

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDEKİ TEMEL
RİSKLERİN HİBRİT BİR RİSK ANALİZ YÖNTEMİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Berkan ER

Ekim, 2018

İZMİR

YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDEKİ TEMEL RİSKLERİN HİBRİT BİR RİSK ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden İşletme Programı

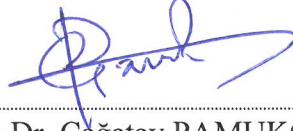
Berkan ER

Ekim, 2018

İZMİR

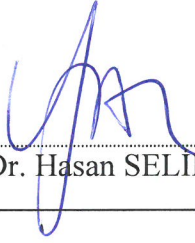
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

BERKAN ER, tarafından **PROF. DR. ÇAĞATAY PAMUKÇU** yönetiminde hazırlanan **“YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDEKİ TEMEL RİSKLERİN HİBRİT BİR RİSK ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



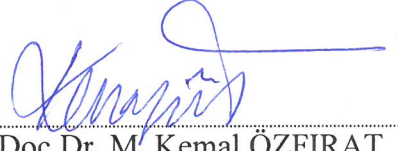
Prof. Dr. Çağatay PAMUKÇU

Yönetici



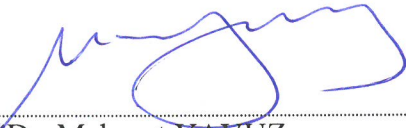
Prof. Dr. Hasan SELİM

Tez İzleme Komitesi Üyesi



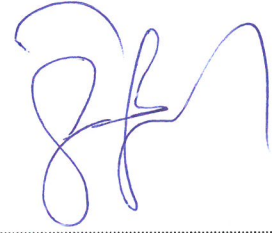
Doç Dr. M. Kemal ÖZFIRAT

Tez İzleme Komitesi Üyesi



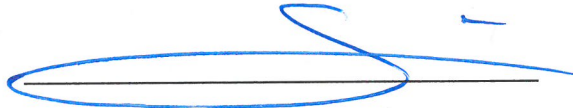
Prof. Dr. Mahmut YAVUZ

Jüri Üyesi



Doç. Dr. İrfan Celal ENGİN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tüm çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, katkılarını esirgemeyen, her zaman destek veren ve anlayış gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Çağatay PAMUKÇU'ya,

Çalışmam sürecinde tez izleme komitemde bulunup, bilgi birikim ve fikirlerini benimle paylaşan, çalışmalarına farklı bakış açıları kazandıran Sayın Prof. Dr. Hasan SELİM ve Sayın Doç. Dr. Muharrem Kemal ÖZFIRAT'a,

Çalışmalarım sırasında ve tez yazım aşamalarımda bana zaman ayıran ve yardımlarını eksik etmeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Alper GÖNEN ve Araştırma Görevlisi Dr. Mustafa Emre YETKİN'e,

Ve hayatım boyunca maddi manevi bütün yönlerden bana destek olan, varlıklarını daima yanımda hissettiğim kıymetli ailemin her bir ferdine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Berkan ER

YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDEKİ TEMEL RİSKLERİN HİBRİT BİR RİSK ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Sanayinin üretim için ihtiyaç duyduğu maden hammaddeleri, madencilik faaliyetleri ile üretilmektedir. Madencilik faaliyetleri, genel olarak yerüstü madenciliği ve yeraltı madenciliği şeklinde yürütülmektedir. Yeraltı madenciliği içerdiği teknik ve jeolojik şartlar ile çalışma koşulları bakımından çok sayıda tehlike kaynağı ve risk içermektedir. Günümüzde özellikle kömür üretimi, büyük oranda yeraltı madenciliği şeklinde yapılmakta olup yeraltı kömür madenciliğinde en sık kullanılan üretim yöntemi ise uzunayak yöntemidir.

Bu tez çalışması kapsamında, Ege Bölgesi sınırları içerisinde Kütahya ilinin Gediz ilçesinde bulunan klasik uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ve Manisa ilinin Soma ilçesinde bulunan mekanize uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ziyaretler gerçekleştirilerek hem klasik uzunayak yönteminin, hem de mekanize uzunayak yönteminin içerdiği tehlike kaynakları tanımlanmış, bunlardan doğabilecek riskler belirlenmiştir. Söz konusu risklerin belirlenmesinin ardından, bu riskler Fine-Kinney risk analizi yöntemi ile sınıflandırılmış ve önceliklendirilmiş, her iki üretim yöntemi için bulunan en önemli üç risk, Olay Ağacı Analizi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, söz konusu riskler için belirlenen önlemler ve bunların kaza önleme olasılıkları kullanılarak herbir risk için olay ağacı analizleri oluşturulmuş, analiz sonucunda sonuçların olasılıkları hesaplanarak herbir sonuç için bir risk sınıfı belirlenmiştir. Son olarak ise, yapılan çalışmanın sonuçları özetlenmiş ve her bir riskin kazaya dönüşmemesi için alınması gerekli önlemler sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, yeraltı kömür madenciliği, uzunayak yöntemi, risk, Fine-Kinney risk analizi yöntemi, Olay Ağacı risk analizi yöntemi, Hibrit risk analiz yöntemi

EVALUATION OF MAJOR RISKS IN UNDERGROUND COAL MINING BY MEANS OF A HYBRID RISK ANALYSIS METHOD

ABSTRACT

Raw materials of mine that is needed for industry are produced using mining operations. Mining operations are mainly accomplished by either surface mining or underground mining. Underground mining has a great number of hazard sources and risks originated from technical, geological and operational conditions. Today, coal is usually mined by underground mining and longwall mining method is widely used for extracting the coal from underground.

Within the scope of this thesis, visits are made to a underground coal facility which is producing with the traditional longwall method located in Gediz district of Kütahya province and in a underground coal facility which is producing with a fully mechanized longwall method in Manisa province. The sources of hazard included in the mechanized longwall method have been identified and the risks that may arise from these are determined. After determining of risks that are mentioned, these risks were classified using Fine-Kinney Risk Analysis method and three most important risks in both underground mining methods with highest risk scores were analyzed using Event Tree Analysis method. In conclusion, Event Tree Analysis was carried out for each risks using countermeasures and accident prevention probabilities. After analyzing the risks, probabilities of the results were calculated and each result was assigned to a risk class. Lastly, conclusions of study are summerazed and the measures to be taken to prevent each risk from becoming an accident are listed.

Keywords: Occupational health and safety, underground coal mining, longwall method, risk, Fine-Kinney risk analysis method, Event Tree Analyses method, Hybrid risk analysis method

İÇİNDEKİLER

Sayfa

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x

BÖLÜM BİR-GİRİŞ.....	1
-----------------------------	----------

BÖLÜM İKİ-İŞ KAZASI KAVRAMI VE YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE İŞ KAZALARININ İRDELENMESİ.....	4
--	----------

2.1 Giriş.....	4
2.2 İş Kazası'nın Tanımı ve Nedenleri.....	4
2.3 Yeraltı Kömür Madenciliğinde İş Kazaları ve Oluşum Türleri	7
2.3.1 Tavan Çökmesi Sonucu Oluşan Kazalar	10
2.3.2 Nakliyat Kazaları.....	11
2.3.3 Grizu ve Kömür Tozu Patlamalarının Oluşturduğu Kazalar.....	11
2.3.4 Ocak Gazlarının Neden Olduğu Zehirlenmeler Sonucu Oluşan Kazalar	12
2.3.5 Ani Yanma ve Ocak Yangınlarının Sebep Olduğu Kazalar	12
2.4 Yeraltı Kömür Madenciliğinde Meydana Gelen İş Kazalarının Dağılımlarına Göre Sınıflandırılması	13
2.4.1 Oluşan İş Kazalarının Derecesine Göre Dağılımı	14
2.4.2 Oluşan İş Kazalarının Meydana Geldiği Saate Göre Dağılımı.....	14
2.4.3 Oluşan İş Kazalarının Kazada Etkilenen Organa Göre Dağılımı	15
2.4.4 Oluşan İş Kazalarının Kazanın Meydana Geldiği Güne Göre Dağılımı .	15
2.4.5 Oluşan İş Kazalarının Kazalının Yaşına Göre Dağılımı	16
2.4.6 Oluşan İş Kazalarının Kazalının Öğrenim Durumuna Göre Dağılımı	17
2.4.7 Oluşan İş Kazalarının Kazalının Çalışma Süresine Göre Dağılımı.....	17

BÖLÜM ÜÇ-İŞ GÜVENLİĞİNİN ÖNEMİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ 19

3.1 Giriş	19
3.2 Tehlike ve Risk Kavramları	19
3.3 Risk Değerlendirmesinin Tanımı ve Önemi.....	21
3.4 Risk Analizi Yöntemleri.....	29
3.4.1 Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi (PRA)	33
3.4.2 Ön Tehlike Analizi (PHA).....	35
3.4.3 What IF? (Olursa Ne Olur?)	42
3.4.4 Tehlike ve İşletilebilme Çalışması (HAZOP)	43
3.4.5 Risk Matrisleri (L Tipi Matrisler).....	46
3.4.6 Fine - Kinney Yöntemi	47
3.4.7 Olay Ağacı Analizi (ETA).....	51
3.4.8 Hata Ağacı Analizi (FTA)	56

BÖLÜM DÖRT-ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 62

BÖLÜM BEŞ-MALZEME YÖNTEM..... 70

5.1 Yeraltı Kömür Madenlerinde Tehlike Kaynaklarının Tanımlanması, Risklerin Belirlenmesi ve Sınıflandırılması	70
5.1.1 Klasik Uzunayak Yönteminde Tehlikelerin Tanımlanması ve Risklerin Belirlenmesi	71
5.1.2 Klasik Uzunayak Yönteminde Risklerin Sınıflandırılması ve Önceliklendirilmesi.....	75
5.1.3 Mekanize Uzunayak Yönteminde Tehlikelerin Tanımlanması ve Risklerin Belirlenmesi	85
5.1.4 Mekanize Uzunayak Yönteminde Risklerin Sınıflandırılması ve Önceliklendirilmesi.....	89

5.2 Yeraltı Kömür Madenlerinde Risklerin Olay Ağacı Analizi (ETA) Kullanılarak Değerlendirilmesi	96
5.2.1 Grizu Patlamasının Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi	99
5.2.2 Kömürün Endojen Yanmasının Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi	110
5.2.3 Üretim Sırasında Göçük Meydana Gelmesinin Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi	120
5.2.4 Üretim Organizasyonundaki Aksaklıkların Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi	127
BÖLÜM ALTI-SONUÇLAR.....	135
KAYNAKLAR	141
EKLER.....	148

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 İş kazasının oluşumu.....	7
Şekil 2.2 Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar	8
Şekil 3.1 Risk değerlendirme yönetim süreci	24
Şekil 3.2 Ön tehlike analizi metodoloji aşamaları	37
Şekil 3.3 Risk analizinde ALARP ilkesi	41
Şekil 3.4 Kaza senaryosu gösterimi.....	52
Şekil 3.5 Olay ağacı analizi ve sonuçların olasılıklandırılması	55
Şekil 3.6 Hata ağacı analizi akış şeması.....	58
Şekil 3.7 Yangın için hata ağacı analizi tasarımı	60
Şekil 5.1. Uzunayak üretim yöntemi.....	71
Şekil 5.2 Mekanize uzunayaktan bir görünüm.....	86
Şekil 5.3 Üretim öncesi metan drenajı	101
Şekil 5.4 Erken uyarı sistemi algılayıcı sensörleri ve gaz izleme ünitesi	104
Şekil 5.5 Grizu patlaması riski için olay ağacı analizi	106
Şekil 5.6 Kaplama malzemesinin tahkimat arkasına yerleştirilmesi.....	113
Şekil 5.7 Kömürün endojen yanma riski için olay ağacı analizi.....	115
Şekil 5.8 Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için olay ağacı analizi	123
Şekil 5.9 Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için olay ağacı analizi	130

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 En büyük 15 kömür ve linyit üreticisi ülke.....	9
Tablo 2.2 Milyon ton toplam kömür üretimi başına düşen ölüm sayısı.....	9
Tablo 2.3 İş kazalarının derecesine göre dağılımı	14
Tablo 2.4 İş kazalarının meydana geldiği saate göre dağılımı.....	15
Tablo 2.5 İş kazalarının kazalanan organa göre dağılımı	16
Tablo 2.6 İş kazalarının kazanın meydana geldiği güne göre dağılımı.....	16
Tablo 2.7 İş kazalarının kazalının yaşına göre dağılımı	17
Tablo 2.8 İş kazalarının kazalının öğrenim durumuna göre dağılımı	17
Tablo 2.9 İş kazalarının kazalının çalışma süresine göre dağılımı	18
Tablo 3.1 Kontrol önlemlerinin hiyerarşisi.....	26
Tablo 3.2 Örnek PRA metodolojisi temelli risk değerlendirmesi.....	34
Tablo 3.3 Şiddet tablosu.....	39
Tablo 3.4 Olasılık tablosu	39
Tablo 3.5 Risk değerlendirme matrisi.....	39
Tablo 3.6 Risk skoru sonucu alınacak önlemler	40
Tablo 3.7 What If? risk değerlendirme tablosu.....	42
Tablo 3.8 HAZOP prosesi uygulama adımları.....	45
Tablo 3.9 Sayısal puan kullanımlı risk skor matrisi (L Tipi Matris)	46
Tablo 3.10 Fine Kinney frekans değerleri skalası.....	49
Tablo 3.11 Fine Kinney olasılık değerleri skalası	49
Tablo 3.12 Fine Kinney şiddet değerleri skalası.....	50
Tablo 3.13 Fine Kinney risk sınıflandırma tablosu.....	50
Tablo 3.14. Hata Ağacı analizinde kullanılan olaylar ve kapılar.....	59
Tablo 5.1 Klasik uzunayakta tehlike kaynakları ve riskler	73
Tablo 5.2 Klasik uzunayakta risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi.....	77
Tablo 5.3 Klasik uzunayakta “R” değeri en yüksek olan, en önemli riskler	82
Tablo 5.4 Mekanize uzunayakta tehlike kaynakları ve riskler.....	87
Tablo 5.5 Mekanize uzunayakta risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi ..	90
Tablo 5.6 Mekanize uzunayakta “R” değeri en yüksek olan, en önemli riskler	96
Tablo 5.7 Grizu patlaması için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları	99
Tablo 5.8 Grizu patlaması riski için risk seviyeleri olasılıkları	109

Tablo 5.9 Kömürün endojen yanması için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları	111
Tablo 5.10 Kömürün endojen yanma riski için risk seviyeleri olasılıkları	119
Tablo 5.11 Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları	120
Tablo 5.12 Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için risk seviyeleri olasılıkları	127
Tablo 5.13 Üretim organizasyonundaki aksaklıklar için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları	128
Tablo 5.14 Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için risk seviyeleri olasılıkları	134

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Sanayi devriminin başlamasıyla birlikte ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin ölçüsü, ülkelerdeki sanayi kuruluşlarının miktarı ve nitelikleri ile orantılı olmuş; söz konusu bu kuruluşlara sanayi hammadde temini maden üretimi vasıtasıyla sağlanmaya başlanmıştır. Bu sebeple madencilik sektörü ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Doğadan çeşitli üretim metotları ile hammadde olarak çıkartılan metalik madenler, endüstriyel mineraller ve enerji hammaddeleri çeşitli süreçler uygulanarak sanayinin istediği koşullara getirilmekte ve böylece kullanıma sunulmaktadır.

Gerek maden çıkarım safhası gerekse de hammadde zenginleştirme aşamaları iş kazaları açısından risk faktörü yüksek olan işlerdir. Maden işletmelerinde meydana gelen iş kazaları sonucu, hem yetişmiş elemanları kaybetmek, hem de üretim kayıpları yaşamak, maden işletmelerine ek maliyetler ve sosyal olarak ağır travmalar getirmektedir. Bu nedenle iş kazalarının sayısının ve şiddetinin azaltılması maden işletmelerinin üretim verimliliğini artıracaktır. Madencilik sektörünün yatırım ve işletme giderleri açısından oldukça yüksek maliyetler içerdiği düşünüldüğünde, meydana gelen veya gelebilecek iş kazalarının işletmelere ek maliyetler getireceği açıktır. İşletmelerin söz konusu bu ek maliyetlerden kurtulmasının yolu ise, iş güvenliği ve işçi sağlığına vereceği önem ve bunlara yapacağı yatırımdan geçmektedir. İş kazaları manevi kayıpların yanında çok büyük maddi kayıplara da neden olmakta ve hatta işletmelerin kapanmasına neden olabilmektedir.

Doğası gereği iş kazalarının sıklıkla yaşandığı madencilik sektöründe riskler oldukça fazladır ve bu risklerin birbirini tetiklemesinden dolayı iş güvenliği tedbirlerinin önemi çok büyüktür. Özellikle yeraltı madenciliğinde hem jeolojik sebeplerle hem de üretim yönteminden kaynaklı teknik güçlüklerle tehlikeli durumlar ve riskler oldukça fazla olmakta, bunun sonucu bu sektörde çalışan işçilerin iş kazası geçirme olasılıkları artmaktadır. Bu nedenle, iş güvenliği önlemlerinin alınması ve bunlara tamamen uyulması bir zorunluluk olmalıdır. İş kazaları ve meslek

hastalıklarının ortadan kaldırılması; bilimsel ve teknolojik gelişmelerin sağladığı olanakların geliştirilmesi, bilimsel araştırmaya dayalı risklerin doğru tanımlanması, planlı çalışma ve üretim sürecindeki gelişmelerin bilimsel yöntemlerle incelenmesi ve iş güvenliği tedbirlerinin arttırılmasıyla sağlanabilecektir. Daha sağlıklı ve daha güvenli bir işyeri ortamı, daha verimli bir çalışmanın ön koşulu olmakla birlikte özellikle gelişmekte olan ülkelerde iş sağlığı ve güvenliği, toplumsal kalkınmanın belirleyici unsurlarındandır.

Yukarıda bahsedildiği gibi, ne tür cevher damarı veya cevherleşmesi olursa olsun, yeraltı madencilik yöntemleriyle üretim yapılan maden ocaklarında tehlike kaynakları bir hayli fazla olmakta ve bu tehlike kaynaklarından doğacak riskler çalışanlar için olumsuzluk yaratmakta, olası iş kazalarına adeta davetiye çıkarmaktadır. Üretim aşamasında, yüzeyden yeraltına doğru derinliğin ve ocak açıklığının artmasıyla birlikte basınç ve sıcaklık değerleri artmakta, cevherin damar yapısına göre ihtiva edilen tehlikeli gazların konsantrasyonları yükselmekte, işçilerin yeryüzü ile çalışma alanı arasında katettiği mesafeler ve buna bağlı olarak sarfettikleri enerji miktarları artmaktadır. Bu gibi olumsuzluklara ek olarak jeolojik yapıdaki değişkenlikler ve/veya süreksizlikler de yeraltı madenciliğinde tehlikeli durumlardan ortaya çıkabilecek risklere zemin hazırlamaktadır.

Bu tezin ana fikri, yeraltı madenciliğinde gerek hazırlık gerek üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan tehlike kaynaklarından doğan veya doğabilecek riskleri belirlemek, bu riskleri önceliklendirmek ve sınıflandırmak, ardından da seçilen öncelikli riskleri değerlendirmektir. Yapılan çalışmada, yeraltı madenciliği içerisinde istatistiklerde kazalanma oranı en yüksek olan, bir iş kazası meydana geldiğinde hiç arzulanmayan şekilde toplu yaralanmaların veya can kayıplarının en çok yaşandığı kömür madenciliği ve bu alanda faaliyet göstermekte olan Ege Bölgesi'nde bulunan yeraltı kömür işletmeleri göz önünde bulundurulmuştur. Yeraltı kömür madenciliğinde üretim sistemi olarak sıklıkla uygulanan uzunayak yöntemi, uygulanan kazı şekline ve kullanılan tahkimat biçimine göre klasik uzunayak, yarı mekanize uzunayak ve mekanize uzunayak olarak üçe ayrılmakta olup tehlike kaynakları ve riskler klasik uzunayak ve mekanize uzunayak yöntemleri için ayrı ayrı

ortaya konulmuş, önceliklendirilmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. Yarı mekanize uzunayak yönteminde tehlike kaynakları ve riskler mekanize uzunayak yöntemdekilerle büyük paralellikler gösterdiği ve üretim tekniği itibarıyla hemen hemen aynı olduğu için, yarı mekanize uzunayak yöntemi bu çalışmanın kapsamına alınmamıştır.

Yapılan tez çalışması kapsamında, Ege Bölgesi sınırları içerisinde Kütahya ilinin Gediz ilçesinde bulunan klasik uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ve Manisa ilinin Soma ilçesinde bulunan mekanize uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ziyaret gerçekleştirilmiş ve bu ocaklardaki tehlike kaynakları ve risklerin belirlenmesinde; yapılan saha çalışmasından, işletmelerin mevcut risk analizlerinden, meydana gelen iş kazalarının irdelenmesinden ve bunların yanısıra literatür araştırmasından yararlanılmıştır. Hem klasik uzunayak hem de mekanize uzunayak yöntemi için tehlike kaynaklarının ve bunlara bağlı risklerin belirlenmesinin ardından, bu riskler Fine-Kinney metodu kullanılarak sınıflandırılmış ve önceliklendirilmiş; daha sonra Fine-Kinney ile her iki yöntem için “R” risk değeri en yüksek olarak bulunan üçer risk, Olay Ağacı Analizi (ETA) tekniğinden faydalanılarak değerlendirilmiş ve son olarak yapılan çalışmaların sonuçları özetlenmiştir.

BÖLÜM İKİ

İŞ KAZASI KAVRAMI VE YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE İŞ KAZALARININ İRDELENMESİ

2.1 Giriş

Üretimin en önemli unsuru insandır. Fakat gelişen teknoloji insan ve çevre sağlığını tehlikeye sokmaktadır ve dolayısıyla üretimin önemli bir unsuruna gelen zarar, üretimi de olumsuz etkilemektedir. Hızlı gelişen teknolojiyle birlikte ham madde ihtiyacı artmış, yapılan işlemler karmaşıklaşmış ve bunların neticesinde tehlikeler artmıştır. Tehlikelerin artması sonucunda kazaları önlemek için iş güvenliği tedbirlerinin alınması zorunlu hale gelmiştir. İş yerlerinde işin yapılması sırasında, sağlığa, işe ve iş yerine zarar verebilecek olan, çeşitli sebeplerden kaynaklanan kayıpları en aza indirmek amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel araştırmalara dayalı güvenlik önlemlerine iş güvenliği denmektedir (Centel, 1992). İş güvenliğindeki temel amaç; çalışma hayatında insan sağlığına zarar verecek etkileri önceden belirleyerek önlem almak, üretim ve işletme güvenliğini sağlayarak rahat ve güvenli bir ortamda çalışmayı sağlamak ve ekolojik çevreye zarar vermemektir. İş güvenliğinin önemli bir etkisi de ekonomiye olmaktadır. İş kazalarıyla beraber çok büyük maddi kayıplar yaşanabilmekte ayrıca malzeme, makina ve teçhizat kayıpları da olmaktadır.

2.2 İş Kazası'nın Tanımı ve Nedenleri

Kaza kelimesi, Türk Dil Kurumu Sözlüğü'nde "can veya mal kaybına, zararına neden olan kötü olay" olarak tanımlanmıştır.

İş kazası; ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) tarafından, "belirli bir zarara ya da yaralanmaya neden olan, beklenmeyen ve önceden planlanmamış bir olay" olarak tanımlanmıştır. Dünya sağlık örgütü ise iş kazasını; "önceden planlanmamış, çoğu zaman kişisel yaralanmalara, makine araç ve gereçlerin zarara uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan bir olay" olarak tanımlamıştır (Bilgin, 2000).

Çalışma mevzuatımızda ise iş kazasının tanımları ilgili kanunlarda yer almıştır. 30.06.2012 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanunu iş kazasını; “işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hâle getiren olay” olarak tanımlarken, 16.06.2006 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu ise iş kazasını şöyle tanımlamaktadır:

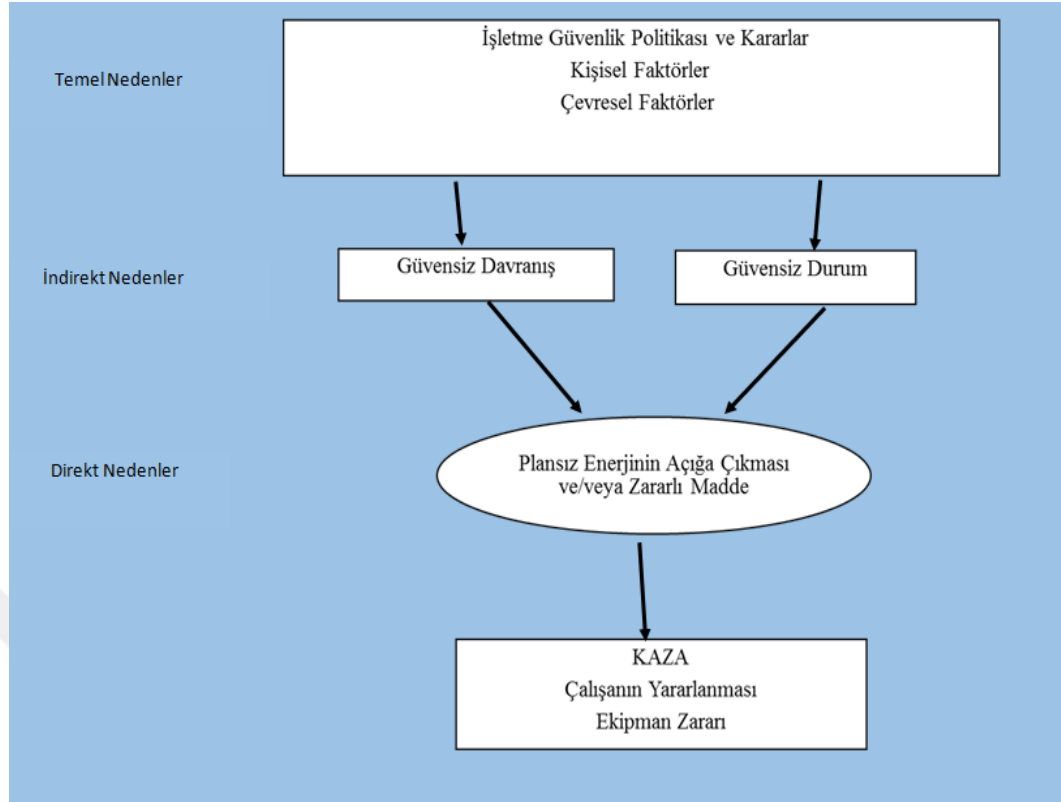
- a) Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada,
- b) (Değişik: 17/4/2008-5754/8 md.) İşveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeniyle,
- c) Bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,
- d) (Değişik: 17/4/2008-5754/8 md.) Bu Kanunun 4’üncü maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi kapsamındaki emziren kadın sigortalının, iş mevzuatı gereğince çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,
- e) Sigortalıların, işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında, meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen engelli hâle getiren olaydır.

Yukarıdaki tanımlardan görüldüğü gibi iş kazasının tanımı bilimsel olarak yapılabildiği gibi, ülkelerin sosyo ekonomik gerçekliklerini ve çalışma koşullarını göz önünde bulundurarak kendilerine özgü iş kazası tanımları da olabilmektedir. Ülkemiz çalışma hayatında iş kazasının tanımı, İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu’nda yapılmış olup iki tanımda ortak nokta, çalışanın işyerinde bulunduğu sırada veya işin yürütümü sırasında bedenen ya da ruhen aldığı hasardır. Dolayısıyla, bütün idari ve hukuki işlemlerde bu tanımlar esas alınmaktadır.

İş kazası iki temel faktörün aynı anda bir arada bulunması ile meydana gelmektedir. Bunlar; tehlikeli durum ve tehlikeli davranıştır. Kazaya sebebiyet verecek tüm fiziksel olumsuzluklar tehlikeli durumdur. Tehlikeli davranış ise, tehlikeli durumla bir araya geldiği zaman kaza meydana getirme olasılığı bulunan tüm hareket ve davranışlardır (Özfırat, 2001).

İş kazasını meydana getiren nedenler ise, titreşim ve gürültü gibi fiziksel tehlikeler; toksik gazlar, organik sıvıların buharları, ergimiş haldeki metal gazları ve tozlar gibi kimyasal tehlikeler; topraklaması yapılmamış tezgahlar veya el aletleri gibi elektrikle çalışma ile meydana gelen tehlikeler; makina ve tezgahların dönen parçalarının koruyucusun olmaması ya da acil durumlarda makina ve tezgahı durduracak buton veya siviçlerinin olmaması gibi mekanik tehlikeler; makina ve tezgahlarla çalışırken bunların koruyucu teçhizatının devre dışı bırakılması, parlama ve patlama tehlikesi bulunan ortamlarda sigara içilmesi gibi tehlikeli yöntem ve işlemler ile işyeri zemini, yetersiz geçitler ya da yetersiz çıkış yerleri gibi işyeri ortamından kaynaklanan tehlikeler olmak üzere 6 ana başlıkta toplanabilir (Özkılıç, 2005).

İş kazalarının oluşmasında birçok etmenin etkili olmasından dolayı kazaların oluşumu karmaşık olmakla beraber, güvensiz davranışlar ve güvensiz koşulların yanı sıra, iş kazalarının nedenleri genel olarak üç sınıfta toplanabilir. Bunlar; direkt, indirekt ve temel nedenlerdir (Sarı, 2002). Direkt koşullar iş kazalarına sebep olabilecek ve maddi/manevi kayıplarla sonuçlanabilecek plansız enerjinin açığa çıkması ve/veya zararlı maddeler gibi etkenlerdir. İndirekt nedenler; kazaya sebebiyet verebilecek güvensiz davranışlar ve güvensiz koşullardır. Bunlardan ilki üretim aşamalarında ortaya çıkabilecek durumlarken ikincisi işin doğası ile çalışanların dikkatsizliğinden veya tecrübesizliğinden oluşabilir (Şekil 2.1).



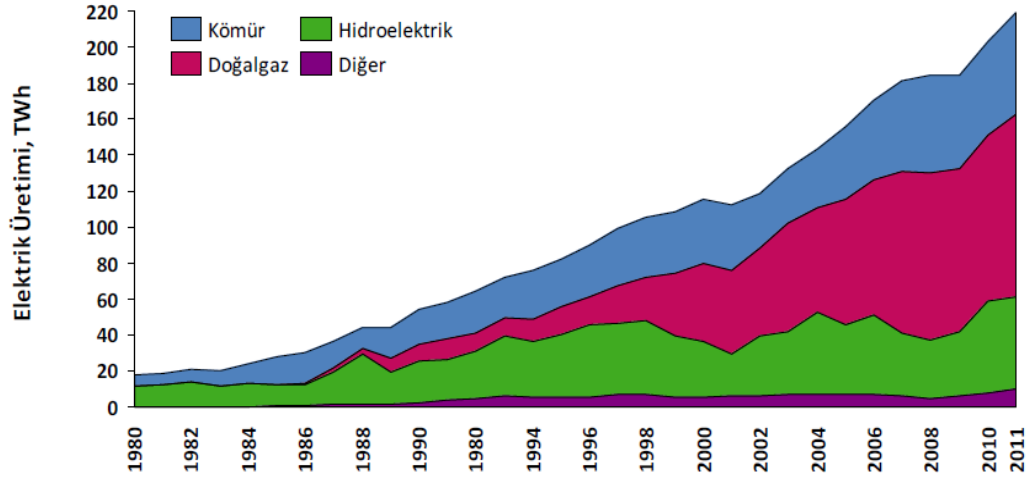
Şekil 2.1 İş kazasının oluşumu (Sarı, 2002)

2.3 Yeraltı Kömür Madenciliğinde İş Kazaları ve Oluşum Türleri

Sanayi devriminden bu yana dünyada kömüre olan talebin azaldığı bir dönem olmamıştır. Günümüzde dünyanın elektrik ihtiyacının %41'ini kömür türevleri karşılamaktadır. Ancak, kömürden üretilen enerji bölgelere göre ciddi farklılıklar göstermektedir. Örneğin; AB 27 ülkeleri için bu rakam %25 iken, OECD ülkeleri için %33, Afrika kıtası için %56, Hindistan için %67, Çin için ise %78'dir. Türkiye ise 2011 itibariyle elektriğinin %26'sını kömürden üretmektedir (Kaymaz ve Kızılcı, 2014).

Türkiye'de elektrik üretimini kaynaklarına göre böldüğümüzde 1980'lerin sonuna kadar yükü beraber sırtlayanın hidroelektrik ve termik santraller olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.2). 1980'lerin sonunda yapılan yatırımlar ile doğalgaz hızlı bir şekilde elektrik üretimindeki payını arttırırken, 1999 yılında bu üç kaynağın ülkedeki elektrik üretimine eşit oranda katkı yaptıkları görülmektedir. 90'lı yılların başında doğalgazın elektrik üretimindeki payı ancak yüzde 17 iken 2011'e gelindiğinde

doğalgazın payı yüzde 46'ya ulaşmış ve kömürün payını yüzde 35'ten 25'lere kadar düşürmüştür (Kaymaz ve Kızılca, 2014).



Şekil 2.2 Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar (Kaymaz ve Kızılca, 2014)

Türkiye’nin kömür madenciliği sektöründe dünyaya kıyasla ne durumda olduğuna bakıldığında ise, Türkiye’nin 2012 itibari ile dünyadaki 12’nci en büyük kömür ve türevleri üreticisi konumunda olduğu görülmektedir. Ancak, ülkemiz kömür üretiminde 1980’den başlayarak artan bir şekilde linyit kömürüne ağırlık vermektedir. Türkiye’nin yıllık 76,6 milyon tonluk toplam kömür üretiminin 72,7 milyon tonu linyit kömürü olarak gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, dünya çapında sadece yıllık linyit kömürü üretimlerine bakıldığında Türkiye’nin dünyanın en büyük 6’ncı kömür üreticisi olduğu görülmektedir (Kaymaz ve Kızılca, 2014).

Tablo 2.1 ‘deki ülkelerin kömür (liniyit) üretim rakamlarına baktığımızda, damar yapısı ve yataklanmaları sonucunda çoğunlukla mekanize sistemle üretim yapan Almanya ve Çin’i bir kenara bırakırsak, ülkemizin kömür (liniyit) üretiminde oldukça önemli bir yerde bulunduğunu söyleyebiliriz. Buna bağlı olarak ülkemiz yeraltı kömür işletmelerinde üretim miktarının yanında işçi sağlığı ve iş güvenliği konusu da hayati bir konuma gelmektedir.

Tablo 2.1 En büyük 15 kömür ve linyit üreticisi ülke (Kaymaz ve Kızılca, 2014)

Toplam Kömür Türevleri Üretimi (2012, bin ton)			Toplam Linyit Üretimi (2012, bin ton)		
1	Çin	4.025.377	1	Almanya	204.404
2	ABD	1.016.458	2	Çin	155.994
3	Hindistan	649.644	3	Rusya	85.820
4	Endonezya	488.112	4	Avustralya	81.062
5	Avustralya	463.783	5	ABD	78.927
6	Rusya	390.152	6	Türkiye	72.697
7	Güney Afrika	285.832	7	Polonya	70.857
8	Almanya	217.144	8	Yunanistan	68.111
9	Polonya	158.197	9	Çek Cumhuriyeti	47.987
10	Kazakistan	138.918	10	Hindistan	47.941
11	Kolombiya	98.603	11	Sırbistan	41.912
12	Türkiye	76.622	12	Romanya	37.469
13	Kanada	73.299	13	Bulgaristan	35.837
14	Ukrayna	71.245	14	Tayland	20.201
15	Yunanistan	68.111	15	Moğolistan	11.005

Tablo 2.2’den görüldüğü üzere; Çin, ABD ve Türkiye’nin 2007 yılından bu yana milyon ton toplam kömür üretimi başına düşen ölüm sayılarına baktığımızda, Türkiye 2010 yılına kadar sadece Çin’den iyi performans gösterebilmiş, bu tarihten sonra kimi yıllarda Çin’den iyi durumda olsa da, özellikle son yıllarda Çin’in de oldukça gerisine düşmüştür. (Kaymaz ve Kızılca, 2014; Coal and lignite production, 2018).

Tablo 2.2 Milyon ton toplam kömür üretimi başına düşen ölüm sayısı (Kaymaz ve Kızılca, 2014; Coal and lignite production, 2018)

Yıllar	Çin	ABD	Türkiye
2007	1,28	0,02	0,46
2008	1,04	0,02	0,34
2009	0,80	0,01	0,03
2010	0,68	0,04	1,06
2011	0,51	0,02	0,66
2012	0,34	0,02	0,26
2013	0,28	0,02	0,60
2014	0,26	0,02	5,15
2015	0,17	0,02	0,45
2016	0,16	0,01	0,15
2017	0,11	0,02	0,38
2007-2017 Toplam	0,51	0,02	0,91

Çeşitli yöntemlerle maden arama faaliyetlerinin ardından gerçekleştirilen maden hazırlık çalışmalarının ardından kömür damarına ulaşılmasıyla kömür üretimi başlar. Maden hazırlık çalışmaları sırasında jeolojik yapıdan ve işin doğasından kaynaklı risklerden meydana gelebilecek iş kazaları olsa da; üretim çalışmaları boyunca çok daha fazla faktör risklere yol açabilmekte; bu riskler de iş kazaları ile sonuçlanabilmektedir. Yeraltı madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelen iş kazaları ne yazık ki istenmeyen, ağır sonuçlar doğurmakta, hem insan sağlığı hem de ekonomi üzerinde ciddi olumsuzluklar meydana getirmektedir. Bu yüzden yeraltı maden kazalarının nedenleri doğru bir şekilde ortaya konularak iş güvenliği önlemlerinin alınması ve eksiksiz bir biçimde uygulanması gereklidir.

Yeraltı maden kazaları başlıca; tavan çökmesi sonucu oluşan kazalar, nakliyat kazaları, grizu ve kömür tozu patlamalarının oluşturduğu kazalar, ocak gazlarının neden olduğu zehirlenmeler sonucu oluşan kazalar ile ani yanma ve ocak yangınlarının sebep olduğu kazalar şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

2.3.1 Tavan Çökmesi Sonucu Oluşan Kazalar

Yeraltı madenciliğinde oluşan tehlikeli kazaların yarısı tavan çökmesi veya taş düşmesinden oluşur. Tehlikeli olmayan yaralanmaların da yarısına yakını yine tavan çökmesi oluşturur. Bu kazalar, gaz patlamalarında (grizu) olduğu gibi bir defada büyük bir kitleye etkili olmadığından, büyük bir toplam oluşturmalarına rağmen dikkate alınmaz ve her bir kazada birkaç kişi öldüğünden veya yaralandığından ötürü grizu kazaları gibi dikkat çekmez (Aydın, 1999).

Bu tür kazaların büyük bir kısmı yeni açılmış tavanlarla ilgili olmaktadır. Çoğu aynadan 10 metre mesafe içerisinde oluşmakta, geri kalan kısmı doğrudan doğruya tavandan düşmelerle, ayna veya yan cidarlardan düşen parçalarla oluşmaktadır. Kömür madenlerinde ayak giriş ve çıkışında tavan göçmesi çok fazla olup, aynada oluşan kazaların yarısı bu kısımlarda oluşur. Ayna civarındaki tahkimatların sökülmesi esnasında da kazalar oluşabilir. Kazaların bir kısmı da nakliyat yollarını

geniřletme veya tamir etme esnasında (tarama iřleri) tavandan dūřen tabakaların tesiriyle nakliyat yollarında oluřur (Özfırat, 2001).

2.3.2 Nakliyat Kazaları

Yeraltı madenciliğinde ölümle neticelenen tehlikeli kazalar ile yaralanmaların %25'ini veya bütün kazaların %20'sini nakliyat kazaları teşkil eder (Aydın, 1999). Nakliyat kazalarının nedenlerine bakıldığında, nakliyat, genelde kötü aydınlatılan ve dar kesitli galerilerden yapıldığı için kazalar oluşmaktadır. Nakliyat kazalarının çoğunluğu, nakliyatta çalışan işçiler üzerinde oluşurken, nakliyat yollarından geçen işçilerin dikkatsizliği ve muhtelif olaylar sonucu oluşan nakliyat kazaları da bulunmaktadır (Özfırat, 2001).

Nakliyat kazalarında, nakliye vasıtalarının arasında ezilme veya altında kalma, çarpma sonucu oluşan kazalar çoğunluktadır. Nakliye zincirinin veya halatının kopması (vinç halatının kopması) kazaya sebep oluşturan diğerk nedendir. Yukarıya doğru nakliye yapılan bir yerde (örneğin desandre), vagonların geri kaymalarından, raydan çıkmalarından dolayı kazalar oluşabilir. Vagonlar birbirine kancalanırken iki vagon arasına mesafe koruyucu tampon konmamışsa, kancacının arada sıkıştığı kazalar olabilir (Özfırat, 2001).

2.3.3 Grizu ve Kömür Tozu Patlamalarının Oluşturduğu Kazalar

Metan, renksiz, kokusuz bir gaz olup yoğunluğu $0,716 \text{ kg/m}^3$ tür. Havaya göre spesifik ağırlığı 0,554 olduğundan hafiftir ve tavanda toplanır. Hava içinde çok çabuk dağılır. Hava ile karıştığında tekrar ayrılma olanağı yoktur. C_nH_{2n+2} genel formülüyle bilinen hidrokarbonların gaz elemanlarının (metan, etan, propan ve bütan) birlikte düşünülmesi gerekir. Ancak, çoğunlukla rastlanması ve diğerlerine yakın özellikler göstermesi, metan gazından daha fazla söz edilmesine neden olmuştur. Zonguldak havzasındaki kömürlerin bol miktarda metan, etan, propan ve bütan gazı da içerdikleri tespit edilmiştir. Bu gazların bir veya daha fazlasının hava ile karışımına “Grizu” denmektedir (Yalçın ve Gürgen, 1999).

Grizu, patlayıcı, yanıcı ve boğucu bir gazdır. Bitkilerin çok uzun süre içinde havasız ortamlarda çürümesi ile kömür meydana gelirken, bu sırada oluşan metan gazı da kömürün bünyesinden ayrılır fakat yeryüzüne çıkamaz. Kömür tabakaları arasındaki boşluklarda ve gözeneklerde birikir. Kömür damarları işletmeye açıldığında bu gaz ocak içine yayılır. Hava ile belirli oranda (%9-14), karıştığında ise patlayıcı bir gaz karışımını oluşturur (Özfırat, 2001).

Tane büyüklüğü 0.3 mm'nin altında olan kömüre "kömür tozu" denir. Eğer tane büyüklüğü 0.075 mm'nin altında ise "ince toz" olarak tanımlanır. Kömür tozu içindeki ince toz oranı, kömürün ve tozu oluşturan kaynağın özelliklerine bağlı olarak değişir. Bu oran, tozun uçucu olması yani, süspansiyon halde bulunması ve patlayıcı olması nedeniyle önemlidir (Yalçın ve Gürgen, 1999).

Yeraltı kömür ocaklarında kömür üretimi sırasında açığa çıkan metan gazına bağlı grizu patlamaları ve üretim süreçlerinde havada askıda kalabilen kömür tozu kaynaklı patlamalar yeraltı maden ocaklarının en trajik kazalarıdır. Meydana gelen hacim genişlemesine bağlı olarak oluşan darbe etkisi çalışanlara ve ekipmanlara ciddi hasar verebilmekte, insan ölümleri ile sonuçlanabilmektedir. Ayrıca, grizu ve kömür tozu patlamaları birlikte, art arda da meydana gelebilmektedir.

2.3.4 Ocak Gazlarının Neden Olduğu Zehirlenmeler Sonucu Oluşan Kazalar

Yeraltında üretim çalışmaları sonucu ocak havasına karışan çeşitli gazlar (CO₂, CO, H₂S), insan sağlığı açısından son derece zararlıdır. Bu gazlardan çok az miktarda solunması, zehirlenmelere sebep olarak ağır yaralanmalara ve ölümlere neden olmaktadır (Özfırat, 2001).

2.3.5 Ani Yanma ve Ocak Yangınlarının Sebep Olduğu Kazalar

Ani yanma, kömürün oksidasyonundan oluşup, oksidasyon oranı kömürün cinsine bağlıdır. Aynı damarda bile kömür farklı noktalarda farklı oksitleşme gösterir. Küçük parçalara ayrılan kömürün oksitlenmesi daha fazla olup, oksidasyonla beraber ısı

artar. Isının yükselmesiyle oksidasyon oranı artar ve sonuçta kömür serbest yanmaya başlar ve yangın göçüklerdeki kalmış kömüre sıçrayarak genişler ve hemen önlem alınmazsa kazalara yol açar. Böyle bir yangının başlaması için gerekenler, önce kömürün toz haline gelmesi, bunu takiben kömürün, oksijen temin edecek kadar havanın mevcut olması ve kömür hararetini ocak dışına taşıyacak kadar yeterli havalandırma olmamasıdır (Özfırat, 2001).

Ocak yangınları ise çeşitli sebepler ile oluşur. Elektrik malzemesindeki bozukluk neticesi kısa devrenin oluşup kıvılcım yapması, izolasyonun hatalı olması veya kabloların hasara uğraması sonucunda yangın oluşabilir. Ateşleme esnasında yanan parçaların etrafa sıçraması neticesinde veya grizulu ocaklarda, metanın yanması neticesinde yangın oluşabilir. Halatların, bantların sürtünme neticesi yangın başlayabilir. Hareket eden cisimlerin, yanıcı cisimlere (ağaç direğe) sürtünmesi bir başka nedendir. Yağlamanın zayıf olduğu bilyeler ve hasara uğramış bantlar ile ceplerde taşınan sigara izmaritleri gibi yeraltında müsaade edilmeyen maddeler de yangına sebebiyet verebilir (Özfırat, 2001).

2.4 Yeraltı Kömür Madenciliğinde Meydana Gelen İş Kazalarının Dağılımlarına Göre Sınıflandırılması

Yeraltı kömür madenciliğinde meydana gelen iş kazalarının irdelenmesinde kazaların oluş türünün yanısıra, dağılımları da önem taşımaktadır. İş kazalarının dağılımının saptanması amacıyla Ege Bölgesi Manisa ili Soma ilçesinde faaliyet gösteren, mekanize uzunayak yöntemiyle üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ait yıllık kaza istatistikleri temin edilerek söz konusu kazalar, kazanın derecesine, meydana geldiği saate, kazalanan organa, kazanın meydana geldiği güne, kazalının yaşına, kazalının öğrenim durumuna ve kazalının çalışma süresine göre ayrı ayrı sınıflandırılmıştır.

2.4.1 Oluşan İş Kazalarının Derecesine Göre Dağılımı

İstatistiklerin sağlandığı yeraltı kömür ocağında Tablo 2.3'ten görüldüğü üzere, yıl boyunca 1 adet ölümlü iş kazası, 135 adet yaralanmalı iş kazası ve 852 adet hafif kaza meydana gelmiştir. Söz konusu yeraltı kömür ocağında yıl boyunca uzun kayıplı iş kazası ise meydana gelmemiştir.

Tablo 2.3 İş kazalarının derecesine göre dağılımı

Derece	AYLAR												Tpl
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ölümlü	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Uzuv Kayıplı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yaralanmalı	20	2	7	9	17	16	14	10	4	13	12	11	135
Hafif	51	75	65	66	73	79	67	78	92	64	52	90	852

Bu istatistiklerden de anlaşıldığı üzere, yeraltı kömür ocaklarında meydana gelen iş kazalarının çok büyük bir bölümü hafif kazalar olmaktadır. Buna göre, söz konusu yeraltı kömür ocağında ayda ortalama 71 adet hafif kazalanma meydana gelmiştir. Hafif kazaların bir üst derecesi olan yaralanmalı iş kazalarının da oldukça sık meydana geldiği söylenebilir. Buna göre, söz konusu yeraltı kömür ocağında ayda ortalama 11 adet yaralanmalı iş kazası meydana gelmiştir.

Yeraltı kömür ocaklarında günlük üretim faaliyetleri ve diğer rutin işler gerçekleştirilirken meydana gelen kazaların yaralanmalı ve hafif kazalar olduğu söylenebilir. Ancak, patlama, yangın, doğal afetler, su baskını gibi nedenlerden meydana gelen iş kazaları ne yazık ki üzücü facialar doğurabilmekte ve toplu can kayıpları ile sonuçlanabilmektedir.

2.4.2 Oluşan İş Kazalarının Meydana Geldiği Saate Göre Dağılımı

Tablo 2.4'ten görüldüğü üzere, ikişer saatlik dilimlere ayrılmış olan söz konusu yeraltı maden işletmesinin istatistiklerine göre, iş kazalarının en sık meydana geldiği saat aralığı toplam 104 adet iş kazasıyla 14.00/16.00 saat aralığıdır. Ayrıca, 12.00/14.00 saat aralığında toplam 102 ve 10.00/12.00 saat aralığında toplam 98 adet

iş kazası meydana gelmiştir. Bu verilerden hareketle yeraltı kömür ocaklarında iş kazalarının öğleden hemen önce, öğlen vakti ve öğleden sonra, akşamüstü zamanlarında daha yoğun olarak meydana geldiği söylenebilir. Dolayısıyla bu zaman dilimlerinde üretim faaliyetleri ve diğer rutin çalışmalar daha titiz gerçekleştirilmeli ve kontroller daha sık yapılmalıdır.

Tablo 2.4 İş kazalarının meydana geldiği saate göre dağılımı

AYLAR													
Saatler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tpl
00.00/02.00	3	2	0	4	9	1	11	6	4	3	5	5	53
02.00/04.00	7	10	6	6	7	10	2	10	8	10	3	4	83
04.00/06.00	3	6	6	2	8	9	8	6	5	8	8	6	75
06.00/08.00	4	5	5	2	2	5	13	7	13	3	4	1	64
08.00/10.00	6	7	6	8	11	10	5	6	13	5	5	9	91
10.00/12.00	9	3	7	11	5	15	4	5	5	8	9	17	98
12.00/14.00	9	8	9	5	9	8	7	14	9	5	8	11	102
14.00/16.00	12	10	8	10	10	5	5	5	8	10	8	13	104
16.00/18.00	4	4	4	5	6	11	5	2	10	6	1	8	66
18.00/20.00	3	9	5	3	8	5	12	10	7	10	6	9	87
20.00/22.00	6	4	10	10	6	7	6	10	10	2	4	15	90
22.00/24.00	6	9	6	9	9	9	3	7	4	7	3	3	75

2.4.3 Oluşan İş Kazalarının Kazada Etkilenen Organa Göre Dağılımı

Tablo 2.5'ten görüldüğü üzere, yeraltı kömür işletmesinin istatistikleri uyarınca, yıl boyunca meydana gelen iş kazalarında en çok etkilenen organ toplam 478 iş kazası sonucunda çalışanların elleri ve kolları olmuştur. Bu veri bizi yeraltı kömür işyerlerinde emeğe dayalı üretimin ön planda olduğu sonucuna götürmektedir. Yeraltında yapılan çalışmalar kazma, kürek gibi el aletleri ile gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla parmak sıkışması, el burkulması, kola darbe alınması gibi kazalanmalar olabilmektedir. Bu çalışmalar yürütülürken daha dikkatli olunması gerekmektedir. Ayrıca işe uygun iş eldiveni kullanımı da bir takım kazaların önüne geçebilecektir.

2.4.4 Oluşan İş Kazalarının Kazanın Meydana Geldiği Güne Göre Dağılımı

Tablo 2.6'dan görüldüğü üzere, söz konusu yeraltı maden işletmesinde oluşan iş kazaları, toplam 182 kaza ile en çok pazartesi günleri meydana gelmiştir.

Tablo 2.5 İş kazalarının kazada etkilenen organa göre dağılımı

AYLAR													
Organ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tpl
Baş	9	12	10	12	18	18	16	21	12	18	10	16	172
Göz	5	3	1	2	0	2	1	0	2	3	2	3	24
El-Kol	34	43	38	35	43	38	32	49	45	37	31	53	478
Gövde	3	1	2	3	3	13	14	0	10	0	3	3	55
Bel	5	4	1	6	2	0	0	0	1	2	3	8	32
Ayak-Bacak	16	14	20	17	24	24	18	18	26	17	15	18	227

Ayrıca, yine Perşembe günleri meydana gelen iş kazalarının sayısı 174 olmuş ve diğer kazalar haftanın günlerine göre çoktan aza göre sıralanmıştır. Yeraltı kömür ocaklarında iş kazalarının haftanın başında fazlaca meydana geldiğini, haftasonuna doğru azalarak devam ettiğini, ancak hafta ortasında kazalarda yine bir artış olduğu söylenebilir.

Tablo 2.6 İş kazalarının kazanın meydana geldiği güne göre dağılımı

AYLAR													
Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tpl
Pazartesi	13	17	10	11	14	16	17	14	18	24	12	16	182
Salı	13	12	11	12	18	7	20	20	16	11	8	14	162
Çarşamba	4	11	13	16	18	16	5	18	18	11	12	10	152
Perşembe	9	9	18	13	13	21	17	13	17	12	14	18	174
Cuma	6	17	5	12	14	14	12	12	9	8	5	16	130
Cumartesi	11	4	13	10	7	8	3	8	7	4	7	15	97
Pazar	16	7	2	1	6	13	7	3	11	7	6	12	91

2.4.5 Oluşan İş Kazalarının Kazanın Yaşına Göre Dağılımı

Tablo 2.7’den görüldüğü üzere, çalışanların yaş aralıklarına göre sınıflandırılmış iş kazası istatistikleri incelendiğinde, en çok iş kazasını 26-35 ve 36-45 yaş aralığındaki işçilerin geçirdiği görülmektedir. Bu yaş aralıklarını orta yaş olarak değerlendirdiğimizde nispeten tecrübeli işçilerin genç işçilere göre daha fazla kazalandığı sonucuna varabiliriz. Bu da bizi, tecrübeli işçilerin mesleki bilgi ve becerilerine fazlaca güvendikleri, birtakım işleri eskiden beri yaptıklarından iş körlüğü meydana geldiği ve hızlıca çalıştıkları sonucuna götürebilir. Böyle

davranışlarda bulunan çalışanların ilgili kişilerce uyarılması ve iş güvenliği eğitimlerinde bu konulara değinilmesi yerinde olacaktır.

Tablo 2.7 İş kazalarının kazalının yaşına göre dağılımı

AYLAR													
Yaş	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tpl
18-25	10	7	7	16	11	19	15	8	19	13	11	20	156
26-35	40	48	50	40	51	48	49	51	45	37	28	57	544
36-45	21	21	14	17	25	23	15	26	32	25	24	21	264
46 ≥	1	1	1	2	3	5	2	3	0	2	1	3	24

2.4.6 Oluşan İş Kazalarının Kazalının Öğrenim Durumuna Göre Dağılımı

Kazalının öğrenim durumuna göre iş kazalarının sınıflandırıldığı Tablo 2.8'den görüldüğü gibi, söz konusu yeraltı kömür işletmesi çalışanlarından en fazla iş kazası geçirenler toplam 803 kazayla ilkökul mezunu çalışanlar olmuştur. Yeraltı işletmelerinde istihdam edilen çalışanların büyük çoğunlukla ilkökul öğrenimine sahip oldukları bilinse de, bu işçilere verilecek olan iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri ve yürütülecek diğer çalışmalarla işçilerin hem mesleki yeterlilikleri arttırılmalı hem de iş güvenliğine karşı bilinçleri yükseltilmelidir.

Tablo 2.8 İş kazalarının kazalının öğrenim durumuna göre dağılımı

AYLAR													
Öğr. Durumu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tpl
İlkökul	56	66	53	58	73	71	68	70	82	66	51	89	803
O.Okul-Lise	14	11	18	16	16	21	12	16	14	8	13	8	167
Y.Okul-Üniv.	2	0	1	1	1	3	1	2	0	3	0	4	18

2.4.7 Oluşan İş Kazalarının Kazalının Çalışma Süresine Göre Dağılımı

İstatistiklerin elde edildiği yeraltı kömür işletmesinde meydana gelen iş kazalarının kazalının çalışma süresine göre sınıflandırıldığı Tablo 2.9 incelendiğinde, en çok kazayı toplam 378 kazayla 5 yıl ve üzeri süreyle çalışan işçilerin geçirdiği görülmektedir. Bu istatistik de bize yine, tecrübeli işçilerin, tecrübesiz işçilere göre

daha fazla kazalandıklarını göstermektedir. Söz konusu bu işçiler, meslekte ve işyerinde geçirdikleri fazlaca zamana güvenerek, yaptıkları iş esnasında uygunsuz hareketler ve dikkatsiz davranışlar sergileyebilmektedirler. Bu durumun önüne geçebilmek için söz konusu bu çalışanların iş güvenliği kurallarına tam olarak riayet göstermeleri gerekmektedir. İşyerinde yapılacak iş güvenliği eğitimleri ve diğer çalışmalarda bu hususa özellikler yer verilmesi uygun olacaktır.

Tablo 2.9 İş kazalarının kazalının çalışma süresine göre dağılımı

AYLAR													
Süre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tpl
≤ 1 Yıl	8	5	10	17	25	30	30	14	29	31	24	42	265
1-4 yıl	30	49	24	34	15	22	24	39	22	22	28	36	345
5 yıl ≥	34	23	38	24	50	43	27	35	45	24	12	23	378

BÖLÜM ÜÇ

İŞ GÜVENLİĞİNİN ÖNEMİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

3.1 Giriş

Dünya ölçeğinde sanayi devrimine geçilmesiyle birlikte, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesinde sanayi kuruluşlarının varlığı ve gerçekleştirdikleri sanayi üretimlerinin miktarı en önemli etken olagelmıştır. Bu durum, ülkelerin varolan doğal kaynaklarına daha çok yönelmelerine ve doğal kaynaklara dayalı sanayi kuruluşları kurarak üretim kapasitelerini yıldan yıla arttırmalarına neden olmuştur. Böylece ağır sanayi kuruluşları ortaya çıkmış, bunlara dayalı fabrika ve iş kollarında nicelik olarak büyük bir ivmelenme meydana gelmiştir.

Günümüzde halen sanayi devrimi geçerliliğini sürdürmekte ve ülkeler sanayiye dayalı üretim yaparak kalkınma hızlarını devam ettirmeye çalışmaktadırlar. Dolayısıyla, madencilik, inşaat, makine sanayii gibi sanayiye dayalı işkollarında çok fazla sayıda çalışan istihdam edilmektedir. Üretimin konusu ve baş aktörü insan olduğuna göre; nicelik bakımından oldukça fazla sayıdaki sanayi kuruluşlarında ve fabrikalardaki çalışmalarda işçi sağlığının ve iş güvenliğinin önemi ortaya çıkmaktadır.

İşçi sağlığı ve iş güvenliği, herşeyden önce bir kültür ve sorumluluk bilincidir. Devlet, işveren, işçi üçlü sacayağında, devletin oluşturduğu mevzuatla, işverenin aldığı önlem ve koyduğu kurallarla, işçinin de bunlara eksiksiz olarak uymasıyla sağlıklı, dengeli ve aynı zamanda da barış içerisinde bir çalışma hayatı kurulabilmesi mümkün olacaktır.

3.2 Tehlike ve Risk Kavramları

İş kazaları ve meslek hastalıklarının oluşmasında teknolojideki hızlı gelişim, makineleşme, işyerlerindeki fiziksel ve kimyasal etmenler ile üretimde kullanılan ham ve yardımcı maddelerin yanında ekonomik, sosyolojik, psikolojik, fizyolojik ve

ergonomik bir çok etken rol oynamaktadır. Özellikle sanayi devrimi sonrasında teknolojik gelişmeler sonucunda üretimin yapısı oldukça karmaşıklaşmış, hızlı ve kontrolsüz sanayileşme süreci ve üretimin giderek yoğunlaşması iş kazaları ve meslek hastalıkları ile çevre kirliliği gibi sorunların önemli boyutlara ulaşmasına neden olmuştur (Özkılıç, 2014).

Bu gibi sorunların ortaya çıkması ve artan teknolojiyle beraber “tehlike” ve “risk” kavramlarının üzerinde durulmaya başlanmıştır. Tehlike ve risk kavramları, çeşitli kaynaklarda teknik anlamda veya bilimsel olarak tanımlanmış, çalışma mevzuatımızın içine de girmiştir. Örneğin, Türk Dil Kurumu Sözlüğü’nde tehlike; “büyük zarar veya yok olmaya yol açabilecek durum, muhatara” olarak tanımlanmıştır. Diğer yandan, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tehlikeyi; “bir nesne ya da belli koşulların, etkenlerin insan sağlığı ve çevre için olumsuzluk içermesi” şeklinde tanımlamıştır (Özkılıç, 2014).

Tehlike, bilimsel anlamda; “doğal veya insan eliyle oluşturulmuş çevrede, insanların hayatlarını, sosyal ve ekonomik faaliyetlerini, mal ve hizmetlerini önemli ölçüde etkileyebilecek olumsuz ve nadir olaylar olarak tanımlanmıştır (Gigliotti ve Jason, 1991). Ayrıca bir başka çalışmada ise tehlike tanımı, “bir nesne ya da olgunun kendi yapısında olan ve etkileme koşullarında insan ya da çevreye zarar oluşturma olasılığı” olarak verilmiştir (Duru ve Besbelli, 1997).

Tehlike tanımına çalışma mevzuatımızda ise, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nun 3. maddesinin “p” fıkrası ile İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği’nin 4. maddesinin “g” fıkrasında yer verilmiştir. Buna göre ilgili maddelerde tehlike; “İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli” olarak tanımlanmıştır.

Riskin tanımlarına baktığımız zaman ise, Türk Dil Kurumu Sözlüğü’nde risk; “zarara uğrama tehlikesi” olarak verilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)

tarafından risk; “sonucun olumsuz olma ihtimali veya bu olasılığı ortaya çıkaran faktör” olarak tanımlanmıştır (Özkılıç, 2014).

Bilimsel çalışmalarda da risk kavramı sıkça tanımlanmıştır. Örneğin, Rausand (2011) riski, “yaşamın temel ve doğal bileşeni olup amaçlar üzerinde etkisi olacak birşeyin gerçekleşme olasılığı” olarak; Brehmer (1994) riski, “ortaya çıktığında proje hedeflerini olumlu veya olumsuz etkileyecek olaylar ve şartlar olarak; Morgan (1993) ise, “tehlikeyle karşılaşanlarca daha önceden tanınmayan ve gözlenemeyen, bilimin yeterince tanımadığı, yeni ve etkileri geç ortaya çıkabilecek şey” olarak tanımlamıştır. Ayrıca, bir diğer bilimsel risk tanımı da; “belirli bir beklenmeyen olayın, sıklığı, olasılığı ve sonucun bütünü” şeklinde yapılmıştır (Andrews ve Moss, 2002).

Çalışma mevzuatımızda ise, risk tanımı da yine tehlike tanımı gibi, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği’nde yer bulmuştur. Söz konusu bu yasal düzenlemelerin ilgili maddelerinde risk tanımı, “Tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali” olarak tanımlanmıştır.

Yukarıdaki tanımlamalardan anlaşılacağı üzere, tehlike ve risk tanımları farklı alanlarda ve değişik şekillerde yapılsa da, bütün tanımlamalarda tehlike ve risk kavramlarının birbiri ile ilintili ve içiçe geçmiş kavramlar olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, neredeyse bütün risk tanımlamalarında tehlike kavramına atıfta bulunulup, tehlikenin olasılığından, ihtimalinden söz edilmektedir.

3.3 Risk Değerlendirmesinin Tanımı ve Önemi

İş sağlığı ve güvenliği konusu, ülkelerin sosyal politikalarından bir tanesidir. Her ülkenin kendi şartlarına göre belirlediği iş sağlığı ve güvenliği stratejisi, doğal olarak ülkelerin çalışma mevzuatlarına yansır. Çıkarılan yasa, yönetmelik ve ilgili alt mevzuatlarla konu düzenlemelere kavuşur.

Yasalar ve yönetmelikler, çalışma ve güvenlik şartlarına ilişkin sorumlulukları tanımlar. Ülkeler arasında yasal mevzuat ve bunun uygulanması konusunda birçok

farklılıklar bulunmaktadır. Ancak bunların tümünde sistematik güvenlik çalışması yapılması tezi savunulmaktadır. Mevzuatlardaki ortak konular aşağıda verilmiştir: (Özkılıç, 2014):

- İşveren işyerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamakla yükümlüdür,
- İşyerindeki sağlık, güvenlik ve çevre yönetimi yeterli seviyede düzenlenmiş olmalıdır,
- Çalışanlar tehlikeler ve güvenli çalışma konusunda bilgilendirilmelidir,
- Tehlikeler tanımlanmalı ve değerlendirilmeli, gerekiyorsa azaltılmalı veya ortadan kaldırılmalıdır.

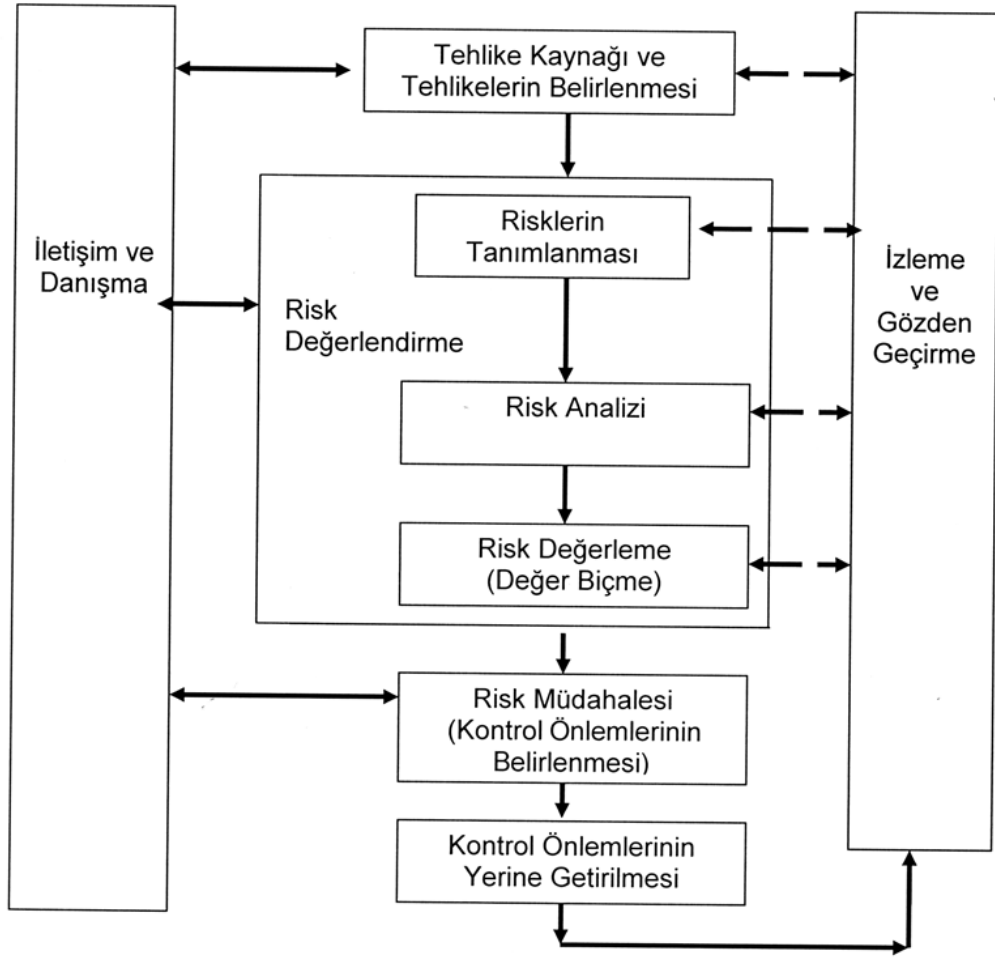
Mevzuatlarda yer alan güvenliğe dair çalışmalar ise “Risk Değerlendirmesi” yapılması vasıtası ile risklerin sistematik ve belgelenecek değerlendirilmesi şeklinde istenmektedir. Birçok farklı ülkenin mevzuatında “risk değerlendirme” terimi sıklıkla kullanılmakta, işverenlere yükümlülük olarak verilmekte ve risk değerlendirme tekniklerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Özkılıç, 2014).

Ülkemiz çalışma mevzuatında da “risk değerlendirme” terimine atıflarda bulunmaktadır. 30.06.2012 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nun 3.maddesi ö fıkrasında, “risk değerlendirme”; “işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar” olarak tanımlanmıştır. Tanımdan görüldüğü üzere, Yasa Koyucu işyerlerindeki (çalışma sırasındaki) tehlikelerin belirlenmesini, risklerin analiz edilerek derecelendirilmesini ve ardından kontrol tedbirlerinin uygulanmasını istemektedir. Alınan bu tedbirlerle işyerlerinde güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamının oluşacağı ise açıktır. Bütün bu çalışmalarda, risk değerlendirme vasıtasıyla doğru belirlenecek tehlikeler, analiz edilecek riskler ve bunlara bağlı eksiksiz uygulanacak kontrol tedbirleri, güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamını meydana getirecektir.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na dayanılarak, işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönünden yapılacak risk değerlendirmesinin usul ve esaslarını düzenlemek amacıyla 29.12.2012 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan ve yürürlüğe giren “İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği”nde de kanunda geçen ve yukarıda yer verilen tanım aynen tekrar edilmiş olup işyerlerinde yapılması gereken risk değerlendirmelerinin ayrıntılarına ve içeriklerine yer verilmiştir. Aynı yönetmeliğin 7.1 maddesinde “Risk değerlendirmesi; tüm işyerleri için tasarım veya kuruluş aşamasından başlamak üzere tehlikeleri tanımlama, riskleri belirleme ve analiz etme, risk kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması, dokümantasyon, yapılan çalışmaların güncellenmesi ve gerektiğinde yenileme aşamaları izlenerek gerçekleştirilir” denilerek yapılacak risk değerlendirmelerinin aşamalarına vurgu yapılmıştır. Yönetmeliğin takip eden maddelerinde ise, risk değerlendirmesinin aşamaları; “tehlikelerin tanımlanması, risklerin belirlenmesi ve analizi, risk kontrol adımları, dokümantasyon, risk değerlendirmesinin yenilenmesi” olarak belirtilmiş ve her bir aşama ayrı ayrı açıklanmıştır.

İşyerlerinde risk değerlendirme çalışmasını yürütürken, genel olarak yukarıda bahsedilen aşamaları da içeren ve Şekil 3.1'de gösterilen akım şemasının izlenmesinde fayda bulunmaktadır.

Tehlike tanımlama aşaması, risk yönetiminin en önemli adımıdır ve diğer aşamalardan farklıdır. Sistem veya organizasyon içerisindeki potansiyel zarar veya hasar yaratabilecek etkilerin objektif olarak analiz edilmesidir. Tehlike tanımlama aşaması için birçok analitik metod geliştirilmiştir. Uygun metod yada çeşitli metodların birlikte kullanımı prodesteki tehlikelerin kapsamının sistematik olarak daha iyi anlaşılmasını sağlar. Tehlikelerin belirlenmesi, risklerin değerlendirilmesi ve gerekli kontrol ölçümlerinin yapılması için işletmede; ölüme, hastalığa, yaralanmaya, hasara veya diğer kayıplara sebebiyet verebilecek tüm istenmeyen olaylar tanımlanır (Özkılıç, 2005).



Şekil 3.1 Risk değerlendirme yönetim süreci (Özkılıç, 2014)

İşyerinde tehlikeler belirlenirken işveren, işyerinde iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri, ilgili üretim birimlerinin amirleri ile konu hakkında bilgisi olan çalışanların işyerinin sınırları içerisinde veya işyerine dışarıdan gelebilecek tehlike kaynaklarını ortaklaşa bir biçimde tespit etmeleri gereklidir. Tehlikeler belirlenirken, işyerinin üretim konusuyla alakalı başka işyerlerinden ve/veya komşu işletmelerden de yararlanılabilir. Ayrıca, geçmiş kaza kayıtları ve verileri de önemli bir yol gösterici olacaktır.

Tehlikelerin tanımlanmasından sonra, tehlikelerin doğasının, mekanizmasının ve dikkate değer tehlikelerin sonuçlarının anlaşılması için de çeşitli metodlara ihtiyaç vardır. Bu bilgiler ışığında çeşitli tehlikelerle karşı karşıya kalabilecek çalışanların korunması sağlanabilir. Tehlike önceden tanımlandığında, risk,

tehlikenin olma ihtimali ve etkilerinin şiddetidir. Olayların ortaya çıkma olasılığı ve ortaya çıktığında maruz kalınabilecek sonuçlar belirlenir (Özkılıç, 2005). Ortaya konulan riskler, etkilerinin büyüklüğüne ve önem derecesine göre, en yüksek risk seviyesine sahip olanlardan başlanarak bir sıraya konulur yani sınıflandırılarak derecelendirme işlemi yapılır.

Sonraki aşamada, gerekli kontrol ölçümlerinin yapılması için prosedürler oluşturulur, risk seviyelerinin kabul edilebilirliğinin önceden tesis edilmiş kriterler ile kıyaslaması yapılır. Kalan riskin katlanılabilirliğinin değerlendirmesi, ihtiyaç duyulan her ilave risk kontrol önleminin belirlenmesi, risk kontrol önlemlerinin riski katlanılabilir bir seviyeye indirmeye yetip yetmeyeceğinin değerlendirilmesi yapılır. Risk değerlendirmesi aşamasında, riskin kabul edilebilirliğine karar vermek için, riskin önemi üzerinde kapsamlı olarak karar verilir. Riski tahmin etmenin temelinde, risk değerlendirmesi, riskin kabul edilebilir düzeyde olup olmadığını belirleme yada ilave risk ölçümleri ile riski kabul edilebilir düzeye indirmek maksadıyla uygulanır. Risk değerlendirmesi, çok fazla sübjektif yargılara dayanır. Risk değerlendirmesi aşamasında, olayların ortaya çıkma olasılığı ve ortaya çıktığında maruz kalınabilecek sonuçlar belirlenir. Değerlendirilen risklerle ilgili alınacak önlemler tartışılır. Riskin ortaya çıkma ihtimalinin önlenmesi, azaltılması veya hasarın potansiyel şiddet derecesinin azaltılması yada tehlikenin transfer edilmesinin maliyet analizi yapılır. Riskler, normalde bir yada birkaç güvenlik ölçümü ile azaltılabilirler. Risklerdeki azalma, ya sonucu üzerinde, yada gerçekleşme olasılığı üzerinde olur. Kontrol önlemlerini tespit etme aşamasında “Riskleri Ortadan Kaldırma Planı” hazırlanır, bu plan Tablo 3.1 ‘deki kontrol önlemlerinin hiyerarşisi izlenerek yapılır (Özkılıç, 2005).

Belirlenen kontrol önlemleri uygulamaya konur, ancak tanımlanan her gerekli risk azaltma ve kontrol önlemleri ile ilgili değişiklikler uygulamaya konulmadan önce denenmelidir. Kontrol önlemleri; öncelikle tehlikelerin bertaraf edilmesi ve riskin ortadan kaldırılması prensibini yansıtmalıdır, risk ortadan kaldırılamıyorsa azaltılma yoluna gidilir, riskin azaltılması için personel koruyucu

teçhizatın kullanılması ise son çare olarak düşünülmelidir. Riskin ortaya çıkma ihtimalinin önlenmesi, azaltılması veya hasarın potansiyel şiddet derecesinin azaltılması sırası ile amaçlanır. Uygun kontrol ölçümleri bu aşamada devreye girer. Ölçümler uygulanırken uzun zaman alabilir çünkü değişim için gelen direnç nedeniyle sık sık eğitim, teçhizat satın alınması veya tesisatta değişikliğe ihtiyaç duyulabilir (Özkılıç, 2005).

Tablo 3.1 Kontrol önlemlerinin hiyerarşisi (Özkılıç, 2005)

SEÇİM SIRASI	KONTROL ÖNLEMİ
İLK SEÇİM	Riskin ortadan kaldırılması (eliminasyon). Etmenin, zararlı kimyasalın, riskin ortadan kaldırılması
İKİNCİ SEÇİM	Yerine koyma (substitusyon). Daha düşük bir risk, etmen, makina, sistem seçimi
ÜÇÜNCÜ SEÇİM	Yalıtım ve izolasyon
DÖRDÜNCÜ SEÇİM	Yönetmelik önlemler, kurallar, politikalar (süre kısıtlaması, eşik değerler, işaretlemeler vb.)
BEŞİNCİ SEÇİM	Kişisel koruma risk engellenemiyor, birey/topluma yönelim

Kontrol önlemlerinin belirlenmesi ve uygulanması aşamasında, mevcut riskin öncelikle kaynağında yok edilmesi düşünülmelidir. Ancak, kaynağında yok edilemeyen riskler için, kişisel koruyucu donanımlar gibi kişisel koruma yöntemlerine son çare olarak başvurulabilir.

Riskin belirlenmesi, risk değerlendirme ve kontrol önlemlerinin ardından; riski ortadan kaldırmaya veya azaltmaya yönelik gerekli faaliyetin zamanında tanımlanmasının izlenmesi ve gözden geçirilmesinin de mutlaka yapılması gerekir. Alınan önlemler sonucunda risk kontrol proseslerinde de değişiklikler olabileceğinden geriye kalan risklerin yeni durumlarını belirlemek amacıyla risk değerlendirmesinin yapılması gelebilir, bu nedenle tutulan tüm kayıtların analizlerinin yapılması gereklidir (Özkılıç, 2005).

Son olarak ise, sonuçlar, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin tanımlanması, konu ile ilgili gelişmeler, değişiklik yapılan veya yeni İş Sağlığı ve Güvenliği amaçlarının oluşturulması için girdi sağlanması amacıyla yönetime bilgi verilmeli, ayrıca bilgi

toplama aşamasında alt işverenlerde dahil olmak üzere tüm gruplarla iletişim ve danışma kurulmalıdır (Özkılıç, 2005).

İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'ne göre, işyerinde yapılmış olan risk değerlendirmesinin bir geçerliliği söz konusudur. Buna göre, mevcut risk değerlendirmeleri normal şartlarda, bakanlıkça çıkarılmış olan “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği”ne göre çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerleri için en geç 2 yılda bir; tehlikeli sınıfta yer alan işyerleri için en geç 4 yılda bir ve az tehlikeli sınıfta yer alan işyerleri için en geç 6 yılda bir yenilenecektir. Aynı yönetmeliğe göre, bazı durumlarda ise geçerlilik süresine bakılmaksızın risk değerlendirmesinin yenilenmesi gerekmektedir. Söz konusu bu durumlar şunlardır:

- a) İşyerinin taşınması veya binalarda değişiklik yapılması,
- b) İşyerinde uygulanan teknoloji, kullanılan madde ve ekipmanlarda değişiklikler meydana gelmesi,
- c) Üretim yönteminde değişiklikler olması,
- ç) İş kazası, meslek hastalığı veya ramak kala olay meydana gelmesi,
- d) Çalışma ortamına ait sınır değerlere ilişkin bir mevzuat değişikliği olması,
- e) Çalışma ortamı ölçümü ve sağlık gözetim sonuçlarına göre gerekli görülmesi,
- f) İşyeri dışından kaynaklanan ve işyerini etkileyebilecek yeni bir tehlikenin ortaya çıkması.

Risk değerlendirmesi ile ilgili önemli bir diğer husus ise, bu çalışmayı işyerlerinde kimlerin yapacağı, çalışmaya kimlerin katılacağı konusudur. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği bu hususa Madde 6.1’de açıklık getirmiş ve “Risk Değerlendirmesi Ekibi” başlığı altında işyerlerinde risk değerlendirmesini yapacak kişileri tek tek şöyle saymıştır:

- a) İşveren veya işveren vekili.

b) İşyerinde sağlık ve güvenlik hizmetini yürüten iş güvenliği uzmanları ile işyeri hekimleri.

c) İşyerindeki çalışan temsilcileri.

ç) İşyerindeki destek elemanları.

d) İşyerindeki bütün birimleri temsil edecek şekilde belirlenen ve işyerinde yürütülen çalışmalar, mevcut veya muhtemel tehlike kaynakları ile riskler konusunda bilgi sahibi çalışanlar.

Yönetmeliğin ilgili maddesinde risk değerlendirmesinin işverenin oluşturduğu bir ekip tarafından gerçekleştirileceği belirtilerek, risk değerlendirmesi çalışmasında işverenliğe vurgu yapılmıştır. Bu vurgu, yukarıda bahsedilen işverenin işyerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamakla yükümlü olmasının bir gereği olarak değerlendirilebilir. Bahsedilen bu vurgunun yanında, ayrıca oluşturulacak ekibe işveren veya işveren vekilinin de katılması zorunlu tutulmuştur. Risk değerlendirmesi ekibini hazırlayacak ekipteki iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi, işverenlik tarafından görevlendirilmiş ve işyerine ataması yapılmış; haftalık görev süresi işyerinde çalışan sayısına göre belirlenmekte olan iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleridir. Yine çalışan temsilcileri ve destek elemanları da belirli koşullar altında seçilmiş, işyerinde iş sağlığı ve güvenliği konularında belirli görevleri bulunan çalışanlardır. Bu kişilerden başka yönetmeliğin ilgili maddesi son olarak, “işyerindeki bütün birimleri temsil edecek şekilde belirlenen ve işyerinde yürütülen çalışmalar, mevcut veya muhtemel tehlike kaynakları ile riskler konusunda bilgi sahibi çalışanlar” diyerek risk değerlendirme ekibine işyerindeki çalışanlardan işyerindeki çalışmalara iş sağlığı ve güvenliği penceresinden bakabilecek özelliklerdeki bir veya daha çok çalışanı da ilave etmiştir. Söz konusu bu kişilerden meydana gelecek risk değerlendirmesi ekibi, yukarıda sözü edilen risk değerlendirme aşamalarını sırasıyla takip edecek ve işyerine özgü risk değerlendirmesini birlikte hazırlayacaklardır.

İşyerlerinde risk değerlendirmesinin yapılmasındaki amaç, mevcut veya muhtemel tehlike kaynaklarından doğabilecek risklerin ele alınarak ortaya konulması, bunlara

uygun ve hızlı cevapların verilebilmesi ve böylece işyerlerinde meydana gelmesi muhtemel iş kazalarını ya da meslek hastalıklarını önlemek veya etkisini azaltmaktır. Risk değerlendirmesi gerçekleştirmenin bazı temel faydaları şöyle sıralanabilir (Özkılıç, 2014):

- Riskin ve hedefler üzerindeki olası etkilerinin anlaşılması,
- Karar mercilerine bilgi sağlanması,
- Müdahale seçenekleri arasından bir seçim yapılmasına yardımcı olunması için riskin anlaşılmasına katkıda bulunulması,
- Riske katkıda bulunan önemli faktörleri ile sistemler ve organizasyonlarda bulunan zayıf halkaların saptanması,
- Alternatif sistem, teknoloji ve yaklaşımlarda risklerin kıyaslanması,
- Risk ve belirsizlikler hakkında iletişim kurulması,
- Önceliklerin oluşturulmasına yardımcı olunması,
- Vaka sonrası soruşturmaya dayalı olarak vakanın önlenmesine katkıda bulunulması,
- Farklı risk müdahale türlerinin seçilmesi,
- Yasal gereksinimlerin karşılanması,
- Önceden belirlenmiş kriterler çerçevesinde riskin kabul edilip edilmemesi gerekliliğinin değerlendirilmesine yardımcı olacak bilgilerin sağlanması,
- Vadesi tamamlanmış kullanıma yönelik risklerin değerlendirilmesi.

3.4 Risk Analizi Yöntemleri

Risk analizi, tehlikeleri belirlemede ve çalışanlar, ekipmanlar ile çevre üzerine riskleri hesaplamada mevcut araçların sistematik kullanımıdır. Risk analizinin konusu muhtemel kazalar olduğu için, daima bir proaktif yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Aven, 2008). Risk analizi uygulamasında aşağıda belirtilen üç basamak izlenir (Pamukçu, 2015):

1. Tehlikelerin belirlenmesi: Bu basamakta sistem veya prosesle ilintili olan tehdit ve tehlikeler, muhtemel tehlikeli olaylarla birlikte tanımlanır. Ayrıca, zarar görebilecek ekipman ve yapılar da ayrıca belirlenir.

2. Sıklık analizi: Bu basamak, her bir tehlikeli olayın nedenlerini belirlemek ve söz konusu olayın sıklığını hesaplamak için kullanılan çıkarımsal tümdengelim yöntemi olarak düşünülebilir.

3. Sonuç analizi: Bu basamakta, tehlikeli olaydan kaynaklanan bütün olayların muhtemel sonuçlarını belirlemek için bir tümevarım analizi gerçekleştirilir. Tümevarım analizinin amacı, bütün muhtemel sonuçları ve ayrıca gerçekleşme olasılıklarını belirlemektir.

Genel anlamda kalitatif (nitel) ve kantitatif (nicel) yöntem olmak üzere risk analiz yöntemleri ikiye ayrılmakta ve kalitatif ile kantitatif yöntemlerin birçok çeşitleri bulunmaktadır. Öncelikle, bir işyeri için yapılacak risk analizinin nitel mi yoksa nicel mi olacağına karar verilmesi gereklidir.

Kalitatif risk analizinde, tanımlı bir değerlendirme skalası kullanılarak belirlenmiş olan riskler önceliklendirilir. Riskler, olasılıkları veya olma ihtimalleri ile gerçekleşme durumundaki etkilerine göre skorlandırılır. Olasılık/olma ihtimaline genellikle skalada belirlenmiş olan 0 ile 1 arasında bir değer verilir (Örneğin, 0,3; %30 olasılıkla olayın gerçekleşmesi anlamına gelir). Etki skalası ise literatürel olarak belirlenmiştir. Örneğin, 1’den 5’e kadar değerlere sahip bir skalada 1 en düşük ve 5 en yüksek etkiye sahip olaylardır. Ayrıca, bir kalitatif risk analizi, risklerin dahil olduğu kaynak tabanlı veya etki tabanlı uygun kategorileri de içermektedir (Pamukçu, 2015).

Kalitatif değerlendirme; “yüksek, “orta” ve “düşük” gibi önem dereceleri yoluyla risklerin sonuçlarını, olasılıklarını ve düzeylerini belirler, sonuçlar ile olasılıkları bir araya getirir ve kalitatif kriterler doğrultusunda nihai risk düzeyini değerlendirir (Özkılıç, 2014).

Kalitatif risk analizi yöntemlerinin başlıcaları; “Çeklist”, “Ön Tehlike Analizi”, “What If?”, “HAZOP”, “L Tipi matris”, “X Tipi Matris”, Güvenlik Denetimi”, “Fine-Kinney” olarak sıralanabilir.

Kantitatif risk analizi ise, söz konusu proje için bir olasılık analizi geliştirmek amacıyla, nümerik değer atanmış ve önceliklendirilmiş olan en yüksek risklerin ileri analizidir. Bir kantitatif risk analizinin özellikleri şöyle sıralanabilir (Pamukçu, 2015):

- Proje için muhtemel sonuçları belirtir ve projenin özel hedeflerinin olasılığını değerlendirir,
- Netlik olmadığı durumlar için, karar verme maksatlı sayısal bir yaklaşım sağlar,
- Gerçekçi ve ulaşılabilir değer, plan ve hedefler ortaya koyar.

Kantitatif risk analizi yöntemlerinden en çok bilinen ve sıklıkla uygulananlar arasında; “Olay Ağacı Analizi (ETA)”, “Hata Ağacı Analizi (FTA)” ve “Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA)” yer almaktadır.

Kalitatif ve kantitatif analiz yöntemlerinden başka, bir de özellikleri itibariyle her iki gruba da girebilen, yani hem kalitatif hem de kantitatif olarak değerlendirilebilen yöntemler söz konusudur. Bu yöntemleri yarı kantitatif yöntemler olarak adlandırabiliriz.

Yarı kantitatif yöntemler; sonuç ve olasılıklar için sayısal derecelendirme ölçeklerinden faydalanır ve risk düzeyini belirlemek için formül kullanmak suretiyle bunları bir araya getirir. Ölçekler doğrusal veya logaritmik olabilir ya da başkaca türden bir ilişki içerebilir. Kullanılan formüller de değişiklik gösterebilir (Özkılıç, 2014).

Yapılacak risk analizi için, nitelik veya nicelik seçiminin ardından işyeri koşulları, üretim yöntemleri, yapılan çalışmalar, çevre koşulları gibi faktörler göz önüne alınır ve bunlara dayanılarak işletme için en uygun risk analiz yöntemi seçilir.

Bir işletme içerisinde risk değerlendirmesi tekniklerinin tümü duruma bağlı olarak kullanılır. Kantitatif ve kalitatif yöntemlerin kullanımı eldeki veriye, risk değerlendirmesini yapacak olan kişilerin bilgi birikimine ve konu hakkındaki deneyimine, yöntemleri kullanma becerisine bağlıdır. Risklerin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için kantitatif ve kalitatif yöntemlerin uygun bir şekilde harmanlanması gerekir. Subjektif/deneyime bağlı risk değerlendirme metodolojileri, uzman görüşleri, benzerleriyle karşılaştırma ya da geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi bilgi birikimi gerektiren tekniklerdir. Uzman görüşleri ile kalitatif tekniklerde, konunun uzmanı kişilerden risklerin olasılıkları ve şiddetin büyüklüğünün ne olduğu bilgisi edinilir (Özkılıç, 2014).

Risk değerlendirme tekniklerini ne tümüyle teknik bilgi kullanarak ne de yalnızca kişisel yargı, sezgi ve deneyime dayalı olarak yürütmek uygun değildir. Önemli olan husus, risk değerlendirme metodolojilerini kullanırken etkinliği artırmak, subjektifliği azaltmak için yaygın ve etkin bir şekilde olasılık ve güvenilirlik teorilerinden yararlanmaktır. Düşük düzeydeki teknolojiye sahip olan ve karmaşık olmayan sistemler için kişisel deneyim, sezgi ve yargılar ile risk değerlendirme çalışmaları yapılabilir. Ancak orta düzeyde karmaşıklığa sahip bir sistemde oluşabilecek tehlikelerin etkileri ile bu tehlikelerin ortaya çıkma olasılıkları konunun uzmanı kişilerin görüşlerinden ve deneyiminden faydalanılarak belirlenmelidir. Yüksek riskli ve karmaşık sistemlerde ise ortaya çıkabilecek tehlikelerin yönetilmesi için disiplinli bir şekilde teknik bilgi ve deneyime ihtiyaç duyan risk değerlendirme tekniklerinin ve olasılık ve güvenilirlik teorilerinin kullanılması gerekir. (Özkılıç, 2005).

Modern endüstride karşılaşılan sistemler; çoğunlukla çok sayıda ve birbirleri ile ilişkilerinin saptanması genelde zor olan alt sistemlerden oluşmaktadır. Risk değerlendirmesine ilişkin tekniklerin kullanılması halinde, analizi yapan analisti

sistem yaklaşımı içerisinde alt sistemleri de incelemeye iter ve özel durumlardaki keyfi kesilmeleri ve sapmaları da tahmin etmeye zorlanır. Sonuçların ciddilik derecesi düşünüldüğünde tahmin edileceği gibi, bir sistem hiçbir kaza veya ekonomik kayıp tehlikesi arz etmiyorsa bu tür araştırmalar yapmak akla gelmeyecektir. Buna karşın yüksek riskli endüstrilerde (nükleer, uzay ve ulaşım ilişkili, kimya endüstrisi, petrokimya vb.) bu tür araştırmalar çok gerekli olmak ile birlikte aslında kabul edilebilir risk düzeyine sahip sistemlerin elde edilmesi için tamamlayıcı yöntemler halindedirler. İşte özellikle çeşitli “Risk Değerlendirmesi Metodolojileri” büyük ölçüde bu tamamlayıcılık işlemini gerçekleştirmek maksadı ile geliştirilmişlerdir (Özkılıç, 2005).

3.4.1 Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi (PRA)

Birincil risk analizinin (PRA) amacı, sistemin veya prosesin potansiyel tehlikeli parçalarını tespit ederek değer biçmek ve tespit edilen her bir potansiyel tehlike için az ya da çok kaza ihtimallerini belirlemektir. Birincil risk analizini yapan bir analist, tehlikeli parçaları ve durumları gösteren kontrol listelerine güvenerek bu analizi yapar. Kontrol listeleri genellikle tecrübe ile geliştirilmiş olan, önceki risk değerlendirmesi sonucu olarak veya geçmiş başarısızlıkların sonucunda elde edilen risk veya kontrol başarısızlık listeleridir. Bir kontrol listesi, tehlike ve riskleri belirlemek veya kontrollerin etkinliğini değerlendirmek için kullanılabilir. Bir ürün, süreç veya sistem kullanım döngüsünün her aşamasında kullanılabilir. Ayrıca diğer risk değerlendirme tekniklerinin bir parçası olarak da kullanılabilir ancak uygulanmış olan yeni problemleri belirleyen daha yaratıcı bir risk değerlendirme tekniği sonrasında gizli kalabilecek durumları kontrol etmek için uygulandığında daha kullanışlıdır (Özkılıç, 2014).

Bu listeler kullanılan teknolojiye ve ihtiyaca göre düzenlenir. Bu listeler mutlak surette "Ciddiyet" ve "Sonuç" başlıklarını içermelidir. “Önleyici Ölçümler” ve Önlemlerin Yerine Getirilme Ölçümleri” başlıkları ise tehlikelerin giderilmesi ya da kontrol altına alınması için gereken aşamaları mutlak suretle içermelidir. Uygulama yaparken aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir (Özkılıç, 2014).

Tablo 3.2 Örnek PRA metodolojisi temelli risk değerlendirmesi (Özkılıç, 2014)

Proses/Sistem :		Tarih :	
Alt Sistem :			
Formu Dolduran :			
Birimi :	Revizyon No :		
Görevi :			
Doküman No :	Sayfa No : 1		
TEHLİKELER	EVET	HAYIR	AÇIKLAMA
A PSİKOLOJİK KAYNAKLI			
A.1. Unutkanlık			
A.2. Sıkıntı-üzüntü-keder			
A.3. Stres			
A.4. İstem dışı davranış			
A.5. Yorgunluk, uykusuzluk			
A.6. Çevre etkisi			
B FİZİKSEL KAYNAKLI			
B.1. Yanlış yük kaldırma			
B.2. Vücudu zorlayan duruş			
B.3. Sürekli tekrarlanan fiziksel hareket			
B.4. Görme bozukluğu			
B.5. Uygun olmayan mola zamanı			
B.6. Kötü vardiya zamanlaması			
B.7. Diğer işle ilgili tehlikeler			
B.8. Yapılan işe uygun olmaması			
B.9. Dinlenme süresi az			
B.10. Fazla çalışma			
B.11. Eğitim eksikliği			
C İŞYERİ ORTAMI KAYNAKLI			
C.1. Havalandırma yetersiz			
C.2. Arızalı ekipman			
C.3. Dağınık işyeri ortamı			
C.4. Yetersiz uyarı sistemleri			
C.5. İkaz, levha, etiket			
C.6. Bakımsızlık/düzensizlik			
C.7 Yağlı/kaygan zemin			

- Etkinlik kapsamı tanımlanmalıdır (elektrik, mekanik vb.),
- Bir kontrol listesi etki alanını yeterince kapsayacak şekilde hazırlanmış olmalıdır,
- Kontrol listelerinin dikkatlice seçilmesi gerekmektedir. Örneğin standart kontrollerin bir kontrol listesi yeni tehlikeleri veya riskleri belirlemek için kullanılamaz,
- Kontrol listelerini hazırlayan uzmanlar, uygulayacakları adımları, süreç veya sistemin her bir unsurunu düşünerek listeleri hazırlamaları gerekir, kontrol listeleri üzerinde kritik kontrol öğelerinin mevcut olup olmadığını da değerlendirmeleri gerekir.

Analizler yapılırken Birincil Risk Analizi, İş Sağlığı ve Güvenliği açısından işverenlerin risk değerlendirme yükümlülüğü 278 metodu ile Risk Değerlendirme Karar Matris Metodolojisi (Risk Assessment Decision Matrix), (3×3, 5×5 matrisler, L tipi matris) birlikte de kullanılabilir (Akpınar ve Çakmakkaya, 2014).

3.4.2 Ön Tehlike Analizi (PHA)

Ön tehlike analizi (PHA) genellikle, sistem güvenlik süreçlerinde mevcut veya muhtemel tehlikeleri tanımlayıp riskleri sınıflandırmak için kullanılan birinci basamak analizdir. Ön tehlike analizi, risk kontrolü için mantığa uygun çözümler ortaya koyar ve daha detaylı risk analizleri için bir ön yöntemdir ve çoğunlukla “Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)” gibi sistem güvenlik tekniklerinin kullanımı için geliştirilmiştir. Ön tehlike analizi, ön tehlike matrisi kullanımı yoluyla bir dereceye kadar sadeleştirilebilir ve analiz raporu, sistem tehlike analizi ve değerlendirmesi üzerine inşa edilebilir (Vincoli, 2014).

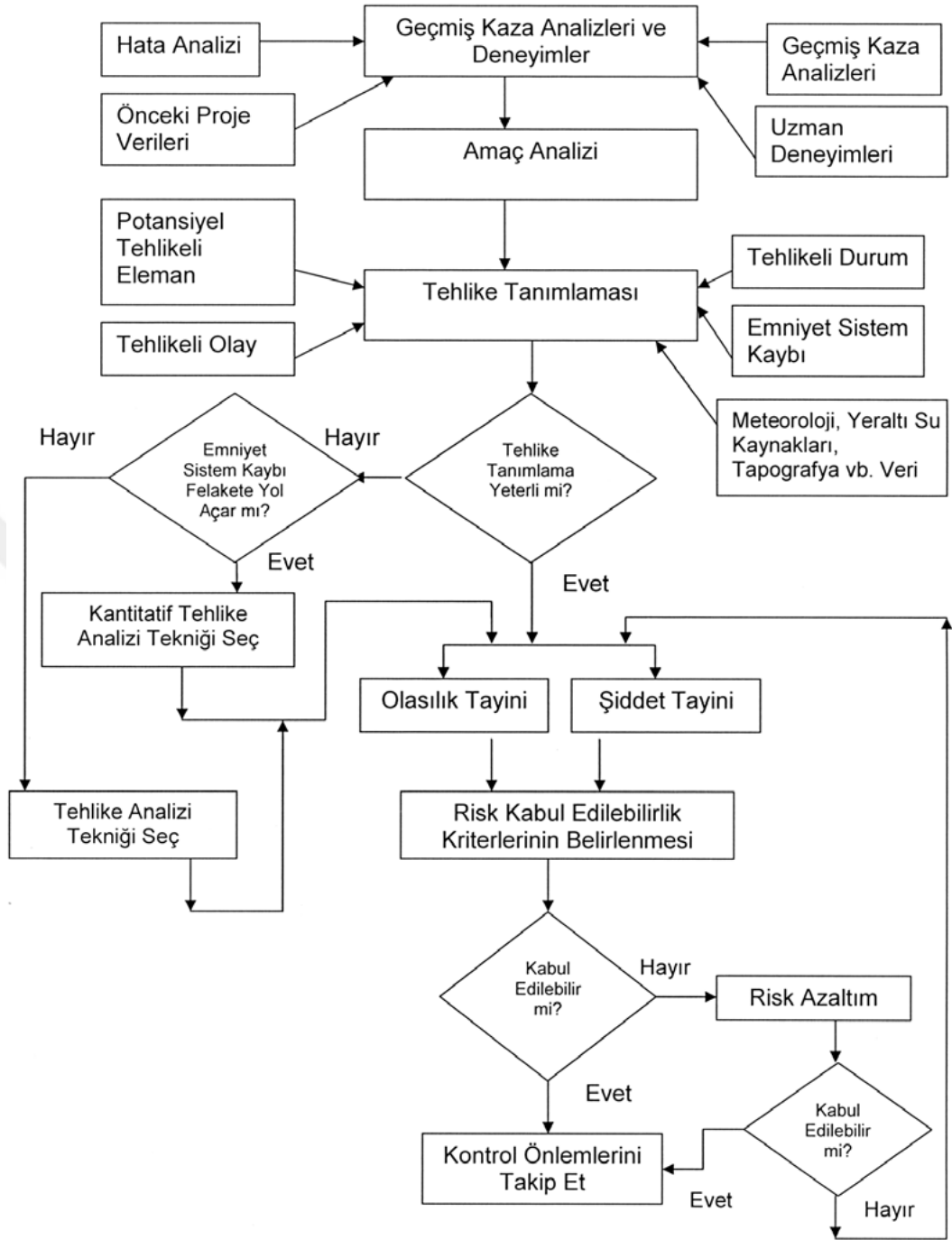
Ön tehlike analizinin amacı, sistemin veya prosesin potansiyel tehlikeli parçalarını tespit ederek değer biçmek ve tespit edilen her bir potansiyel tehlike için az ya da çok kaza ihtimallerini belirlemektir. Bu metodolojiden çıkan sonuç, hangi tür tehlikelerin sıklıkla ortaya çıktığını ve hangi analiz metotlarının uygulanmasının gerektiğini

belirler. Tanımlanan tehlikeler, sıklık/sonuç diyagramının yardımı ile sıraya konur ve önlemler öncelik sırasına göre alınır (Akpınar ve Çakmakkaya, 2014).

Ön tehlike analizi, tesisin son tasarım aşamasında ya da daha detaylı çalışmalara model olarak kullanılabilecek olan hızla hazırlanabilen kalitatif bir risk değerlendirme metodolojisidir. Genellikle, ön tehlike analizinde tehlike kaynakları, büyük kaza oluşma olasılıkları ve bunların sonuçları belirlenir. Ön tehlike analizi; tehlikeleri, tehlikeli durumları ve belirli bir etkinliğe, olanağa veya sisteme zarar verebilecek olayları tespit etme amacı güden basit ve tümevarımsal bir analiz yönetimidir. Tasarım detayları veya işletim prosedürleri hakkında çok az bilgi varken, bir proje geliştirilmesi aşamasında en yaygın şekilde kullanılan yöntemdir. İleriki çalışmalara ya da bir sistem tasarımına yönelik bilgiyi sağlamak amacıyla da sıkça uygulanır. Tehlikelerin önceliklendirilmesi için mevcut sistemlerin analizinde, daha fazla incelemeye ihtiyaç duyulan risklerin analizinde veya daha kapsamlı bir yöntemin kullanılmasının mümkün olmadığı koşullarda (zaman ve maliyet nedeniyle) kullanımı önerilmektedir (Özkılıç, 2014).

Bu metotta olası sakıncalı olaylar önce tanımlanır daha sonra ayrı ayrı olarak çözümlenir. Her bir 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 (Özkılıç, 2014).

Tehlikelerin tanımlanması adımı 'Ön Tehlike Analizi' nin en önemli aşamalarından biridir. İşletme içerisinde gerekli önlemlerin tanımlanabilmesi için işyerinde; ölüme, hastalığa, yaralanmaya, hasara veya diğer kayıplara sebebiyet verebilecek tüm istenmeyen durumların tanımlanması gereklidir. Ön tehlike analizinin başarısının en büyük sırrı ise, bu potansiyel tehlike tanımlama aşamasının tesis kurulmadan ve işletilmeye başlanılmadan yapılmasıdır.



Şekil 3.2 Ön tehlike analizi metodoloji aşamaları (Özkılıç, 2014)

İnsan sağlığına, çevreye veya mala herhangi bir zarar verme potansiyeline sahip olan durum, potansiyel bir zarar kaynağı, tehlikeli bir malzeme olabileceği gibi, yapılan bir aktiviteden de kaynaklanabilir (Özkılıç, 2014).

Bu analiz aşamasında geçmiş kazalardan alınan dersler ve edinilen deneyimler oldukça önemli bir katkıda bulunabilir. Ön tehlike analizi yapılırken, geçmiş kazalar ve eğer tutuluyorsa tehlikeli durum ve kazaya ramak kalma kayıtları da dikkate alınarak geçmiş deneyim verileri ile analiz yapılır. Bu aşama çok önemlidir, çünkü hangi metodolojilerin kullanılacağına karar verilmesi aşamasında büyük rol oynar. Söz konusu iş ve işlemler ile ilgili deneyimler ve geçmiş kaza analizleri işletmede daha çok hangi hataların meydana gelebileceği hususunda analiste veri sağlar. Bir sonraki adım ise amaç analizidir, bu aşamada istenilen hedefler belirlenir. Tehlike belirlenmesi aşamasında; potansiyel tehlikeli elemanlar, tehlikeli durumlar, tehlikeli olaylar, olası 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 (Özkılıç, 2014).

Ön tehlike analizi yapılırken tehlikelerin ayrı ayrı tanımlanıp risklerin belirlenmesinin ardından bunların her birine literatürel olarak belirli bir skala içerisinde belirlenmiş olan olasılık ve şiddet değerleri verilir. Olasılık ve şiddet değerinin çarpımı ile de her bir risk için “Risk Skoru” değeri hesaplanır. Bulunan bu değer ile riskler, en yüksekten en düşüğe doğru sıralanarak önem ve aciliyet durumuna göre sınıflandırılmış olur. Risk skorunun hesaplanmasında kullanılan söz konusu şiddet ve olasılık değerleri Tablo 3.3 ve Tablo 3.4’te görülmektedir.

Olasılık ve şiddet skorlarının çarpımlarının (5×5) bir matris biçiminde gösterimi Tablo 3.5’de görüldüğü üzere mümkün olmaktadır. Tablodaki her bir değer “Risk Skoru = Olasılık × Şiddet” formülü ile elde edilmiştir.

Tablo 3.3 Şiddet tablosu (Bahr, 1997)

Tanım	Kategori	Açıklama
Felakete yol açan	5	Ölüm, sistem kaybı veya çevresel felaket
Kritik	4	Ciddi yaralanma, ciddi meslek hastalığı, büyük sistemsel veya çevresel hasar
Ciddi	3	Orta şiddetli yaralanma, orta şiddetli meslek hastalığı, orta şiddetli sistemsel veya çevresel hasar
Düşük	2	Küçük yaralanma, küçük meslek hastalığı, küçük sistemsel veya çevresel hasar
Önemsiz	1	Önemsiz yaralanma, zararsız meslek hastalığı, önemsiz sistemsel veya çevresel hasar

Tablo 3.4 Olasılık tablosu (Bahr, 1997)

1	Uzak ihtimal	1000 yılda bir veya daha az
2	Pek az	100 yılda bir
3	Ara sıra olan	10 yılda bir
4	Muhtemel	Her yıl
5	Sık	Ayda bir veya daha sık

Tablo 3.5 Risk değerlendirme matrisi (Özfirat, Özkan, Kahraman, Şengün ve Yetkin, 2012)

Olasılık/ Şiddet	Önemsiz (1)	Düşük (2)	Ciddi (3)	Kritik (4)	Felakete yol açan (5)
Uzak ihtimal (1)	1	2	3	4	5
Pek az (2)	2	4	6	8	10
Ara sıra olan (3)	3	6	9	12	15
Muhtemel (4)	4	8	12	16	20
Sık (5)	5	10	15	20	25

Tablo 3.5’te sarı renkle gösterilen bölgelerden risk skorunun (1) olduğu bölge riskin “önemsiz” olduğunu; (2-6) arasındaki bölgeler riskin “kabul edilebilir” olduğunu belirtir. Aynı tablodaki mavi renkli bölgeler (8,9,10,12) “orta dereceli” risk seviyesini gösterir. Mor renkli bölgelerdeki skarlardan ise (15,16,20) bölgeleri “kabul edilemez” ve (25) skorlu bölge ise, “tolere edilemez” risk seviyesini belirtir. Yapılan çalışma sonucunda, hangi risk bölgesinde ne gibi önlemlerin alınması ve hangi çalışmaların yapılması gerektiği Tablo 3.6’da açıklanmıştır.

Tablo 3.6 Risk skoru sonucu alınacak önlemler (Özfırat, Özkan, Kahraman, Şengün ve Yetkin, 2012)

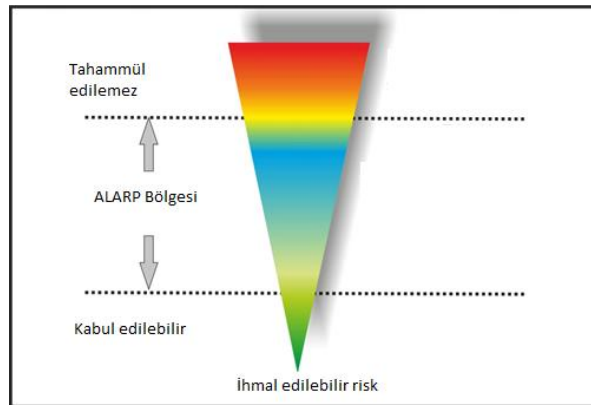
Risk Skoru	Alınacak Önlemler
Tolere edilemez (25)	Bütün çalışmalar derhal durdurulur ve risk kabul edilebilir bir seviyeye getirilinceye kadar iyileştirme işlemleri yapılır. İyileştirmelere rağmen risk azaltılamıyorsa çalışmaya başlanılmamalıdır.
Kabul edilemez (15,16,20)	Çalışmalar durdurulmalıdır ve risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülmelidir. Eğer risk için bir parçasıysa çalışma devam ettirilmemelidir.
Orta dereceli (8,9,10,12)	Sadece üst yönetimin vereceği kararla çalışılabilir. Belirli riskleri düşürmek için kontrol önlemleri uygulanmalıdır. Riskin azalıp azalmadığı kontrol edilmelidir.
Kabuledilebilir (2,3,4,5,6)	Çalışmalar sürdürülebilir. Mevcut riskleri bertaraf etmek için ilave kontrol işlemleri gerekli değildir.
Önemsiz (1)	Hasar yoktur veya önemsiz seviyededir. Kontrol işlemleri planlamasına veya işlemleri kayıt altına almaya gerek yoktur.

Ön tehlike analizi sürecinde, risk seviyelerinin kabul edilebilirliğinin önceden tesis edilmiş kriterler ile kıyaslaması yapılması gereklidir. Ancak bu kabul edilebilir risk düzeyinin limitlerinin belirlenmesi gereklidir. Bu düzeyler bazı ülkelerde devlet otoriteleri tarafından tanımlanmış veya onaylanmıştır, ancak bu şekilde bir durum yok ise o zaman işyeri üst düzey yöneticileri tarafından bu limitler belirlenmelidir. Unutulmaması gereken husus ise kabul edilebilirlik kriterleri belirlenirken “mümkün

olduğunca uygulanabilir en düşük seviye” veya orjinal adıyla ALARP mı; yoksa “mümkün olduğunca mantıklı ve ulaşılabilir en düşük seviye” veya orjinal adıyla ALARA mı kabulünün yapıldığının bir prosedür aracılığı ile açıklanması gereklidir. Bu bir kabuldür ve tabiki de her kabulde olduğu gibi yöneticilere bir sorumluluk da yüklemektedir. O nedenle risk kabul kriterleri belirlenirken örnek tesislerde, standartlarda ya da farklı ülkelerde kullanılan kriterlerin esas alınması önerilmektedir. Bu limitler bir risk matris değerlendirmesinde tanımlanmış risk matrisi sınırları olabilir. Ancak, özellikle insan hayatı ya da çevreye zararlı bazı olumsuz riskler için ALARP prensibi uygulanmalıdır. Söz konusu prensip ile riskler, üç bölüme ayrılır: (Özkılıç, 2014).

- Olumsuz risklerin üzerinde bir düzey tahammül edilemez niteliktedir ve olağanüstü durumlar haricinde benimsenmemelidir,
- Risklerin altında yer alan bir düzeyde riskler önemsizdir ve yalnızca düşük seviyelerini koruduklarından emin olunması için gözlemlenmeleri gerekmektedir,
- Bir de “risklerin mümkün olduğunca düşük” (ALARP) nitelik taşıdığı orta bir düzey mevcuttur.

Söz konusu bölgelerin alt kısmında yer alan düşük riskler için katı bir maliyet fayda analizi uygulanabilir ancak riskler tahammül edilememe düzeyine yakın ise; ALARP prensibinin beklentisi, müdahalenin maliyeti, elde edilen kazancı bariz derecede orantısız hale getirmiyorsa müdahale etmek olacaktır (Özkılıç, 2014).



Şekil 3.3 Risk analizinde ALARP ilkesi (Pamukçu, 2015)

3.4.3 What IF? (Olursa Ne Olur?)

Bu metot, fabrika ziyaretleri ve prosedürlerin gözden geçirilmesi esnasında yararlıdır, hali hazırda var olan kaçınılmaz potansiyel tehlikelerin tespit edilme oranını yükseltir. Bu metot işlemlerin herhangi bir aşamasında uygulanabilir ve daha az tecrübeli risk analizleri tarafından yürütülebilir. Genel soru olan “Olursa Ne Olur?” ile başlar ve sorulara verilen cevaplara dayanır. Sorulara verilen cevaplar doğrultusunda işleyişteki aksaklıklar ve riskler belirlenir, işletmede ilgili sorumlu tarafından belirtilen riskler hakkında tavsiyeler sunulur. Risk değerlendirme raporunda, tehlikelerin tipini tarif etmek ve tavsiyeleri değerlendirmek amacıyla kullanılır. Bu metot ile yapılan risk değerlendirmesinde, risk analistinin dikkati yalnızca bir noktaya odaklanabilir ya da analistin tecrübesi o noktadaki tehlikeyi görmesine olanak vermez. Bu metot, çeşitli disiplinlerdeki takım üyelerinin tecrübelerine dayanması ve bu takımdaki üyelerin tecrübelerine göre sonuçların çok fazla etkilenmesi nedeniyle resmi olmayan bir metottur (Keleş, 2012). Tablo 3.7’de örnek bir “What If? Risk Değerlendirme Tablosu” görülmektedir.

Tablo 3.7 What If? risk değerlendirme tablosu (Özkılıç, 2014)

“What If?”	Sonuç	Tavsiye	Sorumlu Personel	Alınan Eylemin Zamanı
Fırındaki basınç artarsa ne olur?	Yüksek basınç- patlama	-Basınç artışı durumunda gaz akışını durduracak acil durum kapatma sistemi kur -Emniyet valfini yedekle	Plan Mühendisi	
Emniyet valfi kaçak yapar ise ne olur?	-Duman fırındaki boşluklardan sızabilir -Karbonmonoksit (CO) seviyesi artabilir -Çalışanlar CO gazına maruz kalabilir	-Duman ve CO dedektörleri tak ve acil durum alarmına bağla -Emniyet valfini “Güvenilirlik Merkezli Bakım” çerçevesinde kritik ekipman listesine dahil et	Bakım Amiri	

3.4.4 Tehlike ve İşletilebilme Çalışması (HAZOP)

Tehlike ve İşletilebilme Çalışması, kısa adıyla HAZOP analizi, İngiltere’de 1970’lerin başında kimyasal proses tesislerinde riskleri değerlendirmek için Kimya Endüstrisi Enstitüsü tarafından analiz tekniği olarak geliştirilmiştir. Daha sonra kapsamı genişletilen ve ayrıca geliştirilen HAZOP analizinin, analiz prosesine yardımcı ticari bir yazılımı mevcuttur. Ayrıca metodoloji üzerinde yapılan birtakım değişikliklerin ardından HAZOP tekniği potansiyel benzer felaketlerin yaşanabileceği petrol endüstrisinde de uygulama alanı bulmuştur. Son olarak ise teknik, patlama veya kimyasal salınım risklerinden çok kontaminasyon ihtimalinin bulunduğu gıda ve su endüstrilerinde kullanıma girmiştir (Ericson, 2015).

HAZOP analizi, bir sistemdeki riskleri tanımlamak ve betimlemek için kullanılan bir tekniktir. Sistem için risk analizi gerçekleştirmenin oldukça teşekküllü, yapısal ve sistematik bir işlemidir. Teoride göreceli olarak basit bir işlem olsa da, içerdiği aşamalar dikkatli biçimde takip edilmelidir. Analiz, sistemdeki riskleri tanımlamak için anahtar kelimeler ve diagramlar kullanır. Risk tanımlama işleminde, “daha çok”, “hayır”, “daha az” ve benzeri anahtar kelimeler; “hız”, “debi”, “basınç” gibi işlem/sistem şartları gibi kelimelerle biraraya getirilir. HAZOP analizi, tasarım amacındaki potansiyel sapmalardan kaynaklı riskleri araştırır. Analiz, bir takım liderinin liderliği altında birçok farklı disiplinden meydana gelmiş bir takımın beyin fırtınası yapması yoluyla yürütülür. HAZOP analizi için önemli unsurlardan bazıları şunlardır (Ericson, 2015).

- Teşekküllü, yapısal ve mantığa yatkın bir işlem,
- Birçok farklı alandaki uzmandan oluşmuş disiplinlerarası bir takım,
- Deneyimli bir takım lideri,
- Sistem tasarım sembollerinin uygun kullanımı,
- Özenle seçilmiş sistem elemanları, sembolleri ile riskleri tanımlayıcı net sözcükler.

HAZOP uygulanırken öncelikle bir proses veya operasyonun bir adımı seçilir, ya da proses veya operasyonda çalışanların doldurduğu “Tehlike ve İşletilebilir Çalışması Formu” nda belirtilen adım için değerlendirme yapılır. Çalışmaya başlamadan önce ASME (American Society of Mechanical Engineers) standartına göre proses akım şemasının çıkartılması çalışmanın başarısını artıracaktır. Değerlendirmeye başlamadan önce yapılan çalışmanın amacı açıklanır, prosesin veya operasyonun bir değişkeni seçilir ve kılavuz kelimeler kullanılarak anlamlı bir “Tehlikeli Sapma” belirlenir. Belirlenen tehlikeli sapma için HAZOP takımı tarafından muhtemel nedenlerin listesi hazırlanır, bu aşamada takımın tecrübesi ve liderin önderliği önem kazanır. Tehlikeli sapmanın sonuçları dikkatle gözden geçirilerek, sapmanın oluşmasını önleyici koruyucu önlemler tanımlanır ve önlemlerin alınmasından sonra kalan riskin kabul edilebilir olup olmadığına karar verilir. Kalan risk kabul edilemez bir düzeyde ise yapılacak eylemler belirlenmeli ve özellikle bu aşamada HAZOP takım lideri mekanik bütünlüğün sağlanmasında bir problem görüyorsa alınacak önlemlerin çoğaltılmasını sağlamak için “Güvenlik Bütünlük Ölçümleri” yapmalıdır. Prosesin veya operasyonun bir adımında seçilen bir değişken için uygulanan çalışma diğer değişkenler için de uygulanmalı, bu adım tamamlanınca prosesin veya operasyonun diğer adımlarına geçilmelidir (Özkılıç, 2005). Tablo 3.8’de, genel olarak bir HAZOP prosesinin uygulama adımları görülmektedir.

Tablo 3.8 HAZOP prosesi uygulama adımları (Ericson, 2015)

BASAMAK	İŞ	TANIM
1	Sistemi tanımla	Sistemi tanımlayarak sınırlarını belirle. Misyonu ve aşamalarını tanımla. Sistem tasarımını ve işlemi tam olarak kavra. Bütün basamakların HAZOP yazılımına uygulanabilirliğini göz önünde tut.
2	HAZOP’u planla	HAZOP hedeflerini, tanımlarını, işlemlerini, planlarını ve prosesi oluştur. Sistemi analiz için hedeflenen en küçük bölümlere ayır. Analiz edilecek parçaları tanımla.
3	Takımı belirle	Takım liderini ve analizde görev alacak diğer tüm üyeleri belirle, sorumlulukları paylaşır. Takım üyelerinin uzmanlık alanlarından (tasarım, test, üretim vs.) doğru şekilde istifade et.
4	Bilgiyi elde et	Sistem ve altsistemler için ihtiyaç duyulan tüm tasarım ve işlem bilgilerini elde et (örnek: işlevsel diyagramlar, kodlar, çizelgeler, tablolar). Analiz için sistem sistem bilgisini süzgeçten geçir.
5	HAZOP’u yönet	a. Değerlendirilecek bölümleri tanımla ve listele, b. Uygun değişken listesini oluştur ve tanımla, c. Anahtar kelime listesini oluştur ve tanımla, d. HAZOP analiz işlemlerini oluştur, e. HAZOP analiz toplantıları gerçekleştir, f. HAZOP işlemlerindeki HAZOP analiz sonuçlarını kaydet, g. Bir sistem mühendisi tarafından doğruluğu onaylanmış HAZOP analiz işlemlerini elde et.
6	Düzeltilici faaliyetler öner	Kabul edilemez risk içeren tehlikeler için düzeltici faaliyetler öner. Düzeltici faaliyetler için sorumlu kişi ve termin süresi belirle.
7	Düzeltilici faaliyetleri izle	Düzeltilici faaliyetlerin yürütüldüğüne dair belirli aralıklarla çalışmalarını gözden geçir.
8	Riskleri izle	Tanımlanmış riskleri “risk izleme sistemi”ne aktar.
9	Dokumante et	Bütün HAZOP işlemlerini dokumante et. Dokumantasyonu her yeni bilgi için revize et.

3.4.5 Risk Matrisleri (L Tipi Matrisler)

Risk matrisleri, risk düzeyinin belirlenmesi veya risk derecelendirmesi için niteliksel veya yarı niceliksel sonuç/olasılık derecelendirmelerinin bir araya getirilme yöntemidir. Matrisin formatı ve kullanılan tanımlamalar, matrisin kullanıldığı bağlama dayalıdır ve koşullara uygun bir tasarımın kullanılması önem teşkil etmektedir. Risk matrisleri, tehlike kaynaklarını veya risk düzeyi doğrultusunda risk müdahalelerini derecelendirmek için kullanılır. Birçok risk saptandığında, söz konusu riskler arasında eleme aracı olarak sonuç/analiz matrisinden faydalanılabilir. Örneğin; hangi riskin daha fazla veya daha ayrıntılı analize ihtiyaç duyduğu, hangi risklere öncelikli olarak müdahale edilmesi gerektiği veya hangisinin daha üst düzey bir yönetime aktarılması gerektiğinin saptanması için kullanılabilir. Matris kullanımı ile aynı zamanda hangi riskin artık üzerinde durulmaması gerektiği de saptanabilir.

Son olarak bu tür bir risk matrisi, matris üzerinde yer aldığı noktaya göre belirli bir riskin genel olarak kabul edilebilir veya kabul edilemez olduğunu belirlemek için de kullanılabilir (Özkılıç, 2014).

Tablo 3.9 Sayısal puan kullanımlı risk skor matrisi (L Tipi Matris) (Özkılıç, 2014)

	ŞİDDET				
OLASILIK	1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta Derece)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
1 (Çok Küçük)	Anlamsız 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
2 (Küçük)	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
3 (Orta Derece)	Düşük 3	Düşük 6	Orta 8	Orta 12	Yüksek 15
4 (Yüksek)	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
5 (Çok Yüksek)	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25

Kalitatif risk analizi yöntemlerinden olan L tipi matrisler, (Risk = Olasılık × Şiddet) formülüne dayanmaktadır. Buna göre, tespit edilen ve listelenen tüm risklere Tablo 3.9’da görülen olasılık ve şiddet değerleri verilerek bu ikisinin çarpımı yoluyla bir risk skoru elde edilmektedir. Her riske atanacak olasılık ve şiddet değerleri, analizcinin kişisel tecrübeleri ile literatür çalışmalarından elde ettiği değerler olacaktır. Ortaya çıkan risk değerleri ile de söz konusu riskler en önemliden en önemsiz doğru derecelendirmeye tabi tutulmuş olacaktır. Yukarıdaki tablodan görüldüğü üzere, olasılık ve şiddet değerlerine (1) ile (5) arasında sayısal değerler verilmekte ve bu ikisinin çarpımıyla, risk skorları 1 (anlamsız) ile 25 (tolere edilemez) arasında değerler almaktadır.

L tipi matris yönteminin, sınıflandırmada az tehlikeli ve hatta tehlikeli olan; yani içerdiği risklerin görece düşük olduğu, önlenibilme potansiyelinin yüksek olduğu veya herhangi bir iş kazası meydana geldiğinde çalışanlara, ekipmanlara ve çevreye vereceği zararın ve tahribatın limitli olacağı düşünülen işletmelerde kullanımının uygun olabileceği söylenebilecek iken, çok sayıda tehlike kaynağının ve bunlardan doğacak kompleks risklerin bulunduğu madencilik, petro-kimya, metalurji gibi iş kollarında kullanımının sakıncalar barındırdığı, ilgili kişileri yanlış sonuçlara götürebileceği söylenebilir. Örnek olarak, yeraltı madenciliğinde grizu patlaması olayının olasılığı çok küçükken, bu olay meydana geldiğinde şiddeti çok ciddidir. Yani, grizu patlaması çok nadir olur ancak olduğunda büyük tahribat hatta facia doğurur. Yukarıdaki tablodan görüleceği gibi, grizu patlaması risk skoru (1×5) 5 (Düşük) olarak hesaplanacaktır. Oysa uygulamada grizu patlamasının düşük risk derecelendirmesine sokulamayacağı açıktır. İşte, hesaplanan bu değer analizciyi ve ilgili kişileri yanlış bir sonuca sevk edecektir.

3.4.6 Fine - Kinney Yöntemi

Bu yöntemin temeli oldukça eskiye dayanmakta olup yöntem halen günümüzde geçerliğini muhafaza etmekte ve hatta özellikle bazı spesifik sektörlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Yöntem, ilk olarak 1971 yılında Fine tarafından ortaya atılmış ve

ardından 1976 yılında Kinney ve Wiruth tarafından geliştirilerek risk analiz yöntemi olarak günümüze kadar gelmiştir (Kinney ve Wiruth, 1976).

Yöntem genel olarak bir “risk skoru” (R) hesaplanması üzerine dayandırılmıştır. Hesaplanan farklı risk skoru aralıkları için de farklı düzeylerde kontrol önlemleri sunmaktadır. Yöntemde “R” değerini hesaplamak için (olasılık $\times$ şiddet) formülüne ek olarak “frekans” değeri kavramı üretilmiştir ve risk skoru, yani $R = \text{olasılık} \times \text{şiddet} \times \text{frekans}$ formülasyonu ile hesap edilmektedir.

Yukarıdaki formülasyonda üç değişkenin yani; olasılık, şiddet ve frekansın anlamlarının tam olarak ne olduğu, analizi yapan kişilerce çok iyi kavranmalı ve söz konusu bu değişkenlere literatürde belirtilen skaladaki doğru değerler atanmalıdır. Bu suretle her bir riskin karşılığı olan “R” değeri analizci tarafından gerçekçi olarak hesaplanmış ve ardından risk skoruna karşılık gelen doğru kontrol önlemleri önerilmiş ve uygulanmış olacaktır.

Stankovic, M. ve Stankovic, L. (2013) tarafından yukarıda bahsedilen değişkenlerden olasılık; “kaza veya hasarın olasılığı” şeklinde, şiddet; “tehlike ve riske maruz kalan çalışanın kazalanması sonucunda olayın şiddeti” şeklinde ve frekans ise; “tehlike ve kazanın oluşma sıklığı” şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanımlardan özellikle olasılık ve frekansın birbirinden ayrı değişkenler olduğu ve farklı tanımlar içerdikleri muhakkak göz önünde bulundurulmalıdır. Örnek verecek olursak, bir yeraltı ocağında tahkimat işlemleri yapılırken çevre güvenliğinin alınmaması riski değerlendirilirken, olasılık faktörü “söz konusu güvenliğin sağlanmaması durumunda çalışanın kazalanma olasılığı nedir?” olarak; frekans faktörü ise “söz konusu riskin ve bundan doğacak kazanın ne sıklıkla oluştuğu” olarak yorumlanabilir. Fine-Kinney metodu frekans değerleri skalası, olasılık değerleri skalası, şiddet değerleri skalası ve risk sınıflandırma tablosu aşağıda sırasıyla, Tablo 3.10, Tablo 3.11, Tablo 3.12 ve Tablo 3.13’de sunulmuştur.

Tablo 3.10 Fine-Kinney frekans değerleri skalası (Kinney ve Wiruth, 1976; Özfirat, ve ark., 2016)

Frekans		Frekans Değeri
Sürekli (hemen hemen her zaman)	Bir saatte birkaç defa	10
Sık (sıklıkla)	Günde bir veya birkaç defa	6
Ara sıra	Haftada bir veya birkaç defa	3
Sık değil (nadir)	Ayda bir veya birkaç defa	2
Oldukça seyrek (oldukça nadir)	Yılda birkaç defa	1
Çok seyrek (çok nadir)	Yılda bir veya daha seyrek	0,5

Tablo 3.11 Fine-Kinney olasılık değerleri skalası (Kinney ve Wiruth, 1976; Özfirat, ve ark., 2016)

Olasılık		Olasılık Değeri
Beklenir, Kesin	Çok kuvvetle muhtemel	10
Yüksek/ oldukça mümkün	Kuvvetle muhtemel	6
Olası	Nadir fakat olabilir	3
Mümkün fakat düşük	Oldukça düşük ihtimal	1
Beklenmez fakat mümkün	Zayıf ihtimal	0,5
Beklenmez	Pratik olarak imkansız	0,2

Tablo 3.12 Fine-Kinney şiddet değerleri skalası (Kinney ve Wiruth, 1976; Özfirat, ve ark., 2016)

Şiddet		Şiddet Değeri
İnsana Zararlı	Çevreye Zararlı	
Birden fazla ölümlü kaza	Çevresel felaket	100
Öldürücü kaza	Ciddi çevresel zarar	40
Kalıcı hasar-yaralanma- iş kaybı	Çevresel engel ve şikayet	15
Önemli hasar-yaralanma- dış ilkyardım	Arazi dışında çevresel zarar	7
Küçük hasar-yaralanma- dahili ilkyardım	Arazide çevresel zarar	3
Ucuz atlatma	Çevresel zarar yok	1

Tablo 3.13 Fine-Kinney risk sınıflandırma tablosu (Kinney ve Wiruth, 1976; Özfirat, ve ark., 2016)

Risk Değeri (R)		Risk Değerlendirme Sonucu (Yapılacak İşlemler)
$400 < R$	Tolerans gösterilemez risk	Hemen gerekli önlemler alınmalı veya iş durdurulmalı, kapatılma gibi önlemler düşünülmelidir.
$200 < R < 400$	Esaslı risk	Kısa dönemde “ birkaç ay içinde” iyileştirilmelidir.
$70 < R < 200$	Önemli risk	Uzun dönemde “ yıl içinde” iyileştirilmez.
$20 < R < 70$	Olası risk	Gözetim altında uygulanmalıdır.
$R < 20$	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.

3.4.7 Olay Ağacı Analizi (ETA)

Olay Ağacı Analizi (ETA) yöntemi, bir tetikleyici olayın meydana gelmesini izleyen potansiyel bir kaza senaryosundaki olaylar silsilesini tanımlama ve değerlendirme analiz tekniğidir. Bu metod, olay ağacı (ET) olarak bilinen görsel bir yapıdan faydalanır. Olay ağacı analizinin amacı, tetikleyici olayın ciddi bir kazaya mı dönüşeceğini; yoksa olayın, sistemin tasarımında uygulanan güvenlik sistemlerinin ve prosedürlerinin kullanılarak etkili bir biçimde kontrol altına mı alınacağını belirlemektir. Bir analiz, tek bir tetikleyici olaydan birçok farklı neticeyle sonuçlanabilir ve her bir netice için bir olasılık elde edilmesini sağlar. Olay ağacı analizi (ETA) yöntemi aşağıdaki tanımlar temeline dayanır (Ericson, 2015):

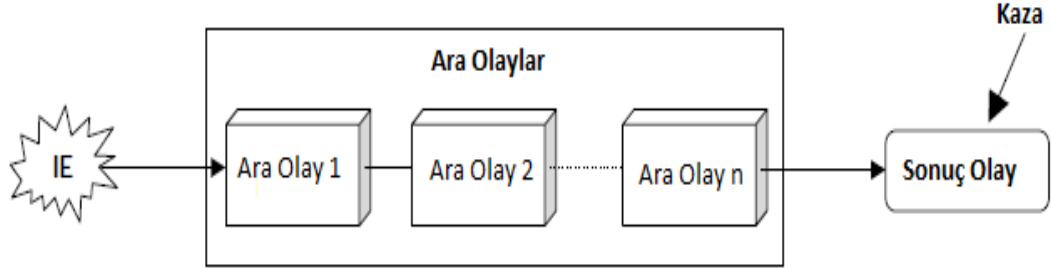
- Kaza Senaryosu: Nihai olarak bir kaza sonucunu doğuran olaylar silsilesi. Olaylar silsilesi, tetikleyici bir olay ile başlar ve genellikle istenmeyen sonuca götüren bir veya daha fazla ara olaylar ile devam eder. Şekil 3.4'te tetikleyici olay ve ara olayları içeren bir kaza senaryosu görülmektedir.

- Tetikleyici olay (IE): Bir kaza silsilesinin başlamasına yol açan istenmeyen durumdur. Tetikleyici olay, sistem içerisindeki risk önleme metodlarının başarılı çalışıp çalışmamasına bağlı olarak büyük bir kaza ile sonuçlanabilir.

- Ara olaylar: Tetikleyici olay ile muhtemel kaza (felaket) arasındaki olaylardır. Bunlar, bir kazayla sonuçlanabilecek tetikleyici olayı önlemek için oluşturulmuş tasarım güvenlik metodlarının başarı/hata durumlarıdır. Eğer ara olaylardan birisi başarılı olursa, kazayı önleyecektir ve hafifletici bir olay olarak anılacaktır. Diğer yandan bu ara olay başarısız olursa, kaza senaryosu işlemeye devam edecektir ve ağırlaştırıcı bir olay olarak telaffuz edilecektir.

- Olasılıksal risk değerlendirmesi (PRA): Karmaşık bir teknolojik sistem içerisinde, riski tanımlamada ve değerlendirmede kullanılan kapsamlı, temelli ve mantıksal bir analiz metodudur. PRA'nın amacı, kantitatif bir analiz kullanarak kaza senaryolarının detaylı olarak tanımlanması ve değerlendirilmesidir.

- Olay ağacı (ET): Çoklu sonuçlarla ve sonuç olasılıklarıyla ortaya çıkan bir kaza senaryosunun grafiksel modelidir. Olay ağaçları, olasılıksal bir risk değerlendirmesinde en çok kullanılan araçlardan bir tanesidir.



Şekil 3.4 Kaza senaryosu gösterimi (Ericson, 2005)

Olay ağacı analizi, başlangıçta seçilmiş olan olayın meydana gelmesinden sonra ortaya çıkabilecek sonuçların akışını diyagram ile gösterir. Tetikleyici bir olayı takip eden olaylar silsilesinin yayılarak, tetiklemeli olay sonrasında sistem bileşenlerinin ve işlevlerinin nasıl etkilediğini, ağırlaştırıcı ya da hafifletici olayları gösterir. ETA, hem kalitatif hem de kantitatif olarak uygulanabilir (Özkılıç, 2014).

Olay ağacı analizi, nükleer endüstride daha çok uygulama görmüştür ve nükleer enerji santrallerinde işletilebilme analizi olarak yoğun kullanım alanına sahip olmuştur. “Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik” (Seveso-COMAH Direktifi) kapsamında olan kimya fabrikalarında da mevcut proses bileşenlerinin ve güvenlik sistemlerinin hata olasılıklarının belirlenmesinde ve ortaya çıkacak sonuçların vahametinin tespitinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Bu metodoloji tümevarımlı mantığı kullanır. Kaza öncesi ve kaza sonrası durumları gösterdiğinden sonuç analizinde kullanılan başlıca tekniktir. Diyagramın sol tarafı başlangıç olay ile bağlanır, sağ taraf fabrikadaki/işletmedeki hasar durumu ile bağlanır, diyagramın en üst kısmı ise sistemi tanımlar. Eğer sistem başarılı ise yol yukarı, başarısız ise aşağı doğru gider. Olay ağacı analizi süreci aşağıda gösterilmiştir (Özkılıç, 2014):

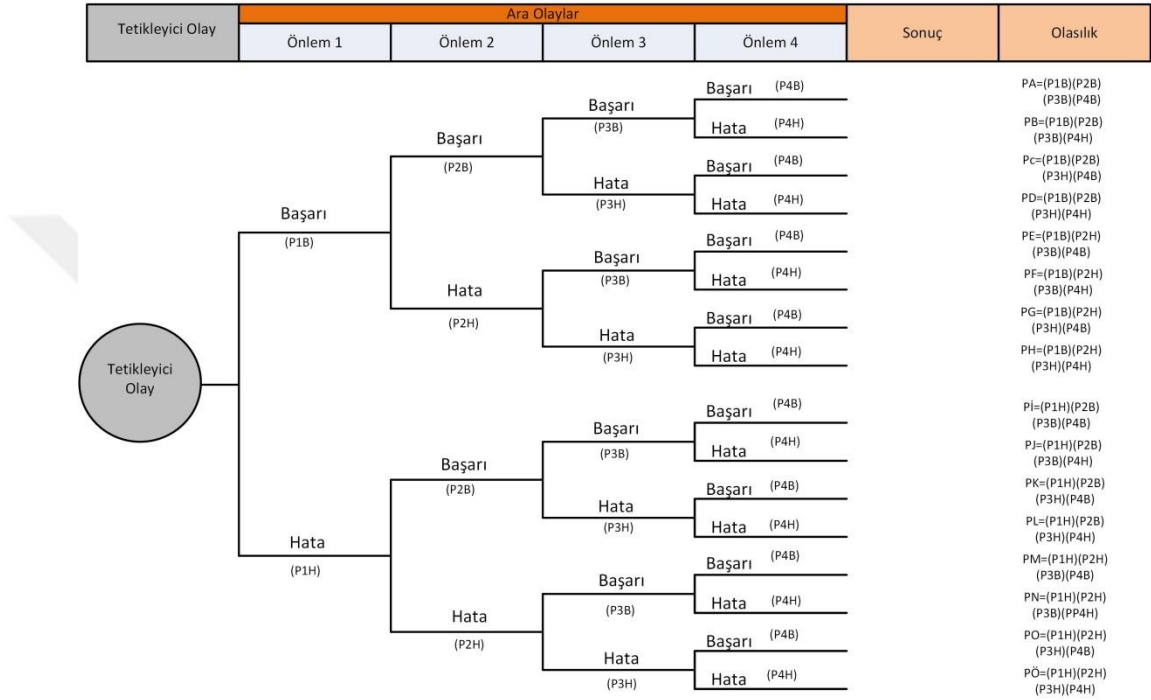
- Bir olay ağacı, herhangi bir tetikleme olayının (meydan okuma) seçilmesi ile başlar,
- Bu, bir toz patlaması gibi bir özel durum ya da doğal bir olay sonucu güç kesintisi olabilir,
- Sonuçları hafifletmek için mevcut olan sistemler ya da işlevler, daha sonra sırası ile listelenir,
- Her bir işlev ya da sistemin başarısını ya da arızasını göstermek için bir çizgi çizilir,
- Hatanın/arızanın özel bir olasılığı, örneğin geçmiş bakım verisi ya da bir hata ağacı analizi tarafından tahmin edilen koşullu olasılığı ile her bir çizgiye olasılık verilir,
- Sistem içindeki tüm güvenilir operasyonel değişimler tanımlanır. Her bir yol takip edildiğinde nihai başarı veya hataya götürür,
- Bu şekilde, ön olaydan gelen farklı yollar koşullu olasılıklardır, örneğin; yangın söndürücünün işleyiş olasılığı, normal şartlar altında yapılan testlerden elde edilen olasılık değil, patlamanın sebep olduğu yangın şartları altındaki işleyiş olasılığıdır,
- Ağacın bütünündeki her bir yol, bu yoldaki bütün olayların meydana gelme olasılığını gösterir,
- Bu nedenle her bir sonucun olasılığı, bağımsız ve şarta bağlı olasılıkların bir ürünü şeklinde temsil edilir.

Diğer yandan, bir olay ağacı ara olay senaryo tanımlamalarını gösterir ve bunu sonuçlarına göre senaryoları sınıflandırmada kullanılan bir ağaç yapısı biçiminde sunar. Olay ağacının başlıca elemanları; tetikleyici olay, ara olaylar ve sonuç durumları ya da çıktılardır. Bu bileşenlerin ışığında ağaç yapısı, gerçekleşen veya gerçekleşmeyen tetikleyici olaydan doğan mümkün senaryoları gösterir. Ağaç yapısı boyunca ilerleyen her bir yol ayrı bir senaryo meydana getirir. (Ericson, 2015).

Olay ağacı analizi, yukarıda anlatıldığı gibi, herhangi bir tetikleyici olayın seçilmesi ve bu olay için önlemler ile önleme olasılıklarının belirlenmesi ile başlar. Hesaplamalarda pratiklik açısından başlangıç olayının yani tetikleyici olayın olasılığı “1” olarak alınabilir. Tetikleyici olay için belirlenen önlemlerin yani ara olayların başarı/hata, evet/hayır, açık/kapalı gibi sadece iki durumlu olarak tasarlandığı sistemlerde olay ağacı iki kollu bir durum alacaktır. Bu durumda, bir sonraki olayın gerçekleşip gerçekleşmemesine göre her bir kol ikiye ayrılacaktır. Bir sonraki olayın neticesine göre arkada kalan kollar yine iki kol şeklinde devam edecektir. Bu işlem sistem üzerindeki tüm olaylar inceleninceye kadar bu şekilde devam edecektir. Olay ağacı üzerinde birbirini takip eden kollar analizciyi her biri ayrı sonuca ulaştıracaktır. Olay ağacının sağ tarafındaki her sonucun olasılığı, bu sonuca giden tüm kolların olasılıklarının çarpımına eşit olacaktır. Diğer yandan, istatistik bilimindeki genel olasılık kuralı uyarınca sistemin tüm kollarının olasılıkları toplamı 1’e eşit; yani $P_{\text{başarı}} + P_{\text{hata}} = 1$ olacaktır. Ayrıca, yaygın fakat herhangi bir bağlayıcılığı bulunmayan görüşe göre, sistemin başarısını/hatasını belirleyen ara olaylardan birincisinin başarısızlıkla sonuçlanan kolu aşağıya doğru çizilir ve bu sonuç “başarısız” veya “hata” olarak değerlendirilir. Bir tetikleyici olayı içeren ve bu olay için 4 önlem seçilerek oluşturulan örnek bir olay ağacı analizi akış çizelgesi ve sonuçların olasılıklandırılması Şekil 3.5’te gösterilmiştir. Sistem, 4 önlemlilik olduğundan, $2^4 = 16$ adet farklı olasılığa sahip sonuç verecektir.

Olay ağacı analizi, bünyesinde çok sayıda kazaya dönüşme potansiyeli bulunduran riskler içerdiğinden ve bu risklerin kazaya dönüşmemesi için alınması gerekli önlemlerin uygulanmasının çok büyük önem arz ettiği yeraltı kömür madenciliğinde, söz konusu bu önlemlerin alınmasıyla/alınmamasıyla başlangıçtaki

risk in ne oranda kabul edilebilir risk olacağını veya ne oranda kazaya dönüşme potansiyeli bulunduğunu sayısal olarak ifade ettiğinden rahatlıkla uygulanabilir bir yöntemdir. Yeraltı kömür madenciliğinde, tetikleyici olaylara örnek olarak; grizu patlaması, ocağı su basması veya nakliyat vagonunun çalışanlara çarpması olayları gösterilebilir.



Şekil 3.5 Olay ağacı analizi ve sonuçların olasılıklandırılması

Olay ağacı analizinin üstünlükleri şöyle sıralanabilir (Ericson, 2015):

- Yapısal, kesin ve sistematik bir yaklaşım sunar,
- Çalışmaların büyük bir kısmı bilgisayar kullanılarak yapılabilir,
- Tasarım detaylarının çeşitli aşamaları üzerinde etkili bir şekilde uygulanabilir,
- Neden-Sonuç ilişkilerini ortaya koyan görsel bir model sunar,
- Öğrenilmesi ve uygulanması göreceli kolaydır,
- Kompleks sistemsel ilişkileri anlaşılabilir bir düzeyde modeller,
- Sistem sınırları içerisinde hatalı/başarısız kollar izlenebilir,
- Donanımsal, yazılımsal, çevresel ve beşeri ilişkiler etkileşim içerisinde,
- Olasılıksal değerlendirmeye uygundur,
- Ticari yazılımı mevcuttur.

Olay ağacı analizinin kusurlu yönleri ise şöyle sıralanabilir (Ericson, 2015):

- Bir olay ağacı analizi sadece bir tetikleyici olay için oluşturulabilir. Bu nedenle, birden çok tetikleyici olayın sonuçlarını değerlendirmek için birden çok olay ağacı oluşturulması gereklidir,
- Olaylar modellenirken sistem değişkenleri gözden kaçabilir,
- Kısmi başarı/hatalar farkedilemeyebilir,
- Yöntem, deneyimli bir analizciye gerek duyar.

3.4.8 Hata Ağacı Analizi (FTA)

Hata ağacı analizi (FTA), istenmeyen bir olayın meydana gelme olasılığını ve kök nedenlerini belirlemede kullanılan bir sistem analiz tekniğidir. Bu analiz, karmaşık ve dinamik sistemleri kavramak ve olası problemleri önlemek için kullanılır. Hata ağacı analizi, analizciye analiz basamaklarını uygulayarak istenmeyen bir olay meydana getirebilecek hata ağaçlarının özel kombinasyonlarını modellemesine olanak sağlar. İstenmeyen olay, sistemsel bir tehlike veya kaza olabilir (Ericson, 2015).

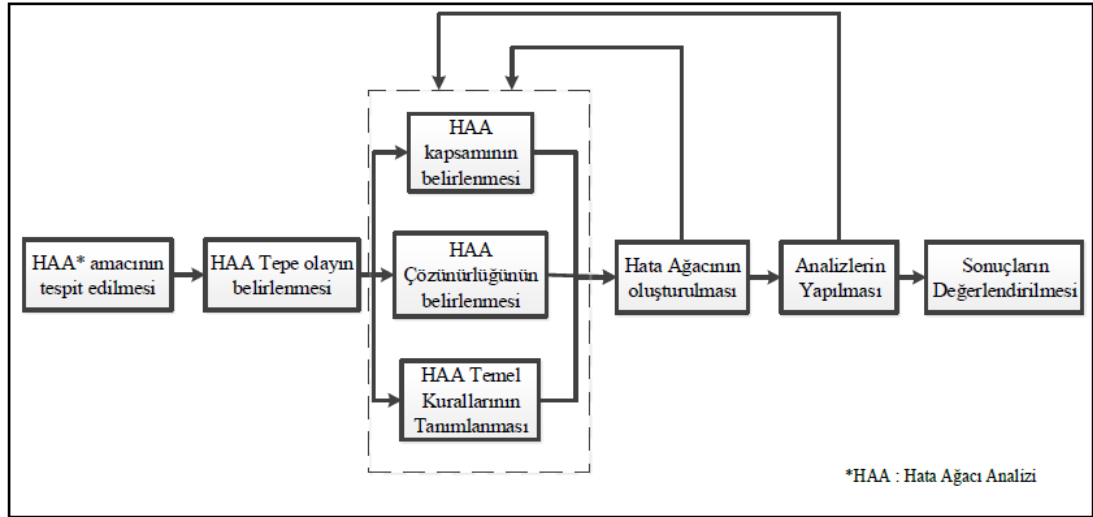
Bir hata ağacı, istenmeyen bir olay veya duruma yol açan bir sistemde meydana gelen hem hatalı hem de normal olası olayların çeşitli kombinasyonlarını mantıksal ve grafiksel olarak sunar. Analiz, genel problemten özel durumlara doğru ilerlediği için tündengelim özelliğine sahiptir. Olay ağacı, sadece bir istenmeyen olaydan olası kök nedenlerin hepsine doğru mantıksal hata yolları geliştirir. Olay ağacının avantajları, yöntemi anlamının ve kavramanın kolay oluşu ile araştırılan bir problemin olası tüm nedenlerini gösterebilmesidir (Ericson, 2015).

Hata ağacı analizi kavramı (FTA), 1962 yılında Bell Telefon Laboratuvarlarında, Minutemen kıtalararası balistik füze hedefleme kontrol sisteminin güvenlik değerlendirmesini gerçekleştirmek amacıyla dizayn edilmiştir (Özkılıç, 2014). Bir hata ağacı tasarlanırken, bir grup sembol kullanılır. Hata ağaçlarında, olaylar (kök nedenler) ve mantıksal kapılar temel kavramlardır. Hata ağacı analizinde bir VE - VEYA yaklaşımı benimsenmiştir. Bir olay ya oluşuyordur ya da oluşmuyordur. Daha

sonra olay ifadesi “doğru” veya “yanlış olarak belirtilebilir. Bu aynı zamanda ikili mantığın ve yanlış veya doğru şeklinde değer alan cebirin uygulanabileceği anlamına gelen mantıksal değerler “1” ve “0” şeklinde de ifade edilebilir (Özkılıç, 2014).

Bir hata ağacı, hataya (üst durum) giden yolları ya da potansiyel nedenleri kalitatif olarak tanımlamak için kullanılabilir. Ayrıca yine hataya neden olan durumların olasılıklarının da kullanılması vasıtasıyla analizi yapılmak istenen üst olayların meydana gelme olasılığını kantitatif olarak hesaplamak için de kullanılabilir. FTA'nın amacı hataların gidiş yollarını, fiziksel ve insan kaynaklı hata olaylarını sebep olacak yolları tanımlamaktır. FTA, belirli bir hata olayı üzerine odaklanan analizci bir tekniktir. Daha sonra muhtemel alt olayları mantıksal bir diyagramla şematize eder. Grafik olarak insan ya da malzeme kaynaklı hasarların muhtemel kombinasyonlarını oluşturur. İhtimallerini ortaya çıkarabileceği önceden tahmin edilebilen istenmeyen hata olayını (zirve olay) grafik olarak gösterir. FTA, çok geniş kapsamlı olarak kullanılabilirlik, güvenlik ve risk analizinde kullanılır. FTA kantitatif bir teknik olarak bir hatayı alt bileşenlerine ayırarak onu irdelediği için kullanışlıdır. Bu şekilde sistemi oluşturan her bir parçanın modifiye edilmesi, çıkarılması ya da elde edilmesine olanak sağlar. FTA; tanımlamada, tasarımda, modifikasyonda, operasyonda, destekli kullanımda ya da bir proseste bir sistem için kullanılabilir (Özkılıç, 2014).

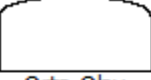
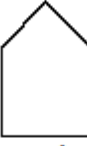
Hata ağacı analizi Şekil 3.6.'da belirtildiği üzere başlıca sekiz adımdan oluşmaktadır. Bunlar ilk olarak analizin amacının tespit edilmesi ve buna göre tepe olayın belirlenmesidir. İlk beş adım problemin tanımlanması, kalan adımlar ise hata ağacının oluşturulması, analizlerin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi adımlarıdır. Bütün adımlar bir sıra ile yapılırken, üçüncü-beşinci adımlar eşzamanlı uygulanır (Direk, 2016).

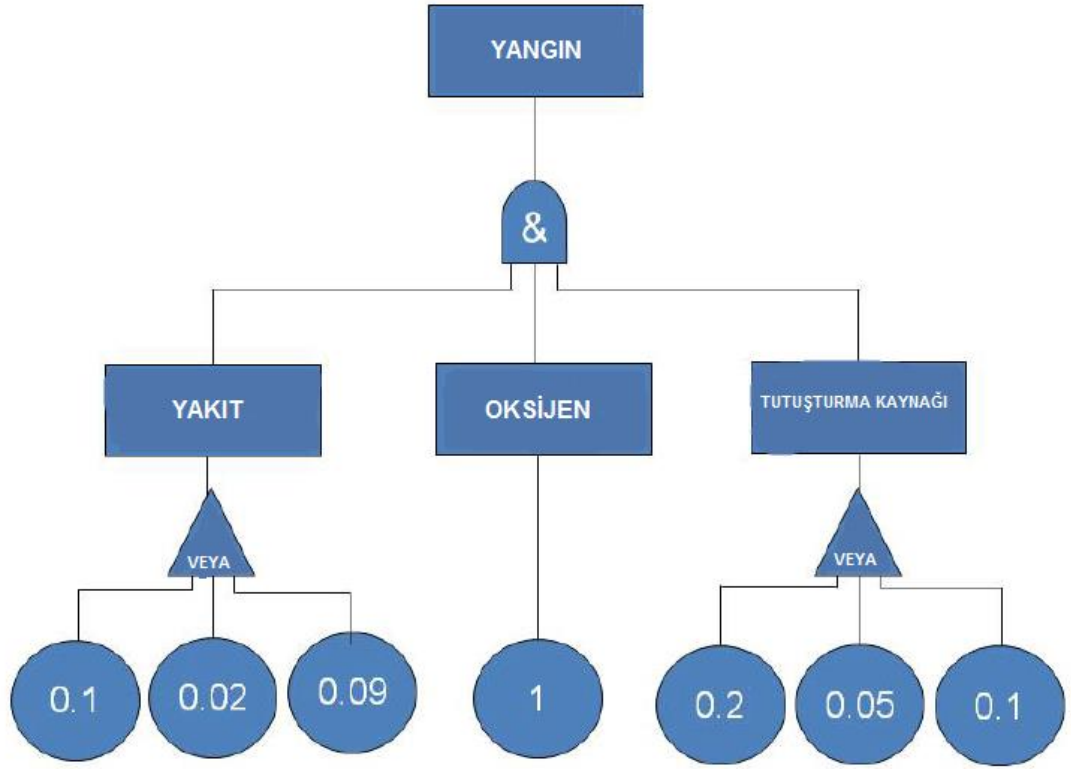


Şekil 3.6 Hata ağacı analizi akış şeması (Direk, 2016)

Hata ağacı oluşturulurken ilk olarak istenmeyen olay belirlenir ve bu ağacın tepe olayı olur. Tepe olay belirlenirken mevcut durum iyi bir şekilde anlaşılmalı ve analiz edilmelidir çünkü analizin başarısı ilk olarak buna bağlıdır. Tepe olay belirlendikten sonra bu olaya neden olan alt olaylar belirlenir ve bunlara ‘birincil olaylar’ denir. Birincil olaylar analiz kapsamında çeşitli şekillerde gösterilmektedir. Tepe olay ve diğer olaylar arasındaki bağlantılar ise kapılar aracılığı ile sağlanmaktadır. Kapılar girdi ve çıktı olaylar arasındaki ilişkileri gösterir. Hata ağacı analizinde temel olarak iki kapı bulunmaktadır; Ve-Kapısı ve Veya-Kapısı. Diğer kapılar temel olarak bu iki kapının geliştirilmesi ile oluşturulmuştur. Ve-Kapısı ile bağlı olayların hepsinin başarısız olması durumunda çıktı olay, yani hata ağacında bir üst seviyedeki olay oluşur ve Boolean cebirine göre “+” ile temsil edilir, bu kapının bağladığı olayların olasılıkları toplanır. Veya-Kapısı ise bağladığı çıktı olayların en az birinin meydana gelmesi durumunda çıktı olayın oluşması şeklinde tanımlanır ve Boolean cebirine göre “•” ile temsil edilir ve çıktı olayların olasılıkları çarpılarak olasılığı bulunur (Direk, 2016). FTA’da kullanılan olaylar ve kapılar Tablo 3. 14’te sunulmuştur.

Tablo 3.14 Hata Ağacı analizinde kullanılan olaylar ve kapılar (Direk, 2016)

Olaylar	Açıklama
 Temel Olay	Temel olay daire şeklinde gösterilir ve daha fazla ilerleme veya geliştirme gerektirmeyen olay anlamına gelmektedir.
 Gelişmemiş Olay	Karo şeklinde gösterilen gelişmemiş olay tamamlanmamış olay anlamına gelmektedir. Yeterli veri olmadığı için veya başka bir sebeple olayın geliştirilemediği anlamına gelmektedir.
 Orta Olay	Dikdörtgenle gösterilen orta olay, mantık kapıları arasında bir veya daha fazla öncül olayı bağlar.
 Ev-Olayı	Ev olayı meydana gelir veya meydana gelmez veya var-yok şeklinde kesin olarak belirlenebilecek bir olay tipidir, bu nedenle olasılığı 1 veya 0'dır.
 VE Kapisi	Çıktı olayın oluşabilmesi için Ve-Kapısıyla bağlanan bütün olayların oluşması gerekir
 VEYA Kapisi	Çıktı olayların en az bir tanesinin oluşması girdi olayın oluşmasına neden olur.
 Kombinasyon	Kombinasyon kapısıyla bağlanan n olaydan k tanesi (n/k) gerçekleşirse girdi olay oluşur.
 Transfer Kapisi (Subdiagram)	Bu işaret hata ağacının devam ettiğini ve başka bir sayfada gösterildiğini belirtmektedir.



Şekil 3.7 Yangın için hata ağacı analizi tasarımı (NEBOSH National Diploma, 2018)

Yangın olayının hata ağacı ile analizine örnek bir uygulama Şekil 3.7’de görülmektedir. Bilindiği gibi, yangının meydana gelmesi için yakıt, oksijen ve tutuşturma kaynağı olmak üzere üç bileşene ihtiyaç vardır. Yangın oluşumu için bu üç kaynağın ortamda aynı anda olması gerektiğinden, istenmeyen tepe olay ile üç olay Ve-kapısı ile bağlanmıştır. Örnekte, yakıt ve tutuşturma kaynağı için üçer kaynak olabileceği tasarlanmış ve bunlar Veya-kapısı ile yukarıya bağlanmıştır. Oksijen için ise tek bir kaynak olabileceği tasarlanmıştır. Hata ağacı analizinin aynı zamanda kantitatif bir teknik olması nedeniyle, tasarlanmış olan birincil olayların olma şanslarına olasılık değerleri atanmıştır. Buna göre, yakıt kaynaklarına sırasıyla; 0,1, 0,02 ve 0,09 değerleri; tutuşturma kaynağının kaynaklarına sırasıyla; 0,2, 0,05 ve 0,1 değerleri atanmıştır. Oksijen için ise, daima atmosfer içinde bulunmasından dolayı 1 değeri atanmıştır. Yakıt kaynaklarının olasılıklarının toplanmasıyla $(0,1 + 0,02 + 0,09)$ ortamda yakıt varlığının olasılığı 0,21 olarak; tutuşturma kaynağının kaynaklarının olasılıklarının toplanmasıyla $(0,2 + 0,05 + 0,1)$ ortamda tutuşturma kaynağının varlığının olasılığı 0,35 olarak hesaplanır. Ortamda oksijenin bulunma olasılığı ise 1’dir. Sonraki adım ise Veya-kapısı ile bağlanan söz konusu üç olayın

olasılıklarının çarpılmasıdır. Bu işlem sonucunda $(0,21 \times 1 \times 0,35)$ 0,0735 değeri bulunur. Dolayısıyla, istenmeyen olay olan yangın olayının hata ağacı analizi ile meydana gelme olasılığı 0,0735 olarak hesaplanır.



BÖLÜM DÖRT

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önceki bölümlerde iş kazası, iş güvenliği, risk değerlendirmesi ve bu kavramların madencilik sektörü ile bağıntılarından bahsedilerek ayrıntıları üzerinde durulmuştur. Bu bölümde ise, yapılan literatür araştırması ile söz konusu bu konular üzerinde daha önceden yapılmış çalışmalara yer verilerek bu çalışmalar kısaca açıklanmıştır.

Tamzok (1978) tarafından yapılan çalışmada, çalışma koşulları itibari ile kömür madenciliğinin diğer iş kollarından farklı olduğu gibi kendi içinde de büyük farklılıklar göstereceği söylenerek iş kazalarının karşılaştırılmasının işçi sayısına veya üretim miktarına göre yapıldığı ancak, çalışan işçi sayısına göre yapılan karşılaştırmaların daha güvenilir sonuçlar verdiği belirtilmiş ve ayrıca madenlerde iş kazalarını azaltmak için önerilerde bulunulmuştur.

Clanzy (1979) tarafından yapılan çalışmada, dünyada kömür madenciliğinin geçmişi ve mevzuat gelişimi değerlendirilmiş, istatistiklerden iş güvenliğinin en iyi olduğu yıllar olarak belirlenen 1936 ve 1977 yılları iş kazaları bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmada insan faktörünün etkisine ve yeraltı çalışanlarının eğitimi ile iyi yetiştirilmesinin iş kazalarını önemli oranda azaltacağına vurgu yapılmıştır.

Hussain (1984) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Pakistan madencilik sektöründeki kazaların istatistiksel analizi sunulmuş ve beş yıllık bir periyot (1978-1982) içinde Pencap ve Belicistan eyaletlerinde oluşan ölümlü ve önemli kaza sonuçları ortaya konulmuştur.

Arıoğlu ve Arı (1990)'nın gerçekleştirdiği çalışmada, ülkemiz taşkömürü madenciliğinin iş kaza büyüklüklerinin (ölü, yaralı sayılan, 10 ton üretim başına ölü, yaralı sayıları, kaza sıklık oranları) Avrupa ülkeleri karşısında düzeyini belirlemek amacıyla, Zonguldak Havzasında (1941-1987) meydana gelen iş kazalarının ayrıntılı bir istatistiksel analizi yapılmıştır. Ayrıca; iş kazalarını en azından 1-2 yıl içinde

belirli bir ölçüde Avrupa ülkeleri standartları ile uyumlu olabilecek düzeylere getirmek için alınması gereken teknik ve idari önlemler topluca verilmiştir.

Buzkan ve Buzkan (1990) tarafından yapılan çalışmada, dünyada iş kazaları açısından kömür madenciliğinin ilk sıralarda yer almakta olduğu belirtilmiştir. Zonguldak taş kömürü havzasının ise, ilkesiz iş kazaları payı açısından önemli bir yer tuttuğundan bahsedilmiş ve çalışmada önce havzanın tanımı yapıp, madencilik iş kazalarının hukuki yönü ve türleri belirtilmiştir. Daha sonra, havzadaki iş kazalarının dökümü ve analizinde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Son olarak, havzadaki iş kazalarının ölüm oranlarını etkileyen faktörler tanımlanmış, bazı model denklemler kurulmuş ve tüm bu bilgiler ışığında eldeki veriler tartışılmıştır.

Köse, Şenkal ve Aközel (1990) tarafından yapılan çalışmada, madenlerde oluşan iş kazalarının sayısının, işçi yoğunluğu, jeolojik koşullar, uygulanan teknoloji, işçi eğitimi seviyesi, iş güvenliği kurallarının iyi uygulanması ve denetim mekanizmasının iyi çalıştırılması gibi faktörlere bağlı olduğu söylenerek yeraltı işletmelerinde iş kazalarının çok olmasının, kaza önleme çalışmalarına daha fazla ağırlık verilmesini gerekli kıldığı belirtilmiştir. Ayrıca, Tunçbilek Bölgesi Yeraltı İşletmelerinde son 6 yıl içerisinde oluşan iş kazaları araştırılarak sonuçların bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Güyağüler ve Bozkurt (1992) tarafından yapılan çalışmada, kömür madenciliğinde meydana gelen iş kazalarının nedenleri, alınması gerekli önlemler ile iş kazalarının maliyetleri ortaya konulmuştur. Ayrıca iş güvenliği masrafları ile maliyet arasındaki ilişki ile işletme düzeyinde fayda-maliyet analizi konuları incelenmiş ve 1990 yılı itibarıyla ülkemizdeki durum tartışılmıştır.

Akçın ve Hamarat (1994) tarafından hazırlanan çalışmada, TTK'da meydana gelen iş kazası ve meslek hastalıklarının hukuki ve mali yönleri araştırılmıştır. İlk önce, yıllar itibarıyla şahısların ve SSK' nın açtığı tazminat davaları incelenmiştir. Daha sonra, dava sonuçlarına göre TTK' nın ödemesi gereken tazminat miktarları ile bu tazminat miktarlarının kömür maliyetine olan katkısı belirlenmiştir.

İstanbuluoğlu (1999) tarafından yapılan çalışmada, kömür madenciliğinin bütün ülkelerde iş kazalarının en fazla olduğu faaliyet gruplarından birisi olduğundan bahsedilmiş, iş kazalarının çok olmasının bu faaliyet grubundaki kazaların daha yakından izlenmesini, değerlendirilmesini ve kaza önleme çalışmalarına daha fazla ağırlık verilmesini gerektirdiği belirtilmiştir. Çalışmada, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'nda son 16 yılda olan iş kazalarının istatistikleri verilmiş ve değerlendirilmiştir. Son 16 yılda, yıllık kaza sayısının 5 kat, kaza sıklık oranlarının (KSO) ise 3 kat azaldığı ortaya konulmuştur. Kaza sayılarındaki bu önemli azalmaya karşın kaza sonrası olan ölümlerin yıllık sayılarında, ne yazık ki, aynı başarının elde edilemediği söylenmiş olup ölümlerin en önemli nedeninin, trafik kazaları olduğu ortaya konulmuştur.

Kleczek, Malec ve Szczerbinski, J. (1999) tarafından yapılan çalışmada, Polonya madencilik endüstrisi yeraltı madenlerinin riskleri sınıflandırılarak son 10 yıl içerisinde meydana gelen iş kazaları irdelenmiştir.

Maiti ve Bhattacharjee (1999) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, maden işçilerinin hem bireysel hem de işyeri koşullarından doğan kaza riskleri değerlendirilmiş ve iki koşulun da maden işçilerinin kazalanmasında önemli etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Yılmaz, Şirin, Kılıç ve Kılıç (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, hızla sanayileşmekte olan ülkemizde iş güvenliğine yeterli özenin gösterilmediği ve iş kazalarının sayısı bakımından ülkemizin Avrupa ülkeleri arasında birinci sırada olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, Doğu Linyitleri İşletmesi'nde (DLİ) 1987-1998 yılları arasında meydana gelen iş kazası istatistikleri sunularak bu kazaların incelemesi gerçekleştirilmiştir.

Özfırat (2001) tarafından yapılan çalışmada, TKİ-ELİ-Eynez yeraltı linyit ocağında, manuel ve mekanize sistemde 1992-2000 yılları arasında oluşan iş kazaları saat dilimine, haftanın günlerine, çalışma aylarına, kazalanan organa ve yaş

gruplarına göre sınıflandırılarak belli kriterlere göre istatistikleri hazırlanmıştır. Ayrıca manuel sistem ve mekanize sistemde meydana gelen iş kazaları incelenmiştir.

Arık ve Akçın (2002) tarafından yapılan çalışmada, iş kazasının tanımı ve nedenleri üzerinde durulmuş, iş kazalarının önlenmesinin ergonomi ile ilişkisinden bahsedilmiş ve iş kazası önleme tekniği olan iş Güvenliği Analizi Tekniği'nin ahşap tahkimatlı uzunayak çalışmasında kazı işlerine uygulanması ortaya konulmuştur. Çalışmada ayrıca Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK) yeraltında meydana gelen iş kazalarının yorumları yapılmıştır.

Sarı (2002) tarafından yapılan doktora çalışmasında, GLİ-Tunçbilek ve ELİ-Eynez ocaklarına ait yedi yıllık kaza verisi kullanılarak kaza verilerinin istatistiksel bir ön analizi yapılmış ve ocaktaki en tehlikeli yerler, kaza türleri, kazalının sanat kolu, etkilenen uzuv ve kazalının yaş aralığı tespit edilmiştir. Çalışmada bir risk analiz metodolojisi geliştirilerek iki yeraltı kömür ocağında uygulanmıştır. Risk denkleminde sıklık ve şiddet şeklinde temsil edilen iki değişkene ait uygun ölçekler ortaya konulmuş ve kaza verisindeki her bir değişken için risk matrisleri oluşturulmuştur.

Bajpayee, Rehak, Mowrey ve Ingram (2003) tarafından yapılan çalışmada, birtakım ciddi kazalanma riskleri tanımlanmış, bunlara yol açıcı faktörler analiz edilmiş ve önleyici tedbirlerden bahsedilmiştir. 1978-1998 arasındaki 21 yıl boyunca açık ocaklardaki patlatma kaynaklı kazaların (ölümlü olan veya olmayan) açık ocak kömür madencilik kazalarının %8,86'sını; açık ocak metalik madenlerdeki toplam kazaların ise %10,76'sını oluşturduğu ortaya konulmuştur.

Shahriar, Bakhtavar ve Saeedi (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, İran'daki kömür madenlerinde 1997-2005 yılları arasında meydana gelen ölümlü veya yaralanmalı kazaların sayısı verilerek bu kazaların nedenleri araştırılarak ortaya konulmuştur. Ayrıca, üretim ile kaza harcamaları arasında ilişki belirlenmiş ve her bir ton kömür üretimi için 75 sent olduğu ortaya konulmuştur.

Ural ve Demirkol (2008) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye maden endüstrisindeki kaza istatistikleri ortaya konulmuş ve önde gelen ülkelerin istatistikleriyle karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmada Türkiye’de maden endüstrisindeki değerlerin, önde gelen ülkelerle kıyaslandığında, en yüksek kaza oranlarına ve ölümlü iş kazası sayısına sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, açık maden ocaklarında ölümlü iş kazalarının en sık olarak patlatma işlemlerinde rastlandığı ve en yüksek kazalanma riskinin 40 yaşının altındaki işçilerde bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Fişne (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Zonguldak Taşkömürü Havzası’ndaki ocaklarda çalışanların maruz kaldıkları gürültü seviyeleri tespit edilerek, ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmış ve çalışanların işitme kaybı riskini değerlendirilmiştir.

Hong, Lee, Shin, Nam ve Kong (2009) tarafından yapılan çalışmada, Han Nehri altında gerçekleştirilen tünel açma operasyonundaki risklerin değerlendirilmesi amacıyla olay ağacı analizi tekniği kullanılmıştır. Analiz sonuçları ve literatür çalışmasının ardından, “kötü zemin şartları”, “yeraltı suyu basıncı” ve “yüksek yağış miktarı” olayları mevcut sahadaki çalışmada tetikleyici olaylar olarak belirlenmiştir. Çalışmada, bu olaylardan kötü zemin şartları sebebiyle kaza meydana gelme olasılığı 0,59 olarak; yeraltı suyu basıncı sebebiyle kaza meydana gelme olasılığı 0,56 olarak ve yüksek yağış miktarı sebebiyle kaza meydana gelme olasılığı ise 0,46 olarak bulunmuştur.

Ersoy, Eleren ve Şimşek (2009) tarafından yapılan çalışmada, mermer ocakçılığında en önemli risklerin belirlenmesi amacıyla HTEA analizi uygulanmış ve sonuç olarak risk önem düzeyine göre ilk on risk düzeyi seçilmiştir. Bunlardan ilk üçü sırasıyla "Elmas Tel Kesme-Normal Kesimindeki Riskler", "Bloğun Sayılanması- Yüzey Kesimindeki Riskler" ve "Kollu Kesiciyle Kesme-Rayların Sökülmesi ve Taşınması Aşamasındaki Riskler" in oluşturduğu saptanmıştır. İlk on riskin sebeplerinin belirlenmesi ve azaltılması için hangi önlemler alınması gerektiği araştırılmıştır.

Aslan (2009) tarafından yapılan çalışmada, Çeklist Yöntemi temelinde geliştirilen risk analiz yöntemi ile Bilecik Yöresinde faaliyet gösteren 15 mermer işletmesi için mevcut tehlikeler belirlenmiştir. Mermer işletmelerindeki mevcut tehlikeler için risk skorları hesaplanmış ve risk skorlarının istatistiksel parametreleri belirlenmiştir. Mermer işletmelerinde mevcut tehlikeler için risk skorları, kontrol grafikleri yardımıyla gözlemlenmiş ve riskli işletmeler ile risk kaynakları belirlenmiştir. Yüksek risk oluşturan kaynakların ortadan kaldırılabilmesi veya risklerin en küçüklenebilmesi için alınması gerekli olan önlemler belirlenmiştir.

Dağ (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Park Elektrik Siirt Madenköy Bakır İşletmesi'ndeki iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına yer verilmiş olup olası riskler değerlendirilmiştir.

Olçaytu (2011) tarafından yapılan yüksek lisans çalışmada, bir kum ocağında bulunan tehlike ve riskler L Tipi Matris yöntemi ile değerlendirilmiştir. Tespit edilen tehlikeler; personele eğitim verilmemesi, ocak sahasında personelin kişisel koruyucu donanım kullanmaması, eski ekipmanlarla çalışılması, çalışma esnasında gürültü, toz, titreşim oluşması ve sahaya yabancı kimselerin girmesi olarak tanımlanmıştır. Riskler ise iş kazaları, meslek hastalıkları, yaralanma, sakat kalma, mali kayıplar ve işlerin aksamasıdır olarak belirlenmiştir. Kabul edilebilir seviyelerin üzerinde kalan riskler ise titreşim, gürültü ve toz ölçümünün yaptırılmaması ve kişisel koruyucu donanımların koruyuculuk seviyesinin tespit edilememesi olarak ortaya konmuştur.

Keleş (2012) tarafından yapılan çalışmada, iş kazalarını önlemek amacıyla maden sektöründe kullanılmak üzere bir risk değerlendirme yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda; tehlikelerin sınıflandırılması için L tipi risk değerlendirme karar matrisi kullanılmıştır. Ayrıca güvenlik denetimi yöntemi de kullanılarak tehlikelerin ve risklerin belirlenmesi için veri madenciliği oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada; bölümlerin tehlike ve riskleri, bu risklerin mevcut durumu ve alınacak önlemler belirtilmiştir ve açık maden ocağı işletmesinde uygulama gerçekleştirilmiştir.

Pamukçu (2015) tarafından yapılan çalışmada, tünel açma makinası ile gerçekleştirilen tünel yapımı çalışmaları sırasındaki riskleri değerlendirmek üzere olay ağacı analiz metodu seçilmiştir. Risk skorlarını belirlemek ve riskleri önceliklendirmek için ön tehlike analizi yapılmış ve söz konusu operasyondaki risk skoru en yüksek 4 risk; “kazı-tahkimat çalışması”, “jeolojik şartlardan kaynaklanan kazalar”, “yardımcı işler” ve “proje sözleşmesindeki boşluklar” olarak belirlenmiştir. Ardından ise, bu dört tetikleyici olaya, ayrı ayrı dört önlem uygulanmış ve olay ağacı analizi tekniği kullanılarak, kazı-tahkimat çalışmasından kaynaklı kazaların tamamen önlenmesi olasılığı 0,67 olarak; jeolojik şartlardan kaynaklanan kazaların tamamen önlenmesi olasılığı 0,66 olarak; yardımcı işlerden kaynaklanan kazaların tamamen önlenmesi olasılığı 0,48 olarak ve proje sözleşmesindeki boşluklardan kaynaklanan kazaların tamamen önlenmesi olasılığı ise 0,38 olarak bulunmuştur.

Özfırat, Yetkin, Şimşir ve Kahraman (2016) tarafından yapılan çalışmada, Fine-Kinney risk analizi methodu kullanılarak uzunayakta risk analizi ve değerlendirmesi yapılmıştır. Uzunayaklarda üretim sırasında uygulanan işlemler sınıflandırılmış ve bu işlemlere ait “R” risk puanları Fine-Kinney risk analizi yöntemiyle hesaplanmıştır. Özellikle grizulu kömür ocaklarında üretim yapılması sırasında grizunun tehlikeli olabilecek konsantrasyona ulaşmasını önlemeye yönelik kontrollü çalışılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Özfırat, Özkan, Kahraman, Şengün ve Yetkin (2017) tarafından yapılan çalışmada, mermer fabrikalarında meydana gelen tehlikeleri belirleyerek riskleri değerlendirmek amacıyla L tipi matris analiz tekniğinden yararlanılmıştır. L tipi matris analizinin sonuçlarına göre, mermer fabrikalarında en riskli olaylar belirlenerek olay ağacı analiziyle risk skorları hesaplanmıştır. Buna göre en tehlikeli olaylar vinç halatının aşınması ve kopması, elmas telin aşınması ve kopması ile elektrik kaçaklarından doğan riskler olarak belirlenmiştir. Olay ağacı analizine göre bu risklerden vinç halatının aşınması ve kopmasının kazaya dönüşme olasılığı 0,32312; elmas telin aşınması ve kopmasının kazaya dönüşme olasılığı 0,4536 ve elektrik kaçaklarından doğan risklerin kazaya dönüşme olasılığı 0,52488 olarak bulunmuştur.

Yapılan literatür araştırması sonucu madencilik sektörü ile ilgili daha önceden yapılmış iş kazası, iş güvenliği ve risk analizi konularını içeren ve yukarıda açıklanan 28 adet çalışma değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda ülkemiz ve dünya yerüstü madenciliğinde, yeraltı madenciliğinde ve bunlara bağlı sanayi iş kollarında meydana gelmiş iş kazaları incelenmiş, iş güvenliğinin önemi ortaya konmuş ve çeşitli risk analiz yöntemleri kullanılarak madencilikteki tehlike kaynakları ve riskler değerlendirilmiştir.

Bu doktora çalışmasında, yapılmış daha önceki çalışmalardan farklı olarak yeraltı kömür madenleri için tehlikeler ve riskler öncelikli olarak Fine-Kinney risk analiz yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Çıkan sonuçlara göre yüksek riske sahip tehlikeler Olay Ağacı Analizinde değerlendirilmiştir. Böylece yeraltı kömür madenleri için Fine-Kinney ve Olay Ağacı Analizlerinin birlikte kullanıldığı, bu alanda bilime yenilikçi bir çalışma kazandırılmıştır.

BÖLÜM BEŞ

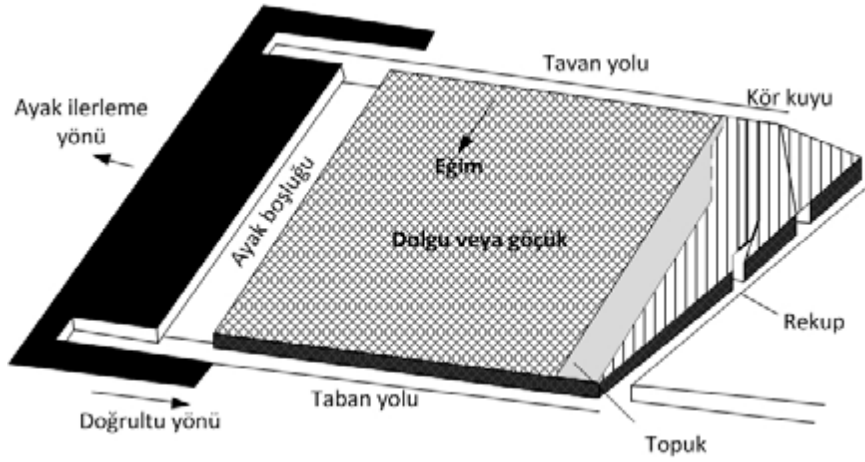
MALZEME YÖNTEM

5.1 Yeraltı Kömür Madenlerinde Tehlike Kaynaklarının Tanımlanması, Risklerin Belirlenmesi ve Sınıflandırılması

Ülkemiz yeraltı kömür madenciliğinde uzunayak üretim yöntemi en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. İster emek yoğunluğuna dayanan klasik uzunayak olsun, isterse makina ve ekipman ağırlıklı mekanize uzunayak olsun, uzunayak üretim yöntemi yeraltı kömür madenciliğinde yüzyıllardır başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Uzunayak, dar, uzun, az yükseklikte, bir taraftan cevherle diğer taraftan ya dolgu malzemesiyle ya da göçükle sınıflandırılmış bir boşluktan ibarettir. Uzunayak önceden planlanmış olan panonun ön kısmında teşkil ettirildikten sonra, enlemesine ilerletilerek panonun sonuna kadar tüm cevher kayıpsız olarak kazanılır. Uzunayak boşluğunda tavan kontrolü tahkimat ile sağlanır. Ayak boşluğu içerisinde kazı, nakliye, dolgu gibi işlemler yapılır. Bu yöntem 0,4 m. ile 4 m. damar kalınlığına ve 0° ile 40° damar eğimine sahip yataklarda uygulanır. Damar kalınlığı 4 m.'den fazla olan yataklar bu yöntemle önce dilimlere ayrılarak, ya yukarıdan aşağıya doğru göçertmeli ya da aşağıdan yukarıya doğru dolgulu olarak sırası ile kazanılırlar (Köse ve Tatar, 2003).

Uzunayak ilerletimli, geri dönüşlü veya her ikisinin kombinasyonu şeklinde uygulanabilir. İlerletimli ayakta, damar içi galerileri başyukarı ile panonun hemen başında birleştirilir ve panonun sonuna doğru hem kazı içi hem de galeri ilerleme içi birlikte sürdürülür (Köse ve Tatar, 2003). İlerletimli uzunayak üretim yönteminin gösterimi Şekil 5.1'de görülmektedir. Geri dönüşlü uzunayakta ise damar içi galerileri panonun sonuna kadar sürülür, sonunda başyukarı ile birbirleriyle birleştirildikten sonra, ters yönde panonun başlangıcına doğru kazı işlemi ilerletilir (Köse ve Tatar, 2003).



Şekil 5.1 İlerletimli uzunayak üretim yöntemi (Şimşir, 2015)

Klasik uzunayak yöntemi kazı işlemlerinin emek yoğun, insan marifetiyle, tahkimat sistemlerinin ise ahşap ve/veya çelik direk malzemeleri ile gerçekleştirildiği; mekanize uzunayak yöntemi ise kazı işlemlerinin tamburlu kesiciler vasıtasıyla yüksek verimde yapıldığı, tahkimat işlemlerinin ise yürüyen tahkimatlarla gerçekleştirildiği üretim yöntemidir.

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, klasik uzunayak yöntemi ile tam mekanize uzunayak yönteminin farklılıkları özellikle üretim aşamalarının kazı ve tahkimat bölümlerinde ve kısmen de nakliyat bölümlerinde mevcut olup diğer bölümlerde tehlike kaynaklarının ve risklerin birbirine benzer hatta aynı olduğu söylenebilir.

5.1.1 Klasik Uzunayak Yönteminde Tehlikelerin Tanımlanması ve Risklerin Belirlenmesi

Klasik uzunayak yöntemi, yeraltı kömür madenciliğinde uzunayak üretim yönteminin geliştirilmesiyle beraber uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntemde, yerüstünden desandre, galeri ve kuyulardan birisiyle veya birkaçıyla kömür damarına ulaşıldıktan sonra damar içinde birbirine paralel açılan iki yolun birleştirilmesiyle oluşturulan üretim panoları içerisinde meydana getirilen uzunayaktan ileriye doğru

veya geriye doğru kömürün kazılması ve buna müteakip işlemlerin devam ettirilmesiyle üretim gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde kömür kazısı ve ayağın ilerletilmesi delme-patlatma işlemi ve el martopikörleri ile olmakta, tahkimat işlemleri ahşap veya çelik direklerle sağlanmakta, kömürün nakliyesi ise ayak içerisinde zincirli konveyör, nakliyat yollarında ise başlıca vagon ve/veya banth konveyörlerle gerçekleştirilmektedir.

Tablo 5.1’de görüldüğü üzere, klasik uzunayak yöntemi ile ilgili olarak havalandırma, merkezi gaz izleme, gaz seviyeleri, tahkimat, üretim, nakliyat, ferdi kurtarıcı maske, yeraltı suyu ve su atımı, kaçamak yolu, kömür tumbası ve tali havalandırma olmak üzere toplam 11 adet tehlike kaynağı tanımlanmış ve bu tehlikelerden doğabilecek riskler belirlenmiştir. Bu aşamada, yeraltı çalışmalarının üretim, tahkimat, nakliyat gibi ana konuları yanında, bu üretim faaliyetlerine yardımcı konular olarak değerlendirilebilecek tehlike kaynakları ile bunlardan doğabilecek riskler belirlenmiştir. Tehlikelerin tanımlanması ve risklerin belirlenmesi amacıyla Ege Bölgesi sınırları içerisinde Kütahya ilinin Gediz ilçesinde bulunan klasik uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ziyaret gerçekleştirilmiştir. Tehlike kaynakları ve risklerin belirlenmesinde söz konusu bu işletmede yapılan saha çalışmasından, işletmenin mevcut risk analizinden, meydana gelen iş kazalarının irdelenmesinden ve bunların yanısıra literatür araştırmasından yararlanılmıştır.

Tablo 5.1 Klasik uzunayakta tehlike kaynakları ve riskler

NO	TEHLİKE	RİSK
1	HAVALANDIRMA	1.1 Yetersiz Hava Kalitesi
		1.2 Hava Hızının Yüksek Olması
		1.3 Periyodik Ölçüm Eksikliği
		1.4 Fan Kapasitesi Yetersizliği
2	MERKEZİ GAZ İZLEME	2.1 Merkezi Gaz İzleme Sisteminin Olmaması
		2.2 Gaz Sensörlerinin Yetersizliği
		2.3 Gaz Sensörlerinin Yanlış Konumlandırılması
		2.4 Gaz Sensörlerinin Arızalanması
		2.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilememesi
		2.6 Uzman Yetersizliği
		2.7 Yazılımsal Yanlışlıklar
		2.8 Kablo Bağlantılarındaki Hasarlar
		2.9 Enerji Kesilmesi ile Sistemin Devre Dışı Kalması
3	GAZ SEVİYELERİ	3.1 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Eksikliği
		3.2 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Kalibre Edilmemesi
		3.3 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Tamir Bakım Eksikliği
		3.4 İnsan Kaynaklı Ölçüm ve Okuma Hataları
		3.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilmemesi
4	TAHKİMAT	4.1 Tavan Taşının Zayıf Olması
		4.2 Tahkimat Dayanımının Hesaplanmasında Yanlışlık
		4.3 Tahkimat Malzemelerinde Eksiklik, Kusur
		4.4 Tamir Bakım Eksiklikleri
		4.5 Ayak Arkasının Oturmaması
		4.6 Tahkimat İşlemleri Sırasında Çevre Güvenliğinin Alınmaması
		4.7 Tahkimat İşlemleri Sırasında Dikkatsizlik
5	ÜRETİM	5.1 Üretim Yönteminin Yanlış Seçilmesi
		5.2 Ayak ve Pano Boylarının Yanlış Seçilmesi
		5.3 Üretim Sırasında Göçük Meydana Gelmesi
		5.4 Delme-Patlatma İşlemleri Sırasında Kazalanma
		5.5 Kazı Arınından Blok Kömür Devrilmesi
		5.6 Tavan Kamalarının Kırılması
		5.7 Ayak İçindeki Rastgele Konulmuş Malzemeler
		5.8 Grizu Patlaması (Metan Yüzdesi Yüksek)
		5.9 Kömürün Endojen Yanması (Yüksek Oksidasyonlu)
		5.10 Ani Gaz Geliri

Tablo 5.1 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK
6	NAKLİYAT	6.1 Tahkimat Malzemelerinin Taşınması Sırasında Kazalanmalar
		6.2 Desandre Vinci Halatının Kopması
		6.3 Vagonun Çalışanlara Çarpması
		6.4 Zincirli Konveyöre Büyük Kömür ve Yantaş Parçası Düşmesi
		6.5 Zincirli Konveyöre Kol, Bacak vs Uzun Kaptırma
		6.6 Bant Konveyöre İşçinin Binmesi
		6.7 Nakliye Sireninin Çalmaması
7	FERDİ KURTARICI MASKE	7.1 Çalışanın Yanına Alınmaması
		7.2 Kullanımının Bilinmemesi
		7.3 Kullanım Süresinin Yetersiz Olması
		7.4 Kullanım Süresinin Dolmuş Olması
8	YERALTI SUYU VE SU ATIMI	8.1 Eski Üretim Alanları ile Arada Topuk Bırakılmaması Sonucu Ani Su Geliri İle Ocağı Su Basması
		8.2 Kontrol Sondajlarının Yapılmaması
		8.3 Ocağı Su Havuzunun Olmaması
9	KAÇAMAK YOLU	9.1 Kaçamak Yolunun Olmaması
		9.2 Kaçamak Yolunun Göçerek Kapanması
		9.3 Kaçamak Yolunun Kesitinin Dar Olması
		9.4 Kaçamak Yolunun Bilinmemesi
10	KÖMÜR TUMBASI	10.1 Aydınlatmanın Yeterli Olmaması
		10.2 Toza Bağlı Meslek Hastalığına Yakalanma
		10.3 Tumba Esnasında Çalışanın Elinin Sıkışması
		10.4 Tumba Esnasında Çalışanın Boşluktan Aşağıya Düşmesi
11	TALİ HAVALANDIRMA	11.1 Vantüp ile Ayna Mesafesinin Uygunsuz Olması
		11.2 Vantüpte Yırtılma ve Bozulmalar Olması
		11.3 Tali Fanın Kapasitesinin Yetersizliği

5.1.2 Klasik Uzunayak Yönteminde Risklerin Sınıflandırılması ve Önceliklendirilmesi

Çalışmada, klasik uzunayakta tehlike kaynaklarının tanımlanarak risklerin belirlenmesinin ardından söz konusu risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi amacıyla Fine-Kinney metodu kullanılmıştır. Bu metod uyarınca, risklerin sınıflandırılmasında olasılık, şiddet ve frekans parametreleri kullanılmış, bu üç parametreye ilgili bölümde sunulan skala yardımıyla değerler verilmiş ve bu değerlerin çarpımıyla her bir risk için “R” risk skoru değeri hesaplanmıştır. Olasılık, şiddet ve frekans değerlerinin her bir risk için ne olması gerektiğine ziyaret edilen yeraltı kömür işletmesinde gerçekleştirilen gözlemlerin yanısıra, geçmişte yaşanmış iş kazalarının irdelenmesinin ve ilgili literatürün incelenmesinin ardından karar verilmiştir (Kinney ve Wiruth, 1976). Söz konusu risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi Tablo 5.2’de görülmektedir.

Yeraltı kömür madenciliğinde eskiden beri meydana gelen iş kazaları göz önünde bulundurulduğunda, grizu patlaması olayının diğer iş kazalarından daha nadir meydana geldiği, ancak meydana geldiğinde de dramatik bir şekilde toplu can kayıplarına sebebiyet verdiği kanısına açıkça varılacaktır. Özellikle, yüzeye yakın kömür oluşumlarının üretilmiş olması ve bu nedenle Ege Bölgesi’ndeki kömür havzalarının da dahil olduğu günümüz yeraltı kömür madenciliğinin daha derin kotlarda sürdürülüyor olması metan gazı içeriği bakımından yüksek metan içerikli kömür damarlarının üretilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden, Fine-Kinney yöntemi ile risklerin sınıflandırılması çalışmasında, üretim konusunun içine dahil edilen grizu patlaması olayı, metan yüzdesi yüksek kömür ocakları için değerlendirilmiş ve bu riskin “kaza veya hasarın olasılığı” yani olasılık puanı Tablo 3.11’den 10 olarak; “tehlike ve kazanın oluşma sıklığı” yani frekans puanı ise Tablo 3.10’dan 0,5 olarak belirlenmiştir. Gerçekten de, metan yüzdesi yüksek kömür ocaklarında ilgili güvenlik tedbirlerinin alınmadığı durumlarda grizu patlaması olayında çalışanın kazalanması olasılığı çok yüksek (skaladaki 10 değeri); grizu patlaması olayından doğacak kazanın ise “yılda bir veya daha seyrek” (skaladaki 0,5 değeri) olması beklenecektir. Diğer yandan, hiç istenmeyecek bir şekilde grizu

patlaması meydana geldiğinde ise “birden fazla ölümlü kaza” ve “çevresel felaket” ile sonuçlanacağı açık olduğu için şiddet puanı Tablo 3.12’den 100 olarak belirlenmiştir.

Yeraltı kömür madenciliğinde klasik uzunayak sistemi üretim aşamasındaki bir diğer önemli risk ise, kömürün endojen yanması riskidir. Kömürün ihtiva ettiği organik yapısı itibariyle kendi kendine kızışması ve bunun sonucu olarak endojen yanma olarak tanımlanabilecek olayda, kömürün içten yanması sebebiyle kimyasal olarak tam yanma olayı oluşmamakta ve eksik yanmayla ortamda zehirleyici karbonmonoksit gazı konsantrasyonu artmaktadır. Ocak havasına yayılan bu gazın etkileri arasında ise, değişen zaman ve konsantrasyonuna göre; baş ağrısı, bulantı, nefes darlığı, baş dönmesi, bilinç kaybı ve ölüm olayları yer almaktadır. Genç kömürlerin yani linyit kömürlerinin kendi kendine kızışmaya yatkınlığının daha fazla olduğu ve Ege Bölgesi kömür havzalarının görece genç linyitlerden oluştuğu birlikte düşünülecek olursa, Ege Bölgesi yeraltı kömür madenciliği için kömürün endojen yanma riski büyük bir risk haline gelmektedir. Bu nedenle, söz konusu risk Fine-Kinney yöntemiyle değerlendirilirken, grizu patlaması olayı ile aynı sebepler gözetilmiş ve söz konusun riskin olasılık puanı 10, frekans puanı 0,5 ve şiddet puanı da 100 olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Tablo 5.2 Klasik uzunayakta risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
1	HAVALANDIRMA	1.1 Yetersiz Hava Kalitesi	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		1.2 Hava Hızının Yüksek Olması	1	3	15	45	OLASI RİSK
		1.3 Periyodik Ölçüm Eksikliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		1.4 Fan Kapasitesi Yetersizliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK
2	MERKEZİ GAZ İZLEME	2.1 Merkezi Gaz İzleme Sisteminin Olmaması	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		2.2 Gaz Sensörlerinin Yetersizliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		2.3 Gaz Sensörlerinin Yanlış Konumlandırılması	3	2	40	240	ESASLI RİSK
		2.4 Gaz Sensörlerinin Arızalanması	3	1	100	300	ESASLI RİSK
		2.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilememesi	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.6 Uzman Yetersizliği	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.7 Yazılımsal Yanlışlıklar	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.8 Kablo Bağlantılarındaki Hasarlar	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.9 Enerji Kesilmesi ile Sistemin Devre Dışı Kalması	1	2	100	200	ESASLI RİSK

Tablo 5.2 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
3	GAZ SEVİYELERİ	3.1 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Eksikliği	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.2 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Kalibre Edilmemesi	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.3 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Tamir Bakım Eksikliği	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.4 İnsan Kaynaklı Ölçüm ve Okuma Hataları	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilmemesi	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
4	TAHKİMAT	4.1 Tavan Taşının Zayıf Olması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.2 Tahkimat Dayanımının Hesaplanmasında Yanlışıklık	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.3 Tahkimat Malzemelerinde Eksiklik, Kusur	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.4 Tamir Bakım Eksiklikleri	1	3	15	45	OLASI RİSK
		4.5 Ayak Arkasının Oturmaması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.6 Tahkimat İşlemleri Sırasında Çevre Güvenliğinin Alınmaması	1	2	15	30	OLASI RİSK
		4.7 Tahkimat İşlemleri Sırasında Dikkatsizlik	1	3	15	45	OLASI RİSK

Tablo 5.2 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
5	ÜRETİM	5.1 Üretim Yönteminin Yanlış Seçilmesi	1	1	40	40	OLASI RİSK
		5.2 Ayak ve Pano Boylarının Yanlış Seçilmesi	1	1	40	40	OLASI RİSK
		5.3 Üretim Sırasında Göçük Meydana Gelmesi	3	1	100	300	ESASLI RİSK
		5.4 Delme-Patlatma İşlemleri Sırasında Kazalanma	1	1	100	100	ÖNEMLİ RİSK
		5.5 Kazı Arınından Blok Kömür Devrilmesi	1	1	100	100	ÖNEMLİ RİSK
		5.6 Tavan Kamalarının Kırılması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		5.7 Ayak İçindeki Rastgele Konulmuş Malzemeler	1	2	7	14	ÖNEMSİZ RİSK
		5.8 Grizu Patlaması (Metan Yüzdesi Yüksek)	10	0,5	100	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
		5.9 Kömürün Endojen Yanması (Yüksek Oksidasyonlu)	10	0,5	100	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
		5.10 Ani Gaz Geliri	0,5	0,5	100	25	OLASI RİSK
6	NAKLİYAT	6.1 Tahkimat Malzemelerinin Taşınması Sırasında Kazalanmalar	3	2	3	18	ÖNEMSİZ RİSK
		6.2 Desandre Vinci Halatının Kopması	1	1	15	15	ÖNEMSİZ RİSK
		6.3 Vagonun Çalışanlara Çarpması	1	1	15	15	ÖNEMSİZ RİSK
		6.4 Zincirli Konveyöre Büyük Kömür ve Yantaş Parçası Düşmesi	6	3	7	126	ÖNEMLİ RİSK
		6.5 Zincirli Konveyöre Kol, Bacak vs Uzuv Kaptırma	3	2	15	90	ÖNEMLİ RİSK
		6.6 Bant Konveyöre İşçinin Binmesi	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		6.7 Nakliye Sireninin Çalmaması	3	3	3	27	OLASI RİSK

Tablo 5.2 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
7	FERDİ KURTARICI MASKE	7.1 Çalışanın Yanına Almaması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		7.2 Kullanımının Bilinmemesi	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		7.3 Kullanım Süresinin Yetersiz Olması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		7.4 Kullanım Süresinin Dolmuş Olması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
8	YERALTI SUYU VE SU ATIMI	8.1 Eski Üretim Alanları ile Arada Topuk Bırakılmaması Sonucu Ani Su Geliri İle Ocağı Su Basması	3	0,5	100	150	ÖNEMLİ RİSK
		8.2 Kontrol Sondajlarının Yapılmaması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		8.3 Ocağa Su Havuzunun Olmaması	1	2	15	30	OLASI RİSK
9	KAÇAMAK YOLU	9.1 Kaçamak Yolunun Olmaması	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		9.2 Kaçamak Yolunun Göçerek Kapanması	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		9.3 Kaçamak Yolunun Kesitinin Dar Olması	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		9.4 Kaçamak Yolunun Bilinmemesi	1	2	100	200	ESASLI RİSK

Tablo 5.2 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
10	KÖMÜR TUMBASI	10.1 Aydınlatmanın Yeterli Olmaması	0,5	1	15	7,5	ÖNEMSİZ RİSK
		10.2 Toza Bağlı Meslek Hastalığına Yakalanma	1	1	15	15	ÖNEMSİZ RİSK
		10.3 Tumba Esnasında Çalışanın Elinin Sıkışması	3	3	3	27	OLASI RİSK
		10.4 Tumba Esnasında Çalışanın Boşluktan Aşağıya Düşmesi	1	2	15	30	OLASI RİSK
11	TALİ HAVALANDIRMA	11.1 Vantüp ile Ayna Mesafesinin Uygunsuz Olması	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		11.2 Vantüpte Yırtılma ve Bozulmalar Olması	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		11.3 Tali Fanın Kapasitesinin Yetersizliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK

Klasik uzunayak yönteminde risklerin belirlenerek bu risklerin Fine-Kinney yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda, (olasılık $\times$ frekans $\times$ şiddet) formülüyle hesaplanan “R” risk değerleri Tablo 5.2’de görüldüğü üzere grizu patlaması ve kömürün endojen yanması olaylarında eşit ve 500 olarak bulunmuştur. Bu iki riskten sonra risk skoru puanı, yine aynı formülasyonla ve sırasıyla yetersiz hava kalitesi, periyodik ölçüm eksikliği, fan kapasitesi yetersizliği, merkezi gaz izleme sisteminin olmaması, gaz sensörlerinin yetersizliği, gaz sensörlerinin arızalanması, üretim sırasında göçük meydana gelmesi ve tali fanın kapasitesinin yetersizliği risklerinde 300 olarak bulunmuştur. Tablo 5.3’te “R” risk değeri en yüksek olarak hesaplanan bu riskler toplu halde görülmektedir.

Tablo 5.3 Klasik uzunayakta “R” değeri en yüksek olan, en önemli riskler

No	TEHLİKE	RİSK	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
1	ÜRETİM	Grizu Patlaması (Metan Yüzdesi Yüksek)	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
2	ÜRETİM	Kömürün Endojen Yanması (Yüksek Oksidasyonlu)	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
3	HAVALANDIRMA	Yetersiz Hava Kalitesi	300	ESASLI RİSK
4	HAVALANDIRMA	Periyodik Ölçüm Eksikliği	300	ESASLI RİSK
5	HAVALANDIRMA	Fan Kapasitesi Yetersizliği	300	ESASLI RİSK
6	MERKEZİ GAZ İZLEME	Merkezi Gaz İzleme Sisteminin Olmaması	300	ESASLI RİSK
7	MERKEZİ GAZ İZLEME	Gaz Sensörlerinin Yetersizliği	300	ESASLI RİSK
8	MERKEZİ GAZ İZLEME	Gaz Sensörlerinin Arızalanması	300	ESASLI RİSK
9	ÜRETİM	Üretim Sırasında Göçük Meydana Gelmesi	300	ESASLI RİSK
10	TALİ HAVALANDIRMA	Tali Fanın Kapasitesinin Yetersizliği	300	ESASLI RİSK

Tablo 5.3'ten görüldüğü üzere, klasik uzunayak yönteminde en önemli riskler üretim, havalandırma ve merkezi gaz izleme tehlike gruplarından doğmaktadır. Ayrıca, kazı işlemleri ile tek yönde ilerletilen galeri, desandre, taban/tavan yolu gibi ocak içi yollarının havalandırılması anlamına gelen tali havalandırma çalışması esnasında tali fanın kapasitesinin yetersizliği de önemli bir risk olarak değerlendirilmektedir. Buna göre, grizu patlaması ve kömürün endojen yanması riskleri, risk seviyesine göre Fine-Kinney metodu uyarınca “tolerans gösterilemez risk” olarak sınıflandırılmakta ve bu riskler karşısında “Fine-Kinney risk sınıflandırma tablosu” uyarınca, hemen gerekli önlemler alınmalı veya iş durdurulmalı, kapatılmalı’ dır.

Yasal mevzuatımıza baktığımızda, 19.09.2013 tarih ve 28770 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 8.5’de, “havasında %2’den çok metan bulunan yerlerde çalışılmaz” denmekte olup, işin durdurulacağı ve çalışma yapılmayacağı metan konsantrasyonu %2 olarak belirlenmiştir. Madde 10.14’te ise, “Havasında %2’den çok metan tespit edilen ocaklarda veya ocak kısımlarında, çalışanların kurtarılması ve grizunun temizlenmesi dışında çalışma yapılmaz” denilmiştir. Dolayısıyla gerek erken uyarı sistemleri ile, gerekse de ölçüm cihazlarıyla söz konusu metan konsantrasyonlarının üzerinde değerler tespit edildiği anda, ocağın terkedilmesi gerekmekte olup çalışanların kurtarılması ile grizunun temizlenmesi dışında çalışma yapılmamalıdır. Gerekli önlemler alındığında ve metan konsantrasyonu izin verilen değerin altına düşürüldüğünde ise, çalışmalara yeniden başlanabilecektir.

Yine Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 10.11’de, “Aynı hava akımından yararlanan ayaklarda ve damar içindeki düz ve eğimli yollarda metan oranı % 1,5’u, bunların bağlandığı hava dönüş yollarında % 1’i geçmez” denilerek üretim ayaklarında, damar içi yollarda ve hava dönüş yollarında çalışmaların durdurulacağı metan konsantrasyonu oranları net bir biçimde açıklanmıştır.

Aynı yönetmeliğin patlayıcı madde kullanım yasağı getiren Ek-3, 9.1.a maddesinde, “Emniyet lambası veya metan dedektörleriyle yapılan ölçümlerde % 1 veya daha çok metan bulunan kısımlarda” ifadesiyle, patlatma işleminin yapılmayacağı metan konsantrasyonu %1 olarak belirlenmiş; Ek-3, Madde 10.15’te ise, “Genel havasındaki metan oranı % 1,5’i geçen yerlerdeki iletkenlerin ve elektrikli aygıtların gerilimi derhal kesilir ve şartlar düzelmedikçe yeniden verilmez” denilerek grizu patlamasının önüne geçmek için bir önlem sunulmuş, zorunlu tutulmuştur.

Görüldüğü gibi, Fine-Kinney metodu ile “tolerans gösterilemez risk” olarak değerlendirilen grizu patlaması için verilen “hemen gerekli önlemler alınmalı veya iş durdurulmalı, kapatılmalı” önerisi yasal mevzuatımızda karşılığını bulmakta ve çalışma yapılmayacak durumlar ile işin durdurulacağı metan konsantrasyonları net olarak belirlenmektedir.

Kömürün endojen yanması olayı ise, yeraltında kömür içerisinde açılmış nakliyat veya hazırlık yolları ile hazırlanmış olan üretim panoları içerisinde kalan ve üretimi henüz yapılmamış durumda olan kömür damarlarının hava ile temasa maruz kaldığı durumlarda, havanın içerisindeki oksijen ile kömürün organik yapısındaki bileşenlerinin zamanla reaksiyona girmesi suretiyle kömürün kendi kendine ve içten tutuşmaya başlaması ve tutuşmanın zamanla bir yanma olayı meydana getirmesidir. Tutuşmanın başladığına ve bir yanma olayı meydana getirdiğine dair başlıca belirtiler; çalışma ortamındaki sıcaklık değerinin ve ölçülen karbonmonoksit gazı konsantrasyonunun yükselmesidir. Ayrıca, havanın içerisindeki oksijenin kömürün organik yapısındaki bileşenler ile tepkime oluşturduğundan hava dönüş yollarında oksijen konsantrasyonunda bir azalma beklenecektir. Bu nedenle endojen yangın riskine karşı, yeraltı gaz konsantrasyonlarının ve sıcaklık değerlerinin devamlı olarak kontrol altında tutulması ve düzenli olarak kaydedilmesi gerekmektedir.

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 8.5’de “havasında 50 ppm (%0.005) ‘den çok karbonmonoksit gazı bulunan yerlerde çalışılmaz” denilmektedir. Yani, endojen yanma için en büyük gösterge olan

karbonmonoksit gazının konsantrasyonu 50 ppm değerinin üzerine çıktığı anda yeraltı ocağında çalışma derhal durdurulmalı ve ocak önceden yapılmış olması gerekli acil durum tahliye planına göre disiplin içerisinde boşaltılmalıdır. Ocakta, havalandırma çalışmaları sürdürülmeli, bu konuda eğitim almış ve görevlendirilmiş çalışanlarca gaz ölçümleri yapılarak karbonmonoksit konsantrasyonu 50 ppm'in altına inmedikçe yeraltı çalışmalarına kesinlikle başlanılmamalıdır. Ayrıca, yangının kaynağı ve yeri tespit edilerek yönetmelikte belirtilen şekilde ocak içerisinde önceden oluşturulmuş olan yangın bekleme barajları bu konuda eğitim almış ve görevlendirilmiş çalışanlarca baraj yanında bulundurulan malzemelerle örölerek yangın kaynağına hapsedilmeli, baraj üzerinde oluşturulan numune borusundan düzenli aralıklarla gaz ölçümleri yapılarak yangının seyri izlenmelidir.

Risklerin sınıflandırılması işlemi ile, söz konusu toleranssız risklerin ardından, yetersiz hava kalitesi, periyodik ölçüm eksikliği, fan kapasitesi yetersizliği, merkezi gaz izleme sisteminin olmaması, gaz sensörlerinin yetersizliği, gaz sensörlerinin arızalanması, üretim sırasında göçük meydana gelmesi ve tali havalandırma sırasında fan kapasitesi yetersizliği riskleri, Fine-Kinney metodu uyarınca “esaslı risk” olarak sınıflandırılmakta ve bu riskler karşısında kısa dönemde iyileştirilmeye giderilmesi önerilmektedir.

5.1.3 Mekanize Uzunayak Yönteminde Tehlikelerin Tanımlanması ve Risklerin Belirlenmesi

Klasik uzunayak yöntemiyle yeraltından üretilebilecek kömür miktarı, yoğun emek gücü gerektirmesi, makina ve teizatlarla fazlaca bağımlılık göstermesi ile jeolojik koşulların sınırlandırması gibi nedenlerle söz konusu talepleri karşılayabilecek üretim miktarlarında gerçekleşememektedir. Bu nedenle, kısaca yoğun emek gücünden otomasyona geçiş olarak nitelendirilebilecek mekanize uzunayak yöntemi geliştirilmiş ve günümüzde uygulaması artarak devam etmektedir.

Mekanize uzunayak yönteminde de klasik uzunayakta olduğu gibi, yerüstünden kömür damarına ulaşıldıktan sonra üretim hazırlık çalışmaları yapılmakta, tavan-

taban yolları sürülerek bunların birleştirilmesiyle üretim panoları hazırlanmakta ve panolarda oluşturulan üretim ayaklarından kömür kazılarak yerüstüne nakledilmektedir. Mekanize uzunayak yönteminde kömür kazısı tamburlu kesiciler vasıtasıyla yapılmakta, tavanın desteklenmesi yürüyen tahkimat olarak adlandırılan hidrolik prensibine dayanan gelişmiş mekanik sistemlerle sağlanmakta ve kömürün ayak içinden nakliyesi de genellikle zincirli konveyörler vasıtasıyla yapılmaktadır. Söz konusu bu kazı, tahkimat ve nakliyat kombinasyonu sayesinde yeraltı kömür madenciliği büyük gelişim göstermiş, üretim miktarlarında kat ve kat artışlar gerçekleşmiş ve madencilikte modern teknolojiye erişim yakalanmıştır. Şekil 5.2’de mekanize üretim yapılan uzunayaktan bir görüntü yer almaktadır.

Mekanize uzunayak yönteminde tehlikelerin tanımlanması ve risklerin belirlenmesi amacıyla Ege Bölgesi sınırları içerisinde Manisa ilinin Soma ilçesinde faaliyet gösteren mekanize uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ziyaret gerçekleştirilmiştir. Tehlike kaynakları ve risklerin belirlenmesinde söz konusu bu işletmede yapılan saha çalışmasından, işletmenin mevcut risk analizinden, meydana gelen iş kazalarının irdelenmesinden ve bunların yanısıra literatür araştırmasından yararlanılmıştır. Buna göre, mekanize uzunayakta tehlike kaynakları ve riskler Tablo 5.4’te görülmektedir.



Şekil 5.2 Mekanize uzunayaktan bir görünüm (Yetkin, 2013)

Tablo 5.4 Mekanize uzunayakta tehlike kaynakları ve riskler

NO	TEHLİKE	RİSK
1	HAVALANDIRMA	1.1 Yetersiz Hava Kalitesi
		1.2 Hava Hızının Yüksek Olması
		1.3 Periyodik Ölçüm Eksikliği
		1.4 Fan Kapasitesi Yetersizliği
2	MERKEZİ GAZ İZLEME	2.1 Merkezi Gaz İzleme Sisteminin Olmaması
		2.2 Gaz Sensörlerinin Yetersizliği
		2.3 Gaz Sensörlerinin Yanlış Konumlandırılması
		2.4 Gaz Sensörlerinin Arızalanması
		2.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilememesi
		2.6 Uzman Yetersizliği
		2.7 Yazılımsal Yanlışlıklar
		2.8 Kablo Bağlantılarındaki Hasarlar
		2.9 Enerji Kesilmesi ile Sistemin Devre Dışı Kalması
3	GAZ SEVİYELERİ	3.1 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Eksikliği
		3.2 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Kalibre Edilmemesi
		3.3 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Tamir Bakım Eksikliği
		3.4 İnsan Kaynaklı Ölçüm ve Okuma Hataları
		3.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilmemesi
4	TAHKİMAT	4.1 Tavan Taşının Zayıf Olması
		4.2 Tahkimat Dayanımının Hesaplanmasında Yanlışlık
		4.3 Tahkimat Malzemelerinde Eksiklik, Kusur
		4.4 Yürüyen Tahkimatın İlerletilmesi Sırasında
		4.5 Yürüyen Tahkimatın Yeni Panoya Taşınması Sırasında
		4.6 Hidrolik Patlaması
		4.7 Hidrolik Direğin Kurulmasında
		4.8 Hidrolik Direğin Taşınmasında
		4.9 Tamir Bakım Eksiklikleri
		4.10 Ayak Arkasının Oturmaması
		4.11 Tahkimat İşlemleri Sırasında Çevre Güvenliğinin Alınmaması
		4.12 Tahkimat İşlemleri Sırasında Dikkatsizlik

Tablo 5.4 devamı

5	ÜRETİM	5.1 Üretim Yönteminin Yanlış Seçilmesi
		5.2 Ayak ve Pano Boylarının Yanlış Seçilmesi
		5.3 Üretim Sırasında Göçük Meydana Gelmesi
		5.4 Tamburlu kesicinin çalışması sırasında çalışma ortamına işçilerin girmesi
		5.5 Ayak arkası kömürünün çekilmesi sırasında kazalanma
		5.6 Ayak İçindeki Rastgele Konulmuş Malzemeler
		5.7 Grizu Patlaması (Metan Yüzdesi Yüksek)
		5.8 Kömürün Endojen Yanması (Yüksek Oksidasyonlu)
		5.9 Ani Gaz Geliri
		5.10 Kömür Tozu
		5.11 Gürültü
		5.12 Elektrik Kazalanmaları
		5.13 Üretim Organizasyonundaki Aksaklıklar
6	NAKLİYAT	6.1 Tahkimat Malzemelerinin Taşınması Sırasında Kazalanmalar
		6.2 Yükleme İşlemi Sırasında Kazalanma
		6.3 Zincirli Konveyöre Büyük Kömür ve Yantaş Parçası Düşmesi
		6.4 Zincirli Konveyöre Kol, Bacak vs Uzun Kaptırma
		6.5 Bant Konveyöre İşçinin Binmesi
		6.6 Nakliye Sireninin Çalmaması
7	FERDİ KURTARICI MASKE	7.1 Çalışanın Yanına Almaması
		7.2 Kullanımının Bilinmemesi
		7.3 Kullanım Süresinin Yetersiz Olması
		7.4 Kullanım Süresinin Dolmuş Olması
8	YERALTI SUYU VE SU ATIMI	8.1 Eski Üretim Alanları ile Arada Topuk Bırakılmaması Sonucu Ani Su Geliri İle Ocağı Su Basması
		8.2 Kontrol Sondajlarının Yapılmaması
		8.3 Ocakta Su Havuzunun Olmaması
9	KAÇAMAK YOLU	9.1 Kaçamak Yolunun Olmaması
		9.2 Kaçamak Yolunun Göçerek Kapanması
		9.3 Kaçamak Yolunun Kesitinin Dar Olması
		9.4 Kaçamak Yolunun Bilinmemesi
10	TALİ HAVALANDIRMA	10.1 Vantüp ile Ayna Mesafesinin Uygunsuz Olması
		10.2 Vantüpte Yırtılma ve Bozulmalar Olması
		10.3 Tali Fanın Kapasitesinin Yetersizliği

Çalışmada, mekanize uzunayak yönteminde tehlike kaynakları olarak kömür tumbası haricindeki tehlike kaynakları klasik uzunayak yöntemi ile aynı olarak belirlenmiş, üretim yöntemindeki mekanizasyon teknolojisinden kaynaklanan farklılaşmalar ile üretim ve tahkimattan doğabilecek riskler belirlenmiştir. Kömür tumbası olarak adlandırılan ve vagon nakliyatında kömür taşınan vagonların işçiler maharetiyle kot farkı bulunan aşağı seviyede bir yere dökülmesi ile kömür stoklanması işi genellikle konvansiyonel bir yöntem olup mekanizasyona sahip uzunayaklarda kullanımına rastlanmadığı için, söz konusu tehlike kaynağı mekanize uzunayak yöntemi için değerlendirmeye alınmamıştır. Mekanize uzunayak yöntemindeki tehlike kaynakları; havalandırma, merkezi gaz izleme, gaz seviyeleri, tahkimat, üretim, nakliyat, ferdi kurtarıcı maske, yeraltı suyu ve su atımı, kaçamak yolu ile tali havalandırma olarak belirlenmiştir (Tablo 5.4).

5.1.4 Mekanize Uzunayak Yönteminde Risklerin Sınıflandırılması ve Önceliklendirilmesi

Çalışmada, mekanize uzunayakta tehlike kaynaklarının tanımlanarak risklerin belirlenmesinin ardından söz konusu risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi maksadıyla Fine-Kinney metodu kullanılmıştır. Bu metod uyarınca, risklerin sınıflandırılmasında olasılık, şiddet ve frekans parametreleri kullanılmış, bu üç parametreye ilgili bölümde sunulan skala yardımıyla değerler verilmiş ve bu değerlerin çarpımıyla her bir risk için “R” risk skoru değeri hesaplanmıştır. Olasılık, şiddet ve frekans değerlerinin her bir risk için ne olması gerektiğine ziyaret edilen yeraltı kömür işletmesinde gerçekleştirilen gözlemlerin yanısıra, geçmişte yaşanmış iş kazalarının irdelenmesinin ve ilgili literatürün incelenmesinin ardından karar verilmiştir (Kinney ve Wiruth, 1976). Söz konusu risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi Tablo 5.5’te görülmektedir.

Tablo 5.5 Mekanize uzunayakta risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
1	HAVALANDIRMA	1.1 Yetersiz Hava Kalitesi	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		1.2 Hava Hızının Yüksek Olması	1	3	15	45	OLASI RİSK
		1.3 Periyodik Ölçüm Eksikliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		1.4 Fan Kapasitesi Yetersizliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK
2	MERKEZİ GAZ İZLEME	2.1 Merkezi Gaz İzleme Sisteminin Olmaması	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		2.2 Gaz Sensörlerinin Yetersizliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		2.3 Gaz Sensörlerinin Yanlış Konumlandırılması	3	2	40	240	ESASLI RİSK
		2.4 Gaz Sensörlerinin Arızalanması	3	1	100	300	ESASLI RİSK
		2.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilememesi	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.6 Uzman Yetersizliği	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.7 Yazılımsal Yanlışlıklar	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.8 Kablo Bağlantılarındaki Hasarlar	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		2.9 Enerji Kesilmesi ile Sistemin Devre Dışı Kalması	1	2	100	200	ESASLI RİSK

Tablo 5.5 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
3	GAZ SEVİYELERİ	3.1 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Eksikliği	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.2 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Kalibre Edilmemesi	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.3 Gaz Ölçüm El Cihazlarının Tamir Bakım Eksikliği	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.4 İnsan Kaynaklı Ölçüm ve Okuma Hataları	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		3.5 Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilmemesi	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
4	TAHKİMAT	4.1 Tavan Taşının Zayıf Olması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.2 Tahkimat Dayanımının Hesaplanmasında Yanlışlık	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.3 Tahkimat Malzemelerinde Eksiklik, Kusur	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.4 Yürüyen Tahkimatın İlerletilmesi Sırasında	3	1	40	120	ÖNEMLİ RİSK
		4.5 Yürüyen Tahkimatın Yeni Panoya Taşınması Sırasında	3	1	40	120	ÖNEMLİ RİSK
		4.6 Hidrolik Patlaması	1	1	15	15	ÖNEMSİZ RİSK
		4.7 Hidrolik Direğin Kurulmasında	3	2	15	90	ÖNEMLİ RİSK
		4.8 Hidrolik Direğin Taşınmasında	3	2	7	42	OLASI RİSK
		4.9 Tamir Bakım Eksiklikleri	1	3	15	45	OLASI RİSK
		4.10 Ayak Arkasının Oturmaması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		4.11 Tahkimat İşlemleri Sırasında Çevre Güvenliğinin Alınmaması	1	2	15	30	OLASI RİSK
		4.12 Tahkimat İşlemleri Sırasında Dikkatsizlik	1	3	15	45	OLASI RİSK

Tablo 5.5 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
5	ÜRETİM	5.1 Üretim Yönteminin Yanlış Seçilmesi	1	1	40	40	OLASI RİSK
		5.2 Ayak ve Pano Boylarının Yanlış Seçilmesi	1	1	40	40	OLASI RİSK
		5.3 Üretim Sırasında Göçük Meydana Gelmesi	1	1	100	100	ÖNEMLİ RİSK
		5.4 Tamburlu kesicinin çalışması sırasında çalışma ortamına işçilerin girmesi	1	3	100	300	ESASLI RİSK
		5.5 Ayak arkası kömürünün çekilmesi sırasında kazalanma	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		5.6 Ayak İçindeki Rastgele Konulmuş Malzemeler	1	2	7	14	ÖNEMSİZ RİSK
		5.7 Grizu Patlaması (Metan Yüzdesi Yüksek)	10	0,5	100	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
		5.8 Kömürün Endojen Yanması (Yüksek Oksidasyonlu)	10	0,5	100	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
		5.9 Ani Gaz Geliri	0,5	0,5	100	25	OLASI RİSK
		5.10 Kömür Tozu	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		5.11 Gürültü	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		5.12 Elektrik Kazalanmaları	3	2	40	240	ESASLI RİSK
		5.13 Üretim Organizasyonundaki Aksaklıklar	3	3	40	360	ESASLI RİSK

Tablo 5.5 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
6	NAKLİYAT	6.1 Tahkimat Malzemelerinin Taşınması Sırasında Kazalanmalar	3	2	3	18	ÖNEMSİZ RİSK
		6.2 Yükleme İşlemi Sırasında Kazalanma	1	1	15	15	ÖNEMSİZ RİSK
		6.3 Zincirli Konveyöre Büyük Kömür ve Yantaş Parçası Düşmesi	6	3	7	126	ÖNEMLİ RİSK
		6.4 Zincirli Konveyöre Kol, Bacak vs Uzun Kaptırma	3	2	15	90	ÖNEMLİ RİSK
		6.5 Bant Konveyöre İşçinin Binmesi	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		6.6 Nakliye Sireninin Çalmaması	3	3	3	27	OLASI RİSK
7	FERDİ KURTARICI MASKE	7.1 Çalışanın Yanına Almaması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		7.2 Kullanımının Bilinmemesi	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		7.3 Kullanım Süresinin Yetersiz Olması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		7.4 Kullanım Süresinin Dolmuş Olması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK

Tablo 5.5 devamı

NO	TEHLİKE	RİSK	Olasılık	Frekans	Şiddet	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
8	YERALTI SUYU VE SU ATIMI	8.1 Eski Üretim Alanları ile Arada Topuk Bırakılmaması Sonucu Ani Su Geliri İle Ocağı Su Basması	3	0,5	100	150	ÖNEMLİ RİSK
		8.2 Kontrol Sondajlarının Yapılmaması	1	2	40	80	ÖNEMLİ RİSK
		8.3 Ocakta Su Havuzunun Olmaması	1	2	15	30	OLASI RİSK
9	KAÇAMAK YOLU	9.1 Kaçamak Yolunun Olmaması	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		9.2 Kaçamak Yolunun Göçerek Kapanması	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		9.3 Kaçamak Yolunun Kesitinin Dar Olması	1	2	100	200	ESASLI RİSK
		9.4 Kaçamak Yolunun Bilinmemesi	1	2	100	200	ESASLI RİSK
10	TALİ HAVALANDIRMA	10.1 Vantüp ile Ayna Mesafesinin Uygunsuz Olması	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		10.2 Vantüpte Yırtılma ve Bozulmalar Olması	3	3	15	135	ÖNEMLİ RİSK
		10.3 Tali Fanın Kapasitesinin Yetersizliği	1	3	100	300	ESASLI RİSK

Mekanize uzunayak yönteminde risklerin belirlenerek bu risklerin Fine-Kinney yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda, (olasılık $\times$ frekans $\times$ şiddet) formülüyle hesaplanan “R” risk değerleri Tablo 5.5’de görüldüğü üzere grizu patlaması ve kömürün endojen yanması olaylarında eşit ve 500 olarak bulunmuştur. Söz konusu bu iki risk değerlendirilirken mekanize yeraltı kömür işletmesi, metan yüzdesi yüksek ve yüksek oksidasyonlu kömür ocağı olarak kabul edilmiştir ve Bölüm 5.1.2’de bahsedilen nedenlerle bu iki risk için, olasılık, frekans ve şiddet parametrelerine sırasıyla 10, 0.5 ve 100 değerleri verilmiştir.

Fine-Kinney yöntemiyle risklerin sınıflandırılması işlemi sonucunda, mekanize uzunayak yönteminde de klasik uzunayak yönteminde olduğu gibi en önemli iki risk grizu patlaması ve kömürün endojen yanması olaylarıdır. Buna göre, “R” risk değerleri 500 olarak hesaplanan grizu patlaması ve kömürün endojen yanması riskleri, risk seviyesine göre Fine-Kinney metoduna göre, “tolerans gösterilemez risk” olarak sınıflandırılmakta ve bu riskler karşısında “Fine-Kinney risk sınıflandırma tablosu” uyarınca, “hemen gerekli önlemler alınmalı veya iş durdurulmalı, kapatılmalı”dır. Dolayısıyla, bu iki risk karşısında işin durdurulması, yeraltı ocağının boşaltılması, gerekli önlemlerin alınarak tekrar hangi koşullarda yeraltı çalışmalarına başlanacağı Bölüm 5.1.2’de anlatıldığı gibi olmalıdır.

Mekanize uzunayak yöntemi ile üretim faaliyeti gerçekleştiren yeraltı kömür işletmesinde, bu iki riskten sonraki en önemli risk, risk skoru puanı yine aynı formülasyonla 360 olarak bulunan üretim organizasyonundaki aksaklıklar olmaktadır. Üretim ayaklarında kömürün kazı ve nakliye işlemleri ile tavan kontrolünün tamamen mekanik olarak yapıldığı yani, makina ve elektrik vasıtalarının son derece önemli olduğu ve verimli kullanımının gerektiği, bunun yanında işçilik faaliyetlerinin ve üretim hiyerarşisinin çok iyi kurulmasının gerekli olduğu mekanize uzunayak üretim yönteminde, bahsedilen bu bileşenlerin uyum içerisinde çalışmaması hem kömür üretimindeki etkinliği ve verimliliği düşürecek hem de iş kazalarına zemin hazırlayacaktır. Örnek olarak, Şimşir ve Özfirat (2010) tarafından yapılan çalışmada, mekanize uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür ocağında toplam çalışma süresinin etkinliği üç vardiyada ayrı ayrı olarak

incelenmiş ve toplam çalışma süresinin vardiya başına ortalama olarak %8,66'sının mekanik ve elektrik arızalarına harcandığı, %38,7'sinin üretime yardımcı işlere harcandığı bulunmuş ve ancak geri kalan %52,64'ünde üretim işlerinin gerçekleştirildiği saptanmıştır.

Tablo 5.6 Mekanize uzunayakta “R” değeri en yüksek olan, en önemli riskler

No	TEHLİKE	RİSK	Sonuç (R)	Risk Seviyesi
1	ÜRETİM	Grizu Patlaması (Metan Yüzdesi Yüksek)	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
2	ÜRETİM	Kömürün Endojen Yanması (Yüksek Oksidasyonlu)	500	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK
3	ÜRETİM	Üretim Organizasyonundaki Aksaklıklar	360	ESASLI RİSK

Tablo 5.6’da görüldüğü üzere, mekanize uzunayak yönteminin kullanıldığı yeraltı kömür işletmesinde en önemli üç risk; üretim faaliyetlerinden kaynaklanan grizu patlaması, kömürün endojen yanması olayları ile üretim organizasyonundaki aksaklıklar olarak bulunmuştur.

5.2 Yeraltı Kömür Madenlerinde Risklerin Olay Ağacı Analizi (ETA) Kullanılarak Değerlendirilmesi

Çalışmanın önceki bölümünde yeraltı üretim yöntemlerinden olan klasik uzunayak yöntemi ve mekanize uzunayak yöntemi hakkında özet bilgiler verilmiş, benzer ve farklı yönlerinden kısaca bahsedilerek her iki yöntem için ayrı ayrı olmak üzere tehlike kaynakları tanımlanarak bu tehlikelerden meydana gelebilecek riskler belirlenmiştir. Sonraki aşamada ise, belirlenen risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi amacıyla Fine-Kinney metodu kullanılmış, yöntem uyarınca her bir risk için “R” risk puanı değeri belirlenmiş ve söz konusu riskler “R” puanlarına göre yüksekten düşüğe doğru sıralanarak klasik uzunayak yöntemi ile mekanize uzunayak yöntemindeki en önemli riskler sırasıyla Tablo 5.3 ve Tablo

5.6’da sunulmuştur. Çalışmanın bu bölümünde ise, her iki yöntem için bulunan en önemli üç riskin değerlendirilmesi maksadıyla olay ağacı analiz tekniği bu olaylara uygulanacaktır.

Bu maksatla, her bir risk “tetikleyici olay” olarak adlandırılacak, her bir tetikleyici olay için riski önleyecek önlem anlamına gelen 4 adet “ara olay” tanımlanacak, bu ara olayların tetikleyici olaydan meydana gelebilecek kazayı önlemedeki başarı yüzdeleri (olasılıkları) belirlenecek, daha sonra ise olay ağaçları çizilerek kollar üzerinde olasılıklar gösterilecek ve her bir sonuç için, bu sonucu oluşturan kolların olasılıklarının çarpımıyla olasılık değerleri hesaplanacaktır. Her bir tetikleyici olay için 4 adet ara olay belirleneceği için, $2^4 = 16$ adet sonuç elde edilecek ve her bir sonuç olay ağacı yönteminin aynı zamanda kantitatif nitelikli olmasından dolayı ayrıca risk sınıflarına sokularak her bir risk sınıfının oluşma olasılığı da hesaplanabilecektir. Sayılan işlemlerin ardından ise sonuçlar yorumlanacaktır. Her bir tetikleyici olay için çalışmanın önemli bir girdisi olan ara olayların kazayı önlemedeki başarı yüzdelere (olasılıklarına) Manisa ilinin Soma ilçesinde faaliyet göstermekte olan bir yeraltı kömür ocağına gerçekleştirilen ziyarette yeraltı kömür ocağında görev yapmakta olan toplam 26 mühendis ve üretim bölümünde çalışan deneyimli çalışanlar ile gerçekleştirilen anket çalışmasının ağırlıklı ortalaması alınarak karar verilmiştir.

Tablo 5.3’den görüldüğü üzere, klasik uzunayak yönteminde en önemli riskler “tolerans gösterilemez risk” olan grizu patlaması ve kömürün endojen yanması olaylarıdır. Bu iki riskin ardından ise, en önemli riskler eşit “R” değerine sahip ve “esaslı risk” olarak sınıflandırılmış olan; yetersiz hava kalitesi, periyodik ölçüm eksikliği, fan kapasitesi yetersizliği, merkezi gaz izleme sisteminin olmaması, gaz sensörlerinin yetersizliği, gaz sensörlerinin arızalanması, üretim sırasında göçük meydana gelmesi ve tali havalandırma sırasında fan kapasitesi yetersizliği riskleridir. Çalışmada, olay ağacı analizi ile risk puanı en yüksek olan grizu patlaması ve kömürün endojen yanması değerlendirilecek olup üçüncü olarak ise, yukarıda sayılan eşit risk puanlı olaylardan üretim sırasında göçük meydana gelmesi olayı değerlendirilecektir.

Yeraltı kömür madenciliğinde tahkimat işleri, havalandırma ve nakliyat yollarının uzun yıllar ayakta durması, üretim için oluşturulan panolar ile üretim ayaklarından tavan kontrolünün sağlanarak belirli bir sistematik içerisinde verimli ve güvenli şekilde kömürün kazanılması için yapılmakta ve hayati önem taşımaktadır. Tavan kontrolünün sağlanamamasıyla yani, çeşitli nedenlerle tavan basıncının mevcut tahkimat sistemlerinin sürekliliğini bozarak tahkimat malzemelerini işlevsiz hale getirmesiyle, blok, kütle, toprak gibi malzemelerin ocak zeminine hızlı bir şekilde akmasıyla göçük olayı meydana gelmektedir. Meydana gelen göçük olayıyla ise, tahkimat malzemelerinin ve diğer ocak ekipmanlarının zarar görmesinin yanısıra, üzücü bir şekilde çalışanların yaralanması veya can kaybı söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla göçük olayı, klasik uzunayak metodunda sıkça istenmeyen sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, Aydın (1999) tarafından yapılan çalışmada madencilikte oluşan tehlikeli kazaların yarısının tavan çökmesi veya taş düşmesinden oluştuğu, tehlikeli olmayan yaralanmaların da yarısına yakını yine tavan çökmesinin oluşturduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu kazaların grizu patlamalarında olduğu gibi bir defada büyük bir kitleye etkili olmadığından, büyük bir toplam oluşturmaya rağmen dikkate alınmadığı ve her bir kazada birkaç kişi öldüğünden veya yaralandığından ötürü grizu kazaları gibi dikkat çekmediği ifade edilmiştir. Anılan bu nedenlerden dolayı klasik uzunayak yönteminde eşit “R” değerine sahip risklerden göçük olayı, olay ağacı analizi ile değerlendirilecektir.

Diğer yandan Tablo 5.6’da görüldüğü üzere, mekanize uzunayakta en önemli riskler, klasik uzunayaktaki gibi, Fine-Kinney metodu ile “R” risk değeri 500 olarak bulunan ve “tolerans gösterilemez risk” sınıfına dahil olan grizu patlaması ve kömürün endojen yanması olaylarıdır. Bu iki riskin ardından üçüncü önemli risk ise, yine Fine-Kinney yöntemi kullanılarak risk değeri 360 olarak bulunan ve esaslı risk kategorisine giren üretim organizasyonundaki aksaklıklardır. Dolayısıyla, mekanize uzunayak yöntemi için söz konusu bu üç risk, olay ağacı analizi ile değerlendirilecektir.

5.2.1 Grizu Patlamasının Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi

Gerek klasik uzunayak gerekse mekanize uzunayak yöntemlerinde en önemli risk olarak belirlenmiş olan grizu patlamasının değerlendirilmesi amacıyla oluşturulacak olay ağacı modelinde tetikleyici olay grizu patlaması olacaktır. Söz konusu risk için belirlenen 4 önlem (ara olaylar) ile kaza önleme olasılıkları Tablo 5.7’de görülmektedir. Önlemlerin kaza önleme olasılıklarına, Manisa ilinin Soma ilçesinde faaliyet göstermekte olan bir yeraltı kömür ocağına gerçekleştirilen ziyarette yeraltı kömür ocağında görev yapmakta olan toplam 26 mühendis ve üretim bölümünde çalışan deneyimli çalışanlar ile gerçekleştirilen anket çalışmasının ağırlıklı ortalaması alınarak karar verilmiştir.

Tablo 5.7 Grizu patlaması için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları

ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)
1	Metan drenajı	78
2	Havalandırma sisteminin sürekli çalışması	90
3	Erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olması	95
4	Ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılması	92

Yapılan anket çalışmasının sonucuna göre, grizu patlaması olayı için önerilen önlemlerden ilki olan metan drenajının gerçekleştirilmesi halinde, meydana geldiğinde sonuçları hiç istenmeyecek boyutlarda olacak grizu patlamasının %78 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Ünver ve Akbal (2010) tarafından yapılan çalışmada, grizu patlamasının olabilmesi için metan gazı (CH₄), oksijen (O₂) ve karışımın patlamasına neden olan ateşleme kaynağı olmak üzere üç etkenin bir araya gelmesi gerektiği ve grizu patlamalarının önlenmesinin en etkin yolunun çalışma öncesi ve sırasında drenaj

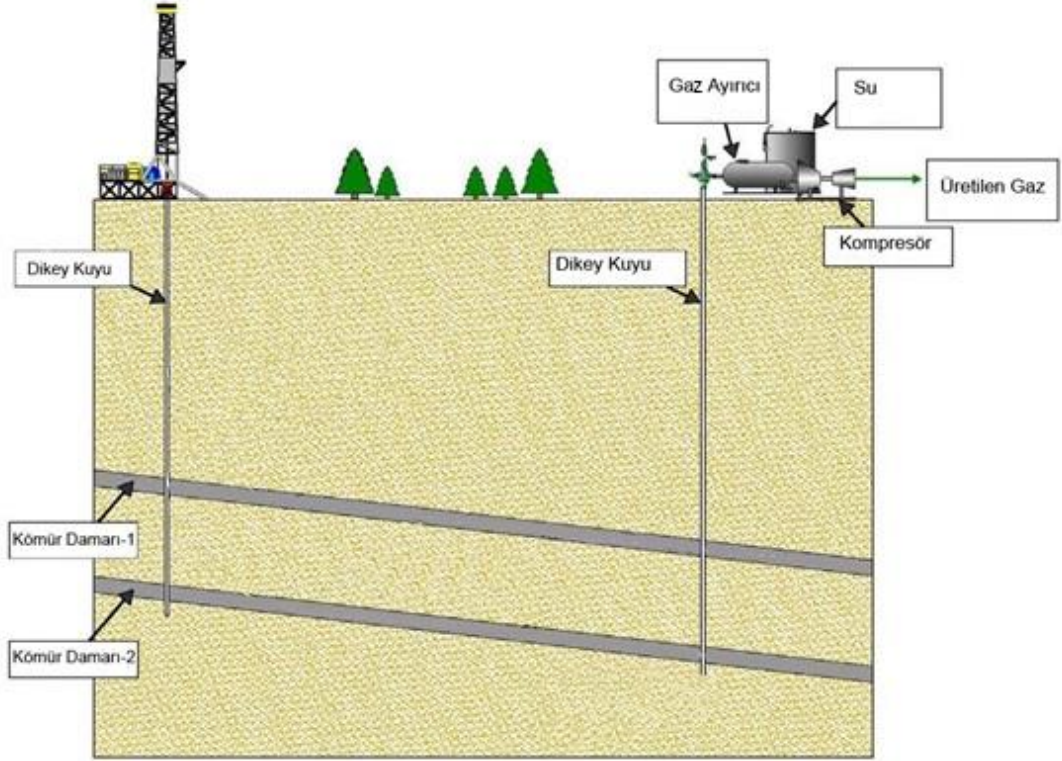
yapılması olduğu belirtilmiştir. Yapılacak olan drenaj işlemleriyle grizu patlamasının uę etkeninden en önemlisi olan metan gazı, ortamdan uzaklaştırılmış ve kontrol altında tutulmuş olacaktır.

Genel olarak, üretim faaliyetleri sonucu uzunayak gerisinde sondaj delikleri vasıtasıyla grizu birikinti veya kaynağı ile temasa geçilmesi ve gazın emilmesi metan drenajı terimi ile tarif edilir. Drenaj işlemi, metanın bir boru sistemine dahil edilmesi, emici bir fandan geçirilmesi ve atmosfere bırakılması veya kullanılmak üzere endüstriyel tesislere ulaştırılması ile tamamlanır. Böylece, rtalama %50-60 oranında ve bazı hallerde %90'a kadar saf metan yeraltı işyerlerine erişmeden önce ocak dışına atılmış olur. Metan gazının kaynağından emilerek saf dışı bırakılması, nispeten gazlı sınıfa dahil edilen kömür ocaklarının kartiye, pano ve uzunayak havalandırma sistemlerinin verimini hissedilir derecede artırır. Drenaj sistemleri madencilik öncesinde, madencilik döneminde ve madencilik sonrasında kömür damarı içerisinde bulunan metan gazını üretirler. Drenaj sistemleriyle eř zamanlı olarak yürütülen havalandırma, çoğu madende metan konsantrasyonunu düşük tutmanın en ekonomik yöntemi olabilmektedir (Aydın ve Kesimal, 2007).

Yeraltı kömür ocaklarında grizu patlamasının önlenmesi için yapılacak metan drenajı uygulaması, riskin kaynağında önlenmesi prensibi dahilinde çok önemli bir önlemdir. Drenaj uygulamasının eğer mümkünse henüz kömür üretimine başlanmadan, yani madencilik öncesinde gerçekleştirilmesi çok daha yerinde olacaktır. Böylece, kömür damarına ulaşıldığında ve kömür üretimine başlandığında damar içerisindeki saf metan gazının %90'a kadar kısmı zaten önceden ortamdan uzaklaştırılmış olacak ve çok daha güvenli bir üretim faaliyeti yürütülecektir. Üretim ncesi metan drenajı uygulaması şekil 5.3'te görülmektedir.

Ayrıca, yasal mevzuatımızda üretim aşamasında gaz degaj riskinin değerlendirilmesi ngrlmş ve değerlendirme sonucunda degaj riskinin belirlenmesi halinde alınacak tedbirler ve yapılacak işlemler sıralanmıştır. Buna göre, Maden işyerlerinde iş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 12.5.2'de, degaj riskinin olduğu belirlenen yerlerde; gaz drenajı, 50 m' den az olmamak

kaydıyla uygun topuk bırakılması veya belirlenmiş şartlara uygun kontrol sondajlarının yapılması önlemlerinden en az birisinin uygulanması şart koşulmuştur.



Şekil 5.3 Üretim öncesi metan drenajı (Ünver ve Akbal, 2010)

Yapılan anket çalışmasının sonucuna göre, grizu patlaması olayı için önerilen önlemlerden ikincisi olan havalandırma sisteminin sürekli çalışmasının, grizu patlaması olayını %90 oranında önleme etkisine sahip olduğu bulunmuştur.

Yeraltı kömür ocaklarında havalandırma işlemi, yeraltında çalışanlara temiz ve solunabilir bir hava sağlamak, üretim faaliyetleri sonucunda ortam havasına yayılan tehlikeli gazlar ile tozları ortamdan uzaklaştırmak ve ocak dışına atmak için yapılmaktadır. Temiz ve kaliteli bir hava olmaksızın yaşamın mümkün olmayacağı düşünüldüğünde, bütün yeraltı işletmeleri gibi kömür ocaklarında da daha çalışmaya başlanılmadan uygun bir havalandırma sistemi kurulması gereklidir. Ayrıca, yeraltı ocağı genişledikçe ve üretim bölgeleri ile yeraltında çalışanların sayısı arttıkça havalandırma sisteminin büyütülmesi ve kapasitesinin artırılması gereklidir.

Yeraltını havalandırma işleminin kararlılığının sağlanabilmesi için kurulu bulunan havalandırma sisteminin sürekli çalışması bir zorunluluktur. Havalandırma sistemindeki en kısa süreli durmalarda bile, ocağın özellikle üretim ayakları ve tek yönlü açılmakta olan hazırlık yolları gibi bölümlerinde çalışanlar için zehirleyici, boğucu; ortam için patlayıcı özelliğe sahip gazların ve solunabilir tozların konsantrasyonunda büyük oransal artışlar meydana gelecek ve çalışanlar için hayati riskler doğacaktır. Yalçın ve Gürgen (1999) tarafından yapılan çalışmada grizu patlaması olayının havada %5 – 15 arası metan bulunduğu durumlarda meydana geldiği belirtilmiştir. Bu nedenle, havalandırma sisteminin sürekli olarak çalışır durumda bulunması ve böylece grizu patlamasının üç bileşeninden en önemlisi olan metan gazının ortamdaki konsantrasyonunun, patlama sınır değerinin muhakkak altında tutulması gerekmektedir.

Tez çalışmaları sırasında Ege Bölgesi yeraltı kömür ocaklarına gerçekleştirilen ziyaretlerde, yeraltı ocaklarının gezilmesi sırasında, havalandırma sistemlerinin kapatıldığı veya arızalar nedeniyle sistemde durmalar yaşandığı gözlemlenmiştir. Havalandırma sisteminin neden kapatıldığı araştırıldığında, genellikle öğle yemeği molasında olduğu, hava kalitesinin o an için yeterli seviyede olduğu veya elektrik kullanımında tasarrufa gidilmek istendiği gibi geçersiz sebepler ortaya atılmıştır. Yapılan uyarılar ile sistemin çalıştırılması sağlanmış ve bu kusurlu davranışın tekrarlanmaması gerektiği aktarılmıştır. Havalandırma sistemi kapalıyken yapılan ölçümlerde gerçekten de ortamdaki metan, karbonmonoksit gibi tehlikeli gazların konsantrasyonunda artış; oksijen gazının konsantrasyonunda ise azalış tespit edilmiştir. Bu nedenle, havalandırma sisteminin sürekli çalışması grizu riskini azaltacak en önemli önlemlerden bir tanesidir.

Bu konu hakkında, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 8.2’de, “havalandırmanın sürekliliğini ve kararlılığını sağlayacak tedbirler alınır. Havalandırma sistemlerinin devre dışı kalmaması için bu sistemler devamlı surette izlenir ve istenmeyen devre dışı kalmaları bildirecek otomatik alarm sistemi bulunur” denilerek ocak havalandırmasının önemine değinilmiş ve havalandırma

sisteminin sürekli olarak çalışır durumda olmasının sağlanması gerektiği zorunlu kılınmıştır.

Yapılan anket çalışmasının sonucuna göre, grizu patlaması olayı için önerilen önlemlerden üçüncüsü olan erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olması önleminin grizu patlaması olayını %95 oranında önleme etkisine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yeraltı ocağı için yeterli bir havalandırma sisteminin sağlanmasının gerekliliğinden ve sürekliliğinin öneminden yukarıda bahsedilmiştir. Yeraltı çalışmaları için uygun, solunabilir bir hava sağlandıktan sonra, ocak havasının sürekli olarak ölçülerek içerisinde bulunan metan ve diğer tehlikeli gazlar ile oksijen konsantrasyonunun gözlemlenmesi, kontrol edilmesi ve kayıt altına alınması büyük önem arz etmektedir. Bu maksatla yeraltı maden işletmelerine Şekil 5.4'te görülen, erken uyarı sistemi olarak adlandırılan sistemler yerleştirmek gerekmektedir.

Erken uyarı sistemini, algılayıcı sensörler, yerüstü izleme ünitesi ile bu ikisi arasındaki veri akışını sağlayan kablo bağlantıları oluşturur. Ölçülecek her bir gaza ait algılama sensörleri yeraltı ocağının belirlenen yerlerine yerleştirilerek veri kabloları ile yerüstü izleme odasında kurulacak bir izleme ünitesine verilerin aktarılmasıyla uygun bir monitör üzerinden gazların anlık değerleri sürekli olarak izlenebilecektir. Ayrıca, sisteme her bir gaza ait konsantrasyon üst limit değeri girilerek söz konusu bu değer ölçüldüğü anda sistemin insan müdahalesi olmadan sesli ve görsel uyarı verecek ve aynı zamanda yeraltı elektriğini kesecek özelliği bulunmalıdır. Örneğin, metan gazı için üst konsantrasyon değeri mevzuatın öngördüğü %2 değerine ayarlandığında, metan sensörü bu değeri yerüstü ünitesine iletecek ve sistem otomatik olarak uyarı verecektir. Bu durumda yeraltı ocağının tahliyesi, derhal ve önceden uygulanmış tatbikatlar uyarınca sistemli bir şekilde gerçekleştirilecektir. Erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olduğu bir yeraltı işletmesinde grizu patlaması riski böylece bertaraf edilmiş olacak, olası can kayıplarının önüne geçilecektir.

Mevzuatımızda ocaktaki metan değerlerinin sürekli olarak gözlemlenmesi gerektiğine yer verilmiş, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 10.14'te, “metan oranının çalışma ortamında sık sık değiştiği hallerde, metan oranına göre ayarlı, ses ve ışık uyarısı yapan metan dedektörü bulundurulur veya bir merkezden izlenebilecek otomatik kontrol sistemi kurulur”, denilmiştir. Ayrıca, aynı yönetmeliğin 10.3 maddesinde “bu sensörler, asgari olarak, ocağın ana hava giriş yolunda, üretim bölgelerinin her birinin temiz hava giriş ve hava dönüş yollarında, hazırlık çalışması yapılan bölgelerin hava dönüş yollarında ve ocağın kirli havasının ocak dışına çıktığı nefesliklerde bulunur” denilerek metan sensörlerinin konumlandırılacağı yerler açıkça tarif edilmiştir.



Şekil 5.4 Erken uyarı sistemi algılayıcı sensörleri ve gaz izleme ünitesi (Mallı ve ark.,2014)

Yapılan anket çalışmasının sonucuna göre, grizu patlaması olayı için önerilen önlemlerden dördüncüsü olan ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılması önleminin grizu patlaması olayını %92 oranında önleme etkisine sahip olduğu belirlenmiştir.

İşyerlerinde meydana gelmesi olası iş kazalarının önlenmesinde işyerine ait mevcut risk analizi uyarınca uygulanacak risk kontrol adımları ilkesine göre öncelik daima riskin kaynağında bertaraf edilmesidir. Bunun mümkün olamayacağı durumlarda ise, tehlike kaynaklarının ortadan kaldırılması, risklere kaynağında müdahale edilmesi gibi çözümlere başvurulmalıdır. Bu prensipten hareketle, grizu patlaması olayını kaynağında bertaraf edecek önlem grizulu ortamın oluşumuna müsaade etmemek olacaktır. Grizulu ortamın, metan ile oksijenin bir arada

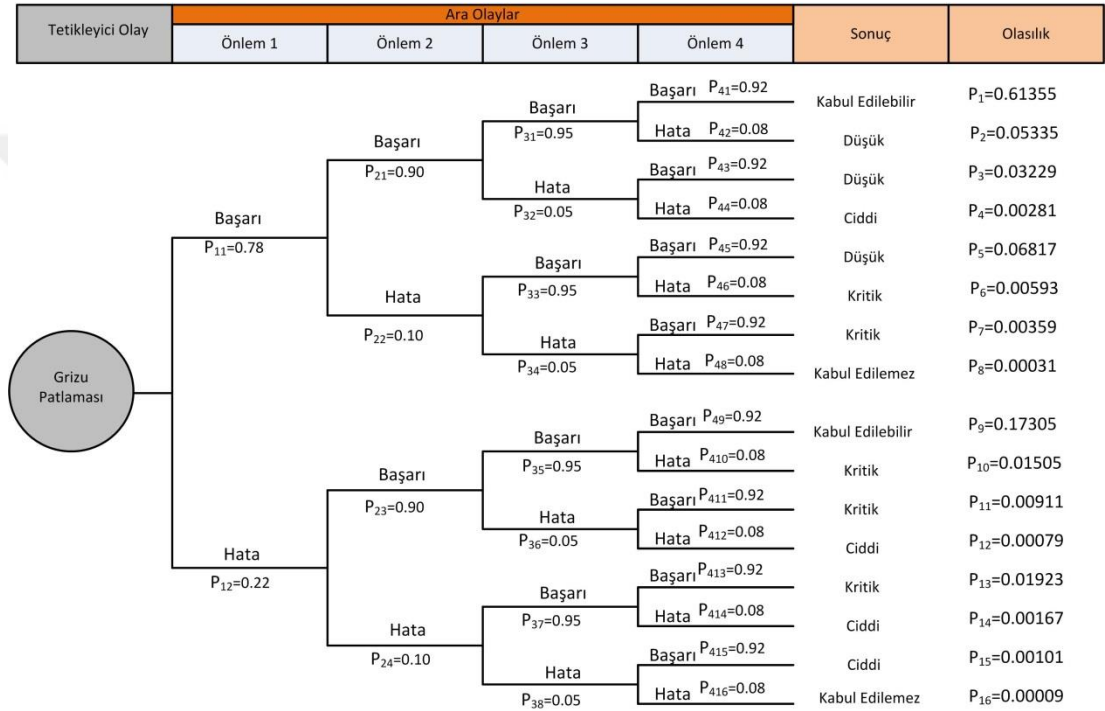
bulunduğu ortam olduğu göz önünde bulundurulursa, ortamdan yaşamın kaynağı olan oksijenin çıkarılamayacağı konusunda bir şüphe bulunmamakta olup ortamda metan gazının varlığına müsaade edilmemesi veya metanın patlama limit konsantrasyonunun altındaki değerlerde tutulması gerektiği zorunludur. Bu ise yukarıda değinildiği gibi, metan drenajı çalışmalarıyla, yeraltı havalandırmasının sürekli kılınmasıyla ve erken uyarı sistemlerinin etkili kullanılmasıyla mümkün olabilecektir. Söz konusu bu önlemlerin tam olarak uygulanamamasıyla, grizu patlamasının önüne geçebilecek önlem yeraltı ocağında exproof ekipmanların kullanılması olacaktır.

Exproof kelimesi; ingilizce explosion yani “patlama” kelimesi ile, proof yani “-e karşı dayanıklı, dirençli” kelimesinin birleşiminden oluşmuştur ve kısaca patlamaya karşı dayanıklı, dirençli anlamına gelmektedir. Yeraltı ocağında üretim çalışmaları sırasında grizulu ortamın oluşması halinde, grizu patlamasının üçüncü bileşeni olan ateşleme kaynağının önlenmesi exproof ekipmanların kullanımıyla, yani bütün elektrik motorları ve diğer ekipmanların exproof özellikli olmasıyla mümkün olmaktadır. Yani, söz konusu ekipmanların kullanımıyla patlamaya uygun nitelikli gazın ateşlenmesinin önüne geçilmiş olacaktır.

Grizu patlaması olayı için belirlenen ve Tablo 5.7’de toplu olarak gösterilen önlemler ve önleme olasılıkları kullanılarak oluşturulan olay ağacı Şekil 5.5’te görülmektedir.

Şekil 5.5’te görüldüğü üzere, tetikleyici olay grizu patlaması için belirlenen 4 adet ara olaya ait olasılıklar olay ağacının kolları üzerinde gösterilmiştir. Buna göre her ara olay için, yukarıya doğru çizilen kollar söz konusu önlemin başarılı olduğu yani, kazayı önlediği durumu yansıtmakta; aşağıya doğru çizilen kollar ise söz konusu önlemin başarısız olduğu yani, kazayı önleyemediği durumu yansıtmaktadır. İstatistiksel olarak $P_{\text{başarı}} + P_{\text{hata}} = 1$ eşitliği uyarınca, her önlemin yukarıya ve aşağıya doğru çizilen kollarının toplamı 1’e eşit olacaktır. Örneğin; önlem 3’e (erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olması) ait olarak belirlenen kaza önleme olasılığı %95 olduğu için, bu önleme ait yukarıya doğru çizilen tüm kolların

olasılık değerleri 0,95 ve aşağıya doğru çizilen tüm kolların olasılık değerleri 0,05 olmaktadır. Bu şekilde söz konusu tetikleyici olay için, olay ağacı üzerinde tüm ara olayların başarı/hata durumları olasılıklandırılmış, toplam olarak 16 adet sonuç elde edilmiş ve ağacın en sağında görülen her sonuca ait olasılık değerleri koşullu olasılıklandırma ile hesaplanmıştır. Her bir sonucun olasılık değeri, aşağıda gösterildiği gibi, bu sonuca götüren kollar üzerinde gösterilen olasılık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buna göre;



Şekil 5.5 Grizu patlaması riski için olay ağacı analizi

- 1. Senaryo Olasılığı; $P_1 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{41}$ olmak üzere $P_1 = 0,61355$
- 2. Senaryo Olasılığı; $P_2 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{42}$ olmak üzere $P_2 = 0,05335$
- 3. Senaryo Olasılığı; $P_3 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{43}$ olmak üzere $P_3 = 0,03229$
- 4. Senaryo Olasılığı; $P_4 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{44}$ olmak üzere $P_4 = 0,00281$
- 5. Senaryo Olasılığı; $P_5 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{45}$ olmak üzere $P_5 = 0,06817$
- 6. Senaryo Olasılığı; $P_6 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{46}$ olmak üzere $P_6 = 0,00593$
- 7. Senaryo Olasılığı; $P_7 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{47}$ olmak üzere $P_7 = 0,00359$
- 8. Senaryo Olasılığı; $P_8 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{48}$ olmak üzere $P_8 = 0,00031$

- 9. Senaryo Olasılığı; $P_9 = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{49}$ olmak üzere $P_9 = 0,17305$
- 10. Senaryo Olasılığı; $P_{10} = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{410}$ olmak üzere $P_{10} = 0,01505$
- 11. Senaryo Olasılığı; $P_{11} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{411}$ olmak üzere $P_{11} = 0,00911$
- 12. Senaryo Olasılığı; $P_{12} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{412}$ olmak üzere $P_{12} = 0,00079$
- 13. Senaryo Olasılığı; $P_{13} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{413}$ olmak üzere $P_{13} = 0,01923$
- 14. Senaryo Olasılığı; $P_{14} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{414}$ olmak üzere $P_{14} = 0,00167$
- 15. Senaryo Olasılığı; $P_{15} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{415}$ olmak üzere $P_{15} = 0,00101$
- 16. Senaryo Olasılığı; $P_{16} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{416}$ olmak üzere $P_{16} = 0,00009$

olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hesaplanan bütün sonuçlar, bir olayı (grizu patlaması) oluşturan parçalar olduğundan, 16 adet sonucun toplamı yani; $P_1 + P_2 + \dots + P_{16} = 1$ olacaktır.

Grizu patlaması olayı için olay ağacı üzerinde meydana gelen bütün sonuçların olasılıklarının hesaplanmasının ardından, “kabul edilebilir, düşük, kritik, ciddi, kabul edilemez” olmak üzere beş adet risk sınıfı oluşturularak olay ağacı üzerinde her bir kol, önlemlerin gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine veya başarılı olup olmadığına göre söz konusu risk sınıflarından birisiyle eşleştirilmiştir.

Grizu patlaması için belirlenen bütün önlemlerin gerçekleştiği, yani metan drenajının yapıldığı, havalandırma sisteminin sürekli çalıştığı, erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olduğu ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanıldığı olay ağacı üzerindeki birinci durumda risk seviyesi “kabul edilebilir” olacaktır. Bununla birlikte, anket sonuçları uyarınca en önemli üç önlemin alındığı ancak önleme olasılığı en düşük olan metan drenajının önleminin alınmadığı dokuzuncu durumda da risk seviyesi yine “kabul edilebilir” kategorisinde yer almaktadır.

Diğer yandan olay ağacı üzerinde, metan drenajının gerçekleştirildiği, havalandırma sisteminin sürekli çalıştığı ve erken uyarı sisteminin ve algılayıcı

sensörlerin devamlı aktif olduğu ancak, ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı ikinci durumda; metan drenajının gerçekleştirildiği, havalandırma sisteminin sürekli çalıştığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanıldığı ancak, erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı üçüncü durumda; metan drenajının gerçekleştirildiği, erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olduğu ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanıldığı ancak, havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı beşinci durumda risk seviyeleri “düşük” olarak belirlenmiştir.

Söz konusu önlemlerden metan drenajının gerçekleştirildiği ve erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olduğu ancak, havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı altıncı durumda; metan drenajının yapıldığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanıldığı ancak, havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı ve erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı yedinci durumda; havalandırma sisteminin sürekli çalıştığı ve erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olduğu ancak, metan drenajının yapılmadığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı onuncu durumda; havalandırma sisteminin sürekli çalıştığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanıldığı ancak, metan drenajının yapılmadığı ve erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı onbirinci durumda; erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olduğu ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanıldığı ancak, metan drenajının yapılmadığı ve havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı onüçüncü durumda risk seviyeleri “kritik” sınıf içinde yer almaktadır.

Olay ağacı üzerinde, metan drenajının gerçekleştirildiği ve havalandırma sisteminin sürekli çalıştığı ancak, erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı dördüncü durumda; havalandırma sisteminin sürekli çalıştığı ancak, metan drenajının yapılmadığı, erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı onikinci durumda; erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olduğu ancak, metan

drenajının yapılmadığı, havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı ondördüncü durumda; ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanıldığı ancak, metan drenajının yapılmadığı, havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı ve erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı onbeşinci durumda risk seviyeleri “ciddi” olarak değerlendirilmektedir.

Son olarak, metan drenajının gerçekleştirildiği ancak buna karşı, havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı, erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı sekizinci durumda; hiçbir önlemin alınmadığı yani, metan drenajının yapılmadığı, havalandırma sisteminin sürekli çalışmadığı, erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmadığı ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmadığı onaltıncı durumda ise risk seviyesi “kabul edilemez” olmaktadır.

Tablo 5.8 Grizu patlaması riski için risk seviyeleri olasılıkları

Risk Sınıfı	Olasılık
Kabul Edilebilir	0,7866
Düşük	0,15381
Kritik	0,05291
Ciddi	0,00628
Kabul Edilemez	0,0004

Grizu patlaması olayı için, olay ağacı üzerindeki sonuçlardan aynı risk seviyesi sınıfına giren sonuçların olasılıkları toplandığında, elde edilen her bir risk seviyesinin olasılığı Tablo 5.8’de görülmektedir. Buna göre, grizu patlaması olasılığı 0,7866 ihtimalle alınan önlemlerin senaryolarına göre kabul edilebilir düzeydedir. Ayrıca, hata ağacında belirtilen önlemlerin durumuna göre; düşük risk sınıfının olasılığı 0,15381; kritik risk sınıfının olasılığı 0,05291; ciddi risk sınıfının olasılığı 0,00628’ dir. Grizu patlaması riski, hata ağacındaki önlemlere göre 0,0004 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfındadır. Önemli önlemlerin hiçbirisinin veya çoğunun yerine getirilmediği durumda bu olasılık sonucu ortaya çıkmaktadır.

5.2.2 Kömürün Endojen Yanmasının Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi

Gerek klasik uzunayak gerekse mekanize uzunayak yöntemlerinde bir diğer en önemli risk olarak belirlenmiş olan kömürün endojen yanmasının değerlendirilmesi amacıyla oluşturulacak olay ağacı modelinde tetikleyici olay kömürün endojen yanması olacaktır. Söz konusu risk için belirlenen 4 önlem (ara olaylar) ile kaza önleme olasılıkları Tablo 5.9’da görülmektedir. Önlemlerin kaza önleme olasılıklarına, Manisa ilinin Soma ilçesinde faaliyet göstermekte olan bir yeraltı kömür ocağına yapılan ziyarette yeraltı kömür ocağında görev yapmakta olan toplam 26 mühendis ve üretim bölümünde çalışan deneyimli çalışanlar ile gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçlarının ağırlıklı ortalaması alınarak karar verilmiştir. Gerçekleştirilen anket çalışmasında 1. önlem olan “üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmesi” önleminin olasılığı %33 çıkmış ancak gerek çalışma kapsamında ziyaret edilen yeraltı kömür işletmesi gerekse endojen yanmaya yatkın diğer yeraltı kömür işletmeleri göz önünde bulundurulduğunda, kömürün hava ile temasının kesilmesine yönelik birçok uygulamanın gerçekleştiriliyor olduğu; dolayısıyla söz konusu önlemin bu kadar düşük bir önleme olasılığına sahip olamayacağı, hatta riskin kaynağında bertaraf edilmesi prensibince oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu hususları değerlendirilerek söz konusu bu önlem için önleme olasılığı %90 olarak alınmıştır. Diğer yandan yine anket sonuçlarına göre, 4. önlem olan “ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılması” önleminin olasılığı %46 bulunmuş, söz konusu önlemin çalışanlar arasında bilindiği ancak kazayı önleme olasılığının düşük değerlendirildiği sonucuna varılarak, yapılan olay ağacı analizinde bu önlem için 0,46 olasılık değeri kullanılmıştır.

Kömürün endojen yanması riski için önerilen önlemlerden ilki olan üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmesinin gerçekleştirilmesi halinde, kömürün endojen yanmasının %90 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.9 Kömürün endojen yanması için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları

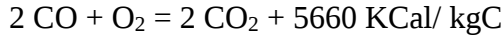
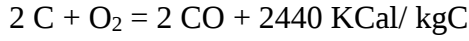
ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)
1	Üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmesi	90
2	Ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olması	70
3	Ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi	83
4	Ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılması	46

İster klasik uzunayak yönteminde olsun, ister mekanize uzunayak yönteminde olsun kömürün endojen yanması riski için en önemli önlem, riski kaynağında bertaraf etme prensibi gereğince, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmesidir.

Kömür oksitlenmeye eğilimli bir madde olduğundan, ocakta veya stokta yeni açılan yüzeyler, hava ile temas eder etmez oksidasyon olayı başlar. Önce oksijen molekülleri kömür yüzeyine fiziksel olarak bağlanır (adsorbe olur) ve difüzyon yoluyla geçiş gözeneklere kadar ulaşır. Sonrasında kömürün fiziksel bağlanmasını oksidasyon denen ortama ısı veren kimyasal reaksiyon takip eder. Ortama verilen bu ısı hava akımı ile taşınarak kızışma olayı meydana gelmeden reaksiyon devam eder. Bu ısı ortamdaki uzaklaştırılmazsa sıcaklık yükselmeye başlar. İlk aşamada peroksitler oluşur, 70-85°C sıcaklıkta peroksitler parçalanarak CO ve CO₂ yayılımı artar. 100°C de kömürdeki su buharlaşır. Sıcaklık yükseldikçe 130°C nin üstünde ısıya dayanıklı kömür-oksijen kompleksi oluşur (Yılmaz, 2016).

Kömür kendi kendine kızıştığında dışardan ısı almak yoktur. Asıl neden oksidasyon ısıdır. Oksijen kömür tarafından absorbe edildiğinde 1-2°C sıcaklık

oluşur. Ancak oksidasyon ortamına gelen hava çok fazla ise oluşan ısı taşınır ve kısa süreliğine tehlike kalmaz. Tersı durumunda, hava tamamen kesilmelidir. Sözü edilen reaksiyon (Yılmaz, 2016):



Reaksiyonun tekrarlaması durumunda sıcaklık artar ve kömür yanmaya başlar. Gazlı ortamda patlama olabilir. Oksidasyon için kömür ve oksijenin varlığı yeterlidir (Yılmaz, 2016).

Mevzuatımızda da kömürün endojen yanma riskine değinilmiş olup, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 13.1’de “kendiliğinden tutuşmanın önlenmesi veya erken fark edilmesi için gerekli tedbirler alınır. Jeoloji ve damar yapısı müsaade ettiği müddetçe, ana yollar ve havalandırma yollarının kömür içerisinden sürülmemesi esastır. Bunun sağlanamadığı ana yollar ve havalandırma yollarında kömürün hava ile temasını tamamen kesecek gerekli tedbirler alınır” denilmektedir.

Üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmesi, galeri cidarının hemen ilk kazı sonrasında hava geçirimsiz bir malzeme ile kaplanması ve kömür ile havanın buluşmasının engellenmesidir. Bu başarılabılırsa, yanmanın oluşması için gerekli olan elemanlardan en önemlisi sistemden uzaklaştırılabilecektir. Kaplama malzemesi olarak, taş tozu, balçık, kum vb. malzemeler kullanılabilir. Daha sıkı sızdırmazlık için çimento, anhidrit veya köpük enjeksiyonu yapılır (Bayraktar, 2013). Örnek bir uygulama Şekil 5.6’da görülmektedir.



Şekil 5.6 Kaplama malzemesinin tahkimat arkasına yerleştirilmesi (Bayraktar, 2013)

Yapılan anket çalışmasının sonucuna göre, kömürün endojen yanması riski için önerilen önlemlerden ikincisi olan ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmasının gerçekleştirilmesi halinde, kömürün endojen yanmasının %70 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Yeraltı ocağına yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun miktarlarda olmasıyla, oksidasyon ısısının ortamdan uzaklaştırılması ve sıcaklık henüz yükselmeden endojen yanma olayının engellenmesi sağlanır. Bu konuda, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 8.3'te hava hızının 0,5 m/s'den az olamayacağı belirtilmiştir. Bu nedenle, havalandırma sistemlerinin sürekliliği ve kararlılığının çok önemli olduğu gerçeği endojen yanma riskinde de ortaya çıkmaktadır.

Yapılan anket çalışmasının sonucuna göre, kömürün endojen yanması riski için önerilen önlemlerden üçüncüsü olan ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi önleminin gerçekleştirilmesi halinde, kömürün endojen yanmasının %83 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Endojen yanma olayı, ocak içerisindeki gazlardan özellikle CO gazındaki ve ortamın sıcaklık değerlerindeki yükselmelerle anlaşılmaktadır. Bu nedenle diğer ocak gazları ile birlikte CO gazının ve sıcaklık değerlerinin hem erken uyarı sistemleri ile hem de, uygun yerlerde belirlenmiş olan hava ölçüm istasyonlarında belirli periyotlarla gaz ölçüm cihazlarıyla ölçülerek sonuçların havalandırma defterine muhakkak kaydedilmesi gerekmektedir.

Sonuçların kaydedilmesiyle ortam değerlerinin geriye dönük olarak istenildiği zaman değerlendirilmesi sağlanacaktır. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken husus CO gazındaki her yükseliş tespiti bir endojen yanma habercisi olmayacağıdır. Ocak içerisinde, özellikle klasik uzunayak yönteminde, patlatma işlemleri yapılıyorsa CO değeri patlatma anından itibaren belirli bir süre yüksek seyredecektir. Bu durumda, gerekli güvenlik önlemleri alınmalı, solunabilir hava değerleri normale dönünceye kadar çalışma durdurulmalı ve ayrıca, CO gazındaki söz konusu bu yükselmenin patlatma işleminden kaynaklandığı mutlaka raporlanmalı, kayıt altına alınmalıdır.

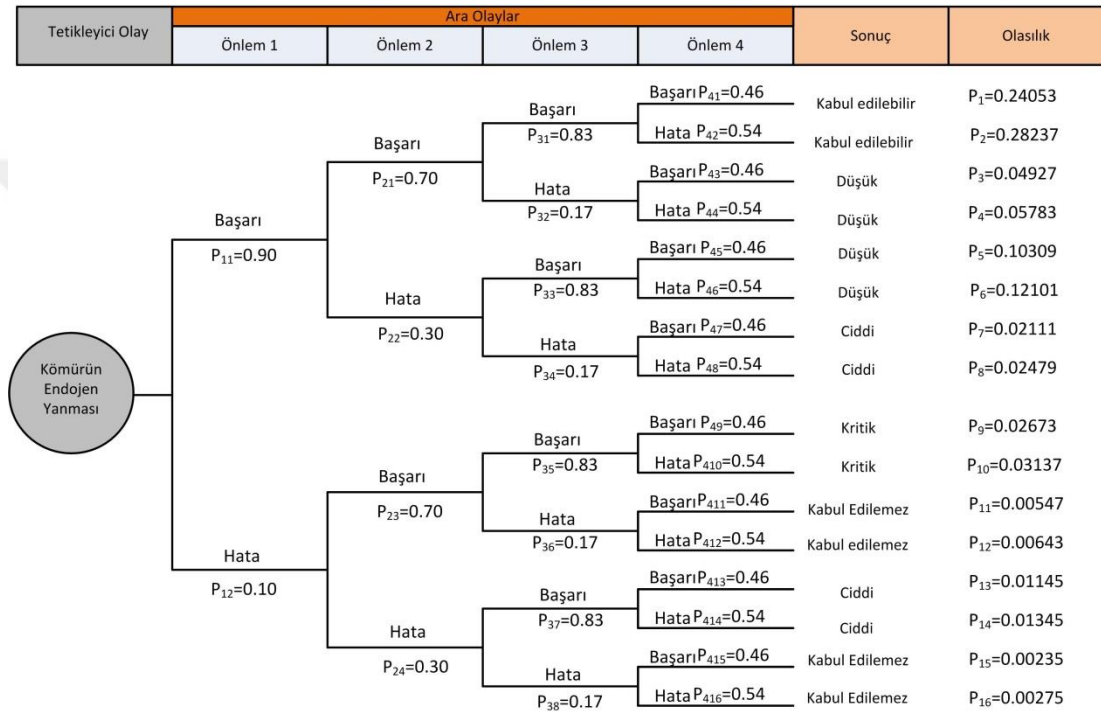
Yapılan anket çalışmasının sonucuna göre, kömürün endojen yanması riski için önerilen önlemlerden dördüncüsü olan ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılması önleminin gerçekleştirilmesi halinde, kömürün endojen yanmasının %46 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Söz konusu son önlem, endojen yangın başlayabilecek ortamlarda tutuşma kaynağı veya yanabilecek malzemelerin olmamasıdır. Böylece yangının ilerleyemeyerek ocağın geneline sirayet etmemesi için önemli bir önlem alınmış olacaktır.

Yeraltı ocağında kömürün ve taşın nakliyat işlemleri için kurulan ve kullanılan bant konveyörler; havalandırmanın tüm çalışma alanlarına iletilmesi için ocak yolları boyunca kurulu bulunan vantüp bezleri ve ocak içindeki çalışanların acil durumlarda hızla ve güvenli bir şekilde yerüstüne çıkmaları için galeri cidarı boyunca kurulu bulunan “hayat hattı” olarak adlandırılan halatlar gibi yeraltı ocağında kullanılan

ekipmanların yanmaya dayanıklı, alev yürütmez ve anti statik özellikleri taşıması gereklidir.

Kömürün endojen yanması olayı için belirlenen ve Tablo 5.9’da toplu olarak gösterilen önlemler ve önleme olasılıkları kullanılarak oluşturulan olay ağacı Şekil 5.7’de görülmektedir.



Şekil 5.7 Kömürün endojen yanma riski için olay ağacı analizi

Şekil 5.7’de görüldüğü üzere, tetikleyici olay kömürün endojen yanması için belirlenen 4 adet ara olaya ait önleme olasılıkları olay ağacının kolları üzerinde gösterilmiştir. Buna göre her ara olay için, yukarıya doğru çizilen kollar söz konusu önlemin başarılı olduğu yani, kazayı önlediği durumu yansıtmakta; aşağıya doğru çizilen kollar ise söz konusu önlemin başarısız olduğu yani, kazayı önleyemediği durumu yansıtmaktadır. İstatistiksel olarak $P_{\text{başarı}} + P_{\text{hata}} = 1$ eşitliği uyarınca, her önlemin yukarıya ve aşağıya doğru çizilen kollarının toplamı 1’e eşit olacaktır. Örneğin; önlem 3’e (ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve değerlerin kaydedilmesi) ait olarak belirlenen kaza önleme

olasılığı %83 olduğu için, bu önleme ait yukarıya doğru çizilen tüm kolların olasılık değerleri 0,83 ve aşağıya doğru çizilen tüm kolların olasılık değerleri 0,17 olmaktadır. Bu şekilde söz konusu tetikleyici olay için, olay ağacı üzerinde tüm ara olayların başarı/hata durumları olasılıklandırılmış, toplam olarak 16 adet sonuç elde edilmiş ve ağacın en sağında görülen her sonuca ait olasılık değerleri koşullu olasılıklandırma ile hesaplanmıştır. Her bir sonucun olasılık değeri, aşağıda gösterildiği gibi, bu sonuca götüren kollar üzerinde gösterilen olasılık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buna göre;

- 1. Senaryo Olasılığı; $P_1 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{41}$ olmak üzere $P_1 = 0,24053$
- 2. Senaryo Olasılığı; $P_2 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{42}$ olmak üzere $P_2 = 0,28237$
- 3. Senaryo Olasılığı; $P_3 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{43}$ olmak üzere $P_3 = 0,04927$
- 4. Senaryo Olasılığı; $P_4 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{44}$ olmak üzere $P_4 = 0,05783$
- 5. Senaryo Olasılığı; $P_5 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{45}$ olmak üzere $P_5 = 0,10309$
- 6. Senaryo Olasılığı; $P_6 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{46}$ olmak üzere $P_6 = 0,12101$
- 7. Senaryo Olasılığı; $P_7 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{47}$ olmak üzere $P_7 = 0,02111$
- 8. Senaryo Olasılığı; $P_8 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{48}$ olmak üzere $P_8 = 0,02479$
- 9. Senaryo Olasılığı; $P_9 = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{49}$ olmak üzere $P_9 = 0,02673$
- 10. Senaryo Olasılığı; $P_{10} = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{410}$ olmak üzere $P_{10} = 0,03137$
- 11. Senaryo Olasılığı; $P_{11} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{411}$ olmak üzere $P_{11} = 0,00547$
- 12. Senaryo Olasılığı; $P_{12} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{412}$ olmak üzere $P_{12} = 0,00643$
- 13. Senaryo Olasılığı; $P_{13} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{413}$ olmak üzere $P_{13} = 0,01145$
- 14. Senaryo Olasılığı; $P_{14} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{414}$ olmak üzere $P_{14} = 0,01345$
- 15. Senaryo Olasılığı; $P_{15} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{415}$ olmak üzere $P_{15} = 0,00235$
- 16. Senaryo Olasılığı; $P_{16} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{416}$ olmak üzere $P_{16} = 0,00275$

olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hesaplanan bütün sonuçlar, bir olayı (kömürün endojen yanması) oluşturan parçalar olduğundan, 16 adet sonucun toplamı yani; $P_1 + P_2 + \dots + P_{16} = 1$ olacaktır.

Kömürün endojen yanması olayı için olay ağacı üzerinde meydana gelen bütün sonuçların olasılıklarının hesaplanmasının ardından, “kabul edilebilir, düşük, kritik, ciddi, kabul edilemez” olmak üzere beş adet risk sınıfı oluşturularak olay ağacı üzerinde her bir kol, önlemlerin gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine veya başarılı olup olmadığına göre söz konusu risk sınıflarından birisiyle eşleştirilmiştir.

Kömürün endojen yanması riski için belirlenen bütün önlemlerin gerçekleştiği, yani üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesildiği, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olduğu, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve kaydedildiği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı olay ağacı üzerindeki birinci durumda risk seviyesi “kabul edilebilir” olacaktır. Bununla birlikte, önleme olasılıkları en yüksek olan üç önlemin alındığı ancak son önlem olan alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılması önleminin alınmadığı ikinci durumda da risk seviyesi yine “kabul edilebilir” kategorisinde yer almaktadır.

Diğer yandan olay ağacı üzerinde, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesildiği, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olduğu ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı ancak, ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği üçüncü durumda; üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesildiği, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olduğu ancak, ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılmadığı dördüncü durumda; üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesildiği, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve kaydedildiği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı ancak, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı beşinci durumda; üretim bölgelerinde kömürün hava ile

temasının kesildiği, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve kaydedildiği ancak, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılmadığı altıncı durumda; risk seviyeleri “düşük” olmaktadır.

Olay ağacı üzerinde ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olduğu, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve kaydedildiği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı ancak, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği dokuzuncu durumda; ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olduğu, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve kaydedildiği ancak, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılmadığı onuncu durumda risk seviyeleri “kritik” sınıf içinde yer almaktadır.

Olay ağacı üzerinde, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesildiği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı ancak, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı ve ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği yedinci durumda; üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesildiği ancak, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılmadığı sekizinci durumda; ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve kaydedildiği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı ancak, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği ve ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı onüçüncü durumda; ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve kaydedildiği ancak, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı ve ocak içerisinde alev yürütmez ve

anti statik ekipmanlar kullanılmadığı ondördüncü durumda risk seviyeleri “ciddi” olarak değerlendirilmektedir.

Son olarak, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olduğu ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı ancak buna karşı, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği ve ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği onbirinci durumda; ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olduğu ancak, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılmadığı onikinci durumda; ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanıldığı ancak buna karşı, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği ve ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı onbeşinci durumda; hiçbir önlemin alınmadığı yani, üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmediği, ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olmadığı, ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmediği ve kaydedilmediği ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılmadığı onaltıncı durumda ise risk seviyesi “kabul edilemez” olmaktadır.

Tablo 5.10 Kömürün endojen yanma riski için risk seviyeleri olasılıkları

Risk Sınıfı	Olasılık
Kabul Edilebilir	0,5229
Düşük	0,3312
Kritik	0,0581
Ciddi	0,0708
Kabul Edilemez	0,017

Kömürün endojen yanması riski için, olay ağacı üzerindeki sonuçlardan, aynı risk seviyesi sınıfına giren sonuçların olasılıkları toplandığında elde edilen her bir risk

seviyesinin olasılığı Tablo 5.10’da görülmektedir. Buna göre, kömürün endojen yanma olasılığı 0,5229 ihtimalle alınan önlemlerin senaryolarına göre kabul edilebilir düzeydedir. Ayrıca, hata ağacında belirtilen önlemlerin durumuna göre; düşük risk sınıfının olasılığı 0,3312; kritik risk sınıfının olasılığı 0,0581; ciddi risk sınıfının olasılığı 0,0708 dir. Kömürün endojen yanma riski, hata ağacındaki önlemlere göre 0,017 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfındadır. Önemli önlemlerin hiçbirisinin veya çoğunun yerine getirilmediği durumda bu olasılık sonucu ortaya çıkmaktadır.

5.2.3 Üretim Sırasında Göçük Meydana Gelmesinin Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi

Klasik uzunayak yönteminde üçüncü önemli risk olarak belirlenmiş olan üretim sırasında göçük meydana gelmesinin değerlendirilmesi amacıyla oluşturulacak olay ağacı modelinde tetikleyici olay üretim sırasında göçük meydana gelmesi olacaktır. Söz konusu risk için belirlenen 4 önlem (ara olaylar) ile kaza önleme olasılıkları Tablo 5.11’de görülmektedir. Önlemlerin kaza önleme olasılıklarına, Manisa ilinin Soma ilçesinde faaliyet göstermekte olan bir yeraltı kömür ocağına yapılan ziyarette yeraltı kömür ocağında görev yapmakta olan toplam 26 mühendis ve üretim bölümünde çalışan deneyimli çalışanlar ile gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçlarının ağırlıklı ortalaması alınarak karar verilmiştir.

Tablo 5.11 Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları

ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)
1	Tahkimat Sisteminin Doğru Dizaynı	88
2	Uygun Miktarda ve Nitelikte Tahkimat Malzemesi Kullanımı	91
3	Jeolojik Formasyonun ve Mevcut Süreksizliklerin Devamlı Takip Edilmesi	70
4	Hatasız İşçilik ve Gözetim	76

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için önerilen önlemlerden ilki olan tahkimat sisteminin doğru dizaynının gerçekleştirilmesi halinde, üretim sırasında göçük meydana gelmesi riskinin %88 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-3, Madde 7.7’de, “yeraltı maden ocaklarında açık tutulması gereken her yerde tavan kendini taşıyacak kadar sağlam olmadıkça tahkimat yapılması zorunludur”. hükmü yer almaktadır. Dolayısıyla, gerek havalandırma yolları, nakliyat yolları olsun gerekse de üretim bölgeleri olsun, tüm çalışma alanlarında tavan kontrolünü sağlamak için ne tür tahkimat sisteminin kullanılacağı belirlenmesi ve tavan basıncına karşı yeterli dayanıma sahip ve uygun nitelikte tahkimat sistemlerinin dizaynının doğru planlanması büyük önem taşımaktadır.

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için önerilen önlemlerden ikincisi olan uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanımının gerçekleştirilmesi halinde, üretim sırasında göçük meydana gelmesi riskinin %91 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Tahkimat sisteminin doğru dizaynının ardından, belirlenen tahkimat sistemine ilişkin miktarı ve niteliği uygun tahkimat malzemesinin kullanımı gerekmektedir. Böylece tavan kontrolü sağlanarak söz konusu kısımların güvenle ayakta durması sağlanacak, tavandan blok kömür, taş, toprak gibi malzemelerin düşmesi önlenecektir. Ayrıca, görevlendirilen çalışanlarca belirli periyotlarla tahkimat malzemelerinin muayenesi yapılarak bu malzemeler gözlenmeli ve gerektiğinde ise yenileri ile değiştirilmelidir.

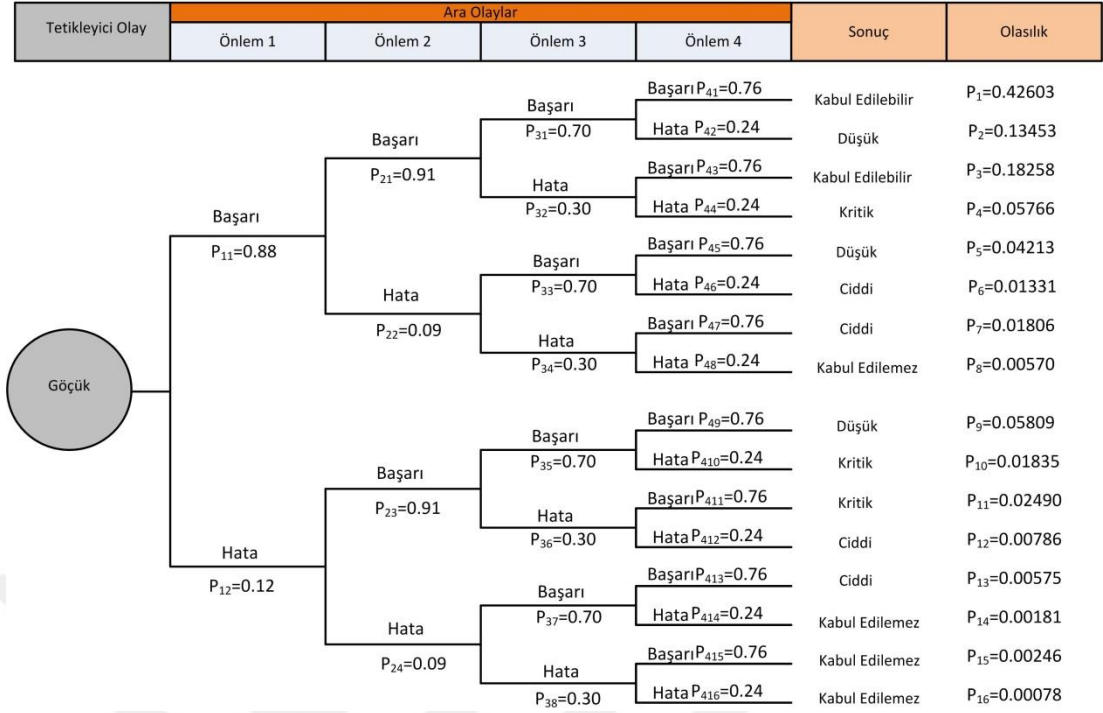
Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için önerilen önlemlerden üçüncüsü olan jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmesinin gerçekleştirilmesi halinde, üretim sırasında göçük meydana gelmesi riskinin %70 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Yeraltı ocağında üretim faaliyetleri gerçekleştirilirken, jeolojik ve yapısal özellikler ile formasyonun barındırdığı süreksizlikler, kırıklı çatlaklı yapılar belirli aralıklarla kontrol edilerek sağlamlıkları gözlenmeli ve bu kısımlar gerektiğinde ilave tahkimat malzemeleri ile desteklenmelidir.

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için önerilen önlemlerden dördüncüsü olan hatasız işçilik ve gözetimin gerçekleştirilmesi halinde, üretim sırasında göçük meydana gelmesi riskinin %76 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir

Tahkimat işlemlerinin teknik işlemler olması; mesleki bilgi, beceri ve tecrübe gerektirmesi nedeniyle bu işleri gerçekleştiren çalışanların kalifiye çalışan olması gereklidir. Tahkimat işlemleri gerçekleştirilirken belirlenen iş prosedürüne tamamiyle sadık kalınmalı, iş güvenliği kurallarına tam olarak riayet edilmelidir. Ayrıca yeraltı ocağında görevli mühendislerce ve diğer atanmış ilgili teknik kişilerce yapılan işlemler devamlı takip edilmeli, gözetim altında tutulmalı ve kusurlu durumlar bulunduğu ikaz edilerek düzeltilmelidir.

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için belirlenen ve Tablo 5.11’de toplu olarak gösterilen önlemler ve önleme olasılıkları kullanılarak oluşturulan olay ağacı Şekil 5.8’de görülmektedir.



Şekil 5.8 Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için olay ağacı analizi

Şekil 5.8’de görüldüğü üzere, tetikleyici olay üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için belirlenen 4 adet ara olaya ait olasılıklar olay ağacının kolları üzerinde gösterilmiştir. Buna göre her ara olay için, yukarıya doğru çizilen kollar söz konusu önlemin başarılı olduğu yani, kazayı önlediği durumu yansıtmakta; aşağıya doğru çizilen kollar ise söz konusu önlemin başarısız olduğu yani, kazayı önleyemediği durumu yansıtmaktadır. İstatistiksel olarak $P_{\text{başarı}} + P_{\text{hata}} = 1$ eşitliği uyarınca, her önlemin yukarıya ve aşağıya doğru çizilen kollarının toplamı 1’e eşit olacaktır. Örneğin; önlem 3’e (jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmesi) ait olarak belirlenen kaza önleme olasılığı %70 olduğu için, bu önleme ait yukarıya doğru çizilen tüm kolların olasılık değerleri 0,70 ve aşağıya doğru çizilen tüm kolların olasılık değerleri 0,30 olmaktadır. Bu şekilde söz konusu tetikleyici olay için, olay ağacı üzerinde tüm ara olayların başarı/hata durumları olasılıklandırılmış, toplam olarak 16 adet sonuç elde edilmiş ve ağacın en sağında görülen her sonuca ait olasılık değerleri koşullu olasılıklandırma ile hesaplanmıştır. Her bir sonucun olasılık değeri, aşağıda gösterildiği gibi, bu sonuca götüren kollar üzerinde gösterilen olasılık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buna göre;

- 1. Senaryo Olasılığı; $P_1 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{41}$ olmak üzere $P_1 = 0,42603$
- 2. Senaryo Olasılığı; $P_2 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{42}$ olmak üzere $P_2 = 0,13453$
- 3. Senaryo Olasılığı; $P_3 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{43}$ olmak üzere $P_3 = 0,18258$
- 4. Senaryo Olasılığı; $P_4 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{44}$ olmak üzere $P_4 = 0,05766$
- 5. Senaryo Olasılığı; $P_5 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{45}$ olmak üzere $P_5 = 0,04213$
- 6. Senaryo Olasılığı; $P_6 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{46}$ olmak üzere $P_6 = 0,01331$
- 7. Senaryo Olasılığı; $P_7 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{47}$ olmak üzere $P_7 = 0,01806$
- 8. Senaryo Olasılığı; $P_8 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{48}$ olmak üzere $P_8 = 0,00570$
- 9. Senaryo Olasılığı; $P_9 = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{49}$ olmak üzere $P_9 = 0,05809$
- 10. Senaryo Olasılığı; $P_{10} = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{410}$ olmak üzere $P_{10} = 0,01835$
- 11. Senaryo Olasılığı; $P_{11} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{411}$ olmak üzere $P_{11} = 0,02490$
- 12. Senaryo Olasılığı; $P_{12} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{412}$ olmak üzere $P_{12} = 0,00786$
- 13. Senaryo Olasılığı; $P_{13} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{413}$ olmak üzere $P_{13} = 0,00575$
- 14. Senaryo Olasılığı; $P_{14} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{414}$ olmak üzere $P_{14} = 0,00181$
- 15. Senaryo Olasılığı; $P_{15} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{415}$ olmak üzere $P_{15} = 0,00246$
- 16. Senaryo Olasılığı; $P_{16} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{416}$ olmak üzere $P_{16} = 0,00078$

olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hesaplanan bütün sonuçlar, bir olayı (üretim sırasında göçük meydana gelmesi) oluşturan parçalar olduğundan, 16 adet sonucun toplamı yani; $P_1 + P_2 + \dots + P_{16} = 1$ olacaktır.

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için olay ağacı üzerinde meydana gelen bütün sonuçların olasılıklarının hesaplanmasının ardından, “kabul edilebilir, düşük, kritik, ciddi, kabul edilemez” olmak üzere beş adet risk sınıfı oluşturularak olay ağacı üzerinde her bir kol, önlemlerin gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine veya başarılı olup olamadığına göre söz konusu risk sınıflarından birisiyle eşleştirilmiştir.

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için belirlenen bütün önlemlerin gerçekleştiği, yani tahkimat sisteminin doğru dizayn edildiği, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanıldığı, jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulandığı olay ağacı üzerindeki birinci durumda risk seviyesi “kabul edilebilir” olacaktır. Bununla birlikte, anket sonucunda önleme olasılıkları en yüksek bulunan üç önlemin alındığı ancak jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmesi önleminin alınmadığı üçüncü durumda da risk seviyesi yine “kabul edilebilir” kategorisinde yer almaktadır.

Diğer yandan olay ağacı üzerinde, tahkimat sisteminin doğru dizayn edildiği, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanıldığı ve jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği ancak, hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı ikinci durumda; tahkimat sisteminin doğru dizayn edildiği, jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulandığı ancak, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı beşinci durumda; uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanıldığı, jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği, hatasız işçilik ve gözetim uygulandığı ancak, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği dokuzuncu durumda risk seviyeleri “düşük” olmaktadır.

Söz konusu önlemlerden tahkimat sisteminin doğru dizayn edildiği ve uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanıldığı ancak, jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmediği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı dördüncü durumda; uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanıldığı ve jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği ancak, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı onuncu durumda; uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanıldığı ve hatasız işçilik ve gözetim uygulandığı ancak, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği ve jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmediği onbirinci durumda risk seviyeleri “kritik” sınıf içinde yer almaktadır.

Olay ağacı üzerinde, tahkimat sisteminin doğru dizayn edildiği ve jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği ancak, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı ve ancak tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı altıncı durumda; tahkimat sisteminin doğru dizayn edildiği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulandığı ancak, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı ve jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmediği yedinci durumda; uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanıldığı ancak buna karşı, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği, jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmediği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı onikinci durumda; jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulandığı ancak, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği ve uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı onüçüncü durumda risk seviyeleri “ciddi” olarak değerlendirilmektedir.

Son olarak, tahkimat sisteminin doğru dizayn edildiği ancak, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı, jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmediği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı sekizinci durumda; jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edildiği ancak buna karşı, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı ondördüncü durumda; hatasız işçilik ve gözetim uygulandığı ancak buna karşı, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı onbeşinci durumda; hiçbir önlemin alınmadığı yani, tahkimat sisteminin doğru dizayn edilmediği, uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanılmadığı, jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmediği ve hatasız işçilik ve gözetim uygulanmadığı onaltıncı durumda ise risk seviyesi “kabul edilemez” olmaktadır.

Tablo 5.12 Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için risk seviyeleri olasılıkları

Risk Sınıfı	Olasılık
Kabul Edilebilir	0,60861
Düşük	0,23475
Kritik	0,10091
Ciddi	0,04498
Kabul Edilemez	0,01075

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski için, olay ağacı üzerindeki sonuçlardan, aynı risk seviyesi sınıfına giren sonuçların olasılıkları toplandığında elde edilen her bir risk seviyesinin olasılığı Tablo 5.12’de görülmektedir. Buna göre, üretim sırasında göçük meydana gelmesi olasılığı 0,60861 ihtimalle alınan önlemlerin senaryolarına göre kabul edilebilir düzeydedir. Ayrıca, hata ağacında belirtilen önlemlerin durumuna göre; düşük risk sınıfının olasılığı 0,23475; kritik risk sınıfının olasılığı 0,10091; ciddi risk sınıfının olasılığı 0,04498’ dir. Üretim sırasında göçük meydana gelmesi, hata ağacındaki önlemlere göre 0,01075 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfındadır. Önemli önlemlerin hiçbirisinin veya çoğunun yerine getirilmediği durumda bu olasılık sonucu ortaya çıkmaktadır.

5.2.4 Üretim Organizasyonundaki Aksaklıkların Olay Ağacı Analizi (ETA) ile Değerlendirilmesi

Mekanize uzunayak yönteminde üçüncü önemli risk olarak belirlenmiş olan üretim organizasyonundaki aksaklıkların değerlendirilmesi amacıyla oluşturulacak olay ağacı modelinde tetikleyici olay üretim organizasyonundaki aksaklıklar olacaktır. Söz konusu risk için belirlenen 4 önlem (ara olaylar) ile kaza önleme olasılıkları Tablo 5.13’de görülmektedir. Önlemlerin kaza önleme olasılıklarına, Manisa ilinin Soma ilçesinde faaliyet göstermekte olan bir yeraltı kömür ocağına yapılan ziyarette yeraltı kömür ocağında görev yapmakta olan toplam 26 mühendis ve üretim bölümünde çalışan deneyimli çalışanlar ile gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçlarının ağırlıklı ortalaması alınarak karar verilmiştir.

Tablo 5.13 Üretim organizasyonundaki aksaklıklar için belirlenen önlemler ve önleme olasılıkları

ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)
1	Doğru Ekipman Seçimi	76
2	İş Organizasyonunun ve İç Denetimin Sağlanması	86
3	Makina ve Ekipmanların Bakımlarının Zamanında Yapılması	92
4	Kalifiye İşçiliğin Mevcut Olması	88

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için önerilen önlemlerden ilki olan doğru ekipman seçiminin gerçekleştirilmesi halinde, üretim organizasyonundaki aksaklıkların meydana gelmesi riskinin %76 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Mekanize uzunayak yöntemiyle üretim faaliyetleri yürütülürken, tamburlu kesiciler, yürüyen tahkimat sistemleri, zincirli konveyörler gibi birçok mekanik ekipman kullanılmaktadır. Bu ekipmanların henüz üretim faaliyetine geçilmeden, teknik fizibilite aşamasında, eğer mümkünse kömür ile yantaştan numuneler alınarak, ve formasyonun özellikleri çok iyi etüd edilerek belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Böylece, seçilen ekipmanlar üretim faaliyetleri sırasında jeolojik formasyona ve yapılacak işe uyum gösterecektir. Bu durum ise, üretim verimliliğini arttıracığı gibi organizasyondaki aksamaların da önüne geçilmiş olacaktır.

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için önerilen önlemlerden ikincisi olan iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmasının üretim organizasyonundaki aksaklıklar riskini %86 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Bütün iş kollarında ve işyerlerinde olduğu gibi, yeraltı kömür madenciliğinde de iş tanımının tam yapılarak, iş organizasyonunun buna uygun şekilde oluşturulması gerekmektedir. İşletmecilik yöntemlerine uygun olarak, ilk önce planlama yapılarak hangi işlerin hangi şekilde, ne kadar sürede ve ne kadar çalışanla

gerçekleştirileceğine karar verilmesinin ardından, örgütlenme prensibi gereği yapılacak işe uygun bir organizasyonun kurularak görev alacak kişilerin belirlenmesi ve görev tanımlarının yapılması gereklidir. Ayrıca izleme, denetleme yükümlülükleri çevrevesinde yeraltı üretim çalışmalarında işletmenin kendi bünyesinde bir denetim mekanizması da oluşturulmalıdır. Böylece, bütün çalışanlar kendi yükümlülükleri uyarınca hareket edecekler, kime karşı sorumlu bulunduklarını bilecekler ve yapacakları işe motive olacaklardır.

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için önerilen önlemlerden üçüncüsü olan makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmasının, üretim organizasyonundaki aksaklıklar riskini %92 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

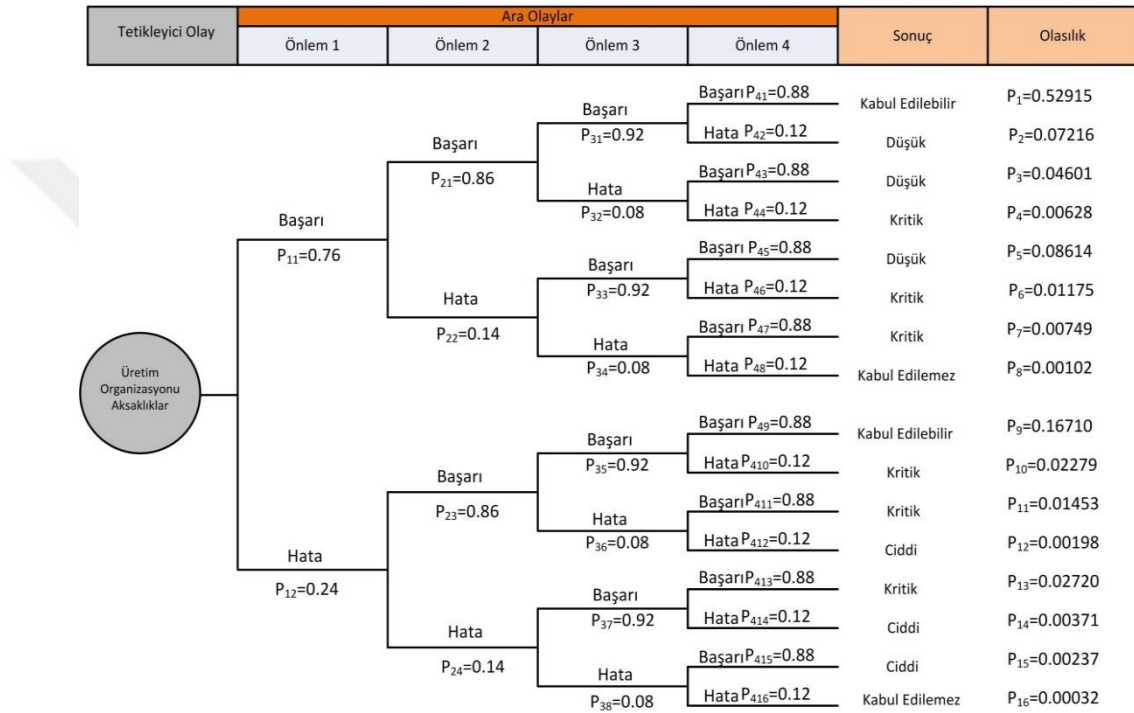
Üretim faaliyetlerine başlanırken kullanılacak makina ve ekipmanların doğru şekilde seçiminin ve uygun yerlere montajlarının yapılmasının ardından bu ekipmanlar, ilk kullanımları öncesi bakımları yapılarak kullanıma alınacaklardır. İşletmede çalışmalar yürütüldüğü müddetçe belirlenen periyotlarda ve belirlenen teknik uzmanlarca söz konusu makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında gerçekleştirilmesiyle gereksiz arızaların ve durmaların önüne geçilecek ve böylece hem bunlardan alınacak verim yükselecek hem de üretimdeki aksaklıklar önlenecektir.

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için önerilen önlemlerden dördüncüsü olan kalifiye işçiliğin mevcut olmasının, üretim organizasyonundaki aksaklıklar riskini %88 oranında önlenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Mekanize uzunayak sistemiyle çalışmakta olan bir yeraltı kömür işletmesinde doğru ekipmanların seçiminin, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmasının, makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmasının yerine getirilmesinin ardından yapılacak çalışmaların bu konuda eğitilmiş, bilgili ve tecrübeli kişilerce gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Yeraltı madenciliği ve mekanize uzunayak yöntemi kendi içinde sistematikleşmiş bir çalışma kolu olduğundan, bu alanda görev

yapacak her kademedan çalışanın nitelikleri itibariyle işe uygun olmaları gerekmektedir.

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için belirlenen ve Tablo 5.13'te toplu olarak gösterilen önlemler ve önleme olasılıkları kullanılarak oluşturulan olay ağacı Şekil 5.9'da görülmektedir.



Şekil 5.9 Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için olay ağacı analizi

Şekil 5.9'da görüldüğü üzere, tetikleyici olay üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için belirlenen 4 adet ara olaya ait olasılıklar olay ağacının kolları üzerinde gösterilmiştir. Buna göre her ara olay için, yukarıya doğru çizilen kollar söz konusu önlemin başarılı olduğu yani, kazayı önlediği durumu yansıtmakta; aşağıya doğru çizilen kollar ise söz konusu önlemin başarısız olduğu yani, kazayı önleyemediği durumu yansıtmaktadır. İstatistiksel olarak $P_{\text{başarı}} + P_{\text{hata}} = 1$ eşitliği uyarınca, her önlemin yukarıya ve aşağıya doğru çizilen kollarının toplamı 1'e eşit olacaktır. Örneğin; önlem 3'e (makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılması) ait olarak belirlenen kaza önleme olasılığı %92 olduğu için, bu önleme ait

yukarıya doğru çizilen tüm kolların olasılık değerleri 0,92 ve aşağıya doğru çizilen tüm kolların olasılık değerleri 0,08 olmaktadır. Bu şekilde söz konusu tetikleyici olay için, olay ağacı üzerinde tüm ara olayların başarı/hata durumları olasılıklandırılmış, toplam olarak 16 adet sonuç elde edilmiş ve ağacın en sağında görülen her sonuca ait olasılık değerleri koşullu olasılıklandırma ile hesaplanmıştır. Her bir sonucun olasılık değeri, aşağıda gösterildiği gibi, bu sonuca götüren kollar üzerinde gösterilen olasılık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buna göre;

- 1. Senaryo Olasılığı; $P_1 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{41}$ olmak üzere $P_1 = 0,52915$
- 2. Senaryo Olasılığı; $P_2 = P_{11} \times P_{21} \times P_{31} \times P_{42}$ olmak üzere $P_2 = 0,07216$
- 3. Senaryo Olasılığı; $P_3 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{43}$ olmak üzere $P_3 = 0,04601$
- 4. Senaryo Olasılığı; $P_4 = P_{11} \times P_{21} \times P_{32} \times P_{44}$ olmak üzere $P_4 = 0,00628$
- 5. Senaryo Olasılığı; $P_5 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{45}$ olmak üzere $P_5 = 0,08614$
- 6. Senaryo Olasılığı; $P_6 = P_{11} \times P_{22} \times P_{33} \times P_{46}$ olmak üzere $P_6 = 0,01175$
- 7. Senaryo Olasılığı; $P_7 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{47}$ olmak üzere $P_7 = 0,00749$
- 8. Senaryo Olasılığı; $P_8 = P_{11} \times P_{22} \times P_{34} \times P_{48}$ olmak üzere $P_8 = 0,00102$
- 9. Senaryo Olasılığı; $P_9 = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{49}$ olmak üzere $P_9 = 0,16710$
- 10. Senaryo Olasılığı; $P_{10} = P_{12} \times P_{23} \times P_{35} \times P_{410}$ olmak üzere $P_{10} = 0,02279$
- 11. Senaryo Olasılığı; $P_{11} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{411}$ olmak üzere $P_{11} = 0,01453$
- 12. Senaryo Olasılığı; $P_{12} = P_{12} \times P_{23} \times P_{36} \times P_{412}$ olmak üzere $P_{12} = 0,00198$
- 13. Senaryo Olasılığı; $P_{13} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{413}$ olmak üzere $P_{13} = 0,02720$
- 14. Senaryo Olasılığı; $P_{14} = P_{12} \times P_{24} \times P_{37} \times P_{414}$ olmak üzere $P_{14} = 0,00371$
- 15. Senaryo Olasılığı; $P_{15} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{415}$ olmak üzere $P_{15} = 0,00237$
- 16. Senaryo Olasılığı; $P_{16} = P_{12} \times P_{24} \times P_{38} \times P_{416}$ olmak üzere $P_{16} = 0,00032$

olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hesaplanan bütün sonuçlar, bir olayı (üretim organizasyonundaki aksaklıklar) oluşturan parçalar olduğundan, 16 adet sonucun toplamı yani; $P_1 + P_2 + \dots + P_{16} = 1$ olacaktır.

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için olay ağacı üzerinde meydana gelen bütün sonuçların olasılıklarının hesaplanması ardından, “kabul edilebilir, düşük, kritik, ciddi, kabul edilemez” olmak üzere beş adet risk sınıfı oluşturularak olay ağacı üzerinde her bir kol, önlemlerin gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine veya başarılı olup olamadığına göre söz konusu risk sınıflarından birisiyle eşleştirilmiştir.

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için belirlenen bütün önlemlerin gerçekleştiği, yani doğru ekipman seçildiği, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlandığı, makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapıldığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olduğu olay ağacı üzerindeki birinci durumda risk seviyesi “kabul edilebilir” olacaktır. Bununla birlikte, yapılan ankete göre önleme olasılıkları en yüksek olarak üç önlemin alındığı ancak doğru ekipman seçilmediği dokuzuncu durumda da risk seviyesi yine “kabul edilebilir” kategorisinde yer almaktadır.

Diğer yandan olay ağacı üzerinde, doğru ekipman seçildiği, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlandığı ve makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapıldığı ancak, kalifiye işçiliğin mevcut olmadığı ikinci durumda; doğru ekipman seçildiği, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlandığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olduğu ancak, makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmadığı üçüncü durumda; doğru ekipman seçildiği, makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapıldığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olduğu ancak, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmadığı beşinci durumda risk seviyeleri “düşük” olarak belirlenmiştir.

Söz konusu önlemlerden doğru ekipman seçildiği ve iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlandığı ancak, makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmadığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olmadığı dördüncü durumda; doğru ekipman seçildiği ve makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapıldığı ancak, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmadığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olmadığı altıncı durumda; doğru ekipman seçildiği ve kalifiye işçiliğin mevcut olduğu ancak, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmadığı ve makina ve

ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmadığı yedinci durumda; iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlandığı ve makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapıldığı ancak, doğru ekipman seçilmediği ve kalifiye işçiliğin mevcut olmadığı onuncu durumda; iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlandığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olduğu ancak, doğru ekipman seçilmediği ve makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmadığı onbirinci durumda; makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapıldığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olduğu ancak, doğru ekipman seçilmediği ve iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmadığı onüçüncü durumda risk seviyeleri “kritik” sınıf içinde yer almaktadır.

Olay ağacı üzerinde, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlandığı ancak buna karşı, doğru ekipman seçilmediği, makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmadığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olmadığı onikinci durumda; makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapıldığı ancak buna karşı, doğru ekipman seçilmediği, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmadığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olmadığı ondördüncü durumda; kalifiye işçiliğin mevcut olduğu ancak buna karşı, doğru ekipman seçilmediği, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmadığı ve makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmadığı onbeşinci durumda risk seviyeleri “ciddi” olarak değerlendirilmektedir.

Son olarak, anket sonucuna göre en düşük önleme olasılığına sahip doğru ekipmanın seçildiği ancak, diğer hiçbir önlemin alınmadığı sekizinci durumda ve hiçbir önlemin alınmadığı yani, doğru ekipman seçilmediği, iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmadığı, makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmadığı ve kalifiye işçiliğin mevcut olmadığı onaltıncı durumda ise risk seviyesi “kabul edilemez” olmaktadır.

Tablo 5.14 Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için risk seviyeleri olasılıkları

Risk Sınıfı	Olasılık
Kabul Edilebilir	0,69625
Düşük	0,20431
Kritik	0,09004
Ciddi	0,00806
Kabul Edilemez	0,00134

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski için, olay ağacı üzerindeki sonuçlardan, aynı risk seviyesi sınıfına giren sonuçların olasılıkları toplandığında elde edilen her bir risk seviyesinin olasılığı Tablo 5.14’te görülmektedir. Buna göre, üretim organizasyonundaki aksaklıklar riskinin olasılığı 0,69625 ihtimalle alınan önlemlerin senaryolarına göre kabul edilebilir düzeydedir. Ayrıca, hata ağacında belirtilen önlemlerin durumuna göre; düşük risk sınıfının olasılığı 0,20431; kritik risk sınıfının olasılığı 0,09004; ciddi risk sınıfının olasılığı 0,00806’ dır. Üretim organizasyonundaki aksaklıklar, hata ağacındaki önlemlere göre 0,00134 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfındadır. Önemli önlemlerin hiçbirisinin veya çoğunun yerine getirilmediği durumda bu olasılık sonucu ortaya çıkmaktadır.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Günümüzde kömür madenciliği genel olarak yeraltı madenciliği ve yerüstü madenciliği olarak gerçekleştirilmektedir. Bu iki yöntemden yeraltı kömür madenciliğinin jeolojik ve teknik koşullar ile çalışma koşulları açısından daha zorlu şartlara sahip olduğu; bünyesinde daha fazla tehlikeli durum ve risk barındırdığı söylenebilir. Dolayısıyla, günümüzde çok fazla çalışanın istihdam edildiği yeraltı kömür işletmelerinde işçi sağlığı ve iş güvenliği konusu, üretim faaliyetlerinin yanında büyük bir önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada ana amaç, Ege Bölgesi'nde yeralan klasik ve tam mekanize sistemlerle faaliyet gösteren yeraltı kömür madenlerinin iki aşamalı risk analizi (Fine-Kinney ve Hata Ağacı Analizi) ile değerlendirildikten sonra alınacak önlemler ile daha güvenli ve risk düzeyi düşürülmüş madenler haline getirilmesi olarak düşünülmüştür. Böylece iki aşamalı yapılan risk analizi ile küçük, orta ve büyük risklerin değerlendirilmesi ile kömür madenciliğinde iş güvenliği literatürüne katkıda bulunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında Ege Bölgesi sınırları içerisinde Kütahya ilinin Gediz ilçesinde bulunan klasik uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ve Manisa ilinin Soma ilçesinde bulunan tam mekanize uzunayak yöntemi ile üretim yapmakta olan bir yeraltı kömür işletmesine ziyaretler gerçekleştirilerek buralardaki saha çalışmalarından, işletmelerin mevcut risk analizlerinden, meydana gelen iş kazalarının irdelenmesinden ve bunların yanısıra literatür araştırmasından yararlanılarak tehlike kaynakları ve riskler belirlenmiştir. Belirlenen riskler, Fine-Kinney risk analizi yöntemi kullanılarak sınıflandırılmış ve önceliklendirilmiş, ardından her iki yöntem için bulunan en önemli üçer risk, Olay Ağacı Analizi Yöntemi ile değerlendirilmiş, söz konusu riskler için önlemler ve bu önlemlerin kaza önleme olasılıkları belirlenmiş ve bunların kazaya dönüşme olasılıkları altmışdört farklı durum için bulunmuştur.

Buna göre, klasik uzunayak yöntemiyle üretim yapan yeraltı kömür işletmelerinde bulunan en önemli riskler, “R” risk puanı değerleri 500 olarak hesaplanan ve Fine-Kinney yöntemine göre, “tolerans gösterilemez risk” sınıfına giren; grizu patlaması ve kömürün endojen yanması riskleridir. Bu iki önemli riskten sonra, risk puanı değerleri 300 olarak hesaplanan ve Fine-Kinney yöntemine göre, “esaslı risk” sınıfına giren; yetersiz hava kalitesi, periyodik ölçüm eksikliği, fan kapasitesi yetersizliği, merkezi gaz izleme sisteminin olmaması, gaz sensörlerinin yetersizliği, gaz sensörlerinin arızalanması, üretim sırasında göçük meydana gelmesi ve tali havalandırma sırasında fan kapasitesi yetersizliği riskleri gelmektedir. Buna göre, klasik uzunayak yönteminde en önemli iki risk olan grizu patlaması ve kömürün endojen yanması olayları ile, risk puanı eşit olarak hesaplanan risklerden üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski, olay ağacı analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Diğer yandan, mekanize uzunayak yöntemiyle üretim yapan yeraltı kömür işletmelerinde bulunan en önemli riskler, klasik uzunayak yönteminde olduğu gibi, “R” risk puanı değerleri 500 olarak hesaplanan ve Fine-Kinney yöntemine göre, “tolerans gösterilemez risk” sınıfına giren; grizu patlaması ve kömürün endojen yanması riskleridir. Bu iki önemli riskten sonraki en önemli risk, risk puanı 360 olarak hesaplanan ve Fine-Kinney yöntemine göre, “esaslı risk” sınıfına giren, üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski olarak belirlenmiştir. Buna göre, mekanize uzunayak yönteminde en önemli üç risk olan grizu patlaması, kömürün endojen yanması ve üretim organizasyonundaki aksaklıklar riskleri, olay ağacı analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Yukarıda anılan riskler olay ağacı analizi ile değerlendirilirken her bir risk “tetikleyici olay” olarak adlandırılmış ve bu tetikleyici olayların kazaya dönüşmesini engelleyecek dörder adet önlem (ara olay) belirlenmiştir. Bu önlemlerin önleme olasılıklarını saptayabilmek için, Manisa ilinin Soma ilçesinde faaliyet göstermekte olan bir yeraltı kömür işletmesine yapılan ziyarette yeraltı kömür ocağında görev yapmakta olan toplam 26 mühendis ve üretim bölümünde çalışan deneyimli çalışanlar ile anket çalışması gerçekleştirilmiş ve anket sonuçlarının ağırlıklı

ortalaması alınarak önlemlerin önleme olasılıkları belirlenmiştir. Buna göre, grizu patlaması için belirlenen önlemlerden metan drenajının önleme olasılığı %78; havalandırma sisteminin sürekli çalışmasının önleme olasılığı %90; erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olmasının önleme olasılığı %95 ve ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılmasının önleme olasılığı %92 olarak bulunmuştur.

İkinci olarak, kömürün endojen yanması için belirlenen önlemlerden anket sonucuna göre üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmesinin önleme olasılığı %33 olarak bulunmuş ancak, söz konusu önlemin bu kadar düşük bir önleme olasılığına sahip olamayacağı, hatta riskin kaynağında bertaraf edilmesi prensibince oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu hususları değerlendirilerek söz konusu bu önlem için önleme olasılığı %90 olarak alınmıştır. Gerçekleştirilen anket sonucuna göre diğer önlemlerden ocağa yollanan hava miktarı hızının ve debisinin uygun olmasının önleme olasılığı %70; ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesinin önleme olasılığı %83 ve ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılmasının önleme olasılığı %46 olarak bulunmuştur.

Üçüncü risk olan üretim sırasında göçük meydana gelmesi için belirlenen önlemlerden anket sonucuna göre tahkimat sisteminin doğru dizaynının önleme olasılığı %88; uygun miktarda ve nitelikte tahkimat malzemesi kullanımının önleme olasılığı %91; jeolojik formasyonun ve mevcut süreksizliklerin devamlı takip edilmesinin önleme olasılığı %70; hatasız işçilik ve gözetimin önleme olasılığı %76 olarak bulunmuştur.

Olay ağacı analizi ile değerlendirilen son risk olan üretim organizasyonundaki aksaklıklar için belirlenen önlemlerden anket sonucuna göre doğru ekipman seçiminin önleme olasılığı %76; iş organizasyonunun ve iç denetimin sağlanmasının önleme olasılığı %86; makina ve ekipmanların bakımlarının zamanında yapılmasının önleme olasılığı %92 ve kalifiye işçiliğin mevcut olmasının önleme olasılığı %88 olarak bulunmuştur.

Belirlenen en önemli risklerin her biri için yukarıda sayılan önlemler ve önleme olasılıkları kullanılarak oluşturulan olay ağacı analizlerine göre yapılan risk sınıflandırmasına göre; grizu patlamasının 0,7866 olasılıkla kabul edilebilir düzeyde olduğu bulunmuştur. Bu risk için, düşük risk sınıfının olasılığı 0,15381; kritik risk sınıfının olasılığı 0,05291; ciddi risk sınıfının olasılığı 0,00628 olarak hesaplanmıştır. Buradaki olasılık sonuçları hata ağacındaki çeşitli durumların gerçekleşip-gerçekleşmemesine göre elde edilen değerlerdir. Bulunan 0,7866 olasılık değeri bütün önlemlerin ya da çoğunun gerçekleştiği senaryo durumu için belirlenmiştir. Yapılan analizde grizu patlaması riski, 0,0004 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfında yer almıştır. Bu değer ise belirlenen önlemlerin hiçbirisinin gerçekleşmediği veya yüksek önleme olasılıklı olanlarının gerçekleşmediği durumlar için bulunmuştur.

Yeraltı kömür madenlerinde grizu patlaması riskini proaktif yaklaşımlarla önlemek için öncelikli olarak üretim faaliyetlerine başlanılmadan önce yüzeyden yapılacak sondajlar ile metan drenajı işlemi gerçekleştirilmelidir. Böylece üretim sırasında metanı kontrol etmek daha kolay olacak ve olası grizu patlamalarının önüne geçilebilecektir. Ayrıca iş güvenliği mevzuatı gereğince, degaj riskinin olduğu belirlenen yerlerde; gaz drenajı, 50 m' den az olmamak kaydıyla uygun topuk bırakılması veya belirlenmiş şartlara uygun kontrol sondajlarının yapılması önlemlerinden en az birisi uygulanmalıdır. Son olarak yine proaktif yaklaşım gereğince, metan gazı değerlerini yeraltı ocağının genelinde sürekli olarak takip etmek ve kayıt altına almak için erken uyarı sistemleri mutlaka yeraltı işletmesine yerleştirilmelidir.

Çalışmada değerlendirilen ikinci risk olan kömürün endojen yanmasının 0,5229 ihtimalle kabul edilebilir düzeyde olduğu bulunmuştur. Bu risk için, düşük risk sınıfının olasılığı 0,3312; kritik risk sınıfının olasılığı 0,0581; ciddi risk sınıfının olasılığı 0,0708 olarak hesaplanmıştır. Buradaki olasılık sonuçları hata ağacındaki çeşitli durumların gerçekleşip-gerçekleşmemesine göre elde edilen değerlerdir. Bulunan 0,5229 olasılık değeri bütün önlemlerin ya da çoğunun gerçekleştiği senaryo durumu için belirlenmiştir. Yapılan analizde kömürün endojen yanması riski, 0,017 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfında yer almıştır. Bu değer ise belirlenen

önlemlerin hiçbirisinin gerçekleşmediği veya yüksek önleme olasılıklı olanlarının gerçekleşmediği durumlar için bulunmuştur.

Kömürün endojen yanması riskini proaktif yöntemlerle bertaraf etmek için ilkin tehlikeyi kaynağında yoketmek amacıyla kömür yüzeylerinin hava ile temasını geçirimsiz bir malzeme vasıtasıyla tamamen kesecek teknikler uygulanmalıdır. Üretim ayağı arkalarının düzenli göçmesi ve tam oturması, havanın göçük içerisinde kalması muhtemel kömür parçaları ile temasını engellemesi açısından önemlidir. Yine ayak arkalarına kül+su karışımının belirli periyotlarla enjekte edilmesi yangını önlemede önemli bir adım olacaktır. Ayrıca, ocak içerisine uygun yerlere yerleştirilen erken uyarı sistemi sensörleri ile endojen yanma başlangıcının en önemli göstergesi olan CO gazı değerleri sürekli izlenmeli ve kaydedilmelidir.

Yapılan çalışmada değerlendirilen bir diğer risk olan üretim sırasında göçük meydana gelmesi riskinin olasılığının 0,60861 ihtimalle kabul edilebilir düzeyde olduğu hesaplanmıştır. Bu risk için düşük risk sınıfının olasılığı 0,23475; kritik risk sınıfının olasılığı 0,10091; ciddi risk sınıfının olasılığı ise 0,04498 olarak bulunmuştur. Buradaki olasılık sonuçları hata ağacındaki çeşitli durumların gerçekleşip-gerçekleşmemesine göre elde edilen değerlerdir. Bulunan 0,60861 olasılık değeri bütün önlemlerin ya da çoğunun gerçekleştiği senaryo durumu için belirlenmiştir. Yapılan analizde üretim sırasında göçük meydana gelmesi riski, 0,01075 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfında yer almıştır. Bu değer ise belirlenen önlemlerin hiçbirisinin gerçekleşmediği veya yüksek önleme olasılıklı olanlarının gerçekleşmediği durumlar için bulunmuştur.

Üretim sırasında göçük meydana gelmesi riskinin proaktif şekilde önlenmesi maksadıyla yapılması gereken önemli işlemlerden ilki, yeraltı ocağında tavan kontrolünün çok iyi sağlanması ve tahkimat sistemlerinin jeolojik koşullara uygun olarak tekniğin gerektirdiği şekilde dizayn edilerek üretim bölümleri ilerledikçe bunun sürdürülmesidir. Bu bağlamda deforme olmuş tahkimat direklerinin ve diğer bileşenlerin derhal yenileriyle değiştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Üretim bölümlerinde diğer bir önemli husus da, kazı aynasının mekanize sistem yeraltı

ocaklarında ön sarma uygulaması; klasik sistem yeraltı ocaklarında ise süren kama uygulaması ile kontrol edilmesidir. Ayrıca, yer altı ocağında üretim panoları ve galeri, baca gibi açılmış yollar arasında yeterli miktarda topuk mesafesi bırakılması güvenli çalışma ortamı sağlanması için önemli bir etkidir.

Çalışmada değerlendirilen son risk olan üretim organizasyonundaki aksaklıklar riskinin 0,69625 olasılıkla kabul edilebilir düzeyde olduğu bulunmuştur. Bu risk için, düşük risk sınıfının olasılığı 0,20431; kritik risk sınıfının olasılığı 0,09004; ciddi risk sınıfının olasılığı ise 0,00806 olarak hesaplanmıştır. Buradaki olasılık sonuçları hata ağacındaki çeşitli durumların gerçekleşip-gerçekleşmemesine göre elde edilen değerlerdir. Bulunan 0,69625 olasılık değeri bütün önlemlerin ya da çoğunun gerçekleştiği senaryo durumu için belirlenmiştir. Yapılan analizde üretim organizasyonundaki aksaklıklar riski, 0,00134 olasılıkla kabul edilemez risk sınıfında yer almıştır. Bu değer ise belirlenen önlemlerin hiçbirisinin gerçekleşmediği veya yüksek önleme olasılıklı olanlarının gerçekleşmediği durumlar için bulunmuştur.

Üretim organizasyonundaki aksaklıklar riskini proaktif bir şekilde önlemek için yeraltı işletmelerinde daima çok iyi işleyecek bir iş organizasyonunun oluşturulması gereklidir. İş ortamında görev yapmakta olan hem idari personelin ve teknik elemanların hem de üretimi gerçekleştiren çalışanların görev tanımlarının çok net belirlenmiş olması üretimdeki aksaklıkların önüne geçecektir. Vardiya değişim zamanlarının ve işe başlangıçta yeraltı bölümüne gidiş-gelişlerin belirli kurallara bağlanmış olması işyerinde karışıklıkların önüne geçilmesi için önem arz etmektedir. Ayrıca, üretimde ve diğer işlerde kullanılan elektrik aygıtları ve motorları ile diğer iş ekipmanlarının periyodik kontrol ve bakımlarının ehil kişilere yaptırılması ile üretimde beklenmeyen aksaklıkların önüne geçilecektir.

KAYNAKLAR

- Akçın, N., A. ve Hamarat, E. (1994), *TTK'da meydana gelen iş kazası ve meslek hastalıklarının hukuki ve mali durumu*. Türkiye 9. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 151-166.
- Akpınar, T. ve Çakmakkaya, B.Y. (2014). İş sağlığı ve güvenliği açısından işverenlerin risk değerlendirme yükümlülüğü. *Çalışma ve Toplum*, 1(40), 273-304.
- Andrews, J. ve Moss, B. (2002) *Reliability and Risk Assessment* (2nd ed.). London: John Wiley & Sons.
- Arık, B. ve Akçın, N.A. (2002). *İş kazalarının önlenmesi ve iş güvenliği analiz tekniğinin uygulanması*. Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 75-88.
- Arıoğlu, E. ve Arı, Ş. (1990). *Zonguldak havzasındaki iş kazalarının istatistiksel analizi ve AT ülkeleri ile karşılaştırılması*. Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 323-345.
- Aslan, S. (2009). *Mermer ocaklarında iş güvenliği ve risk analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Aven, T. (2008). *Risk analysis: assessing uncertainties beyond expected values and probabilities* (1st ed.). University of Stavanger, Norway: John Wiley & Sons Inc.
- Aydın, E. (1999). *Zonguldak Kozlu Taşkömürü İşletmesindeki son beş yılda meydana gelen iş kazalarının genel etüdü*. Bitirme Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Aydın, G. ve Kesimal, A. (2007). Kömür madenciliğinde metan drenajının uygulanabilirliğinin araştırılması. *Madencilik*, 46(4), 11-20.

Bahr, N.J. (1997). *System safety engineering and risk assessment: a practical approach*. USA: Taylor and Francis Publishers.

Bahr, N.J. (2015). *System safety engineering and risk assessment: a practical approach (2nd ed.)*. USA: Taylor and Francis Publishers.

Bajpayee, T.S., Rehak, T.R., Mowrey, G.L. and Ingram, D.K. Blasting injuries in surface mining with emphasis on flyrock and blast area security. *Journal of Safety Research*, 1(35), 47-57.

Bayraktar, A. (2013). *Yeraltı maden işletmelerinde ocak yangınları*. 27 Ocak 2018, <https://madencilikhaberleri.files.wordpress.com/2014/11/yeraltic4b1-madenic59fletmelerinde-ocak-yangc41nlarc4b1.pdf>.

Bilgin, M. (2000). *E.L.İ. Havzası Üretim Faaliyetleri*. Manisa: E.L.İ. Bölge Müdürlüğü Yayınları

Brehmer, B. (1994). *The Psychology of Risk*. West Sussex: John Wiley & Sons Inc.

Buzkan, S. ve Buzkan, İ. (1990). *Zonguldak taş kömürü havzası iş kazalarındaki ölüm oranlarını etkileyen faktörler*. Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 347-362.

Centel, T. (1992). *Çocuklar ile gençlerin iş güvenliği (1.Baskı)*. İstanbul: İ.Ü. Yayınları

Clanzy, T. K. (1979) Safety in mines – past, present and future or can we profit from experience?. *Mining Technology*, 61(706), 369–381.

Coal and lignite production (2018), 25 Eylül 2018, <https://yearbook.enerdata.net/coal-lignite/coal-production-data.html>.

Dağ, M.A. (2011). *Park elektrik Siirt Madenköy bakır işletmesindeki iş güvenliği uygulamaları ve risk değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Direk, C. (2016). *Bir yeraltı taşkömürü madeninde göçük ve taş-kavlak düşmesi kazalarının kök nedenlerinin araştırılması*. 28 Ocak 2018, <https://www.csgb.gov.tr/media/5025/cansudirek.pdf>.

Duru, S. ve Besbelli, N. (1997). Risk Değerlendirilmesi, Uluslararası Katılımlı 1. Ulusal Çevre Hekimliği Kongresi, 95-99.

Ericson, C.A. (2015). *Hazard Analysis Techniques for System Safety* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Ersoy, M., Eleren, A. ve Şimşek, Ş. (2009). Hata türü ve etkileri analizi ile iş sağlığı ve güvenliği tabanlı süreçlerin iyileştirilmesi ve mermer ocak işletmelerinde bir uygulama. *Madencilik*, 48(3), 19-32.

Fişne, A. (2008). *Türkiye Taşkömürü Kurumu ocaklarında gürültü koşullarının incelenmesi, etkilenme düzeylerinin istatistiksel analizi ve risk değerlendirme*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Gigliotti, R. ve Jason, R. (1991) *Emergency Planning for Maximum Protection* (1st ed.). Boston: Butterworth-Heinemann.

Güyağüler, T. ve Bozkurt, R. (1992). *Kömür madenciliğinde meydana gelen iş kazalarının maliyetleri*. Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 331-343.

Hong, E., Lee, I., Shin, H., Nam, S. and Kong, J. (2009). Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: Application to the design of shield TBM. *Science Direct*, 24(3), 269-277.

- Hussain, S. A. (1990). *Pakistan madencilik sektöründeki iş kazalarının istatistiksel analizi*. Türkiye 4. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 401-408.
- İstanbuluoğlu, Y.S. (1999). 1984-1999 yılları arasında TKİ Kurumu'nda olan iş kazalarının istatistiksel değerlendirilmesi. *Madencilik*, 38(4), 29-41.
- Kaymaz, T. ve Kızılca, İ. (2014). *Kömür madeni işletmelerinde verimlilik ve iş güvenliği*. 28 Kasım 2017, http://www.tepav.org.tr/upload/files/1406213901-9.Komur_Madeni_Isletmelerinde_Verimlilik_ve_Is_Guvenligi.pdf.
- Keleş, F. K. (2012). *Risk değerlendirme çalışmasında yeni bir yaklaşım ve açık maden ocağı işletmesinde uygulama*. Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Kinney, G., F. and Wiruth, A.,D. (1976). Practical risk analysis for safety management. *Naval Weapons Center China Lake*, NWC-TP-5865.
- Kleczeck, Z., Malec, M. and Szczerbinski, J. (1999). Classification of hazards in underground mines-set against a background of experience in the Polish mining industry, *Coal International*, 247(4), 141-143.
- Köse, H., Şenkal, S. ve Aközel, A. (1990). *GLİ Tunçbilek bölgesi yeraltı işletmelerindeki kaza istatistikleri*. Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 363-381.
- Köse, H., Tatar, Ç. (2003). *Madenlerde Yeraltı Üretim Yöntemleri* (5. Baskı). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 014.
- Maiti, J. and Bhattacharjee, A. (1999). Evaluation of risk of occupational injuries among underground coal mine workers through multinomial logit analysis. *Science Direct*, 30(2), 93-101.

Mallı, T., Kun, M. ve Köse, H. (2014). Yeraltı kömür işletmelerinde gaz izleme ve erken uyarı sistem teknolojisinin iş kazalarının önlenmesindeki önemi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 59-67.

Morgan, M.G. (1993). Risk analysis and managment, *Science Journal*, 1(1), 18-23.

NEBOSH National Diploma (2018), 25 Eylül 2018, http://www.academia.edu/5241690/NEBOSH_National_Diploma_Unit_A_Managing_Health_and_Safety_RRC_Training_Element_A3_Identifying_Hazards_Assessing_and_Evaluating_Risks_1_Fault_Tree_Analysis_FTA_and_Event_Tree_Analysis_ETA_Fault_Tree_Analysis_FTA_

Olçaytu, E. (2011). *Kapıkaya/Karaisalı kum ocağında iş güvenliği risk analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Özfırat, M.K. (2001). *TKİ-ELİ-Eynez yeraltı linyit ocağında 1992-2000 yılları arasında manuel ve mekanize üretimde oluşan iş kazalarının etüdü*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Özfırat, M.K., Özkan E., Kahraman B., Şengün E., Yetkin M.E. (2012). Risk analysis and assessment at natural stone processing facilities (in Turkish). *8th International Marble and Natural Stone Congress*, 94-97.

Özfırat, M.K., Özkan, E., Kahraman, B., Şengün, B. ve Yetkin M.E. (2017). Integration of risk matrix and event tree analysis: a natural stone plant case. *Indian Academy of Sciences*, 42(10), 1741-1749.

Özfırat, M.K., Yetkin, M.E., Şimşir, F. ve Kahraman, B. (2016). Uzunayak Üretimindeki mevcut tehlike kaynaklarının iş güvenliği açısından değerlendirilmesi, *Madencilik*, 55(1), 3-16.

- Özkılıç, Ö. (2005) *İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri*. Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu Yayınları.
- Özkılıç, Ö. (2014). *Risk Değerlendirmesi*. Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu Yayınları.
- Pamukçu, Ç., (2015). Analysis and management of risks experienced in tunnel construction. *Acta Montanistica Slovaca*, 20(4), 271-281.
- Rausand, M. (2011). *Risk assessment; theory, methods and application*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Sarı, M. (2002). *Risk Assessment Approach On Underground Coal Mine Safety Analysis*. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Semerci, O. (2012). *İş sağlığı ve güvenliğinde risk değerlendirmesi: metal sektöründe bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Shahriar, K., Bakhtavar, E., and Saeedi, G. (2006). *Statistical analysis and risk assessment of working accidents at the Kerman Coal Mines*, Türkiye 15. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 181-187.
- Stankovic, M. and Stankovic, V. (2013). “Comparative Analysis of Methods for Risk Assessment – “Kinney” and “Auva”. *Safety Engeneering*, 3(3), 129-136.
- Şimşir, F. (2015). *Yeraltı Madencilik Yöntemleri*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Şimşir, F. ve Özfirat M.K. (2010). Efficiency of single pass longwall (SPL) method in Cayirhan colliery, Ankara/Turkey. *Journal of Mining Science*, 46(4), 404-410.

Tamzok, F. (1978). *Kömür madenciliğinde iş kazaları ve meslek hastalıkları*. Türkiye 1. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 565-575.

Ural, S., Demirkol, S. (2008). Evaluation of occupational safety and health in surface mines. *Safety Science*, 46(6), 1016-1024.

Ünver, B. ve Akbal, M. (2010). *Kömür Madenlerinde Metan Yönetimi, Kısa Teknik Rapor*. 27 Ocak 2018, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/7ea3cfb64eeaa1e_ek.pdf.

Vincoli, J.W. (2014). *Basic Guide to System Safety*, retrieved December 16, 2017, from <https://www.wiley.com/enus/Basic+Guide+to+System+Safety%2C+3rd+Edition-p-9781118460207>.

Yalçın, E. ve Gürgeç, S. (1999). *Madenlerde Havalandırma*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.

Yetkin M.E. (2013). 2. Doktora Tez İzleme Raporu. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir. (yayınlanmamış)

Yılmaz, A.İ. (2016). Ocak yangınlarında kendiliğinden yanmanın iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmesi. *C.B.Ü. Soma MYO Tek. Bil. Dergisi*, 1(21), 38-47.

Yılmaz, M., Şirin, F., Kılıç, A.M. ve Kılıç, A. (2000). *Doğu linyitleri işletmesi (DLİ) kömür ocaklarında iş kazaları analizi*. Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 21-30.

EKLER

EK – 1: Önlem Kaza Önleme Olasılıkları Anketi-1

Görevi: Maden Mühendisi

Görev Süresi (yıl): 3

GRİZU PATLAMASI İÇİN BELİRLENEN ÖNLEMLER

ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)
1	Metan drenajı	70
2	Havalandırma sisteminin sürekli çalışması	90
3	Erken uyarı sisteminin ve algılayıcı sensörlerin devamlı aktif olması	100
4	Ocak içerisinde exproof ekipmanların kullanılması	90

KÖMÜRÜN ENDOJEN YANMASI İÇİN BELİRLENEN ÖNLEMLER

ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)
1	Üretim bölgelerinde kömürün hava ile temasının kesilmesi	40
2	Ocağa yollanan hava miktarının hızının ve debisinin uygun olması	80
3	Ocak içerisinde düzenli aralıklarla ocak gazlarının ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi	70
4	Ocak içerisinde alev yürütmez ve anti statik ekipmanlar kullanılması	50

EK – 2: Önlem Kaza Önleme Olasılıkları Anketi-2

ÜRETİM SIRASINDA GÖÇÜK MEYDANA GELMESİ RİSKİ İÇİN BELİRLENEN ÖNLEMLER

ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)*
1	Tahkimat Sisteminin Doğru Dizaynı	80
2	Uygun Miktarda ve Nitelikte Tahkimat Malzemesi Kullanımı	80
3	Jeolojik Formasyonun ve Mevcut Stüresizliklerin Devamlı Takip Edilmesi	70
4	Hatasız İşçilik ve Gözetim	90

ÜRETİM ORGANİZASYONUNDAKİ AKSAKLIKLAR İÇİN BELİRLENEN ÖNLEMLER

ÖNLEM NO	ÖNLEM	ÖNLEME OLASILIĞI (%)*
1	Doğru Ekipman Seçimi	80
2	İş Organizasyonunun ve İç Denetimin Sağlanması	90
3	Makina ve Ekipmanların Bakımlarının Zamanında Yapılması	100
4	Kalifiye İşçiliğin Mevcut Olması	80

*Lütfen her bir risk için belirlenen önleme olasılığı bölümlerine 0-100 arasında bir değer veriniz. Verdiğiniz değer, o önlemin sözkonusu riski önlemedeki başarısını gösterecektir. Örneğin; Grizu Patlaması riski için “metan drenajı” önlemine 90 değerinin verilmesi, metan drenajı yapılması halinde grizu patlamasının %90 oranında önleneceği anlamına gelecektir.