \cdot P_B \cdot P_C$ olacaktır.

Ya da,

$$P \approx P_A + P_B + P_C$$

Sonuç olarak; $P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)$ yazılabilir.

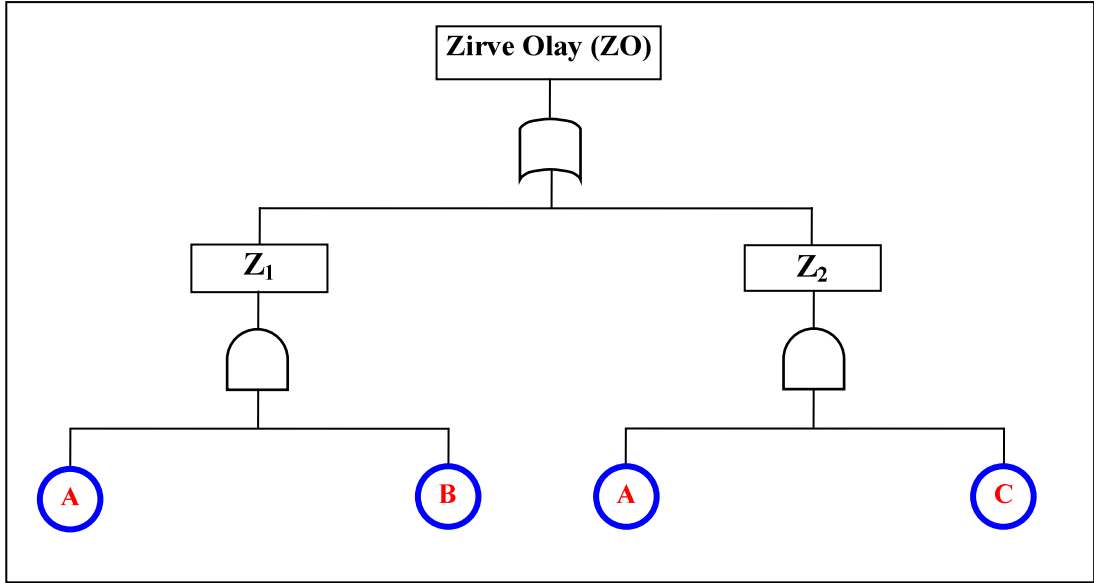
Boolean matematiğinde işlem basitleştirilmesi

Sistemdeki hata olasılığının değerlendirilmesi ve daha iyi sonuç alabilmek için "Asgari Hata Ağacı Grubu (Minimal Cut Set)" analizi yapılması gerekir. Bu analiz, sistemin daha iyi tanımlanması, zaafpların azaltılması ve hata ağacının başarılı olması açısından önemlidir. Hata ağacı grupları zirve olayını oluşturan asgari gruplardır. Böylece, bir çok mantık kapısı yerine daha az kapı kullanılarak, hata ağacı üzerinde hatalar daha basit olarak görülebilir.

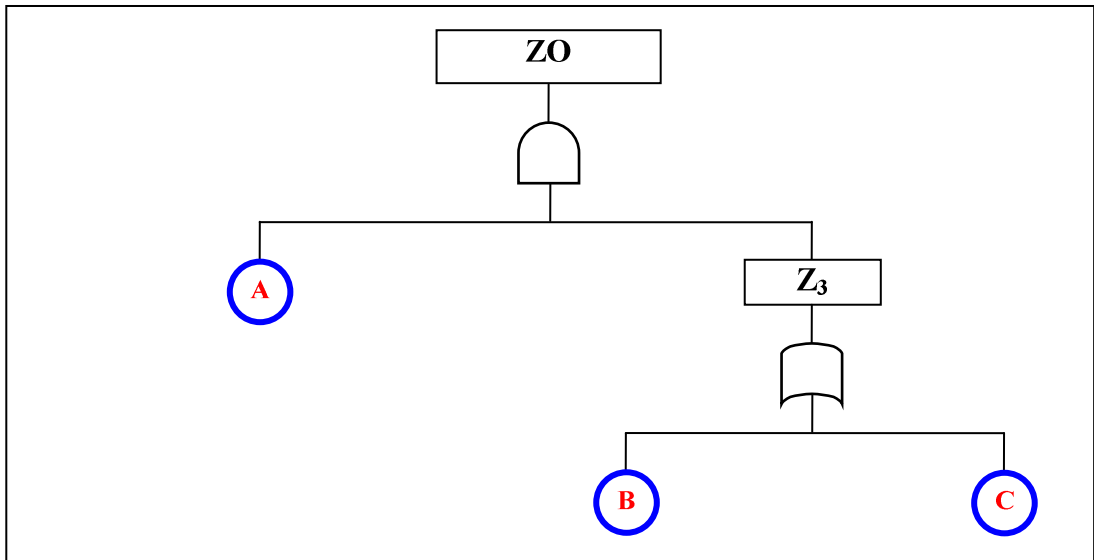
Örnek 1:

$ZO = A \cdot (B+C)$ ifadesi için hata ağacı yapısı ve azaltılmış hata ağacı oluşturalım:

ZO denklemini, $ZO = (A \cdot B) + (A \cdot C)$ şeklinde yazabiliriz.



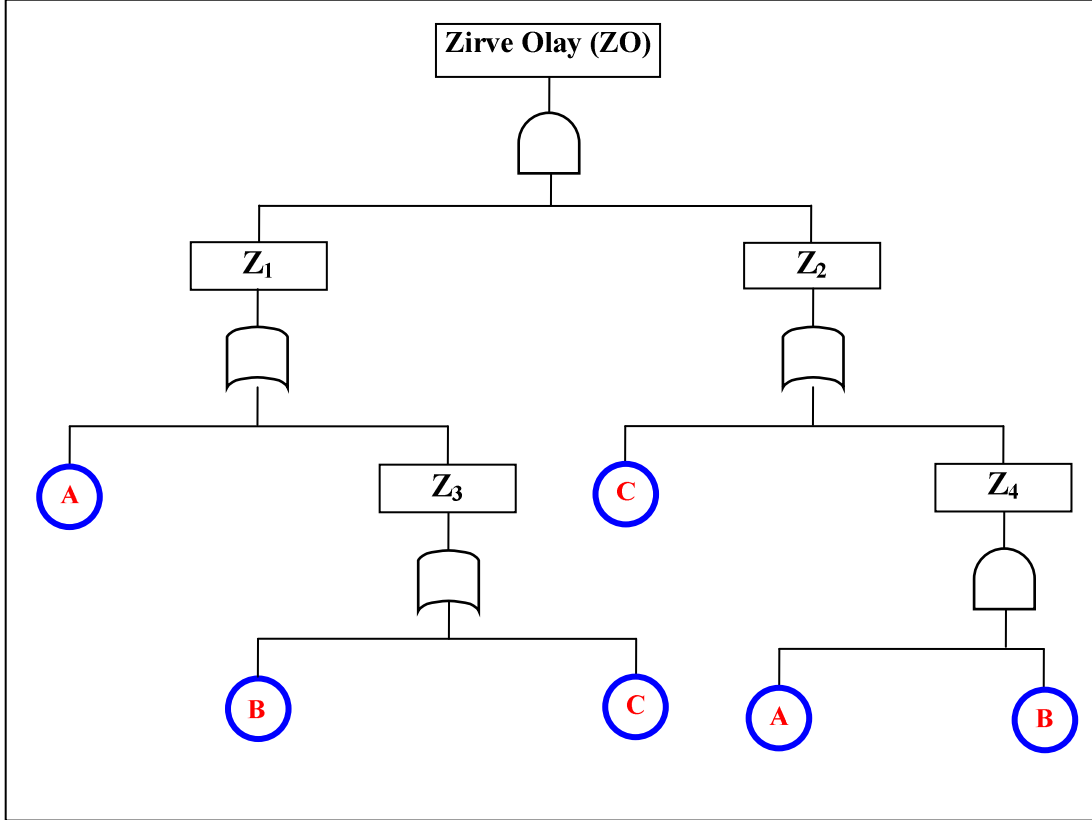
Şekil 7: $ZO = A \cdot (B+C)$ için Hata Ağacı yapısı.



Şekil 8: $ZO = A \cdot (B+C)$ için azaltılmış Hata Ağacı yapısı.

Örnek 2:

$ZO = C + (A \cdot B)$ ifadesi için hata ağacı yapısı ve azaltılmış hata ağacı oluşturalım: Bunun için, öncelikle eşdeğer Boolean denklemlerini ya yukarıdan aşağıya ya da aşağıdan yukarıya doğru uygulamalıyız. Burada, azaltılmış yapı için dağıtma ve yutma kanunları kullanılacaktır.



Şekil 9: $ZO = C + (A \cdot B)$ için hata ağacı yapısı

ZO denklemini, $ZO = Z_1 \cdot Z_2$ şeklinde yazabiliriz. Daha sonra sırasıyla,

$$Z_1 = A + Z_3$$

$$Z_2 = C + Z_4$$

$$Z_3 = B + C$$

$$Z_4 = A \cdot B$$

Yazılabilir. İlk önce yukarıdan aşağıya doğru genişleyerek azaltılmış hata ağacına ulaşalım;

$$ZO = (A + Z_3) \cdot (C + Z_4)$$

$$ZO = (A \cdot C) + (A \cdot Z_4) + (Z_3 \cdot C) + (Z_3 \cdot Z_4)$$

Z_3 yukarıdaki denklemde yerine yazılırsa;

$$ZO = (A \cdot C) + (A \cdot Z_4) + (B + C) \cdot C + (B + C) \cdot Z_4 = (A \cdot C) + (A \cdot Z_4) + (B \cdot C) + (C \cdot C) + (B \cdot Z_4) + (C \cdot Z_4) + (C \cdot C) = C \text{ olduğundan,}$$

$$ZO = (A \cdot C) + (A \cdot Z_4) + (B \cdot C) + C + (B \cdot Z_4) + (C \cdot Z_4) \text{ elde edilir.}$$

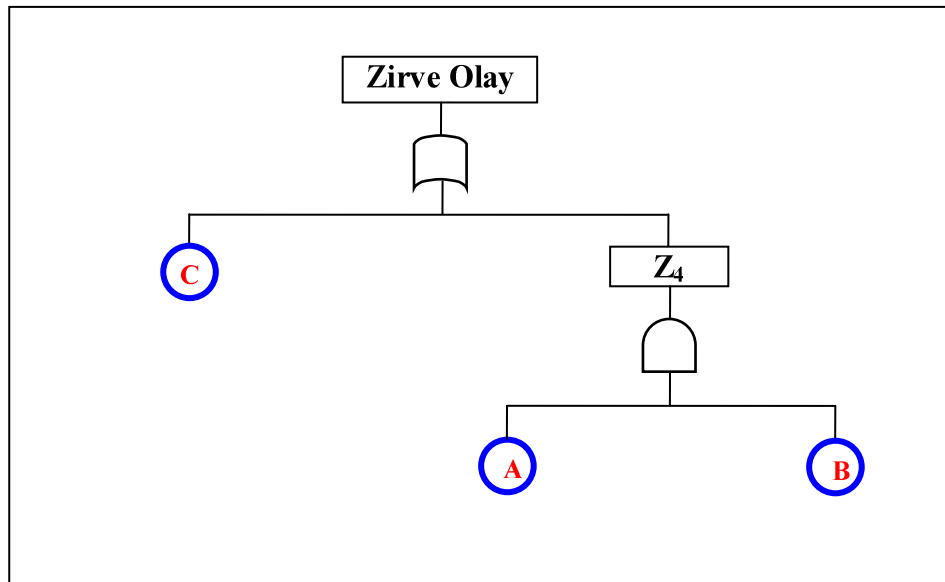
Yutma kanunundan, $C = (A \cdot C) + (B \cdot C) + C + (C \cdot Z_4)$ olduğundan,

$$ZO = C + (A \cdot Z_4) + (B \cdot Z_4) \text{ olur.}$$

Z_4 yukarıdaki denklemde yerine yazılırsa;

$$ZO = C + A \cdot (A \cdot B) + B \cdot (A \cdot B) = C + (A \cdot B) \text{ elde edilir.}$$

O halde, azaltılmış hata ağacı aşağıdaki gibi olacaktır:



Şekil 10: $ZO = C + (A \cdot B)$ için azaltılmış hata ağacı yapısı

İkinci olarak, aşağıdan yukarıya doğru genişleyerek azaltılmış hata ağacına ulaşalım;

$$Z_1 = A + Z_3$$

$$Z_2 = C + Z_4$$

$$Z_3 = B + C$$

$$Z_4 = A \cdot B$$

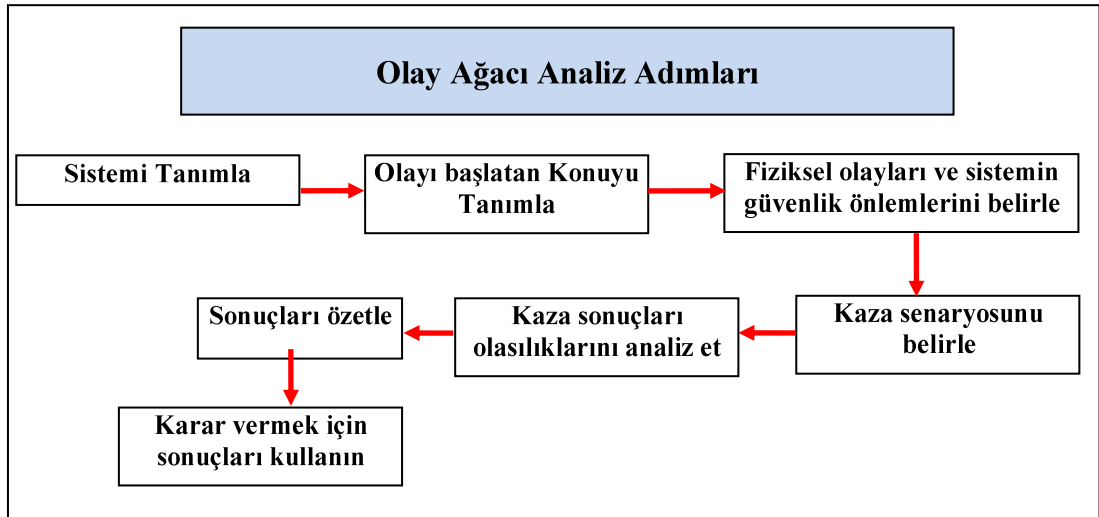
$$ZO = (A + B + C) \cdot (C + A \cdot B)$$

$$ZO = (A \cdot C) + (A \cdot A \cdot B) + (B \cdot C) + (B \cdot A \cdot B) + (C \cdot C) + (C \cdot A \cdot B)$$

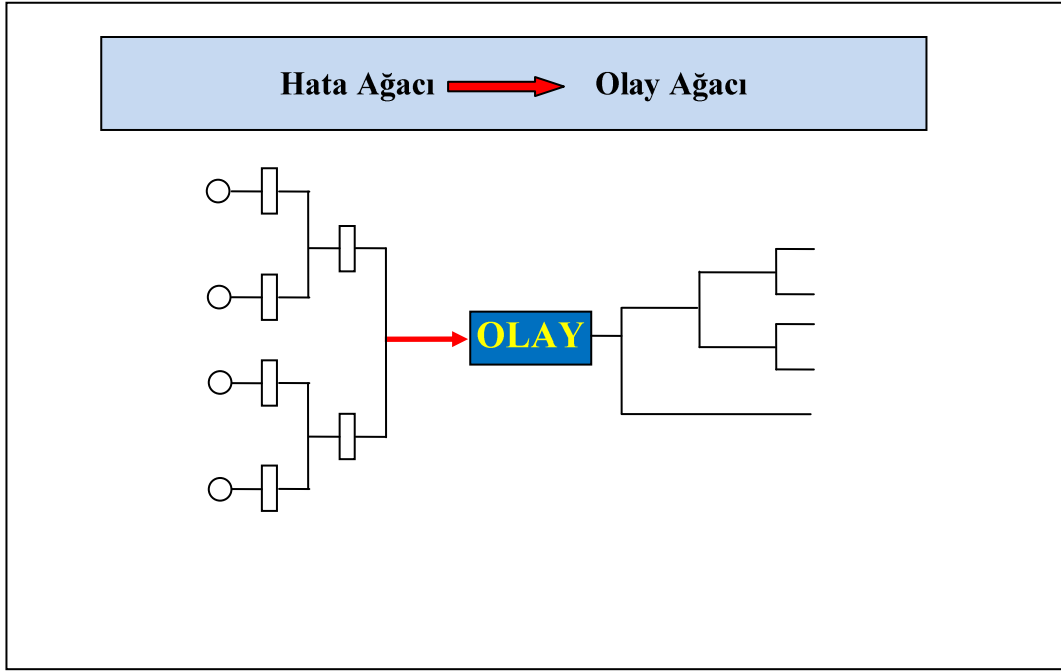
$$ZO = (A \cdot C) + (A \cdot B) + (B \cdot C) + (A \cdot B) + C + (C \cdot A \cdot B) = C + A \cdot B \text{ elde edilir.}$$

4.7. Olay Ağacı Analizi

Olay ağacı analizi (ETA, Event Tree Analysis) başlangıçta nükleer endüstride daha çok uygulama görmüş ve nükleer enerji santrallerinde işletilebilme analizi olarak kullanılmıştır. Daha sonra diğer sektörlerde de sıklıkla uygulanmaya başlanmıştır. Olay ağacı analizi, başlangıçta seçilmiş olan olayın meydana gelmesinden sonra ortaya çıkabilecek sonuçların akışını diyagram ile gösteren bir yöntemdir. Hata ağacı analizinden farklı olarak bu yöntem tümevarımlı bir mantığı kullanır. Kaza öncesi ve kaza sonrası durumları gösterdiğinden sonuç analizinde kullanılan yararlı bir tekniktir. Diyagramın sol tarafı başlangıç olay ile bağlanır, sağ taraf fabrikadaki/işletmedeki hasar durumu ile bağlanır en üst ise sistemi tanımlar. Eğer sistem başarılı ise yol yukarı, başarısız ise aşağı doğru gider. Olay ağacı analizinde kullanılan mantık, hata ağacı analizinde kullanılan mantığın tersidir. O halde, olay analizinde, bir olayla başlayan sistem incelenir. Bütün olası sonuçlar tanımlanarak karar verme süreçleri geliştirilebilir. Olasılık teorilerinden yararlandığı için mühendislik uygulamalarına da uygun bir yaklaşımdır. Olay ağacı analiz adımları aşağıdaki şekilde verilmiştir.

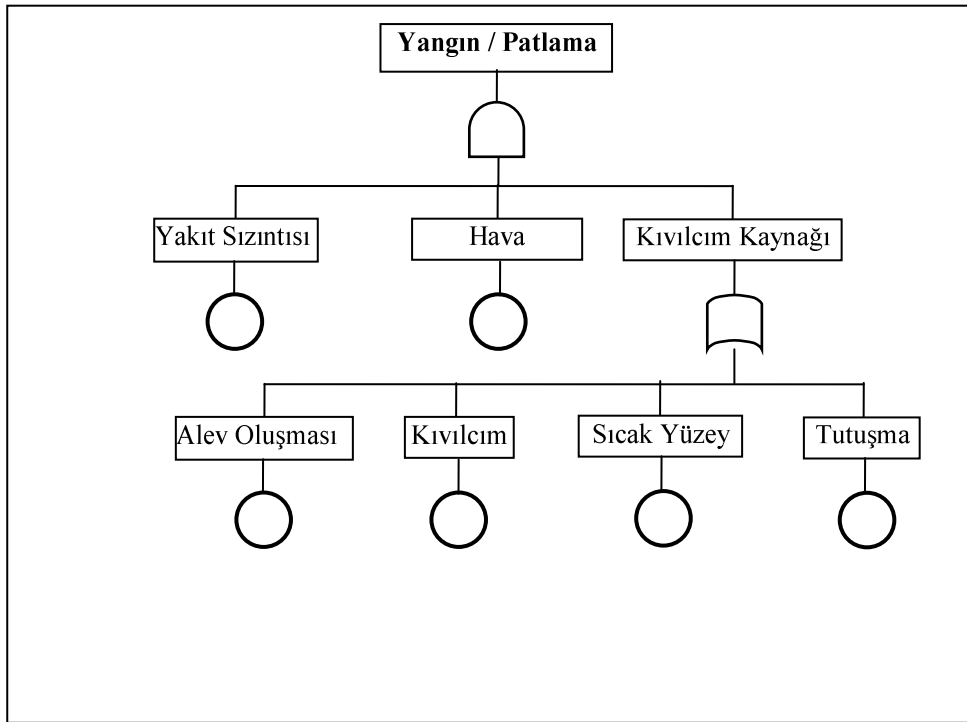


Şekil 11: Olay ağacı analizi adımları.



Şekil 12: Hata ağacı ve olay ağacı analizlerinin ilişkisi.

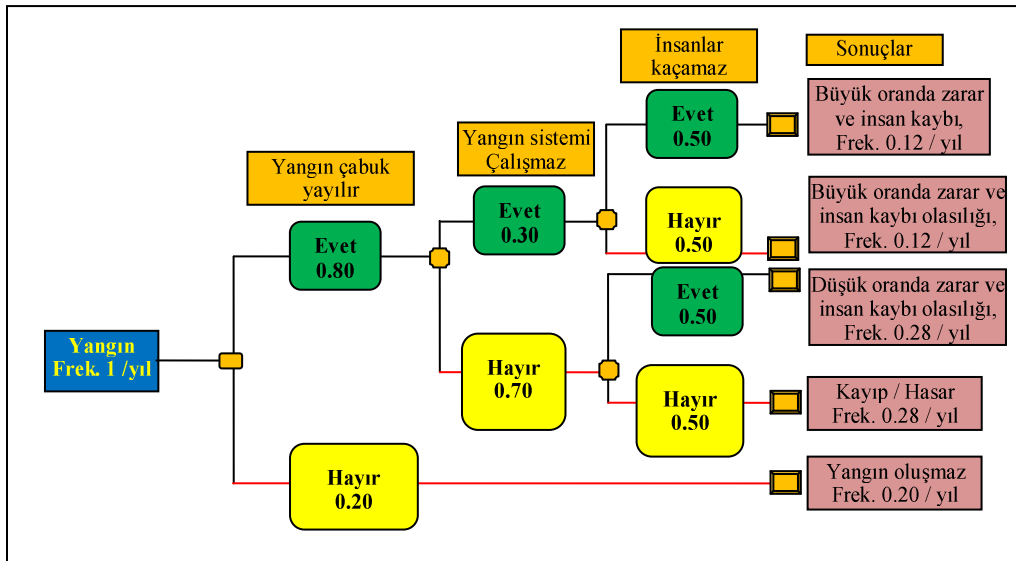
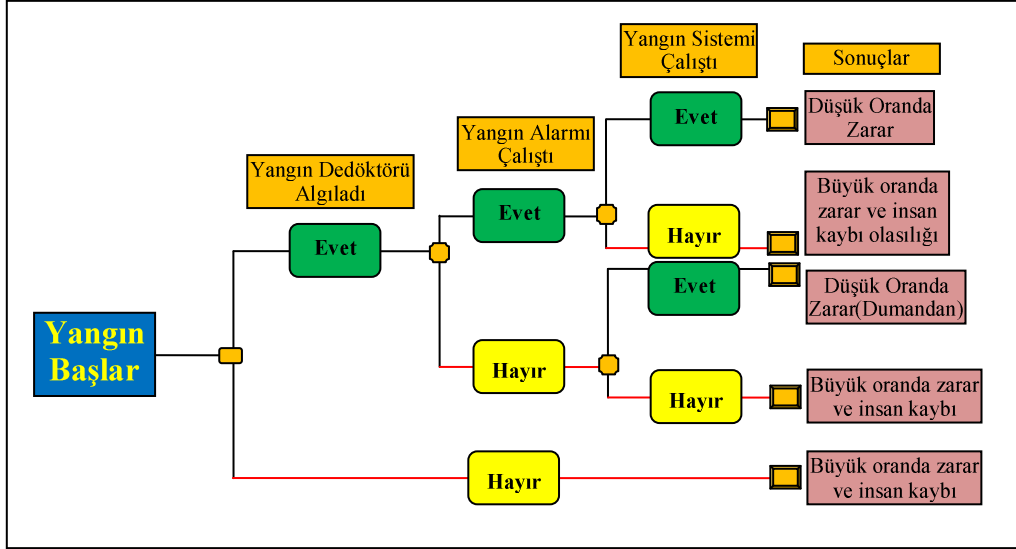
Şekilde görüldüğü gibi, Hata Ağacı ile çeşitli senaryoların VE / VEYA mantığı ile gerçekleşme olasılıkları analiz edilerek önleyici kontroller geliştirilirken; Olay Ağacı ile kazanın değişik sonuçlarına göre iyileştirici kontroller geliştirilir.



**Örnek
hata
ağacı
analizi:**

Şekil 13: Yangın/patlama için örnek hata ağacı analizi.

Örnek olay ağacı analizi ve olasılık hesaplama:



Şekil 14: Yangın için olay ağacı analizi: Olasılık ve frekans hesaplama

Şekilde görüldüğü gibi, frekans analizi bir olayın gerçekleşme olasılığını değerlendirme noktasında gereklidir. Frekans değeri ne kadar büyükse olayın oluşma olasılığı da o kadar fazladır.

4.8. Ön Tehlike Analizi

Ön tehlike analizi (PHA, Preliminary Hazard Analysis), tesisin son tasarım aşamasında yada daha detaylı çalışmalara model olarak kullanılabilen hızla hazırlanabilen kalitatif bir risk değerlendirme metodolojisidir. Bu metodda olası sakıncalı olaylar önce tanımlanır daha sonra ayrı ayrı olarak çözümlenir. Herbir sakıncalı olay veya tehlike, mümkün olan düzeltilmeler ve önleyici ölçümler formüle edilir. Bu metodolojiden çıkan sonuç, hangi tür tehlikelerin sıklıkla ortaya çıktığını ve hangi analiz metodlarının uygulanmasının gerektiğini belirler. Tanımlanan tehlikeler, sıklık/sonuç diyagramının yardımı ile sıraya konur ve önlemler öncelik sırasına göre alınır. Ön tehlike analizi analistler tarafından erken tasarım aşamasında uygulanır, ancak tek başına yeterli bir analiz metodu değildir, diğer metodolojilere başlangıç verisi olması aşamasında yararlıdır. Özellikle işyerinde/işletmede tehlikeli maddeler bulunması ya da yüksek tehlike derecesi taşıyan proses veya sistem bulunduğu durumda birincil tehlike analizi aşamasında “Proses Endüstrileri İçin Güvenlik Ölçümleme Sisteminin Uygulanması” gerektiğine karar verilebilir.

Ön tehlike analizi yapılırken, geçmiş kazalar ve eğer tutuluyorsa tehlikeli durum ve kazaya ramak kalmalarda dikkate alınarak geçmiş deneyim analizi yapılır. Bu aşama çok önemlidir, çünkü hangi metodolojilerin kullanılacağına karar verilmesi aşamasında büyük rol oynar. Geçmiş deneyim analizi işletmede daha çok hangi hataların meydana geldiği konusunda analiste veri sağlar. Bir sonraki adım ise amaç analizidir, bu aşamada istenilen hedefler belirlenir. Tehlike belirlenmesi aşamasında; potansiyel tehlikeli elemanlar, tehlikeli durumlar, tehlikeli olaylar, emniyet sistem kayıpları veri olarak kullanılır. İşletmenin tehlikeli durum ve geçmiş kaza kayıtları tutulmamış veya yeni faaliyete geçmiş bir işletme olması durumunda aynı iş kolundaki işletmelerdeki kaza örnekleri veri olarak kullanılabilir, analistin tecrübesi bu aşamada büyük önem taşır. Tehlikelerin belirlenmesinden sonraki adım ise hangi risk değerlendirme yöntemlerinin seçileceğine karar verilmesidir. Belirlenen potansiyel tehlikelerin “Ön Tehlike Analizi Risk Derecelendirme ve Seçim Diyagramı” kullanılarak frekansı ve şiddetine göre risk skoru belirlenir. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus şiddetin “felakete yol açan”, “tehlikeli”, “marjinal”

ve “önemsiz” olarak değerlendirilmesidir. Yapılan risk değerlendirmesi sonucunda kabul edilemez bölgelerde çıkan bir risk skoru elde edilmesi durumunda prosesin/işletmenin mekanik bütünlüğünün korunması için alınan kontrol önemlerinin tehlike potansiyelini azaltmak için yeterli olmadığı anlamı çıkmaktadır, bu durumda “Güvenlik Ölçümleme Sistemine” “Güvenlik Bütünlük Derecesi” atanması gerektiği düzeltici önlem olarak belirtilir.

4.9. İş Güvenlik Analizi

Bu metod, İş Güvenlik Analizi (JSA, Job Safety Analysis), kişi veya gruplar tarafından gerçekleştirilen iş görevleri üzerinde yoğunlaşır. Bir işletme veya fabrikada işler ve görevler iyi tanımlanmışsa bu metodoloji uygundur. Analiz, bir iş görevinden kaynaklanan tehlikelerin doğasını direkt olarak irdeler. İş Güvenlik Analizi (JSA) olarak adlandırılan analiz dört aşamadan oluşur. Bu metod, İş Güvenlik Analizi (JSA), kişi veya gruplar tarafından gerçekleştirilen iş görevleri üzerinde yoğunlaşır.

Bir işletme veya fabrikada işler ve görevler iyi tanımlanmışsa bu metodoloji uygundur. Analiz, bir iş görevinden kaynaklanan tehlikelerin doğasını direkt olarak irdeler. İş Güvenlik Analizi (JSA) olarak adlandırılan analiz dört aşamadan oluşur.

1. *Yapı:* JSA'nın ilk aşaması görev adımlarının veya alt görevlerin numaralandırılarak ayrıntılı olarak analiz edilmesi ve bu adımları bozacak durumların, yapının belirlenmesi temel anlayışını içerir. Bu adım normal olarak işte çalışan ve denenen kişileri de içermelidir. Bundan başka normal standart iş prosedürlerinin yanında seyrek olarak üstlenilen sıra dışı görevlerde hesaba katılır.

2. *Tehlikelerin Tanımlanması:* Sonraki aşamada ise alt görevler birer birer gözden geçirilir. Böylece alt görevleri bozabilecek tehlikelerin özellikleri daha kolay anlaşılabilir. Çeşitli sayıda sorular tehlikelerin tanımlanmasına yardımcı olmak amacıyla sorulabilir:

- Hangi tip zarar gerçekleşebilir?
- Zarar/Tehlike için bir çeklist kullanım için hazırlanabilir mi?
- Çalışma esnasında özel bir problem veya sapma meydana çıkabilir mi?
- Görevi yapmak için diğer bir yol var mı?
- Tehlikeli materyal, teçhizat, makina vb. içeriyor mu?
- İş görevi zor mu?

3. *Risklere Değer Biçilmesi*: Tehlikelerin veya problemlerin her birinin tanımlamasından sonra şiddetin sonucuna göre, maruz kalabilecek kişi sayına ve meydana gelme olasılığına göre değer biçilir.

4. *Güvenlik Ölçüsü Önerisi*: İş Güvenlik analizi için önerilen güvenlik ölçümünün büyük bir avantajı uygun kontrol ölçümünün oldukça kolay üretilmesidir. Bu aşamada yapılabilecek bir çaba da riskin azaltılması için o görevde tehlike/riske giden yol boyunca kağıt üzerinde öneride bulunmaktır. Alışılmış çalışma ve metotlara kullanışlı ise alternatif metotlar önerilir.

Ölçümler şunlara başvurabilir:

- Ekipman ve yardımcı görevler,
- İş görev programı ve metotları (eğer uygulanabilir ise alternatif metot kullan),
- Belirli görevler için ihtiyaçların giderilmesi,
- İş emirleri, eğitimler vb. geliştirilip düzenlenmesi,
- Zor durumları nasıl ele almak gerektiğinin planlanması,
- Güvenlik aygıtları, detektör vb. güvenlik cihazlarını kurulması,
- Kişisel koruyucu teçhizatın mutlaka kullanılmasını sağlayacak tedbir alınması.

4.10. Olursa Ne Olur? Analizi

Olursa Ne Olur? analizi (What If?), fabrika ziyaretleri ve prosedürlerin gözden geçirmesi esnasında yararlıdır, hali hazırda var olan kaçınılmaz potansiyel tehlikelerin tespit edilme oranını yükseltir. Bu metod işlemlerin herhangi bir aşamasında uygulanabilir ve daha az tecrübeli risk analistleri tarafından yürütülebilir. Genel soru olan “Olursa Ne Olur?” ile başlar ve sorulara verilen cevaplara dayanır. Aksaklıkların muhtemel sonuçları belirlenir ve sorumlu kişiler tarafından her bir durum için tavsiyeler tanımlanır.

4.11. Birincil Risk Analizi

Birincil Risk Analizi (PRA, Preliminary Risk Analysis), bir faaliyeti yerine getirirken gerçekleşebilecek kazaları analiz edebilmek için kullanılan sistematik bir yöntemdir. Herbir kaza için analiz; kazaları önlemek veya kaza nedenlerini önlemek için çok belirgin korunma yolları tanımlar. Analiz, riski indirmek için tavsiyelerde

bulunduğu gibi kazalar ile ilgili riski aynı zamanda tanımlar. Analiz kaza ile ilgili riski, tehlikeyi azaltıcı tavsiyelerde bulunarak tanımlar. Kazanın teşhis edilebilmesi için Şu sorunun cevabı aranır:

“Bu aktiviteyi yerine getirirken ne gibi potansiyel kazalar meydana gelebilir?

Birincil risk analizi, bu etkinliği yapan ekibe analizden düşük risk içeren kazaların elenmesini sağlayarak analizin düzene koyulmasını sağlar.

4.12. Tehlike ve Çalışılabilirlik

Tehlike ve Çalışılabilirlik (HAZOP) analizi, kimya endüstrisi tarafından, bu sanayinin özel tehlike potansiyelleri dikkate alınarak geliştirilmiştir. Multi disiplinler bir tim tarafından, kaza odaklarının saptanması, analizleri ve ortadan kaldırılmaları için uygulanır. Belirli anahtar ve kılavuz kelimeler kullanarak yapılan sistemli bir beyin fırtınası çalışmasıdır. Çalışmaya katılanlara, belli bir yapıda sorular sorulup, bu olayların olması veya olmaması halinde ne gibi sonuçların ortaya çıkacağı sorulur. “Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışmaları” olarak adlandırılan bu metod, kimya endüstrisinde tehlikelerin tanımlanmasında yardımcı olması maksadıyla proses dizayn aşamasında ve proses işletme esnasında yaygın olarak kullanılır. Bu alanda geniş kabul görmüş bir metoddur, çünkü bir prosesdeki sapmaların etkilerinin tespit edilmesini ve normal koşullar altındaki prosesle karşılaştırma yapılma imkanı sağlar. Anahtar kelimeler, dizayn parametreleri ve tablolar kullanılır. Proses denetimine yardımcı olmak maksadıyla, tehlikeli sapmaları normal değerlerle karşılaştırmak maksadıyla anahtar kelimeler kullanılır, bu grup "Fazla ", "Az", "Hiç" vb. gibi kelimeleri içerir. Bu anahtar kelimeler basınç, sıcaklık, akış vb. gibi parametrelerin (kılavuz kelimeler) durumlarını nitelemek için kullanılır. Herbir durumda analist, sebebler, sonuçlar, belirleme metodları ve düzeltici hareketler (yatıştırma ölçüsü) ile tanımlama yapar. Analiz çok disiplinli bir takım tarafından gerçekleştirilmelidir ve bir takım lideri tarafından yönetilmelidir. HAZOP takımı aşağıda belirtilen çalışma gurubundan oluşur.

HAZOP Takımı:

- Fabrikanın işveren vekili
- Fabrika müdürü
- İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı
- İşletme (Proses) Mühendisi
- Sistem ve Otomasyon Mühendisi

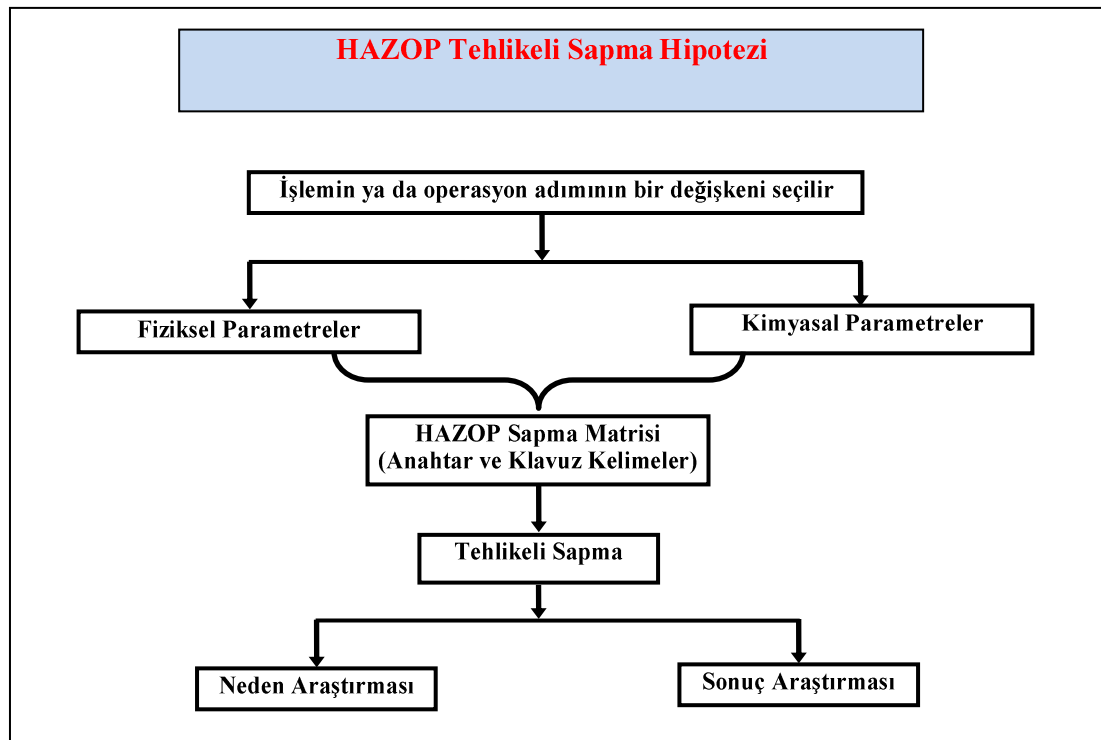
- Elektrik Mühendisi
- İnşaat Mühendisi (Gerekli ise)

HAZOP metodolojisi uygulamasında kullanılan anahtar kelimeler Tablo 15'te verilmiştir:

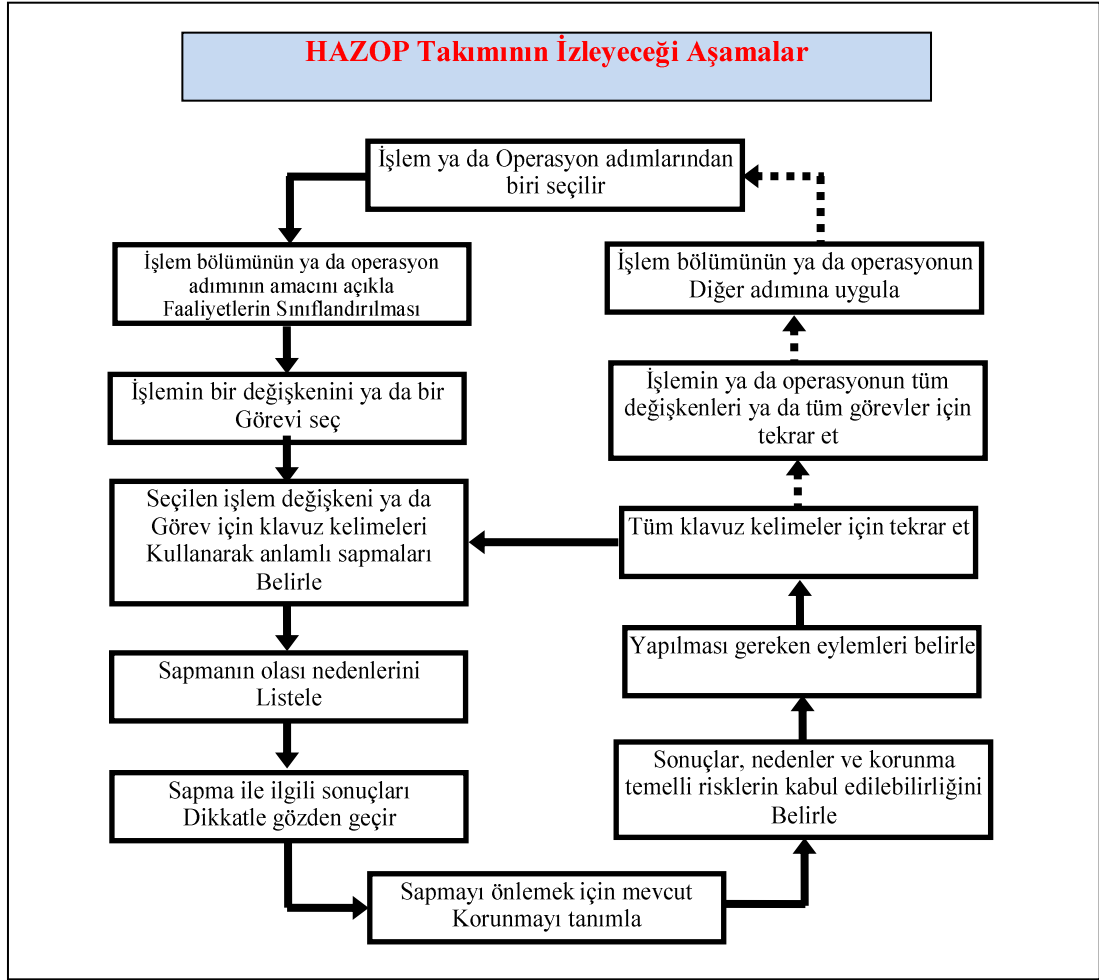
Tablo 17: HAZOP metodolojisi uygulamasında kullanılan anahtar kelimeler.

Anahtar Kelimeler	Anlamı
FAZLA(MORE)	Kantitatif Çoğalma
AZ(LESS)	Kantitatif Azalma
HİÇ(NONE)	Mevcut Değil
TERS(REVERSE)	Öngörülen Yönün Aksine
PARÇASI(PART OF)	Sistemin bir bölümü olması gerekenden farklı
...KADAR İYİ(AS WELL AS)	Aynı Derecede
.....DAN BAŞKA(OTHER THAN)	Tamamen Farklı

HAZOP Takımı, öncelikle prosesin veya operasyon adımının bir değişkenini seçer, anahtar kelimeleri kullanarak anlamlı tehlikeli sapmayı belirler. Tanımlanan sapma için neden araştırması ve paralel olarak sonuç araştırması yapılır.



Şekil 15: HAZOP tehlike sapma hipotezi



Şekil 16: HAZOP takımının izleyeceği aşamalar

4.13. Hata Türleri ve Etkileri Analizi

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), bir sistemin potansiyel hata türlerini analiz etmek için hataları olasılıklarına ve benzerliklerine göre sınıflandıran bir ürün geliştirme ve operasyon yönetim prosedürüdür. Başarılı bir hata türü analizi işi, benzer ürünlerin veya proseslerin geçmiş deneyimlerine dayanarak hata türlerinin tanımlanmasına yardımcı olur, bu hataların sistemden minimum kaynak kullanımı ve çabayla atılmasını sağlar ve bununla beraber geliştirme zamanını ve maliyetini düşürür. Genellikle üretim sektöründe ürünlerin çeşitli aşamalarında kullanılmakla beraber hizmet sektöründe de kullanım alanı artmıştır. ABD'de Savunma Bakanlığı (DoD), Uzay Araştırma (NASA), Enerji bakanlığı (DoE) ve özel sektörde kullanılır,

özellikle otomotiv endüstrisinde sıkça kullanılan, güvenilir bir yöntemdir. Bu yöntemin özellikleri şunlardır:

- Herhangi bir sistemin tamamı veya bölümleri ele alınıp, bunlardaki kısımlar, aletler, komponentlerde ortaya çıkabilecek arızalardan hem bölümlerin hem bütün sistemin nasıl etkilenebileceği analiz edilir.
- Bir sistemin bölümlerini esas alan bir yöntemdir.
- Analiz edilecek sistemin çok iyi belirlenmesi gerekir.
- Analiz sonuçlarının seviyesi, analiz yapanın sistemi iyi anlamasına ve doğru değerlendirmesine bağlıdır.
- Kazanın neden olabileceği zarar rakamla belirlenebilir.

FMEA'nin temel fikri hatayı sonradan bulmak ve düzeltmek (hata yönetimi) yerine hataları erkenden tanıyarak tedbirli bir şekilde önlemek ve tasarım aşamasından itibaren hataların olası nedenlerinin değerlendirilmesidir. Böylece aksi halde üretim aşamasında çıkan kontrol ve hata maliyetlerden ve hatta müşteri maliyetlerinden (müşteri) kaçınılabılır ve toplam maliyetleri azaltılabilir. Sistematik bir yaklaşımla ve bu yaklaşımdan gelen bilgilerle ayrıca tasarım hatalarının yeni ürün ve süreçlerde tekrarlanması önlenir. Bir sürecin, üretime hazır hale gelmesinin ardından veya üretime geçmiş bir proste, önemli olan sürecin veya ürünün güvenilirliğini sağlamaktır. Güvenilirlik ürünlerin veya proseslerin önemli bir özelliğidir. Aynı zamanda müşteri tatminini sağlamakta etkisi çok fazla olan bir faktördür. Müşteriler kullandıkları ürünün hizmet süresinin uzun ve aynı zamanda sorunsuz bir proses olmasını istemektedirler. Bu nedenle ürünün veya sürecin güvenilirliğini sağlamak için atılacak adım, ortaya çıkabilecek olan hataların türlerini ve bunların ürün ya da sürece etkilerini belirleyebilecek bir risk analizinin yapılması ve kurulacak veya kurulmuş olan bir sürecin güvenilirliğinin kontrol altına alınmasıdır.

FMEA uygularken ilk önce farklı şirket fonksiyonlarının çalışanlarından bir ekip kurulur (disiplinler arası takım). Bunlara özellikle dahil edilmesi gerekenler yapımçı, geliştirmeci, deneyci, üretim planlayan, üretim yürüten, kalite yöneticisi, vb. Analiz sürecinin kendisi daha sonra standart formların kullanımı ile (QS-9000) ya da ilgili yazılım ile resmi bir şekilde (VDA 4.2) yapılır.

FMEA'nin içerdikleri:

- Ele alınan sistemin sınırlanması,

- Ele alınan sistemin yapılandırılması,
- Yapısal elemanların fonksiyonlarının tanımları,
- Doğrudan yapısal elemanların fonksiyonlarından elde edilen potansiyel hataların nedenlerinin, hata türlerinin ve hata dizilerinin analizi (Örneğin, W-sorular kullanarak)
- risk değerlendirmesi,
- öncelikli risklere önlem ve çözüm önerileri
- karar verilmiş tedbir ve keşif önlemlerinin izleyişi ve
- risk değerlendirilmesi

Hata yerleri bulunarak, türü belirleyerek, hata sırasını tarif edip sonra da hata sebebinin belirleyerek potansiyel hatalar analiz edilir. Hataların olası nedenlerini belirleyebilmek için genellikle bir neden-sonuç diyagramı oluşturulur. Tespit edilen hatalardan elde edilen kanıtları önlem olarak başka hataları önlemek için kullanılmak mümkündür. Anlam (hata sırası, engl. Severity S), gerçekleşme ihtimali (hatanın nedeni, engl. Occurrence O) ve (hatayı veya sebebinin, engl. Detection D) tespit etme oranı gibi anahtar rakamlar risk değerlendirmenin temelini oluşturur. Rakamlar 1 ile 10 arasında tam sayılı değerlerdir ve derecelendirme kataloglar yardımıyla verilir.

Risk öncelik numarasını (RPN) hesaplayarak, risklerin sıralamasını oluşturmak için bir girişim yapılır. RPZ B-, A- ve E- değerlendirme rakamlarının ($RPN = B * A * E$) çarpılmasıyla oluşturulur ve bu nedenle 1 ile 1000 arasında değerler alabilir. Bir RPZ'nin aynı FMEA'nin başka bir RPZsi ile karşılaştırıldığında en azından daha iyi/kötü gibi bir ifade çıkarması gerektirir.

Alınacak önlemler için öncelik elde etmek için, hataların önemin ve sırasının tahmini, RPZ'nin amacı sürekli sorgulanmaktadır. Ek veya alternatif olarak çalışmak için parametre ($A * B$) deneyleri de var. Toyotada kullanılan FMEA yönteminde DRBFM anahtar rakamlarının tanımı hepten ihmal ediliyor. Önlemler sadece sağduyu ya da takım tartışmanın bir sonucu olarak tanımlanıyor.

Önlemlerin hedefleri

- Arızanın meydana gelme olasılığını azaltmak (örneğin gelişmiş bileşenlerinin yüklenmesi ile),
- Potansiyel hata keşfetme olasılığını, örneğin ek testler planlanılarak, artırmak.

Risk değerlendirmesi artık sadece söz edilen RPZ tarafından mevcut FMEA içinde yer almaz, ama şu sırayla proses edilir:

En yüksek önceliklerin yüksek önemleri var (10), sonra önemin ve meydana gelme olasılığın çarpımına bakılıyor ($B * A$). Buna aynı zamanda teknik risk ya da kritiklik denir (Değerlendirme rakamları için belirlenen katalogların göz önünde tutulması gerekiyor, $A = x$ bir alanı gösterir, hata oluşma ihtimali için sabit ppm rakamı göstermez).

Ancak o zaman RPZ kalan noktalar için öncelik tanır.

Disiplinler arası takımlar her noktayı "1"- "10" arası rakamlarla değerlendirir. Her zaman alt değerlendirme için yüksek değerlendirme ile modüle edilir. Daima yüksek değerlendirmeden düşük değerlendirmeye göre kademeler belirlenir.

- Meydana gelme olasılığı (Yüksek = „10“ten aza = „1“)
- Sebebin veya süreçte oluşan hatanın müşteriye teslim etmeden önceki keşfetme olasılığı (az = „10“dan yükseğe= „1“)
- Hata sırasının önemi veya yoğunluğu müşteri açısından değerlendirildiğinde (fazla = „10“ dan aza = „1“).

Burada FMEA'yı talep eden müşteri hem son kullanıcı hem de (şirket-içi) ara müşteri olabilir. Risk öncelik rakamları (RPN) önlem anlaşmasını sıralamak için geliştirme sürecinde kullanılabilir. RPZ tek başına potansiyel risklerin değerlendirilmesi için uygun değildir. Örneğin 120 değerinde bir RPZ çeşitli şekillerde oluşabilir $A \times B \times D = 10 \times 3 \times 4$ veya $5 \times 8 \times 3$. $B = 10$ ve $E = 4$ ile oldukça kötü değere sahip olan değer başka bir durumda anlamının $B = 5$ ile ölçülen bir hata sırasında yüksek meydana gelme oranının ($A = 8$) olmasına karşı tespit oranı iyi ($E = 3$) olana karşı reddedilmelidir.

4.14. Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları

Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP), gıda sektöründe kullanılan bir yöntemdir. Gıda sektörü, tüm dünyada 1970' li yıllardan itibaren hızlı bir dönüşüme girdi. Buna paralel olarak, gıda güvenliği kavramı önem kazandı ve 1991'de FAO-WHO uzmanlarından oluşan 'Codex Alimentarius Committee on Food Hygiene (Kodeks Gıda Hijyeni Komitesi)' HACCP için bir uygulama kılavuzu hazırladı. Bu kılavuz 1993'te yayımlandı. Bu sistem sayesinde gıdanın kaynağından mutfığa kadar uzanan yolculuğunda, temiz ve sağlıklı olması sağlandı. Bu gelişmeye bağlı olarak, 1996'dan itibaren, ABD ve AB HACCP'i zorunlu hale getirdi.

Dolayısıyla, Türkiye’de bu zorunluluk ile beraber HACCP gıda güvenliği sistemi ile tanışmış oldu.

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), gıda işletmelerinde, sağlıklı gıda üretimi için gerekli olan hijyen şartlarının (personel hijyeni, ekipman hijyeni, hammadde hijyeni, ortam hijyeni, vb.) belirlenerek bu şartların sağlanması, üretim ve servis aşamasında tüketici açısından sağlık riski oluşturabilecek nedenlerin belirlenmesi ve bu nedenlerin ortadan kaldırılması temeline dayanan bir ürün güvenilirliği sistemidir. Tehlike ortaya çıkmadan tedbir almayı ve yok etmeyi sağlayan bir kontrol sistemidir. Bu sistem “Toplam Kalite Yönetim Sistemi”ne kolaylıkla entegre edilebilmekte, ancak toplam kalite yönetiminin tüm yönünü kapsamamaktadır. HACCP prensipleri sadece gıda üretim işlemlerine değil hammaddelere, hammadde temin eden firmalara, son ürün depolanmasına, dağıtım ve tüketiciye sunuma kadar gıda zincirinin tüm aşamalarına uygulanmaktadır. HACCP sistemi, mevcut ürün ve metodlarla beraber, yeni ürün ve metodlara da uygulanabilmektedir; ürün güvenliği ve/veya kalite için uygun sistematik bir yaklaşımdır.

Gıda endüstrisi, son yıllarda önleyiciliği prensip edinmiş yönetim sistemi standartlarının yaygınlaşması; gıdayla ilgili süreçlerde ortaya çıkabilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikeleri belirlemek, önlemek, ortadan kaldırmak veya en az seviyeye indirmek için önleyiciliği ilke edinmiş HACCP sisteminin gelişmesine öncülük etmiştir. Gıda üretiminde, gıda güvenliği, ürünü kullanan tüketicinin mutlak talebi olduğu için Gıda Güvenliği Kontrol Sistemi kurulmak zorundadır. HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları işte bu ihtiyaca cevap veren bir yönetim sistemidir. HACCP genel olarak kabul görmüş aşağıdaki 7 temel ilkeden oluşmaktadır:

1. Tehlike analizi ve ayrıntılı akım şemalarının oluşturulması,
2. Karar ağacı kullanılarak kritik kontrol noktalarının belirlenmesi,
3. Her bir kritik kontrol noktasındaki hedef düzey ve toleransların belirlenmesi,
4. Kritik kontrol noktalarında uygun izleme ve kontrol yöntemlerinin oluşturulması,
5. Kritik kontrol noktalarının izlenmesi sırasında bulunan uygunsuzluklara ve sapmalara karşı “Düzeltilici Faaliyetlerin” belirlenmesi,

6.HACCP çalışmalarının etkinliğini kanıtlayacak Doğrulama Prosedürlerinin belirlenmesi,

7. İşlemlere ve uygulamalara yönelik dokümantasyon yapısının oluşturulması.

HACCP Sisteminin Yararları:

- Doğrudan kalite artırımına değil, dolaylı olarak ürün güvenliğini sağlamak suretiyle kalite artırımına yönelik bir avantaj sağlar.
- Ürünün standart kalitede üretilmesine bağlı olarak satışların ve karlılığın doğrudan artmasını sağlar.
- Kontrol yerine önleyici yaklaşımın uygulanması sağlar.
- İşletmeler kritik kontrol noktalarını ve buralardaki kritik limitleri belirler ve kayıtlarını tutarlar. Bu sayede işletme çalışmaları ile ilgili bilgilere kolaylıkla ulaşılmış olur. Klasik kontrol yöntemlerinden hem daha hızlı hem daha güvenilirdir. İyileştirmeler için fırsatlar sunar.
- Uluslararası düzeyde tanınan bir sistem olması nedeniyle ürünlerin ihracında kolaylık sağlar.
- Çalışanlarda gıda güvenliği bilincinin oluşması sürecini hızlandırır.

HACCP Sisteminin uygulama zorlukları:

- Her HACCP uygulaması, uygulama yapılan işletmeye özeldir. Ancak buna rağmen ürün bazında sistemin uygulanmasına yol gösterebilecek kılavuzlar hazırlanabilir.
- HACCP sisteminin uygulanması iyi eğitilmiş, gerekli teknik bilgi ve beceriye sahip personel gerektirir.
- HACCP sistemi gereği olansorunlara anında çözüm üretmek her zaman mümkün olmayabilir.
- HACCP uygulaması için yasal kuruluşlardan ve endüstri kolundan yeterli destek ve yönlendirme, müşteriden yeterli talep gelmeyebilir.
- İşletmenin tesisleri ve iç yapısı bir HACCP uygulaması için uygun olmayabilir.
- İletişim eksikliği nedeniyle HACCP uygulamasında zorluklarla karşılaşılabilir.

Bir gıda zincirinde hammadde temininden başlayarak, gıda hazırlama, işleme, üretim, ambalajlama, depolama ve nakliye gibi gıda zincirinin her aşamasında ve noktada tehlike analizleri yaparak, gerekli yerlerde kritik kontrol noktalarını belirleyen ve bu noktaları izleyen, herhangi bir problemi henüz oluşmadan önleyen, sistemin korunmasını sağlayarak belirli normlara uygun güvenilir gıdaların üretilmesini sağlayan, her ölçekteki kuruluşa uygulanabilen, bir gıda güvenliği sistemidir. TS 13001 Standardı , uluslararası kabul görmüş HACCP prensiplerine dayalıdır. TS 13001 Standardı, yönetim, HACCP sistemi ve iyi üretim uygulamaları(GMP) olmak üzere üç ana unsurdan oluşan bir HACCP sistemini kapsar. HACCP Standardı, gıda güvenliğinin kanıtlanması amacıyla bir HACCP yönetim sistemi oluşturmak ve sürekliliğini sağlamak isteyen ve HACCP Yönetim Sistemi belgelendirmesi için başvuran kuruluşlara uygulanabilir.[BUCHANAN, R.L, "HACCP: A re-engineering approach to food safety", Food Science and Technology 5/5 (1990): ss 104-106]

Özetle HACCP;

- Gıda güvenliğiyle ilgili problemleri engellemeyi ve kontrol etmeyi amaçlayan bir yöntemdir.
- Kabul edilebilir tehlike limitlerini belirler.
- FMEA'ın gıdaya uyarlanmış halidir.
Gıda üretim aşamalarının sistematik denetimi ve olası tehlikelerin kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik açılardan gözden geçirilmesini sağlar.
- Adı geçen tehlikeleri ortadan kaldırmak veya azaltmak amacı ile kritik kontrol noktaları belirlenir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, önce iş kazalarının geniş bir tanımı yapılmış, Türkiye’de resmi kaza istatistikleri sunulmuş, kaza nedenleri anlatılmıştır. İş kazaları kategorize edilmiş, iş kazalarının sebep olduğu sosyal ve ekonomik boyutlar anlatılmış, tehlikeli meslek grupları kavramı çeşitli verilere dayanılarak tanımlanmıştır. Ayrıca, riskin tanımına, insanlar tarafından riskin nasıl algılandığı konularına ve risk değerlendirmesi ile ilgili kanunlara yer verilmiş, tersanelerde yapılan işleri ve faaliyetleri açıklayarak, tersane sektöründeki başlıca riskler incelenip sık karşılaşılan noksanlıklar gözlemlenmiştir. Tersane sektöründe mevcut olan, yüksekte bloklar halinde çalışma, çok çeşitli iş araç-gereçlerinin kullanılması ve bunların yanında tehlikeli kimyasalların boya, raspa vb. çalışmalar gibi çok çeşitli risk gruplarını içermesi bu sektörü çok tehlikeli sınıfa sokmaktadır. Bu nedenle, tehlikelerin ve risklerin neler olduğu incelenerek, gemi inşaatı sanayinde meydana gelen iş kazaları rakamları istatistiksel verilere dayanılarak ekonomik aktivite ile ilişkilendirilmiştir. Tersanelerde meydana gelen kazaların sınıflandırılması yapılmış, tersanelerde iş kazasına neden olabilecek tehlikeli durum ve hareketler belirlenmiştir. Önemli yaralanmalı ve ölümlü kazaları en aza indirmek için alınması gerekli tedbirler kısaca başlıklar halinde sunulmuştur. Bunlara ek olarak, risk analiz uygulamalarından bahsedilmiş ve kullanılan risk analiz yöntemleri anlatılarak iş kazasına sebep olabilecek riskleri bertaraf etmenin, iş yerine ve yapılan işe uygun bir iş sağlığı ve güvenliği organizasyonu oluşturmanın önemi vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- Akanlar, F.T., Çelebi U.B., Vardar, N.**, New automated technologies in environmentally sensitive shipyards, Proceedings of the 2nd International CEMEPE & SECOTOX Conference, Mykonos, 425-431, 2009.
- Akdağ, V.**, Özel bir tersaneye ait risk analiz planının oluşturulması, İTÜ Gemi İnşaatı ve D.B. Fakültesi Bitirme Tezi, Danışman: Barış Barlas, 2014.
- Akyıldız, H., Mentés, A., Helvacıoğlu, İ.H. (2012)** Formal safety assessment of cargo ships at coast and open seas of Turkey, OMAE 2012, 31st Int. Conf. On Ocean, Offshore and Arctic Eng., Rio de Janeiro, Brazil, July 1-6.
- Arcelani R., Valentino M., Fidecicchi G., Ceccarelli G.**, The accident phenomenon in a naval shipyard, Med Lav., Vol.81, No.4, 320-329, 1990.
- Sulzer-Azaroff, B., Austin, J.**, Behavior-based safety & injury reduction: A survey of the evidence, American Society of Safety Engineers, July, 19-24, 2000.
- Barlas, B., Gören, Ö.**, 2006'dan Bakıldığında Türkiye'de Gemi İnşaatı Sanayi, Ölçü Dergisi, TMMOB Yayınları, Temmuz 2006, 64-69.
- Barlas, B.** "Gemi İşletmeciliği Ders Notları", İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, 2008.
- Barlas, B.**, Gemi inşaatı sanayi: güçlü ve zayıf yönler, Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi, No:169, 2006, 11-16.
- Barlas B.**, Gemi İnşaatı Sanayinde İş Kazaları ve En Aza İndirmek İçin Alınması Gereklı Tedbirler, TMMOB Gemi Mühendisleri Odası, GMO Yayın No: 15, ISBN -978-605-01-0074-7, İstanbul, 2011.
- Barlas B.(a)**, Shipyard fatalities in Turkey, Safety Science, 50 (5), 1247-1252, 2012.
- Barlas B.(b)**, Occupational fatalities in shipyards: An analysis in Turkey, Journal of Naval Arch. & Shipbuilding Industry Brodogradnja, 63 (1), 35-41, 2012.
- Barlas B., Celebi, U.B. (2014)**. Gemi İnşaatı Sanayinde İş Kazaları, Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi, (202): 28-39.
- Barlas B. (2011)**. Gemi İnşaatı Sanayinde İş Kazaları ve En Aza İndirmek İçin Alınması Gereken Tedbirler, Gemi Mühendisleri Odası, ISBN -978-605-01-0074-7, İstanbul: 96 sayfa.
- Bessa, R. Baptista, J.S., Oliveira, M.J. (2015)**. Comparing three risk analysis methods on the evaluation of a trench opening in an urban site, Occupational Safety and Hygiene (Edts. Arezes et al.), Taylor and Francis Group, London.
- Bartley, M, Fagin, L.**, Hospital admissions before and after shipyard closure, The British Journal of Psychiatry, Vol.156, 421-424, 1990.
- British Standards Institution**, 1999, Occupational health & safety management systems – Specification (BS OHSAS 18001), United Kingdom.

- British Standards Institution**,1996, Occupational Health & Safety Management Systems, (BS 8800:1996 TS EN 1050) United Kingdom.
- Çelebi, U.B., Akanlar, F.T., Vardar, N.**, Tersane Üretim Proseslerinin İşçi Sağlığı Üzerine Etkileri, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Kongresi, 262-269, 2008.
- Çelebi, U.B., Akanlar, F.T., Vardar, N. (a)**, Personal protective equipment to minimize the shipyard production processes health effects on shipyard workers, Proceedings of the 2nd International CEMEPE & SECOTOX Conference, Mykonos, June 21-26, 2009.
- Çelebi, U.B., Akanlar, F.T., Vardar, N. (b)**, Chemicals and hazardous wastes generated by shipyard production and their effects on human health at workplace, Fresenius Environmental Bulletin, 18, 1901-1908, 2009.
- Çelebi, U.B., Ekinci, S., Alarcin, F., Unsalan, D.**, The risk of occupational safety and health in shipbuilding industry in Turkey. Proceedings of the 3rd Int Conf Maritime & Naval Science & Engineering, 178-184, 2010.
- CESA**, Community of European Shipyards' Associations, Annual Report 2008-2009, Brussels, 2009.
- Chao, E., Henshaw, J., .JobHazard.**, 2002, Analysis, Occupational Safety and Health, USA.
- Chiba, T., Aonuma, S., Kusugami, T.**, Research on Method of Human Error Analysis using 4M4E, JR EAST Technical Review, No:5, 59-65, 2005.
- David M.**, 2001, Occupational Safety and Health Administration, USA.
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı)**,2002, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Yayını, Yayın No: 2660.
- Elklit, A.**, The aftermath of an industrial disaster, Acta Psychiatr Scand, Vol. 96, No: 392, 1-25, 1997.
- Fine, W.T.** (1971). Mathematical Evaluation For Controlling Hazards, Journal of Safety Research, 3(4): 157-166.
- GMO**, İş Sağlığı Ve Güvenliği Komisyon Raporu, http://www.gmo.org.tr/kitap_brosurler.asp?c_id=21, 2007.
- Güner, R.** , 2013 Tersane Sektöründe Meydana Gelen İş Sağlığı ve Güvenliği Değişimi (2003-2013), Mühendis ve Makine, 24-25.
- ILO**, LABORSTA - database of labour statistics, <http://laborsta.ilo.org/> STP/guest, 2014.
- Jacinto, C., Silva, C.**, A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation, Safety Science 48, 973-979.
- Krstev, S., Stewart, P., Rusiecki, J., Blair, A.**, Mortality among shipyard Coast Guard workers: a retrospective cohort study, Occupational and Environmental Medicine, Vol.64, 651-658, 2007.
- Limter-İş**, Tuzla Tersaneler Bölgesi İzleme ve İnceleme Komisyonu Raporu, http://www.limteris.com/haber/haber_detay.asp?haberID=4, 2007.

- Lorentzen, S.**,“China targeting the World Shipbuilding Cup, INTERTANKO, (Çevrimiçi) <http://www.intertanko.com/templates/Page.aspx?id=35716>, 2010.
- Kinney, G.F., Wiruth, A.D.** (1976). Practical risk analysis for safety management, NWC Technical publication 5865, Naval Weapons Center, China Lake CA, USA.
- Marhavidas, P.K.** (2009). Risk Estimation in the Greek Constructions’ Worksites by using a Quantitative Assessment Technique and Statistical Information of Occupational Accidents, Journal of Engineering Science and Technology Review, 2(1): 51-55.
- Marhavidas P.K.,Koulouriotis, D., Gemeni, V.** (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24: 477-523.
- Matanovic, D.** (2015). General Approach to Risk Analysis, Chapter in Transportation Systems and Engineering: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications (Ed. DeMarco, A), Engineering Science Reference, Hershey.
- Mentes, A., Akyıldız, H., Yetkin, M., Türkoğlu, N.** (2015) A FSA based fuzzy dematel approach for risk assessment of cargo ships at coasts and open seas of turkey, Safety Science, Vol. 79, 1-10.
- Mentes, A., Akyıldız, H., Helvacıoğlu, İ.H.** (2014) A Gray based Dematel Technique for risk assessment of cargo ships, ICMT 2014, 7th-9th
- Moll Van Charante, A.W., Mulder, P.G.H.**, Perceptual acuity and the risk of industrial accidents, American Journal of Epidemiology, Vol. 131, No. 4, 652-663, 1990.
- Moll Van Charante, A.W., Snijders, C.J., Mulder, P.G.H.**, Posture control and the risk of industrial accident: a stabilographic investigation in a naval shipyard, Ann. Occup. Hyg., Vol. 35, No. 5, 505-515, 1991.
- Okumuş, D.** (2015). Özel bir tersaneye ait risk analiz planının oluşturulması, İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bil. Fakültesi, Lisans Bitirme Tezi (Danışman: Barış Barlas), İstanbul.
- Özkılıç Ö.**, İş Sağlığı Ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, Yayın No:246, Ankara, 2005.
- Petronio, F.**, Severity rate of work accidents in a shipyard, Igiene Moderna. Vol.81, No.3, 539-551, 1984.
- People’s Republic of China**, “China Shipbuilding Statistical Yearbook”, Commission of Science, Technology and Industry for National Defence of the People’s Republic of China, Beijing, 2006.
- Redinger C.F.**, 2002, Implementation Guidance Manual; For the ILO Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems (ILO-OSH 2001), Geneva.

- Resmi Gazete**, 2012, İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği.
- Saari, J., Naesaenen, M.**, The effect of positive feedback on industrial housekeeping and accidents: A long-term study at a shipyard, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 4, No. 3, 201-211, 1989.
- SAJ**, Shipbuilding Statistics, The Shipbuilders Association of Japan, September 2009.
- Shinoda, T., Tanaka, T., Kano, Y.**, Risk analysis for occupational safety management at shipyard, *Proceedings of the Twentieth (2010) International Offshore and Polar Engineering Conference*, Beijing, 581.
- Suzuki, F., Aonuma, S., Kusukami, K.**, Development, Introduction and Deployment of JR East Version of the 4M4E Analysis Method, *JR EAST Technical Review*, No:11, 50-53, 2008.
- Seyyidoğlu, A.O.**, 2014, Tersanede ortam koşullarının işçi sağlığına ve performansı üzerine etkisi, Bitirme Tezi, İ.T.Ü Gemi İnşaatı ve Makinaları Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- SGK İstatistik Yıllığı**, İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri, 2011.
- Süzek, S.**, 2013, İş Hukuku, Beta Yayınları İstanbul.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Devlet Denetleme Kurulu(DDK) (2008)**. Tersanecilik Sektörü ile İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Tuzla Tersaneler Bölgesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi Hakkında Araştırma ve İnceleme Raporu, 2008/1, Ankara.
- Türk Standartı**, 2008, İş sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri (TS 18001), Ankara.
- Türk Standardları Enstitüsü**, 1997, Makinelerde-güvenlik-risk değerlendirme prensipleri, Ankara.
- Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Raporu**, 2013, Ankara,
- Valentino, M., Rapisarda, V., Fenga, C.**, Hand Injuries Due to High-Pressure Injection Devices for Painting in Shipyards: Circumstances, Management, and Outcome in Twelve Patients, *American Journal of Industrial Medicine*, Vol. 43, 539–542, 2003.
- Weber, T., A.M. Nevala**, An exhaustive analysis of employment trends in all sectors related to sea or using sea resources, Final report for the European Commission, DG Fisheries and Maritime Affairs, C3135, ECOTEC Research and Consulting, 2006.
- WHO**, Occupational Health Injuries, http://www.who.int/occupational_health/publications/declaration/en/index.html, 2014.
- Wu, WT., Lu, YH., Lin, YJ., ve diğerleri**, 2013. Mortality among shipbreaking workers in Taiwan—a retrospective cohort study from 1985 to 2008, *American Journal of Industrial Medicine* 56:701-708.
- Yılmaz F., Çelebi U.B.**, Gemi İnşa sektöründe İş Güvenliği: 2007 sonrası üzerine bir Değerlendirme, *Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi*, 443-452, 2012.
- Url-1**<<http://beshekimisg.com/>> erişim tarihi: 10.11.14

