

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ TEMELLİ BÜTÜNLEŞİK ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE MADENCİLİK
SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS

Ebru GÜLEÇ

HAZİRAN-2023
GÜMÜŞHANE



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ TEMELLİ BÜTÜNLEŞİK ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE MADENCİLİK
SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA**

**AN APPLICATION FOR RISK ASSESSMENT IN THE MINING SECTOR
WITH INTEGRATED MULTI-CRITERIA DECISION MAKING
TECHNIQUES BASED ON FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS**

YÜKSEK LİSANS

Ebru GÜLEÇ

**HAZİRAN-2023
GÜMÜŞHANE**



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ TEMELLİ BÜTÜNLEŞİK ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE MADENCİLİK
SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA**

**AN APPLICATION FOR RISK ASSESSMENT IN THE MINING SECTOR
WITH INTEGRATED MULTI-CRITERIA DECISION MAKING
TECHNIQUES BASED ON FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS**

YÜKSEK LİSANS

Ebru GÜLEÇ

Danışman: Prof. Dr. İskender PEKER

**HAZİRAN-2023
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Hata Türü ve Etkileri Analizi Temelli Bütünleşik Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Madencilik Sektöründe Risk Değerlendirmesine Yönelik Bir Uygulama**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

22/06/2023

.....
Ebru GÜLEÇ

TEŞEKKÜR

Özveri ile hazırladığım yüksek lisans tezimin her aşamasında benden bilgi, görüş ve deneyimlerini eksik etmeyen Sayın Prof. Dr. İskender PEKER'e saygı ve sevgilerimi sunuyor, kendisine sonsuz teşekkürü borç biliyorum.

Yürüdüğüm bu yolda ve almış olduğum her kararda yanımda olan desteğini esirgemeyen, gücümü varlığından aldığım sevgili eşim Cemal GÜLEÇ'e, desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve her daim beni yalnız bırakmayan her zaman yanımda olan bilgi ve deneyimlerini benden hiç esirgemeyen bu yolda beraber yürüdüğümüz ve daha birlikte uzun yollar alacağımız sevgili dostum Mervenur ŞAHİN'e sonsuz teşekkür ederim.

Ebru GÜLEÇ
Gümüşhane - 2023

ÖZET

Madencilik sektörü mesleği gereği birçok tehlikeyi ve riski barındırmaktadır. Risklerin yönetilemediği durumlarda çok sayıda kaza ve can kaybı oluşmaktadır.

Yapılan literatür incelemelerine göre maden kazalarının büyük bir kısmı; iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yeterince yapılmaması, işverenlerin maliyeti düşürme çabası, çalışanlar üzerinde üretim baskısının oluşturulması, çalışanlara yeteri kadar eğitim verilmemesi, kişisel koruyucu ekipmanların yetersiz oluşu, erken uyarı sistemlerindeki aksaklıklar gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu gibi nedenlerin sonucunda oluşan maden kazalarının da etkileri büyük olmaktadır. Maden kazaları oluşmadan önce yapılan etkili bir risk yönetimi ile bu süreci başarılı bir şekilde yönetmenin mümkün olacağı bilinmektedir.

Yapılan literatür taramasına göre maden ocaklarında hata türü ve etkileri analizi yöntemi ile madencilik sektöründe risk değerlendirmesine yönelik uygulama çalışmalarının az sayıda olması çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı, madencilik sektöründeki risk faktörlerinin belirlenmesi ve ortaya çıkan risklere çözüm önerilerinin getirilmesidir. İlk aşamada Hata Türü ve Etkileri Analizi ile riskler belirlenmiştir. İkinci aşamada ise riskler sıralanarak kriter ağırlıklandırılması AHP yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Önem düzeyi en yüksek kriter “*Madenlerde nitelikli personel ve uzman eksikliği*” olarak tespit edilmiştir. Ardından söz konusu risklerin ortadan kaldırılması amacıyla çözüm önerileri çalışmanın alternatifi olarak belirlenmiş ve TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Bu doğrultuda “*çalışan personelin nitelikli olması*” risklerin ortadan kaldırılmasında etkisi en yüksek alternatif olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hata türleri ve etkileri analizi, Madencilik, Maden kazaları, Risk yönetimi, AHP, TOPSIS

SUMMARY

The mining industry has many dangers and risks due to its profession. In cases where risks cannot be managed, many accidents and loss of life occur.

According to the literature review, most of the mining accidents; It is caused by factors such as inadequate occupational health and safety measures, efforts by employers to reduce costs, production pressure on employees, insufficient training for employees, insufficient personal protective equipment, and malfunctions in early warning systems. The effects of mining accidents that occur as a result of such reasons are also great. It is known that it will be possible to successfully manage this process with an effective risk management before mining accidents occur.

According to the literature review, the lack of application studies for risk assessment in the mining sector with the method of error type and effects analysis in mines constitutes the motivation of the study. It is aimed to take measures according to the number of risk priorities, which will be listed according to risk factors, and to develop solutions for risks. At the first stage, risks were determined by Failure Mode and Effects Analysis. In the second stage, the risks were sorted and criteria weighted using the AHP method. The most important criterion has been determined as the lack of qualified personnel and experts in the mines. Then, in order to eliminate the risks in question, solution proposals were determined as an alternative to the study and ranked with the TOPSIS method. Qualification of the personnel working in this direction has been determined as the alternative with the highest impact in eliminating the risks.

Keywords: Failure Modes and effects analysis, Mining, Mining accidents, Risk management, AHP, TOPSIS

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
TABLOLAR DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1.GİRİŞ	1
2.KAVRAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1.Afet ve Afet Yönetimi.....	3
2.1.1. Afet Yönetimi.....	3
2.2. Risk Yönetimi	4
2.3. Madencilik ve Maden Yönetimi	5
2.4. Maden Kazalarına Sebep Olabilecek Risk Unsurları.....	5
2.4.1. Maden Kazaları ve Nedenleri.....	10
2.4.2 Türkiye’de ve Dünya’da Maden Kazaları.....	10
2.4.2.2. Dünya’daki Maden Kazaları	12
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	14
3.1. Maden ve Risk Yönetimi Konularını Birlikte Değerlendiren Çalışmalar.....	16
3.2. Dünya’da ve Türkiye’de Maden Kazalarına Yönelik Literatür Taraması	24
3.3. Hata Türleri ve Etkileri Analiz Tekniği ile Yapılan Çalışmalar	26
4. UYGULAMA	32
4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi	32
4.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) – Failure Mode and Effect Analsis (FMEA)	32
4.2.1. HTEA’nın Amaçları.....	33
4.2.2. HTEA’nın Faydaları.....	33
4.2.3. HTEA Çeşitleri.....	34
4.2.3.1. Servis HTEA	34
4.2.4. HTEA’nın Öğeleri (RÖS)	35
4.3. AHP (Analytic Hierarchy Process)	37
4.4 TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution)	41

4.5. Uygulama	43
4.5.1. Karar Probleminin Tanımlanması	44
4.5.2. Uzman Grubunun Oluşturulması	44
4.5.3. Kriterlerin Belirlenmesi	45
4.5.4. Alternatiflerin Belirlenmesi	46
4.5.5. Kriterlerin Ağırlıklandırılması	50
4.5.6. Alternatiflerin Sıralanması	52
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	54
KAYNAKÇA	57
ÖZGEÇMİŞ	70



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Ülkemizdeki maden yatakları tablosu.....	5
Tablo 2. Maden kazaları risk faktörleri tablosu	5
Tablo 3. Türkiye’de meydana gelen maden kazaları tablosu.....	11
Tablo 4. Dünya’daki maden kazaları tablosu.....	12
Tablo 5. Dünya’daki eski tarihli kazalar tablosu	13
Tablo 6. HTEA uygulanırken sistemdeki hataların ortaya çıkma olasılığı	35
Tablo 7. Şiddet puanları tablosu.....	36
Tablo 8. Saptanabilirlik puanları 1-10 aralığında derecelendirilmesi.....	37
Tablo 9.AHP ölçeği.....	39
Tablo 10.AHP ikili karşılaştırma matrisi	40
Tablo 11. Kriterlerin belirlenmesi.....	45
Tablo 12. Alternatiflerin belirlenmesi.....	47
Tablo 13. İkili karşılaştırma anketi örneği	51
Tablo 14. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	51
Tablo 15. Kriterlerin önem dereceleri.....	52
Tablo 16. TOPSIS Karar matrisi.....	53
Tablo 17. Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık değerine göre sıralanması.....	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Bütünleşik afet yönetimi şeması	3
Şekil 2. Türkiye’de meydana gelen maden kazası nedenleri dağılım grafiği	12
Şekil 3. Literatür taraması sonucunda ulaşılan veri tabanları dağılımı	15
Şekil 4. Literatür taraması konu dağılımı	15
Şekil 5. Literatürde kullanılan çalışmaların yıllara göre dağılımı	16
Şekil 6. AHP hiyerarşik yapısı	39
Şekil 7. Araştırma sürecinin akış diyagramı	44



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

HTEA	: Hata Türü ve Etkileri Analizi
FMEA	: Failure Mode and Effect Analsis
EM-DAT	: Emergency Disaster Database
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
GPS	: Global Positioning System
TTS	: Text to Speech
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
B-AHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	: Vlse Kriterionumska Optimizacija Kompromisno Resenje
ELECTRE	: Elemination and Choice Translating Reality English
OHSAS	: Occupational Health and Safety Assesment Series
BP	: Back Propagation
RÖS	: Risk Öncelik Sayısı
MATLAB	: Matrix Laboratory
ADSB	: Automatic Dependent Surveillance Broadcast

1. GİRİŞ

Madencilik, yeryüzünde oluşan kıymetli minerallerin maden çalışanları tarafından çıkarılması ve işlenmesidir. Ekonomik olarak gelir elde edilmesine yardımcı olmakta ve ülkelerin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Madencilik sektörü tehlikeli iş kolları arasında yer almaktadır. Bu nedenle çok sayıda iş kazası ve can kaybı yaşanan bir sektör konumunda olup büyük yatırımlar gerektirmektedir. Bu sebeple gerek bulunduğu bölgeye istihdam gerekse ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Madencilik sektörü bulunduğu çalışma alanı itibari ile birçok tehlikeyi de beraberinde getirmektedir. Bu sebeple Dünya’da ve ülkemizde sıklıkla maden kazaları meydana gelmektedir. Bu kazalar bazen maddi hasarla atlatılabilirken bazı kazalar ise can kaybı veya meslek hastalığı ile sonuçlanmaktadır. Maden kazalarının nedenlerine bakıldığında; çatlak ve kavlak kontrollerin düzensiz yapılması, kontrolsüz patlatmalar, makine ve ekipmanların güvensiz kullanılması, şev kaymaları, nakliye kazaları, tahkimat ve kazı faaliyetleri, ortam koşulları ve yetersiz havalandırma, gaz ve toz patlamaları, su baskınları ve göçükler vs. gibi nedenler oluşturmaktadır. Maden kazalarının önlenmesi için gerekli risk analiz çalışmalarının yapılması gerekliliği vurgulanmaktadır. Risk yönetimi süreci afet yönetiminin bir parçasıdır. Bir afetin olma ihtimali üzerine veya işletmede ortaya çıkabilecek kazaların ya da tehlikelerin bertaraf edilebilmesi amacı ile yapılan çalışmalar bütünüdür.

Risk yönetimi, afet çeşitlerine göre veya işletmede bulunan tehlikelere göre yapılmaktadır. Her işletmenin risk dereceleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle her işletmenin risk yönetim faaliyetleri yerinde yapılmaktadır. İşletmeye özgü olan risklerin azaltılması veya kabul edilebilir seviyeye çekilmesi işletmenin kriz anında başarılı olmasını sağlamaktadır.

Risk yönetimi, plan ve programların oluşturulma süreci ile başlar. Tehlikeler ve riskler tanımlandıktan sonra problemlere göre çözüm önerileri geliştirilerek risk seviyesi düşürülür ya da kabul edilebilir bir seviyeye düşürülmesi sağlanmaktadır. Bu doğrultuda mevcut çalışmanın amacı; hata türleri ve etkileri analizi (HTEA) yöntemi ile madencilik sektöründe kazalara neden olan risk faktörlerinin belirlenerek önceliklendirilmesi ve bu faktörlere karşı çözüm önerilerinin geliştirilmesidir. Bu amaçla dört bölümden oluşan tez çalışmasının içeriği şu şekilde özetlenebilir: Birinci bölümde; çok tehlikeli iş grupları arasında yer alan madencilik mesleğinin getirdiği zorluklar konu alınmış olup maden kazaları, nedenleri, ülkemizde ve dünyada gerçekleşen maden kazalarına

örnekler verilerek listelenmiş ve ayrıca risk yönetimine dair genel bilgiler sunulmuştur. İkinci bölümde madencilik sektöründe risk yönetimini konu edinen çalışmaların yer aldığı literatür araştırmasına değinilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın yöntemi olan HTEA, AHP ve TOPSIS yönteminin işleyiş adımlarına yer verilmiştir. Son bölümde ise uygulama gerçekleştirilmiş elde edilen bulgular çerçevesinde gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.



2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Afet ve Afet Yönetimi

2.1.1. Afet Yönetimi

Afet yönetimi, acil durumlar karşısında hükümet, sivil toplum kuruluşları ve özel sektörler arasında koordinasyonun sağlanmasıyla afet öncesi, sırası ve sonrasında düzenlenen plan ve eylemleri oluşturmaktadır (Cheema vd., 2016). Afetlerin meydana gelmesinden önce veya afet gerçekleştikten sonra içinde birçok fonksiyonu barındıran multidisipliner bir yönetim sürecini kapsamaktadır.

Can kayıplarını ve oluşabilecek hasarları en aza indirmesi bu yönetim sürecinin amacını oluşturmaktadır. Afetlere karşı dirençli olabilme ve dirençli kalabilen bir yönetim sürecinin oluşturulabilmesi için 1999 Marmara depremi dönüm noktası olmuştur (Özmen ve Özden, 2013). Deprem sonucunda afet politikaları değiştirilmiş ve kriz yönetimi süreci ile risk yönetimi süreci bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği fark edilerek bütüncül afet yönetim sistemine geçilmiştir.

Bütüncül afet yönetim sistemi afet meydana gelmeden önce risk yönetimi ve afet meydana geldikten sonra kriz yönetiminden oluşmaktadır (Şahin, 2019). Zarar azaltma, tahmin ve hasar analizlerini yürütme, müdahale ve iyileştirme çalışmalarını kapsamaktadır (Markus vd., 2004). Doğal afetler, teknolojik afetler ve insan kaynaklı afetlerin neden olduğu etkileri etkin bir planlamayla en az hasarla atlatılmasını sağlamak amacıyla risk ve kriz planlamaları oluşturulmaktadır (Kadıoğlu, 2008).



Şekil 1. Bütüncül afet yönetimi şeması

Sonuç olarak afet yönetimi, tehlikelerin azaltılması için zarar azaltma, hazırlık, afet anı gerçekleştirilecek olan müdahale çalışmaları, afet sonrası iyileştirme ve yeniden

yapılanmanın olduğu döngüsel bir süreçtir. Teknolojik afet türünde yer alan maden kazaları ise tehlikeli iş grupları arasında yer aldığı için çok sayıda can kaybı ve iş kazası oluşmaktadır. Bu kazaların ve kayıpların büyük bir nedenini işverenlerin sorumluluklarını yerine getirmemesi, maliyetleri düşürme çabası, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yeterince alınmaması oluşturmaktadır.

İş kazalarının ve kayıpların önüne geçebilmek için kazalar olmadan önce risk yönetimi yapmak maddi ve manevi kayıpların en az hasarla atlatılmasını sağlayacaktır (Gezgin, 2018).

2.2. Risk Yönetimi

Risk yönetimi, belirsiz durumları tanımlama, tahmin yürütme ve bu durumlar hakkında strateji geliştirmeye dayalı faaliyetler bütünüdür (Zavadskas vd., 2010). Risk yönetimi süreci afet yönetiminin bir parçasıdır. Bir afetin olma ihtimali üzerine veya işletmede ortaya çıkabilecek kazaların ya da tehlikelerin bertaraf edilebilmesi amacı ile yapılan faaliyetleri kapsamaktadır (Carreno vd., 2007).

Risk yönetimi, plan ve programların oluşturulma süreci ile başlar. Tehlikeler ve riskler tanımlandıktan sonra problemlere göre çözüm önerileri geliştirilerek risk seviyesi düşürülür ya da kabul edilebilir bir seviyeye düşürülmesi sağlanır (Uzunçubık ve Mengi, 2006). Her işletmenin risk dereceleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle her işletmenin risk yönetim faaliyetleri yerinde yapılmaktadır. İşletmeye özgü olan risklerin azaltılması veya kabul edilebilir seviyeye çekilmesi işletmenin kriz anında başarılı olmasını sağlamaktadır (Saydam vd., 1995). Böylece önceden alınan önlemler neticesinde krizin etkileri azaltılmış olacaktır (Kadioğlu, 2008).

Aynı zamanda tehlikelerin ve risklerin tanımlanması ile birlikte birçok farklı alanı ve kurumu kendi içerisinde barındırmaktadır (ADBI, 2013). Bu alanlara bakıldığında; mühendislik, sağlık, sosyal yaklaşım, psikoloji, afet tıbbı gibi alanlar yer almaktadır. Etkin bir risk yönetimi süreci ise bu alanların birbiri ile koordinasyon ve eşgüdüm ile çalışması ile oluşmaktadır (Varol ve Kaya, 2018).

2005-2015 yılları arasında afetlerin sebebiyet verdiği zararların azaltılması amacı ile yayımlanan HYGO Çerçeve Eylem Planına göre afetlerin yönetilebilmesinin sağlanması, zararların azaltılma ve sürdürülebilir kalkınmasının sağlanması amacı ile risk yönetimi odaklı bir eylem planı geliştirilmiştir (Olowu, 2010).

2.3. Madencilik ve Maden Yönetimi

Madencilik, yeryüzünde oluşan kıymetli minerallerin maden çalışanları tarafından çıkarılması ve işlenmesidir. Ekonomik olarak gelir elde edilmesine yardımcı olmakta ve ülkelerin gelişmesine katkı sağlamaktadır (Ericsson ve Larsson, 2013). Madencilik sektörü büyük yatırımlar gerektirmektedir. Bu sebeple gerek bulunduğu bölgeye istihdam sağlamakta gerekse ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır (Frolova vd., 2019).

Ülkemiz maden yatakları bakımından zenginlik göstermektedir. Ülkemizdeki madenlere bakıldığında birçok maden çeşidi vardır.

Tablo 1. Ülkemizdeki maden yatakları tablosu

Altın- Gümüş	Asbest	Bakır
Barit	Boksit	Demir
Feldspat	Fosfat	Krom
Kurşun-Çinko	Manyezit	Mermer
Kuvars	Nikel-Mangan	Bor

Ülkemiz 2020 yılı verilerine göre madencilik sektöründe ithalatta ve ihracatta azalma göstermiştir. 2021 yılında ise ithalatta %47,6 ve ihracatta %51,9 artış yaşanmıştır. Dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla kaynakları tespit etme ve kullanma çalışmaları devam etmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2021).

2.4. Maden Kazalarına Sebep Olabilecek Risk Unsurları

Madencilik sektörü çalışma bakımından çok tehlikeli iş grupları arasında yer almakla beraber birçok riski de bulunmaktadır.

Aşağıda hazırlanan tabloda maden kazalarına ait risk faktörleri ve bu risklerin nedenlerine yer verilmiştir.

Tablo 2. Maden kazaları risk faktörleri tablosu

Risk Faktörleri	Nedenleri
Çatlak ve kavlaklar (Direk, 2016)	- Denetimlerin sık sık yapılmaması ve özen gösterilmemesi - Eğitim eksikliği - İş sağlığı ve güvenliği önlemleri eksikliği - Kalifiye eleman eksikliği - Risk tespit çalışmalarının yetersiz olması - Yanlış veya eksik makine kullanımı

Tablo 2. (Devamı)

Risk Faktörleri	Nedenleri
• KontROLSÜZ patlamalar (Fu vd., 2019).	• Çalışan işçilerin bilinç ve eğitim düzeyi eksiklikleri • Denetimsizlik • Dikkatsizlik • Enerji kesintisi • Güvenlik önlemlerinin alınmaması • İhmalkarlık • İş sağlığı ve güvenliği önlemleri eksikliği • Ortamda tehlikeli madde ve patlayıcıların varlığı • Yanlış hesaplamalar
• Makine ve ekipmanlar (Koçak, 2019)	• Makine kaynaklı teknik ve mekanik hatalar • İşçilerin makine eğitimlerinin eksik alması • Dikkatsizlik • İhmalkarlık • Onarım ve bakım sırasında meydana gelen tehlikeler • Makinelerin yıpranmış olması • Elektrik kaynaklı oluşan problemler • Güç kesintisi
• Şev kaymaları (Yaşar vd., 2015).	• Deprem, yer sarsıntısı • Dikkatsizlik • İş sağlığı ve güvenliği önlemleri eksikliği • Kırılma ve kaymalara karşı dirençsizlik • Toprak yapısının tahrip olması • Yeraltı sularının basıncı
• Nakliye Kazaları (Mayton vd., 2018).	• Çarpışma • Devrilme • Dikkatsizlik • Eğitim eksikliği • Ekipmanların taşınması • Faaliyet alanında oluşan trafik • İhmalkarlık • İş sağlığı ve güvenliği önlemleri eksikliği • İşçilerin taşınması • Maden filizlerinin taşınması

Tablo 2. (Devamı)

Risk Faktörleri	Nedenleri
• Tahkimat ve kazı faaliyetleri (Eyüpoğlu, 2018).	• Çalışanların mesleki bilgi ve deneyim eksikliği • Denetimsizlik • Dikkatsizlik • Fiziksel unsurlar • İhmalkarlık • İş sağlığı ve güvenliği önlemleri eksikliği • Jeolojik etmenler • Kazı makine ve araçlarının yanlış kullanımı • Patlamalar sonucu göçmeler • Tahkimatın eksik yapılması • Uygun olmayan malzeme kullanımı
• Ortam koşulları (Kunda, Frantz ve Karachi, 2015).	• Denetimsizlik • Gürültülü ve titreşimli ortamda bulunmadan kaynaklı işçilerde psikolojik ve fiziksel sorunların oluşması • İşitme problemlerinin meydana gelmesi • Koruyucu ekipman eksikliği • Koruyucu ekipmanların kullanılmasına dair eğitim eksikliği • Tozlu alanlarda çalışma neticesinde oluşan meslek hastalıkları • Alan aydınlatmalarının yetersiz kalması • Havalandırma sistemlerinin yetersiz olması • Ortam ısısının yüksek olması • Tozların birikmesi sonucu kömür tozlarının tutuşması
• Grizu patlamaları (Ergun, 2007).	• Ateşleme • Denetimsizlik • Detektörlerin ve gaz ölçüm cihazlarının bakımsızlığı • Eğitim eksikliği • Gaz ölçümlerinin eksik yapılması • Havalandırma sistemleri yönlerinin yanlış kullanımı • Havalandırma sistemlerinin yetersiz olması • İş sağlığı ve güvenliği önlemleri eksikliği

Tablo 2. (Devamı)

Risk Faktörleri	Nedenleri
• Kömür Tozu patlamaları (Didari, 1985)	• Ateşleyici madde kullanımı • Çökmüş olan tozun havalandırarak ateşleyici kuvvet ile buluşması • Denetimsizlik • Enerji kesintisi • Havalandırma sistemlerinin yetersizliği • İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin eksikliği • Metan gazının varlığı
• Su baskınları (Kocasoy, 2015)	• Biriken suların atılmasının gecikmesi • Boğulma • Bulunduğu bölgenin hidrolojik yapısı • Denetim eksikliği • Jeolojik etkiler ve faaliyetler • Koruyucu ve önleyici tedbirlerin yetersizliği • Yağışlar sebebi ile suların tabakalarda toplanması • Yeterli sondajların açılmaması
• Göçükler (Madsen, 2009).	• Denetim eksikliği • İnsan faaliyetleri • Jeolojik faaliyetler • Teknik hatalar
• Ocak yangınları (Adjiski vd., 2015).	• Ateşleme • Denetimsizlik • Duman ve yangın uyarı sistemlerinin bakımının yapılmaması, kontrollerinin sağlamaması • Eğitimsizlik • Havalandırma sistemlerinin yanlış konumlandırılması • İş sağlığı ve güvenliği önlemleri eksikliği • Jeolojik etkenler • Kendiliğinden yanma • Yangın söndürme cihazlarının eksikliği • Yanıcı malzeme kullanımı • Elektrik kaynaklı ekipmanlar • Hava kaçakları • Yanıcı tozlar • Yanıcı sıvılar • Yüksek sıcaklık • Mekanik sürtünme etkisi

Tablo 2. (Devamı)

Risk Faktörleri	Nedenleri
• Tahliye yolları (Ergör vd., 2014). (Chang ve Ying, 2012).	• Acil durumlara yönelik tatbikat çalışmalarının yapılmaması • Acil durumlarda tahliyelerin gecikmesi • Acil eylem planlarının oluşturulmaması • Arama ve kurtarma çalışmalarında tahliye yollarında tıkanmaların gerçekleşmesi • Erken uyarı ve tahmin sistemlerinin çalışmaması • Kargaşa çıkması • Tahliye yollarında bilgilendirici işaretlerin ve panoların bulunmaması • Tahliye yollarının denetiminin yapılmaması • Tahliye yollarının gereken sayıda olmaması • Tahliye yollarının kapalı olması
• İnsan kaynaklı (Aliabadi vd., 2021).	• Çarpma • Dikkatsizlik • Düşme • Hastalık • Kişisel koruyucu ekipmanların kullanılmaması • Psikolojik etmenler • Tahliye yollarının bilinmemesi • Uygun eğitimleri almadan işe başlanmış olması • Yorgunluk • Acil durumlarda tahliye ile ilgili eğitimler almamış olmak • Denetimsizlik • Ergonomik davranış bozuklukları • İletişim ve bilgi eksikliği • İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin eksikliği • Makine ve ekipmanların hatalı kullanımı • Mesleki bilgi ve deneyim eksikliği • Sigara içmek, ateşleyici faaliyetlerde bulunmak • Uzun çalışma saatleri • Üretim baskısı • Yanlış yönetim

Tablo 2. (Devamı)

Risk Faktörleri	Nedenleri
• Metan gazı (Karakurt vd., 2009). (Kurlenya ve Skritsky, 2017).	• Ateşleyici madde kullanımı • Denetimsizlik • Havalandırma sistemlerinin yetersizliği • İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin eksikliği • Jeolojik özellikler • Kömür damarlarında metan gazı oluşumu • Metan drenaj yöntemlerinin eksik ya doğru uygulanmaması • Metan gazı artışı • Metan gazı sensör eksikliği • Yüksek ısı
• Tehlikeli gazlar (Eyüpoğlu, 2018)	• Azot gazı • Hidrojen sülfür • Karbon monoksit gazı • Karbondioksit gazı • Kükürtdioksit • Metan gazı • Siyanür

2.4.1. Maden Kazaları ve Nedenleri

Madencilik sektörü doğası gereği birçok tehlike ve riski barındırmaktadır. Bu sebeple Dünya’da ve ülkemizde sıklıkla maden kazaları meydana gelmektedir. Bu kazalar bazen maddi hasarla atlatılabilirken bazı kazalar can kaybı veya ağır hasarlarla sonuçlanmaktadır.

2.4.2 Türkiye’de ve Dünya’da Maden Kazaları

Türkiye’deki ve Dünya’daki maden kazalarına ait konular iki ayrı başlık oluşturulup bunlara ait tablolar aşağıdaki gibi hazırlanmıştır.

2.4.2.1. Türkiye’de Maden Kazaları

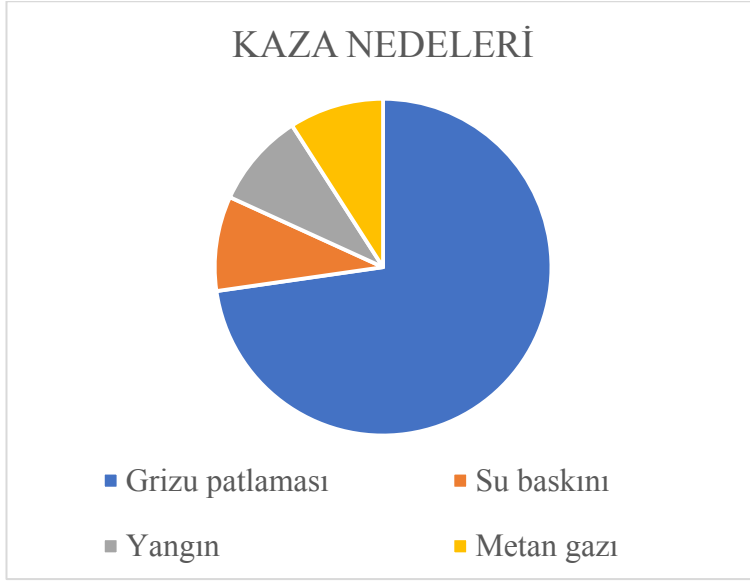
Türkiye, maden sayısı bakımından zengin bir ülkedir. Ülkemizin çeşitli yerlerine dağılan madenlerin işletilmesi ile birlikte birçok maden kazası meydana gelmektedir. Madencilik, tehlikeli meslekler arasında yer aldığı için ölüm ve kaza oranı diğer mesleklere göre daha fazladır (Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2022).

Ülkemizde oluşan maden kazalarının tarihsel sıralamasına bakıldığında (Derin, Varol ve Uymaz; 2017);

Tablo 3. Türkiye’de meydana gelen maden kazaları tablosu

TARİH	YER	YARALI SAYISI	KAYIP SAYISI	KAZA NEDENİ
1983	Zonguldak-Armutçuk		103	Grizu Patlaması
1990	Amasya-Merzifon		68	Metan gazı patlaması
1992	Zonguldak-Kozlu	51	263	Grizu patlaması
1995	Yozgat-Sorgun	7	38	Grizu patlaması
2003	Karaman-Ermenek		10	Grizu patlaması
2004	Kastamonu-Küre		20	Yangın
2006	Balıkesir-Odaköy	7	17	Grizu patlaması
2009	Bursa-Kemalpaşa		19	Grizu patlaması
2010	Balıkesir-Odaköy	18	13	Grizu patlaması
2010	Zonguldak-Karadon		30	Grizu patlaması
2014	Manisa-Soma		301	Yangın
2014	Karaman-Ermenek		18	Su baskını

EM-DAT veri tabanına göre Türkiye’de 1983-2014 yılları arasında oluşan maden kazaları listelendiğinde 31 yılda 12 adet maden kazası gerçekleşmiştir. Bu maden kazalarının 8 tanesi grizu patlaması, 1 tanesi su baskını, 1 tanesi yangın ve 1 tanesi metan gazı patlaması ile gerçekleşmiştir. 31 yılda 900 maden işçisi hayatını kaybetmiştir.



Şekil 2. Türkiye’de meydana gelen maden kazası nedenleri dağılım grafiği

2.4.2.2. Dünya’daki Maden Kazaları

EM-DAT veri tabanına göre, 1946 yılından 2022 yılına kadar olan süreçte 648 adet maden kazası görüntülenmiştir. Bu maden kazalarının bir kısmı aşağıda listelenmiştir:

Tablo 4. Dünya’daki maden kazaları tablosu

TARİH	YER	YARALI SAYISI	KAYIP SAYISI	KAZA NEDENİ
1950	Belçika-Marcinelle		262	Yangın
1964	Japonya-Omuta		1322	Yangın
1965	Hindistan-Dhori		375	Grizu patlaması
1972	Zimbabve-Wankie	8	427	Gaz patlaması
1994	Çin-Kenpeng	230	77	Dinamit Patlaması
1999	Güney Afrika-Carltonville		19	Metan gazı
2010	Çin-Shanxi	113	74	Patlama
2018	Pakistan-Beluchistan	11	23	Metan gazı patlaması
2021	Rusya-Listviajnaia		52	Diğer sebepler
2022	Batı Afrika-Gine		18	Patlama

EM-DAT veri tabanında bulunmayan eski tarihli Maden kazaları aşağıdaki gibidir:

Tablo 5. Dünya'daki eski tarihli kazalar tablosu

TARİH	YER	YARALI SAYISI	KAYIP SAYISI	KAZA NEDENİ
1942	Çin-Benxihu		1327	Kömür tozu patlaması
1906	Fransa-Courrieres	+100	1060	Patlama ve yangın
1907	ABD-Monangah		500	Patlama

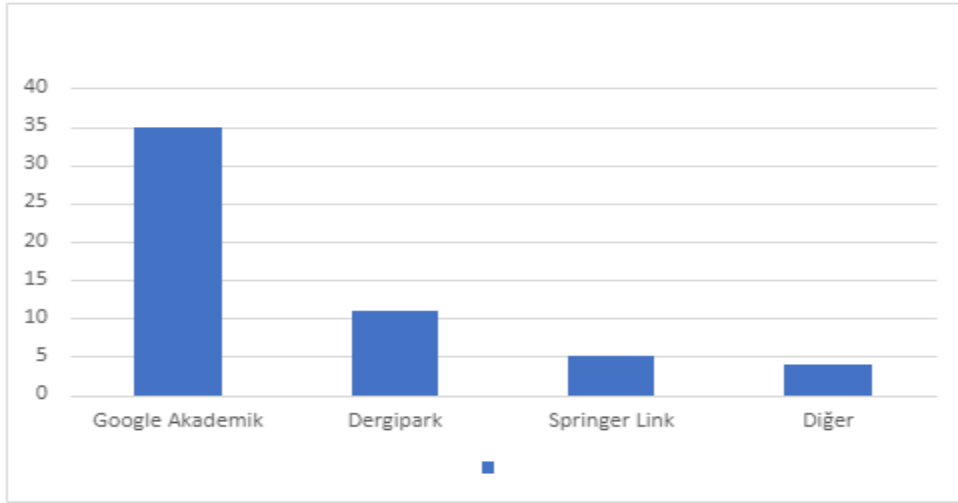
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Madencilik sektörü doğası gereği içinde birçok tehlike ve riski barındırmaktadır. Risklerin yönetilemediği durumlarda çok sayıda kaza ve can kaybı oluşmaktadır. İncelenen literatür taramalarına göre maden kazalarının büyük bir kısmını; iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yeterince alınmaması, işverenlerin maliyeti düşürme çabası, çalışanlar üzerinde üretim baskısının oluşturulması, çalışanlara yeteri kadar eğitim verilmemesi vb. nedenler oluşturmaktadır. Bu gibi nedenlerin sonucunda oluşan maden kazalarının da etkileri büyük olmaktadır. Maden kazaları oluşmadan önce yapılan etkili bir risk yönetimi ile bu süreci başarılı bir şekilde yönetmenin mümkün olacağı bilinmektedir. İncelenen literatür taramalarına göre hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile risk yönetiminin madencilik sektöründe uygulanması çalışmalarının az olması bu çalışmanın motivasyonunu oluşturmuştur.

Çalışmada literatür araştırması yapılırken Dergipark, Google Akademik, Web of Science, Scopus, Springer Link, Science Direct, Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi, Academia, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Cumhuriyeti Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Türk-İş, Gümüşhane Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'na ait Veri Tabanı Uzaktan Erişim ve İstatistik Sistemi veri tabanlarından yararlanılmıştır.

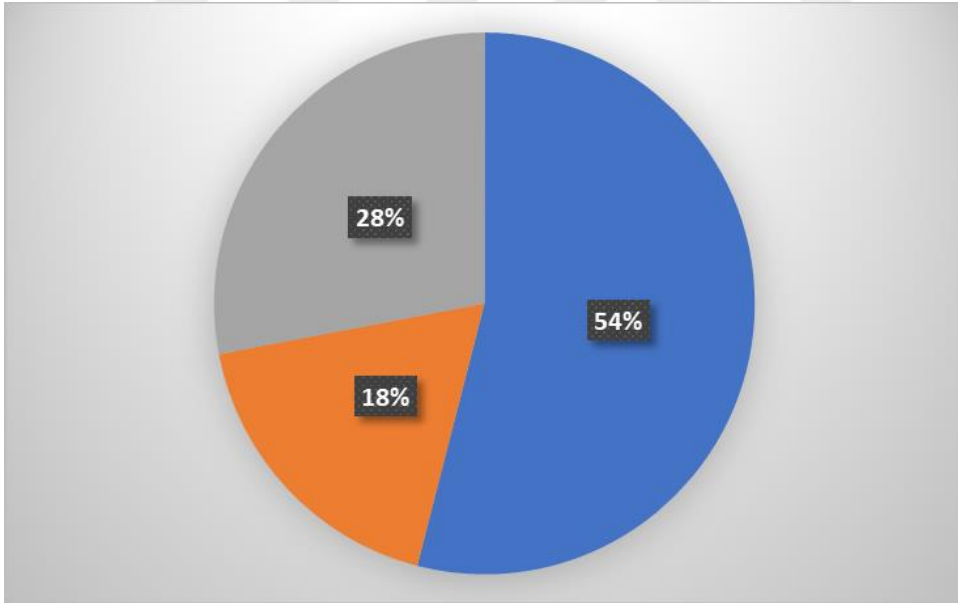
Veri tabanlarında tarama çalışması yapılırken; “maden”, “madencilik”, “maden kazaları”, “risk”, “mining accidents”, “risk management” anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

Yapılan literatür incelemelerinde toplamda 55 adet makaleye ulaşılmıştır. Çalışmaların dağılımı Şekil 3’de yer almaktadır. Veri tabanları arasından en çok ulaşılan veri tabanı kaynağı Google Akademiktir (Google Scholar).

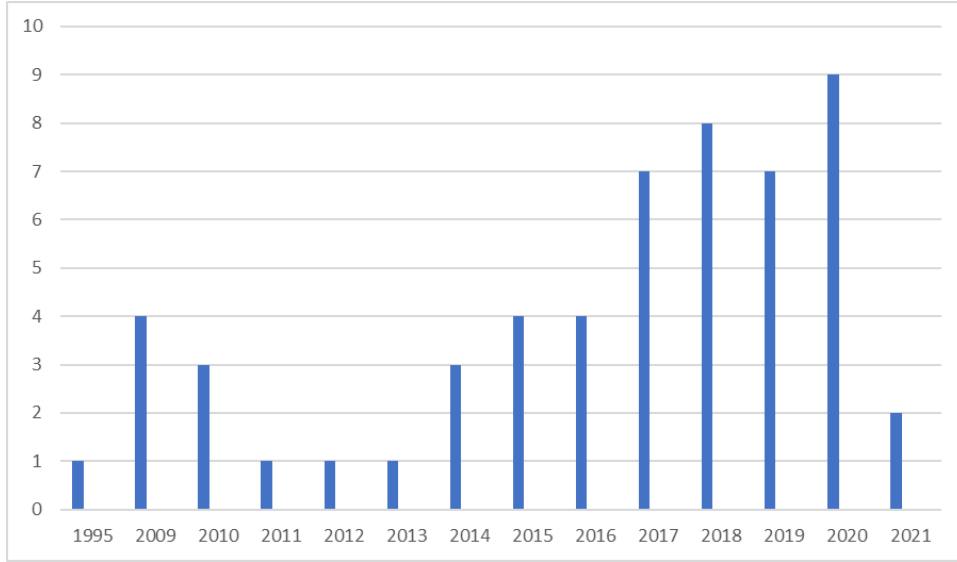


Şekil 3. Literatür taraması sonucunda ulaşılan veri tabanları dağılımı

Şekil 4 incelendiğinde, literatür taraması kapsamında değerlendirilen çalışmaların %54'ünün maden ve Risk Yönetimi Konularını Birlikte Değerlendiren Çalışmalar, %28'inin Hata Türleri ve Etkileri Analiz Tekniği ile Yapılan Çalışmalar %18 ile Dünya'da ve Türkiye'de Maden Kazalarına Yönelik çalışmalar olduğu ifade edilebilmektedir.



Şekil 4. Literatür taraması konu dağılımı



Şekil 5. Literatürde kullanılan çalışmaların yıllara göre dağılımı

Şekil 5’te literatür araştırmasında veri tabanı kaynaklarından yararlanılan çalışmaların yıllara göre dağılımları tabloda yer almaktadır. Grafiğe göre 2020 yılındaki çalışmaların bu alana yoğunlaştığı görülmektedir.

3.1. Maden ve Risk Yönetimi Konularını Birlikte Değerlendiren Çalışmalar

Saydam vd. (1995) çalışmasında, madencilikte risklerin belirlenmesi gerekliliğinin vurgulanması amaçlanmıştır. Çalışmada nitel bir araştırma yöntemi kullanılmıştır. Maden ocaklarında risklerin belirlenmesi ile kontrolünün sağlanması ve yönetilmesinin kolaylaşacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak maden ocaklarında kayıpları ve maliyetleri düşürebilmek için risk analizleri yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Şalap, Karşlıoğlu, Demirel (2009) Coğrafi Bilgi Sistemi’nin (CBS) maden ocaklarında kullanımının tartışılmasını amaçlamışlardır. Tavşanlı’da bulunan Linyit Kömür madeninde CBS kullanılmak üzere veri modelleme çalışmaları yapılmıştır. Maden ocağındaki havalandırmaların izlenmesi, kontrol edilmesi, kaçış yolları ve alternatif yollar CBS programı ile planlanmıştır. Bunun sonucunda CBS programı web tabanlı bir sistem olmakla beraber maden ocağının farklı yöneticiler tarafından her an izlenebilmesi ve güvenliğin sağlanabilmesinde görev olarak başarılı sonuçlar verilmiştir.

Dereli, Yalçın, Erdoğan (2010) çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımlarının madencilik faaliyetlerindeki kullanımının değerlendirilmesini amaçlamışlardır. CBS yazılımlarının madencilikte hangi amaçla kullanıldığını ve işlerliğinden bahsedilmiştir. Çalışmada incelenen kaynaklardan elde edilen veriler ışığında proje çalışmasının planlanması, veri toplanması, verilerin değerlendirilmesi,

ilişkilendirilmesi, analiz ve sorgulamaların yapılması gibi bilgilerin yer aldığı Maden Bilgi Sistemleri ve CBS kullanımının ülkemizde etkin olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. Madencilik uygulamalarında kullanılmak üzere Vulcan, Surpac ve Datamine yazılımı gibi özel yazılımlar geliştirildiğinden ve Maden Bilgi Sistemi veritabanı model örneğinden bahsedilmiştir. CBS sistemi maden ocaklarında risk değerlendirilmesinde kullanılabilmekte, bununla beraber alternatif yollar, çalışan işçilerin bilgisi, madenlerde oluşabilecek göçüklerde ve üç boyutlu görsel gibi verileri de sağlayabilmektedir. Bu bağlamda, maden ocaklarında CBS kullanımının riskleri yönetmede güvenilir bir sistem olduğu tespit edilmiş olup çalışan işçi sayısı, ruhsat alanları gibi bilgileri içeren CBS amaçlı bir veri tabanının oluşturulmasının gerekliliği ön plana çıkmıştır.

Kumar (2010) çalışması kapsamında, maden ocaklarında başarılı afet yönetimi uygulamaları için kullanılan teknolojik araç ve gereçlerin bilgilendirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada literatür taraması yapılmıştır. Sismik izleme, maden robotu, multimedya kurtarma iletişimi, küresel çevresel felaket bilgi sistemi, çevrimiçi kamyon sevk ve Global Positioning System (*GPS*), uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi araçlar maden ve madencilerin güvenliğinde kullanılmaktadır. Bahsi geçen bu araçların tehlikelerin azaltılmasında ve afet yönetiminde etkili oldukları tespit edilmiştir.

Song vd. (2012) maden kazalarında başarılı bir afet yönetimi gerçekleştirilebilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (*CBS*) önemi konusunda bilgi vermeyi amaçlamışlardır. Bunun yanı sıra geleneksel bilgi sistemlerinin aksine CBS'ye dayalı afet yönetimi bilgi sistemlerinin geliştirilmesinin madencilik alanındaki teknolojik ihtiyaçların karşılanmasında önemli rol oynayacağı vurgulanmıştır. Bu çalışmada, madenlerde CBS tasarımı odaklanan konut hasarı ve madencilik çökmesi tahmini, arazi uygunluğu değerlendirmesi gibi çalışmalar gerçekleştiren bir sistem tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bu kapsam dahilinde sistemin fonksiyonel ihtiyaçlarına göre mevcut arazi kullanımına, parsel, konut ve hasar bilgisine ait veri tabanları sisteme dahil edilmiştir. Sistemin uygulama öncesinde ve sırasında madencilik faaliyetlerinin neden olduğu muhtemel konut hasarını, yüzey hasarını ve yerleşim planlarını önceden tahmin edebilme özelliği teknik destek sağlamaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda CBS'nin maden ocaklarında meydana gelebilecek kazalarda afeti yönetmede avantajlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Kumar (2016), madenlerin güvenliği ve etkin bir afet yönetiminin sağlanabilmesi için uygulanan veya uygulanabilecek modern araç ve teknikler hakkında bilgi vermeyi amaçlamıştır. Robotik tabanlı madencilikle ilgili vaka çalışmaları, Otonom Madencilik

Sistemi ve kurtarma robotları incelenmiş ve bunun sonucunda afetlerde iletişim problemlerinin oluşması sebebi ile madencileri kurtarmak için kurtarma telefonlarının geliştirilmesi gerektiği, maden ocaklarında Global Positioning System (GPS) tabanlı sistemlerin kullanılması ve radyo frekanslarından yararlanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Redy vd. (2015) madenlerde kurtarma robotlarının etkinliği konusunda bilgi vermeyi amaçlamışlardır. Kurtarma robotları afet meydana geldikten sonra kişilere ulaşmakta onlara ilkyardım tedavisi uygulayabilmekte ve kurtarma ekiplerine hayatta kalanların olasılığını verebilmektedir. Böyle durumlarda düşünülmüş olan kurtarma robotları ise dünyada farklı sektörlerde 800'den fazla hayat kurtarmıştır. Çalışmada madenlerde kullanılan robotların avantajları ve dezavantajlarına yer verilmiş olup geçmişteki birkaç önemli örnek gözden geçirilmiş ve kurtarma robotları için gereklilikler incelenmiştir. Madenlerde kullanılan bu robotların beklentilerin altında kaldığı tespit edilmiştir. Robotlar yerin altına indikçe iletişim problemi yaşamaları, ocak içinde hareket kısıtlamaları olması sebebiyle esnek davranışlarda bulanamamaları dezavantajları olmuştur. Bu yüzden daha güvenli ve daha sistemli robotlar yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Ambika vd. (2016) maden afet yönetim sisteminde tasarlanan Text to Speech (TTS) (*Metinden konuşma sentezi*) modeli üzerinde bilgi vermeyi amaçlamışlardır. Bu modelde oluşturulan kontrol istasyonu sayesinde yeraltında belirlenmiş alanlarda çalışanlara kablosuz olarak bağlanmayı hedeflemişlerdir. Madencilerin başlıklarına entegre olarak yapılan model MANET simülasyonları ile gaz, basınç, sıcaklık sensörleri ve kamera sensörleri ile güçlendirilmiştir. Bu modelin maden ocaklarında tehlikeleri bildirmek, çalışanları korumak ve afeti yönetebilmek amacı ile geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Koruyan vd. (2016) Muğla'daki mermer ocaklarının yıllara göre genişliğini ve yeşil alanların maden ocakları arttıkça ne kadar tahrip olduğunu CBS ve Uzaktan Algılama Sistemi kullanılarak tespit etmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmanın uygulama aşamasında uydu görüntüleri baz alınmıştır. Bu doğrultuda geçmiş yıllardan bugüne kadar olan ocak işletmesinin ne kadar büyüdüğü ve büyüdüğüne ne kadar az yeşil alan kaldığı tespit edilmiştir.

Lüy (2016) çalışma kapsamında, maden ocaklarında ölüm oranlarının azaltılması ve kaza risklerinin düşürülmesin gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Kullanıcıların maden ocağını güncelleyebildiği ve üç boyutlu maden haritalarını çizebildiği sistem tasarımı gerçekleştirilmesi ve madencilikte kullanılan yazılımlar hakkında bilgi verilmesini

amaçlamışlardır. Sistem çalışması ve üç boyutlu yazılım uygulaması gerçekleştirilmiştir. Madencilerin konumuna, ismine erişim sağlanabilen, bulunduğu sensörler ile nem, sıcaklık ve gazları tespit etmede kullanılan, web tarayıcısında gözlemlenebilen bir yazılım geliştirilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen uygulama test aşamasından geçmiş ve başarılı şekilde işlem yaptığı sonucuna varılmıştır.

Ranjan, Sahu ve Misra (2016) yaptıkları çalışmada, yeraltı madenciliği endüstrileri için kablosuz sensör ağının uygulanabilir bir çözüm olduğundan bahsedilmiştir. Yeraltı madenlerinde bulunan izleme ve kablosuz iletişim sistemleri, madenlerdeki zayıf görüş hattı, gazlı ortam, düzensiz yapı, sıcak koşullar ve nem, gürültü ayrıntılı olarak ele alınılmıştır. Bu bağlamda anket çalışması yapılmıştır ve kablosuz sensör ağının yeraltı madenleri için uygulanması kategorize edilmiş, akabinde simülasyona ve gerçeğe dayalı çalışmalar yapılmıştır.

Li vd. (2017) afet yönetiminde veri kullanımına dayalı teknikler hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Afet anında ve sonrasında afetten kaynaklanan kayıpları bilgi alışverişi büyük ölçüde azalttığından dolayı dinamik ve statik veriye dayalı afet yönetimi benimsenmiştir. Bu bağlamda, afet yönetiminde yaşanan son gelişmeler sistematik bir şekilde ele alınmıştır. Veri modelleri arasında bulunan sahana uygulaması, arama kurtarma çalışmalarında bilgi vermek amacıyla oluşturulmuştur. WebEOC, afetleri yönetmek ve kamu kurum kuruluşlarıyla bilgi paylaşımını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. E-Team, web tabanlı bir sistem olarak oluşturulmuş olup olayların yönetilmesi ve raporlanması için geliştirilmiş bir yazılımı içermektedir. ADSB sistemi, mobil cihazlarda kişiselleştirilmiş bilgilerin afet ve acil durumda paylaşılmasını sağlamaktadır. Afet yönetiminde verilerin kullanılması planlama ve müdahale aşamasında altyapıların düzenlenmesinde, geçmiş afetlerden yararlanılmasına, lojistik faaliyetlerin daha etkin biçimde yönetilmesine katkı sağlamakla birlikte afet yönetiminin hazırlık, müdahale ve iyileştirme evrelerinde yöneticilere ve arama kurtarma çalışmalarına destek sağladığı sonucuna varılmıştır.

Bogdanović vd. (2017) yaptıkları çalışma kapsamında, maden kazaları ve nedenleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılmıştır. Maden kazaları; su baskınları, gaz ve kömür tozu patlamaları, kaya düşmeleri, zehirli gazlara maruz kalma ve yangınlar neticesinde oluşabilmektedir. Bu tehlikeler göz önünde bulundurularak önleyici tedbirlerin alınması gerekliliği vurgulanmıştır. Çalışma sonucunda en ciddi kaza kriterlerini sırasıyla kaya patlamaları, gaz ve kömür tozu patlamaları, yangınlar, zehirli gazlar ve son olarak su baskınları olarak tespit edilmiştir.

Mutlu ve Sarı (2017) çok kriterli karar verme (*ÇKKV*) yöntemlerinin madencilik sektöründe kullanımını ele almışlardır. Çalışmada derleme çalışması yapılmıştır. Madencilik sektöründe; Analitik Hiyerarşi Prosesi (*AHP*), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (*B-AHP*), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (*TOPSIS*), Vlse Kriteriajumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (*VIKOR*) Yöntemi, Elimination and Choice Translating Reality English (*ELECTRE*) Yöntemleri kullanılmaktadır. En sık kullanılan karar verme yöntemlerini AHP, F-Topsis ve F-Ahp yöntemleri oluşturmaktadır. Çalışma konularını doğru ekipman seçimi, risk planlaması ve üretim yöntemi seçimleri oluşturmuştur. Çalışma sonuçları ÇKKV yöntemlerinin güvenilir ve nispeten kolay olduğunu göstermektedir.

Saray (2017) radyo frekans yardımıyla maden ocağında çalışan işçilerin takibinin yapılabilmesi ve acil durumlarda arama kurtarma çalışmalarına destek olabilmesi için modül geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında belirli aralıklar ile referans alıcı, radyo verici ve kablosuz alıcılar içeren bir sistem geliştirilmiştir. Bu süre zarfında geliştirme kartları tasarlanmış, denemeler yapılmış ve veri iletişimi sağlayan modüller incelenmiştir. Radyo frekans kullanılarak alıcı ve vericilerden oluşturulmuş modül hazırlanmıştır. Yazılımın bağlantı noktası, maden ocağında çalışan listesi, personel bölümü, gelen verilerin oluşturulması ve haritalama yer almaktadır. Sonuç olarak oluşturulan modül açık, kapalı ve yer altında denenerek sistemin başarılı sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Sudila ve Elvitigala (2017) madenlerde bulunan ve birçok çalışanın boğularak ya da yanarak ölmesi sebebini oluşturan karbonmonoksit ve metan gazının tespiti üzerine yapılan sensörler hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Sensörler tehlikeli gazları tespit edip çalışanlara erken uyarı sağlamak ve tahliyeleri güçlendirmek amacıyla yapılmıştır. Sonuç olarak gaz sensörleri, ocak içerisinde bulunan tehlikeli gazları algılayıp erken uyarıda bulunması ve çalışanları tahliye etme kapasitesi sayesinde işçilerin can güvenliğini artırması ve olabilecek kazaları engellemesi ile kullanılabilecek bir yöntem olabileceği sonucuna varılmıştır.

Sunarti vd. (2017) Endonezya'daki afet verileri baz alınarak ve Marangin bölgesindeki maden ocaklarının yasa dışı genişlemesinden ve çevreye etkisinden bahsetmeyi amaçlamışlardır. Toplumun ekonomik sebeplerden dolayı maden işletmelerini genişletmesi sonucunda doğal kaynakların bozulmasına neden olduğu bilgisine yer verilmiştir.

Gezgin (2018) çalışmaları kapsamında, afet yönetimi politikasındaki sorunları soma maden faciası ele alınarak değerlendirmesi amaçlanmıştır. Sistemdeki eksiklik ve

aksaklıklar, kazalara neden olan faktörler, kazaların meydana geliş sebepleri ve korunma yolları için yapılması gerekenler, Soma maden rezervleri, iş güvenliği ve ocakların yapısı örnekleme ve açıklamalı yaklaşım baz alınarak sunulmuştur. Yapılan çalışmada Soma maden faciasının nedenleri ele alınmış. Bu facianın nedenleri arasında bilirkişi raporuna göre maden ocağında gerekleri denetimlerin ve iş sağlığı güvenliği önlemlerinin alınmaması olmuştur. Tüm bu ihmallere bakıldığında ülkemizde madencilik mevzuatının, iş sağlığı ve güvenliğinin geliştirilmesi gerektiği, işverenlerin çalışanlara üretim baskısı yapmak yerine çalışanlarının can güvenliğine yönelik planlamalar yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bilim vd. (2018) yaptıkları çalışma kapsamında, 2012-2016 yıllarında madencilik alanında maruz kalınan meslek hastalıkları ve iş kazaları ana ve alt sektörleri kapsayacak şekilde incelenmesini amaçlamışlardır. Bu amaca paralel olarak, araştırmada iş kazalarının, meslek hastalıklarının ve kaza olabilirlik oranının istatistiki analizi yapılarak mevcut soruna yanıt aramaya çalışılmıştır. Maden sektöründe oluşan iş kazalarının ortalama %77'sinin linyit ve kömür çıkartması yapılırken gerçekleştiği, en az kazanın ise doğalgaz ve ham petrol çıkarımı sırasında olduğu, meslek hastalıklarının ise ortalama %96'sı kömür madenciliği alanında olduğu kanısına ulaşılmıştır. Bu bilgilere ek olarak madencilik faaliyetlerinde en yüksek kaza olabilirlik oranı kömür madenciliğinde gözlemlenmiştir. Kanun ve yönetmeliklerde yapılan düzenlemeler ile oranlarda bir düşüş olduğu sonucuna varılmış fakat istenilen seviyelere indirgenemediği sonucuna varılmıştır. Çalışanlara eğitim ve tatbikatların verilmesi, güvenlik kültürünün oluşturulması, paydaşların iş birliği içinde olması, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması, teknolojik gelişmelere ayak uydurulması ve önerilen modellerin sahada uygulanması gerekliliğine vurgu yapılmıştır.

Çavur (2018) yaptığı çalışma kapsamında, maden ocaklarında çalışanların yer tespitinin kolay sağlanabilmesi için radyo frekans teknolojisine bağlı olarak vaka çalışması amaçlamıştır. Oluşturulan yazılım ve donanım, işçilerin yer tespitinde kullanılmaktadır. Sonuç olarak sistem doğru çalışmış ve ülkemizde birkaç madende başarıyla kullanılmıştır.

Çolak, Aygürler, Çetin (2018) maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği önlemlerine göre alandaki tehlike ve riskleri inceleyerek gerekli önlemlerin belirlenmesini amaçlamışlardır. OHSAS 18001 standardına göre bilgilendirme yapılmıştır. Riskleri en aza indirebilmek can ve mal kayıplarını önleyebilmek için maden ocağının çalışanlar için ne kadar güvenilir olması gerektiğinin bilinmesi

gerektiğini vurgulamışlardır. Sonuç olarak kaza olmadan önce alınan tedbirler ile kazayı daha hafif atlatabilmenin mümkün olacağı kanısına varılmıştır.

Sumalatha, Rajasekhar ve Rao (2018) Hindistan'da sık meydana gelen maden kazaları sebebiyle kaza oranlarının ve can kayıplarının azaltılması için geliştirilen el hareketi tanıma sistemi hakkında bilgi verilmesini amaçlamışlardır. Oluşturulan sistem çalışanların el hareketlerini tanır ve buna karşılık gelen metni sesli ifadeye dönüştürür. Aynı zamanda her el hareketi madencinin konumunu da bildirmektedir. Sonuç olarak arama ve kurtarma çalışanları madencilere daha kolay ulaşabilmekle beraber kayıp oranlarını da azaltabileceği öngörülmektedir.

Wang vd. (2018) madenlerde arama-kurtarma çalışmalarında görev alan robotlar hakkında bilgi vermişlerdir. Robot uygulamaları boyunca nicel sonuçlar elde etmek için üç boyutlu analizden ve çift yedekli tasarımdan yararlanılmıştır. Buna ek olarak, robotların saha testlerinde karşılaştıkları sorunlara yanıt vermek için döngü simülasyon teknolojisinde yer alan küçültme ve donanım teknolojisi, sanal test teknolojisi kullanılmıştır. ABD'de kullanılan ilk kurtarma robotu Andros Wolverine 2006 yılında meydana gelen Sago madeni kazasında görev almıştır ancak ilk yardım ve kurtarmada 790 metre sonrasında başarısız olmuştur. Çin'de bulunan ilk kurtarma robotu olan CUMT-I kurtarma görevinde başarılı bir model olamamıştır. Sonuç olarak maden kurtarma robotları kurtarma görevinden ziyade madenlerdeki iç durumdan haberdar olma ve bilgi alışverişi için kullanılmıştır.

Aysan (2019) yaptıkları çalışma kapsamında, maden işletmelerinde özelleştirmelerin maden çalışanlarına olan etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada literatür taraması, alan araştırması yöntemi ve derinlemesine görüş tekniği uygulanmıştır. Anket sonuçları frekans analizi yapılarak hesaplanmış, çapraz tablolar oluşturulmuş ve belirlenen değişkenler ki kare testi ile incelenmiştir. Maden ocakları, neoliberal politikaların uygulanması ile özel işletmelere devredilmiştir. Özel işletmeler çalışanlara üretim baskısı uygulamış, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini yeteri kadar alınmamış maliyet düşürme yollarına girmişlerdir. Yapılan çalışmada soma maden ocağında işçilere anket çalışması yapılmış ve anket sonucunda işçilerin yeterli eğitim almadıkları, kişisel koruyucu ekipmanlarının eksik olduğu, ocak içerisinde iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınmadığı ortaya çıkarılmıştır.

Armis, Games ve Kanegae (2020) kapatılmış olan kömür madenlerinin müzeye dönüştürülmesi ve altı müzenin afet yönetimine hazırlık durumlarının incelenmesini amaçlamışlardır. Müzelerin tehditlere karşı savunmasızlığı, afet müdahale uygulamaları ve afet önleme ekipmanları analiz edilmiştir. Afet müdahale ve önleme araçları

hakkında veri toplarken anket ve gözlem kontrol listesi kullanılmıştır. Anketler aracılığıyla personelin afetlerde müdahale uygulamalarını ve afetlere ilişkin temel anlayışlarını ölçmek için on soru sorulmuş ve sonuçları yorumlamak adına tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Personelin afet risklerini azaltma derslerine veya eğitimine kaydolmadığını, afet tahliye tatbikatlarına katılmadığı kanısına varılmıştır. Deprem afetinin ve yanıcı gazlar sonucu patlamaların olma olasılığı müzelerde önemli derecede riskli olduğu sonucuna varılmıştır. Su baskınları ise orta derecede riskli olarak sınıflandırılmıştır.

Aydın ve Yıldırım (2020) çalışmaları kapsamında Soma maden kazası sonrasında yaşanan ailevi ve psikolojik sorunlara değinilmesi amaçlanmıştır. Araştırma yöntemi olarak fenomenolojik yaklaşım kullanılmıştır. Soma maden kazası sonrası yakınlarını kaybeden ailelere ve olaydan etkilenen kişilere psikososyal destek sağlanmıştır. Sonuç olarak çalışanların ve araştırmaya katılan kişilere yapılan psikososyal yardımların etkili olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

Çelik vd. (2020) çalışmaları kapsamında, teknolojik afetlerin incelenmesi amaçlanmıştır. EM-DAT veri tabanından alınan bilgilerle 2000-2020 yılları arasında teknolojik afetler araştırılmış ve basit frekans analizi kullanılmıştır. Teknolojik afetler kapsamında gerçekleşen endüstriyel kazaların %55,6'sı patlama %22,2'si yangınlar ve çökmeler oluşturmuştur. Soma maden faciası ve Kastamonu küre maden kazası endüstriyel kazalar olarak ele alınmıştır. Her iki kazanın ortak sebebinin insan unsuru oluşturmuştur. Çıkan verilerin sonucuna göre ise maden ocağı işletmeleri riskli iş grupları arasında yer alması sebebi ile işletmede; risk ve kriz planları, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması gerekliliği vurgulanmıştır.

Liu ve vd. (2020) Çin Halk Cumhuriyeti İstatistik Bürosunun verilerini baz alarak kazaların önlenmesi için kaza öncesi planlar hakkında bilgi verilmesini amaçlamışlardır. Çalışma konusunu maden ocaklarındaki kazaların sayısı oluşturmuştur. Erken uyarı sistemleri devreye sokularak kazaları en aza indirebilme yöntemleri arasına almayı, erken uyarı sistemlerinin uygulanabilirliğini arttırmayı ve erken uyarı kombinasyon modeli geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Doğrusal modeller ile geri yayılım (*Back Propagation*) sinir ağı modeli kombine edilerek bir model oluşturulmuştur. Bu modelde VAR modeli içinde bulunan tüm değişken faktörler ile geliştirilmiş ve bu sisteme uygun kendi kendine öğrenme becerisine sahip BP sinir ağı geliştirilmiştir. Modelin test edilmesi sonucunda tahmin yeteneğinin yüksek olduğu ve ilerideki maden kazalarının sayısını tahmin etmeye ve öncesinde erken uyarı anlamında

önlem almaya yardımcı olacağı belirtilmiş ve BP modeli, 0.95368 korelasyon katsayısına sahip tahmin sonuçlarını başarılı olduğu bilgisine yer verilmiştir.

Taşdemir (2020) Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) afet yönetimine katkılarından bahsedilmesi amaçlanmıştır. CBS, afet yönetiminin hem risk hem de kriz yönetimi evresinde kullanılabilecek bütünleşik bir sistemden oluşmaktadır. Afet yönetimi tüm kurumların iş birliği içerisinde olması gereken bütünleşik bir yapıyı kapsayan bir sistemdir. CBS ile tüm paydaşların bu verilere ulaşma imkanının olması başarılı bir afet yönetimi anlayışının gelişmesinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Qiua vd. (2021) yaptıkları çalışma kapsamında, maden kazalarında metin madenciliği hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ki-kare istatistiksel yöntemi, risk yönetimi modeli ve nedensellik ağı kullanılmıştır ve maden ocaklarında kazaya sebebiyet verecek etkenlerin incelenmesinin önem taşıdığı vurgulanmıştır. Bu incelemeler sırasında metin madenciliği teknolojisi kullanılarak kazaya neden olan faktörler sınıflandırılmış ve buna uygun risk yönetimi modeli hazırlanmıştır. Sonuç olarak 307 kömür madeni kazası incelenmiş ve 52 kaza nedeni tespit edilmiştir bu kaza nedenleri ise beş seviyeye ayrılarak incelenmiştir bunlar; otorite, maden işletmesi, yönetim, personel, teçhizat ve çevre olarak belirtilmiştir.

3.2. Dünya'da ve Türkiye'de Maden Kazalarına Yönelik Literatür Taraması

Azad vd. (2015) yaptıkları çalışma kapsamında, Pakistan'ın eyaletlerinden biri olan Belucistan'ın maden ocaklarında meydana gelen kazaların ve ölümlerin nedenlerini belirlemek ve bu oranları azaltmak afet azaltma planı önerisinde bulunulmasını amaçlamışlardır. Metodoloji kapsamında anket verilerinden bilgi sağlanmıştır. Ölümlerin sebebi; Çalışanların yetersiz eğitim alması, ilkel yöntemlerin kullanılması, zehirli ve boğucu gazlara maruz kalma gibi sebepler olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak risk yönetiminin maden ocaklarına dahil edilmesi gerektiği ve çalışanların bilinçlendirilmesi gerektiği önerilerinde bulunulmuştur.

Yaşar vd. (2015) yaptıkları çalışma kapsamında, dünyadaki maden kazalarına ve bu kazalar sonucunda yaşamını yitiren kişi sayılarına değinilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada literatür taraması yapılmıştır. Avrupa tarihinin en büyük maden faciası Fransa Courrières yeraltı kömür ocağında 1060 kişi, ABD tarihinin en büyük maden kazası Batı Virginia'da Monongah faciasında 500 kişi yaşamını yitirmiştir. Dünya tarihinin en büyük faciası ise Çin Halk Cumhuriyeti'nde bulunmaktadır. Kömür tozu patlaması sonucunda 1549 kişi yaşamını yitirmiştir. Sonuç olarak çalışmada dünyada meydana gelen kazalardan bahsedilmiştir.

Yaşar vd. (2015) yaptıkları çalışma kapsamında, Türkiye’de meydana gelen maden kazalarının istatistiki oranları hakkında bilgi verilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada istatistiki verilerden yararlanılmıştır. 2007-2012 yılları verilerine göre ülkemizde Madencilik iş kazaları arasındaki oranı %13,5 olarak verilmiştir. Bu kazaların yaklaşık %80’i kömür işletmelerinde gerçekleşmiştir. Madencilik sektörü 2007-2012 yıllarında ölümlü iş kazalarının %7 sini oluşturmuştur. Sonuç olarak ülkemizde ölümlü kazalar fazla iken yaralanmalı kazaların daha az olduğu tespit edilmiş ve bu durumun kuşku uyandırdığı belirtilmiştir.

Derin vd. (2017) çalışmaları kapsamında, Dünyadaki ve Türkiye’deki maden kazalarına değinilmesini amaçlanmıştır. Çalışmada literatür taraması yapılmıştır. Türkiye’deki 2007-2012 yılları arasındaki ölümlü kazalar incelendiğinde dünyanın en büyük kömür madeni işletmelerine sahip olan Hindistan ve ABD’den yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Soma faciasında 301 kişi. Karaman faciasında ise 18 maden çalışanı, Kozlu madeninde 263 maden çalışanı yaşamını yitirmiştir. Maden kazaları tehlikeli iş kolları arasında olup gelişmekte olan ülkelerde daha sık meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Çini ve Helvacı (2019) yaptıkları çalışma kapsamında soma maden kazasının nedenlerine değinilmesi amaçlanmıştır. Soma maden faciası kömürün kendiliğinde yanması ile oluşmuş ve yangın büyümeye başlamıştır. Yangının büyümesiyle elektrik kesintisi yaşanmış ve havalandırma sistemleri devre dışı kaldığı için çalışanlar karbon monoksit zehirlenmesi yaşamışlardır. Yapılan araştırma sonucuna ve bilirkişi raporlarına göre maden ocağında gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınmadığı tespit edilmiştir.

Karaahmetoğlu (2019) çalışması kapsamında, Zonguldak ilinde meydana gelen kaza nedenlerine ve çalışanların sorunlarına değinilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada memnuniyet ve bilinç anketi uygulanmış ve mülakat görüşmeleri yapılmıştır. Zonguldak madenlerinde grizu patlamaları, kömür tozu patlamaları, makine ve teçhizat kullanımı ile ilgili yanlışlıklar, elektrik kaynaklı kazaların meydana geldiği bilgisine ulaşılmıştır. Maden ocaklarında çalışan kişilerin sorunlarına yönelen çalışmada işçilerin maden ocaklarında çalışmaktan memnun olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Shi ve Chen (2019) yaptıkları çalışma kapsamında, Çin’deki maden kazaları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada analiz metodu uygulanmıştır. Çin’deki kömür madenlerinin doğal koşulları genel olarak kötü, üretim ortamları spesifik, jeolojik koşulları ise karmaşıktır. Bu faktörlerin etkisiyle çok fazla kaza meydana gelmektedir. 2018 yılı istatistiklerine bakıldığında toplamda 198 kaza

meydana geldiği tespit edilmiş ve 303 kişi yaşamını yitirmiştir. Sonuç olarak maden kazalarının büyük bir nedenini insan faktörlerinden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle her seviyede yönetici ve üretim personelinin güvenlik bilincinin geliştirilmesi gerektiğine değinilmiştir.

Kocasoy (2020) çalışmasında, soma maden ocağındaki ihmaller hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Araştırma grubu raporuna göre; Ocaktaki tahkimatların ahşap olması yangının büyümesine yol açmıştır, galerilerde ikinci bir tahliye yolunun oluşturulmaması ve ocak içerisinde havalandırmanın yetersiz kalması, hava ve gaz ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılmaması, iş yerinin maden ocağındaki çalışanlara yeterli eğitimi vermediği ve tatbikatların yapılmadığı bilgisine ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda, iş sağlığı ve güvenliğine uygun tedbirlerin alınması, teknolojiye ayak uydurulması, denetimlerin sıklaşması ile maden kazalarının azalacağı öngörüsünde bulunulmuştur.

Fa vd. (2021) yaptıkları çalışmada, Çin'deki kömür madenlerinde oluşan kaza ve sebeplerinden bahsedilmiş teoriye dayalı analizlerinin doğrulanması amaçlanmıştır. Çalışmada metin madenciliği ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılmıştır. Maden kazalarını tetikleyen birçok unsur olmakla beraber yapılan araştırmalara göre %96,59'luk kısmını maden ocaklarında görev alan kişilerin güvenli olmayan davranışları oluşturmaktadır. Sonuç olarak bu davranışların sebebini ise yöneticilerin güvensiz davranışlara teşvik etmesi oluşturmaktadır. 2011-2020 yılları arasında oluşan kazalarda; mekanik kazalar, göçükler, nakliye, gaz, su baskını, yangın, patlama ve diğer kaza sebepleri ile birlikte toplam 883 kaza meydana geldiği tespit edilmiştir.

3.3. Hata Türleri ve Etkileri Analiz Tekniği ile Yapılan Çalışmalar

Ersoy, Eleren ve Şimşek (2009) iş sağlığı ve güvenliği önlemleri kapsamında mermer ocakları hakkında bilgi verilmesini amaçlamışlardır. Mermer işletmelerinde hata türü ve etkileri analizi (HTEA) yöntemi kullanılmıştır. Bu analizler neticesinde işletmede bulunan riskler, olma olasılığı, şiddeti ve riski öncelik göstergeleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak bu hesaplamalara göre riskler önem derecesine göre sıralanmıştır. Yüksek düzeyde risk içeren konular “Elmas Tel Kesme, Bloğun Çıkartılması, Kollu Kesiciyle Kesme-Sökülme-Taşınma” işlemleri olarak belirlenmiştir ve bunlara yönelik risk planlamaları yapılmıştır. Sonuç olarak iyileştirme işlemi gerçekleştirildikten sonra işletmede risk analizi tekrarlanmış ve tabloda yüksek çıkan değerlerin düştüğü gözlemlenmiştir.

Kahraman (2009) otomobil fabrikasındaki risklerin ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile ortaya çıkarılmasını amaçlanmıştır. Lojistik, şasi, vites kutusu ve boyahane departmanı, iş makineleri ile çalışma ve ambalaj ayrıştırma atölyesi olmak üzere her departmana ayrı analizler yapılmış ve risk öncelik değerleri ortaya çıkarılmıştır. Toplamda 197 adet risk tespit edilmiştir ve bunlardan 166 tanesine iyileştirme planı geliştirilmiştir. Bu plan doğrultusunda 112,07 olan Risk Öncelik Sayısı (*RÖS*) ortalaması 51,72'ye düşürülmüştür. Yapılan çalışma neticesinde işletmenin riskleri belirlenmiş olup risklere uygun öneriler geliştirilmiş ve çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilmiştir.

Narayana vd. (2013) açık ocak madenlerinde damperli kamyonlara yönelik ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile risklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Olasılık, fark edilebilirlik ve şiddet çarpımlarının oluşturduğu *RÖS*'e göre en riskli kriteri radyatör kaçakları ve motor arızaları oluşturmuştur. Diğer kriterleri ise Süspansiyon, fren arızaları ve dişliler oluşturmuştur.

Cheng ve Wei (2014) yaptıkları çalışma kapsamında Çin'in Shanxi eyaletinde Tunlan kömür işletmesinde havalandırma sistemleri üzerine ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile risklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tunlan kömür işletmesinde meydana gelen gaz patlaması neticesinde 78 madenci hayatını kaybetmiş 114 madenci yaralanmıştır. Bunun üzerine havalandırma sistemleri ile ilgili risk analiz çalışması yapılmıştır. Analiz neticesinde kazanın tek taraflı olmadığı olaylar zinciri şeklinde gerçekleştiği ve güvenlik sistemlerinin iyileştirilmesi gerekliliği ortaya çıkarılmıştır.

Shariati (2014) çalışması kapsamında ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile Ayerma Fosfat Madeninde bulunan risk analizlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Maden ocağındaki tehlikeler 3 başlık altında kategorize edilmiştir. Bunlar; sağlık, güvenlik ve çevresel unsurlardır. Bulanık sistem teorisiyle uzmanlara anket uygulanmıştır ve anketlere uygun olarak MATLAB programında 205 bulanık kural oluşturulmuştur. Sonrasında her tehlike uzman görüşüne göre 3 risk faktörüne göre şekillendirilmiştir. Çalışma sonucuna göre en riskli faktör çatı çökmesi olarak tespit edilmiştir. Sonraki sıralamada ise su kirliliği, toz, kaza, kaya patlaması, gaz, hava kirliliği, gürültü ve çökme olarak belirlenmiştir.

Özfırat (2014) iş niteliği olarak yüksek riskli iş grupları arasında yer alan madencilik sektörüne ait risk analiz çalışması yapmıştır. Çalışmada Bulanık Önceliklendirme Metodu ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemini birleştirerek literatürde olmayan bir risk analizi metodu geliştirmiştir. Çalışma neticesinde maden ocaklarında 10 adet risk unsuru belirlenmiş ve karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

Sonuç olarak Risk öncelik sayısına göre 100'ün üzerinde olan riskler; gaz patlaması, toz patlaması, göçük, yangın ve zehirlenme- boğulma olarak tespit edilmiştir. 5 risk unsuru için proaktif ve reaktif önlemler belirlenmiştir. Alınan önlemlere göre ise risk seviyeleri düşürülmüştür.

Bao, Johansson ve Zhang (2016) madencilik mesleğinde bulunan toz, gürültü ve gazın insan sağlığı üzerinde oluşturduğu risk faktörlerinin analizini ve değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile entegre edilmiş analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılmıştır. Örnek olarak Hubei Eyaletinin güneybatısındaki maden işletmesi alınmıştır. AHS yöntemini kullanabilmek için 2 denetçi ve maden çalışanları dahil 30 kişiye değerlendirme yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde OHSAS 18001'in iş sağlığı değerlendirme sonucunda maden işletmesi genel dereceye ait olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak 5 kişinin obstrüktif pulmoner ventilasyondan etkilendiği, 6 kişinin işitme problemi yaşadığı, 4 kişinin anormal kan göstergeleri olduğu ortaya çıkmış ve yapılan değerlendirmeler sonucunda AHS ve FMEA sonuçları ile tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Sönmez ve Ünğan (2017) otomotiv işletmesinde ve Hata türü ve etkileri analiz yönteminin uygulanmasını amaçlamışlardır. Hatanın olasılığı, şiddeti ve fark edilebilirliği saptandıktan sonra RÖS belirlenmiştir. Parametreleri kalite kontrol, sevkiyat, stok ve ambalajlama oluşturmuştur. Fiziksel ve mekanik hatalar RÖS değerinde 72 olarak hesaplanmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda %52,6 oranında işletmede iyileştirmelerin olduğu tespit edilmiştir. İyileştirmeler sürekli hale getirilirse RÖS değerlerinin de azalacağı öngörüsünde bulunulmuştur.

Bakhtavar ve Yousefi (2018) Sungun bakır madenindeki veriler kullanılarak açık ocak madenciliğinde ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile risk belirleme çalışması yapmışlardır. Risk öncelik sayısını; yaralanma, yoğunluk derecesi ve sakatlık faktörleri oluşturmuştur. HTEA çıktısına göre bulanık veri zarflama analizi kullanılmıştır. Arıza modu en önemli kritik öncelik, hata modu ise ikinci kritik önceliği almıştır. Sonuç olarak Maden çıkarımı sonucunda yapılan patlatma işlemlerinin olumsuz etkilerinin azaltılması adına önerilerde bulunulmuştur.

Eyüpoğlu (2018) çalışmaları kapsamında, maden ocaklarında risk analiz yöntemlerini kullanarak çoklu risk analiz çalışması ile iş sağlığı ve güvenliği alanında maden ocaklarına yönelik yazılım geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada balık kılçığı, olay ağacı diyagramı, matris ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemleri kullanılmıştır. Her yöntem birbiri ile bağlantılı olarak çalışılmış risk skorları oluşturulmuştur. Oluşturulma aşamasında maden mühendislerinden ve 37 iş güvenliği uzmanından

yararlanılmış ve anketler uygulanmıştır. Bu skorlar 1-10 aralığında değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler neticesinde yazılım java dili ile oluşturulmuştur. Yazılımda, kontrol listeleri oluşturulmuş burada makine ve malzeme, personel bilgileri, çalışma ortamı ve yönetim yer almıştır. Her bölüme ait kontrol listeleri doldurularak risk analizlerinin belirlenmesi ve önlem alınması gereken düzeyler belirlenmiştir. Sonuç olarak yapılan analizler açık ve kapalı maden ocaklarında test edilmiş ve başarılı sonuçlanmıştır.

Can (2020) maden ocaklarında üretim ve yeraltı ölçümlerindeki risklerin değerlendirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada öncelik düzeylerinin belirlenebilmesi için Pareto analizi kullanılmıştır. Yapılan analize göre 17 adet risk unsuru oluşturulmuştur. Sonrasında HTEA tablosu ile değerlendirilmiştir. Analizlere göre 17 riskten 12'si ilk yapılan pareto analizindeki değere göre (%80 eşik değeri) önlem alınması gereken yüksek riskli faktörleri oluşturmuştur. Yapılan ikinci pareto analizinde 9 riskin yine yüksek olduğu tespit edilmiştir. HTEA ile yapılan analizler sonucunda maden ocaklarında mühendislik ölçümlerinin daha dikkatli yapılması gerektiği savunulmuştur.

Koçak (2019) Kozlu Taşkömürü İşletmesi için risk değerlendirmesinde bulunmayı ve yapılan çalışma doğrultusunda madencilik sektöründeki kaza ve kaza nedenlerine yer verilmesini amaçlanmışlardır. Çalışmada papyon analizi, L tipi 5x5 matris ve Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ve iş güvenliği analiz yöntemleri ele alınmıştır. Seçenekler arasından seçim yapılabilmesi için Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution bulanık (TOPSIS) yöntemi tercih edilmiştir. Seçenekler belirlendikten sonra en etkili yöntemin papyon analizi olacağı tespit edilmiştir. Tepe olayları patlama ve yangınları oluşturmuştur. Yapılan risk analizleri sonucunda risk ölçütü kabul edilemez olarak tespit edilmiştir.

Sırakaya ve Kasap (2019) Denizli ilinde bulunan açık işletme madenciliği olarak işletilen mermer ocağında risk analiz çalışmalarının yapılması amaçlanmıştır. Risk değerlendirilmesinde ilk olarak L tipi matris yöntemi kullanılmış ve ocakta 8 ay içerisinde meydana gelen 19 iş kazası incelenmiştir. Sonrasında Hata türü ve etkileri analiz yöntemi ile ele alınan risklere karşı geliştirilen önlemler neticesinde sonraki 8 ayda 3 iş kazası meydana gelmiştir. Sonuç olarak tehlikelerin ve risklerin belirlenmesiyle beraber alınan önlemler mermer işletmesinde başarılı olmuş ve kaza oranları azaltmıştır.

Özfırat, Yetkin ve Özfırat (2019) metal madenlerinde lojistik operasyonları için Hata türü ve etkileri analiz yöntemi kullanılarak risk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Kamyonlara yüklenen cevherlerin operasyon kısmı risk unsurları

içermesinden dolayı çalışma bu konuda şekillenmiştir. Nakliye operasyonları için 12 adet risk tespit edilmiştir. En önemli riskin kör nokta olduğu tespit edilmiştir. İkinci en yüksek riski bakım eksikliği olarak tespit edilmiştir. Galerilerdeki eğim, yetersiz genişlik ve tozlarda diğer öncelikli riskleri oluşturmaktadır. Sonuç olarak tespit edilen risklere karşı çözüm önerileri geliştirilmiştir ve geliştirilen önerilerin döngü halinde süreklilik halinde olması gerektiği vurgulanmıştır.

Gün (2020) madencilik sektörüne uygun risk analizlerinin yapılması ve değerlendirilerek önleyici planların alınması gerekliliğinden bahsetmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Fine- Kinney Metodu kullanılmıştır. Bununla beraber maden ocaklarında kullanılabilecek ve kullanılamayacak risk yöntemlerinden bahsetmeyi amaçlamıştır. Ön tehlike analizi, iş güvenlik analizi, olursa ne olur analizi, Tehlike ve işletilebilme çalışma metodolojisi, Olası hata türleri ve etki analizi, Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi ve L Tipi Matris Yöntemi maden ocaklarında tek başına kullanılması uygun olmayan metotlar olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber X Tipi Matris Yöntemi, Neden-Sonuç Analizi, Olay Ağacı Analizi, Hata Ağacı Analizi ve Fine- Kinney Metodu'nun madencilik sektöründe uygulanabilecek yöntemler oldukları belirtilmiştir. Fine- Kinney metodu çalışmada açık maden işletmesinde uygulanmış ve 90 adet risk tespit edilmiştir. Tespit edilen riskler için önleyici planlar oluşturulması mümkün hale gelmiştir. Sonuç olarak çalışmada maden ocaklarında kullanılabilecek birden fazla risk analizlerinin olduğu bilgisine yer verilmiştir.

Vaněk, Valverde ve Černý (2020) çalışmaları kapsamında, madenlerdeki ulaşım operasyonlarının risk analizlerinin yapılmasını ve alternatiflerin risk derecelerini kıyaslanması amaçlanmıştır. Risk analizinde Çek Cumhuriyeti'ndeki maden ocaklarında taşıma operasyonları baz alınmıştır. Çalışmada neden-sonuç analizi ve hata türü ve etkileri analiz yöntemi uygulanmıştır. Neden sonuç analizinde sürekli taşıma ve süreksiz taşıma ile ilgili anket uygulanmış her iki ankette de yedi adet ana risk faktörü oluşturulmuştur. Anket sonuçları uzmanlar tarafından Ishikawa diyagramı kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen risk unsurları HTEA analizi ile değerlendirilmiştir. Süreksiz taşımanın sürekli taşımadan daha fazla risk barındırdığı analizler neticesinde tespit edilmiştir.

Madencilik sektöründe birçok risk unsuru olması sebebi ile bu risklerin yönetilmesi önem arz etmektedir. İşletmenin devamlılığını sağlayabilme, maddi ve manevi kayıpların önüne geçebilmesi amacı ile hazırlanan planlar işletmeye kar amacı sağlamakla beraber kayıplarını da azaltacaktır. Literatür araştırmasına göre HTEA yönteminin madencilik sektörüne uygulandığı çalışmalar göze çarpmaktadır. Mevcut

Çalışma HTEA yöntemini odağına alarak madencilik sektöründe riskleri belirlemekle kalmayıp söz konusu risklerin nasıl ortadan kaldırılabileceğine dair çözüm nerileri geliştirerek literatüre önemli bir katkı sunmuştur. Ayrıca söz konusu bakış açısının değerlendirilmesinde madencilik sektöründe HTEA-AHP-TOPSIS bütünleşik yönteminin ilk kez kullanıldığı çalışma olması ile dikkat çekmektedir.



4. YÖNTEM

Bu bölümde yapılan çalışmanın amacı ve öneminin açıklanmasının ardından faydalanılan yöntemlerin işleyiş adımları sırasıyla sunulmuştur.

4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Madencilik sektöründe birçok risk unsuru olması sebebi ile bu risklerin yönetilmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda mevcut çalışmanın kapsamını; risk ve risk yönetimi, madencilik sektörü, madencilik sektöründe kazalara neden olan risk faktörleri ve hata türleri ve etkileri analizi gibi başlıklar oluşturmaktadır. Çalışmada maden ocaklarındaki risk unsurları belirlenerek bu risk faktörlerine uygun çözüm önerileri getirilecektir.

Risk değerlendirmesi, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yerine getirilmesi adımıyla en önemli parametrelerden birini oluşturmaktadır. Her işletmede işletmeye uygun risk yönetimlerinin geliştirilmesi ile işletmenin devamlılığı ve çalışanların güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmada madencilik sektöründe risk analizi hata türleri ve etkileri analizi (HTEA) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Hata türü ve etkileri analiz yöntemi, risk faktörlerinin belirlenmesinde ve hataların önlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Amacı risklerin önüne geçilerek işletmenin üretimini, devamlılığını ve karlılığını korumaktır. Olasılık, fark edilebilirlik ve şiddet çarpımlarının oluşturduğu risk öncelik sayısına (RÖS) göre 1-1000 arasında en riskli kriterler belirlenerek en yüksek riskten en düşük olan riske göre önleyici ve iyileştirici tedbirler alınmaktadır. Önlemler alındıktan sonra RÖS değerlerini düşürme ve iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Çalışmanın amacı; hata türleri ve etkileri analizi (HTEA) yöntemi ile madencilik sektöründeki kazalara neden olan risk faktörlerinin belirlenerek AHP yöntemi ile bu risklerin ağırlıklandırılması, TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin yani sorunlara ilişkin çözüm önerilerinin sıralanması amaçlanmıştır. Mevcut çalışmanın sonuçları uygulayıcılar ve politika yapıcılar için bir rehber niteliği taşıyabilecektir.

4.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) – Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Hata türü ve etkileri analizi (HTEA) 1949 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından MIL-P-1629 Askeri prosedürü kapsamında geliştirilmiş sistem hatalarını

belirleme ve bu hatalara çözüm önerisi geliştirme amacı ile oluşturulmuş analiz yöntemidir (Sharma ve Srivastava, 2018).

HTEA yöntemi, ortamdaki riskleri ve hataları tahmin ederek risklerin gerçekleştirilmesi durumunda yaratacağı etkileri tahmin ederek riskleri ve hataları en az seviyeye indirmeye yarayan bir tekniktir (Kahraman, 2009). Tespit edilen tüm hatalar ve riskler için şiddet, olasılık ve fark edilebilirlik tahminleri yapılarak risk öncelik sayıları belirlenmektedir (Yılmaz, 2000). Risk öncelik sayısı; olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik değerlerinin çarpımı ile bulunmaktadır. (Wu ve J.Wu, 2021). Sistemdeki riskler risk öncelik sayısına göre sınıflandırılmaktadır (Bilgin, 2006).

4.2.1. HTEA'nın Amaçları

HTEA, içinde bulunduğu sistemi, süreci ve hizmetin kontrol edilmesini ve aksaklıkların giderilmesi sağlamaktadır. HTEA yönteminin amaçları şunlardır:

Sistemde oluşabilecek tüm sorunların oluşma olasılıklarını tahmin ve tespit etmek (Tazi vd., 2017).

Sistemdeki tehlike ve riskler belirlenerek öncelik sıralamasına gidilmek ve sorunlara dayalı çözüm önerileri geliştirmek (Carlson, 2014).

Ortamdaki sorunların nedenlerinin ve sonuçlarının analizini gerçekleştirerek olumsuz etkilerin en aza indirgenmesini sağlamak (Girmanova vd., 2017).

4.2.2. HTEA'nın Faydaları

HTEA metodu, ortamda bulunan hataların tespit edilmesinde kullanılan metotlardan biri olmakla beraber sisteme sunmuş olduğu önerilerle birçok faydayı da beraberinde getirmektedir. HTEA yönteminin faydaları şunlardır:

Sorunların tespit edilmesiyle beraber sorunun müşterilere gitmeden önce tanımlanmasını sağlar (Yusuf ve Abdullah, 2016).

Sistemdeki güvenliği ve güvenilirliği artırır (Azis vd., 2019)

Ortamdaki tehlikelerin tespit edilmesinde rol aldığı için çevrede oluşabilecek olumsuz etkilerin sebep olabileceği tehlikeleri ve yaralanmaların azaltılmasında yardımcı olur.

Sorunların erken tespit edilmesiyle beraber işletmede oluşabilecek maddi ve manevi kayıpların önüne geçilmesinde yardımcı olur (Triana ve Pangabeau, 2021).

Sistemin sürekli takip edilmesini sağlar (Kadena vd., 2022).

Doğru yapılmış olan HTEA yöntemi başarılı bir risk yönetimi oluşumunu sağlayarak İşletmedeki verimliliğin artmasını sağlar (Maurer ve Kesper, 2011).

4.2.3. HTEA Çeşitleri

HTEA'nın sıklıkla kullanılan çeşitleri:

Servis HTEA

Sistem HTEA

Tasarım HTEA

Proses HTEA

4.2.3.1. Servis HTEA

Servis HTEA, sistemdeki aksaklıkların tahmin edilerek analiz edilmesinde yardımcı olmaktadır. Analizler neticesinde risk öncelik sayıları belirlenerek tehlikelerin azaltılmasında yardımcı olmaktadır (Çevik ve Aran, 2009). Organizasyonda oluşan yetersizlikler belirlenerek iyileştirme çalışmaları yapılır önceliklerin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır (Sağbaş ve Kahraman, 2020).

4.2.3.2. Sistem HTEA

Tasarım sürecindeki sistemlerin analiz edilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Sistem eksikliklerinin sebep olduğu sistemler arasındaki hatalara odaklanmaktadır. Etkileşimini sistem ve sistemler arasındaki öğeler içerir (Kutlu ve Ekmekçioğlu, 2012). Amacı potansiyel arızaların tespit edilmesi ile sistemdeki güvenilirliği ve kaliteyi artırmaktır (Soykan vd., 2014).

4.2.3.3. Tasarım HTEA

Tasarım HTEA, üretime başlanmadan önce sistemdeki tasarım hatalarını ve eksiklikleri analizinin gerçekleştirilmesinde kullanılan bir tekniktir (Ateş vd., 2006). Tasarım aşamasında hataların erken tanımlanması müşterilere hatalı ürünün ulaşma riskini ortadan kaldırmaktadır. Bu teknikle de müşteri memnuniyetinin artırılması gelecekteki tasarımlarında desteklenmesini sağlamaktadır (Sharma ve Srivastava, 2018).

4.2.3.4. Proses HTEA

Üretim veya montaj sırasında sistemde hataların oluşması ve oluşan hatanın süreçlerini inceleyen ve analiz eden teknik süreci içermektedir. Hata oluşturabilecek etkenler belirlenerek kontrol altına alınmasını ve önlenmesini sağlamaktadır (Selimoğlu, Yeşilçelebi, Altunel, 2021). Proses HTEA, ürünlerin müşteriye kusursuz şekilde iletilmesini amaçlayan ve bu süreçte kullanılan insan, makine ve aletlerin güçsüz

yanlarını belirleyerek ürünün ve montajın kusursuz olmasını sağlar (Eren ve Pamuk, 2020).

4.2.4. HTEA'nın Öğeleri (RÖS)

Ortamda yapılacak olan risk değerlendirmeleri HTEA yardımı ile yapılarak zarar gelmesi muhtemel durumlar azaltılmaya çalışılmaktadır (Çeber, 2010). Risk değerlendirmeleri yapılırken bazı faktörler ele alınmaktadır. Bu faktörler:

Ortaya çıkma (O),

Ağırlık (Ş),

Saptama (S)

Olmak üzere 3 ana unsurdan oluşmaktadır (Franceschini ve Galetto, 2001).

Sistemdeki hatalar incelenirken bu üç unsur kullanılmaktadır. Sistemdeki hatanın ortaya çıkarılması, hatanın şiddeti ve farkedilebilirliğidir. Bu üç faktör doğrultusunda sistemdeki Risk Öncelik Sayısı hesaplanmaktadır (Baysal vd., 2002).

Risk öncelik sayısının hesaplanması; ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerlerinin çarpımının alınması ile oluşmaktadır. Risk öncelik sayısı 1-1000 aralığında hesaplanabilmektedir (Dudek ve Burlikowska, 2011).

Risk Öncelik Sayısı (RÖS)= Ortaya çıkma (O) x Ağırlık (Ş) x Saptama (S)

RÖS değerleri, sistemdeki hataların öncelik sırasına göre belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Öncelik sıralamasının belirlenmesi ile hatalardaki iyileştirme çalışmalarının da sıralaması belirlenerek hataları önleyici tedbirler alınır (Soykan vd., 2014). RÖS değeri 100'ün üzerinde ise hatalara yönelik önleyici ve düzeltici eylemler başlatılması uygun görülür (Sabır ve Bebekli, 2015).

HTEA yöntemi aşağıda belirtilen adımlardan oluşan bir süreçtir.

1. Adım: Ortaya Çıkma Puanlarının Belirlenmesi

Sistemdeki hataların bulunabilmesi için öncelikle bu hataların ortaya çıkma olasılıklarının belirlenmesi gerekmektedir (Popović vd., 2010).

Tablo 6. HTEA uygulanırken sistemdeki hataların ortaya çıkma olasılığı

Hata Olasılığı	Hata İhtimali	Derece
Çok Yüksek / Kaçınılmaz Hata	1/2 'den fazla	10
	1/3	9
Yüksek / Tekrar	1/8	8
Tekrar Hata	1/20	7
	1/80	6
Orta / Ara Sıra	1/400	5
Olan Hata	0	4

Tablo 6. (Devamı)

Hata Olasılığı	Hata İhtimali	Derece
Düşük / Nispeten	1/15.000	3
Az Olan Hata	1/150.000	2
Pek Az / Olası Olamayan Hata	1/1.500.000'den düşük	1

2. Adım: Ağırlık Puanlarının Belirlenmesi

Sistemdeki hataların kişileri etkileme derecesine göre 1-10 aralığında puan verilmektedir. Burada hata oranları arttıkça etkilenen kişi sayısı da artmaktadır. Ortamda bulunan hatalar ile şiddetin etkileri arasında doğru orantı vardır. Bu nedenle tespit edilen hataların puanları belirlenmelidir.

Tablo 7. Şiddet puanları tablosu

Etki-Tehlike	Şiddetin Etkisi	Derece
Uyarısız Gelen	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	8
Yüksek	Ekipmanın tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye sahip hata	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. etkiye sahip hata	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş görememezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemin çalışmasını yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata	2
Yok	Etki yok	1

3. Adım: Saptanabilirlik Puanlarının Belirlenmesi

Sistemdeki hatanın farkedilebilirliğidir. Sistemdeki hataların kontrol edilerek bu sorunların tespit edilmesi ve kontrollerinin sağlanması yeteneğidir.

Tablo 8. Saptanabilirlik puanları 1-10 aralığında derecelendirilmesi

Saptanamaz	Potansiyel hatanın saptanabilirliği mümkün değil	10
Çok Az	Potansiyel hatanın saptanabilirliği çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın saptanabilirliği uzak	8
Çok düşük	Potansiyel hatanın saptanabilirliği çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın saptanabilirliği düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın saptanabilirliği orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel hatanın saptanabilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın saptanabilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel hatanın saptanabilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Potansiyel hatanın saptanabilirliği hemen hemen kesin	1

4.3. AHP (Analytic Hierarchy Process)

AHP çok kriterli karar verme teknikleri arasında yer alan metotlardan biri olup 1970’li yıllarda Saaty tarafından geliştirilmiştir (Palabıyık, 2022). Çok kriterli karar verme teknikleri birden fazla etkeni dikkate alır. AHP karar verme sürecinde nitel ve nicel değişkenleri bir araya getirerek karar verme sürecinde etkili bir tekniktir. Karar verme ve kriterlerine göre önem derecesini belirleyerek karar vermede yardımcı olur (Javad ve Mahmoudi, 2013).

AHP karar vericiler üzerinde sıklıkla kullanılan tekniklerden biridir. AHP algı ve fikirleri hiyerarşik olarak yapılandırarak benzer şeyleri belirli kriterlere veya ortak özelliklerine göre karşılaştırma yaparak bir şeyin diğerine göre önem derecesini belirler (Xu, 2014). Bu sebeple AHP performans değerlendirme aracı şeklinde kullanılmaktadır (Turgut, Danışan, Eren, 2020).

AHP birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır bunun sebeplerine bakıldığında (Urfalıoğlu ve Tüter, 2015) çalışmasında şu şekilde sıralamaktadır:

1. Kullanılması için teknik bilginin gereği yoktur.
2. Öznel değerlendirmeyi dikkate almaktadır.
3. Kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmasını sağlamaktadır.
4. Hem öznel hem de nicel verilere uygulanması mümkündür.

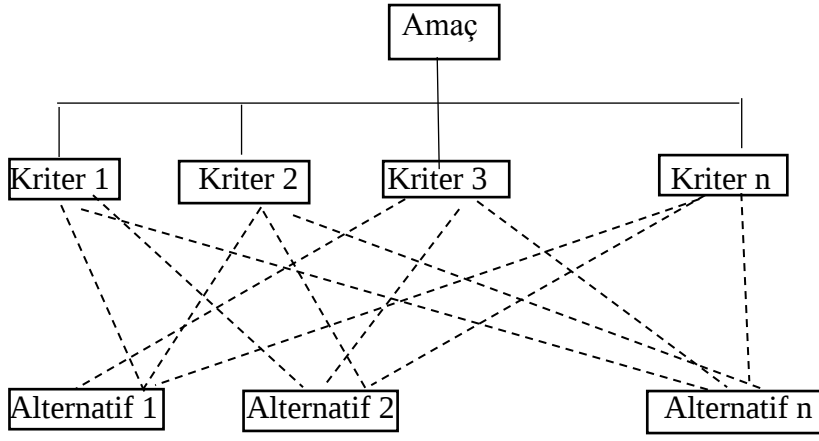
AHP’de ilk olarak hedef tespit edilmelidir. Sonrasında kriterler ve alt kriterler belirlenir ve en alt seviyede alternatiflere yer verilir. Bir sonraki aşamada eldeki kriterlerin belirlenebilmesi için uzman görüşlerine veya anket uygulamalarına yer verilmektedir (Zahir, 1991). Sonraki aşamada ikili karşılaştırma yapılarak karar vericilerin tutarlı olup olmadığına bakılarak kriterlerin ağırlık hesaplamaları yapılır (Dağdeviren vd., 2004).

AHP yöntemi aşağıda belirtilen altı adımdan oluşan bir süreci içermektedir (Zahir, 1991; Kodali, 2006; Guo vd., 2020; Palabıyık, 2022; Musingwini ve Minnit, 2008; Javad ve Mohammad, 2013; Zhu vd., 2022; Shin vd., 2016; Trudel ve Zaras, 2012; Aoki vd., 2016; Şekerci ve Yazıcıoğlu, 2019; Tayyar ve Şimşek, 2011; Alkış ve Aksoy, 2021).

Adım 1: Problemlerin Tanımlanması ve Hedeflerin Belirlenmesi: Problemlerin doğru bir şekilde belirlenmesi diğer adımları daha doğru kılacaktır. Bu sebeple karar vericiler tutarlı ve açık olan problemleri belirlemelidir. Problemlerin belirlenmesinden sonra kriterler belirlenerek ana kriter ve alt kriter olarak ölçütlendirilmelidir.

Adım 2: Hiyerarşik Yapıyı En Üst Seviyeden En Alt Seviyeye Doğru Oluşturulması: Hiyerarşik yapı oluşturulduğunda ilk ve en üstteki adım amaç ikinci adımda kriterler ve alt kriterler son adımda ise alternatiflere yer verilerek hiyerarşik yapı oluşturulur.

AHP’nin hiyerarşik yapısı aşağıdaki gibidir (Secundo ve Magarielli, 2017):



Şekil 6. AHP hiyerarşik yapısı

Adım 3: Karşılaştırma Matrisinin Tespit Edilmesi: Kriterler birbirleri karşılaştırılarak puanlanır. Karşılaştırma matrislerinin kullanımı için önem derecesi ölçeğinin belirlenmesi gerekir. Karşılaştırma matrisi kullanılırken değerler 1-9 arasında gerçekleştirilmektedir. X kriterinin Y kriterine göre önem derecesi a ise Y kriterinin X kriterine göre önem derecesi $1/a$ olarak kabul edilmektedir.

Eğer a adet eleman mevcut ise $a(a-1)/2$ adet karşılaştırma yapılmaktadır. Bir kriterin karşılaştırma matrisinde kendisiyle karşılık gelmesi durumunda “1” değerini almaktadır.

Puanlama hesaplanırken Tablo 9’da gösterilen Saaty Ölçeğinden faydalanılmaktadır (Saaty, 1990).

Tablo 9.AHP ölçeği

ÖNEM DERECEŚİ	TANIMI	AÇIKLAMA
1	Eşit önem	İki kriter eşit öneme sahiptir.
3	Orta dereceli önem	Bir kriter diğerine göre biraz daha önemli
5	Kuvvetle Önemli	Bir kriter diğerine göre daha fazla önemli
7	Çok kuvvetle önemli	Bir kriter diğerine göre çok önemli
9	Mutlak kuvvetli	Bir kriter diğerine göre mümkün olan en üst seviyede önemli
2,4,6,8	Ortalama değerler	Birbirine yakın 2 kriter arasında uzlaşma gerektiğinde kullanılır

Tablo 10.AHP ikili karşılaştırma matrisi

	Kriter1	Kriter2	Kriter3	Kriter...
Kriter1	A_11	A_12	A_13	A_1n
Kriter2	A_21	A_22	A_23	A_2n
Kriter3	A_31	A_32	A_33	A_3n
Kriter...				

Adım 4: Karşılaştırma Matrisinin Normalize Edilmesi: Normalizasyon matrisinde her değer bulunduğu sütunun toplamına bölünerek elde edilir. Her bir sütunun toplamı 1 değerini vermesi gerekmektedir. Eğer 1 sonucunu vermez ise çalışmada bir sorun olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Kriterlere ait değerlerin kareleri toplanarak karekökü alınır. Normalleştirme işlemi için 1 numaralı eşitlik uygulanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}} \quad i=1,2,\dots,n \text{ ve } j=1,2,\dots,k \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Normalizasyon işlemi bitince R matrisi,

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nk} \end{bmatrix} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

şeklinde elde edilmektedir.

Adım 5: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması: Kriter ağırlıklarının hesaplanması için matriste normalize edilen her satırın ortalaması alınır ve ağırlıklandırma işlemleri gerçekleştirilir.

Adım 6: Tutarlılık Oranının Hesaplanması: Tutarlılık oranı 2 adımda gerçekleştirilmektedir. İlk olarak tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad n=1, 2, 3, \dots, 11 \text{ (Karşılaştırılan Kriter Sayısı)} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Tutarlılık indeksinin hesaplanmasının ardından Rasgele Tutarlılık İndeksi (RI) hesaplanmaktadır. RI karşılaştırılan kriter sayısına göre belirlenmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Karar vericilerin ikili karşılaştırmalar sonucunda normalize edilen matrisin tutarlı olup olmadığı kontrol edilmektedir. Matrisin tutarlı olabilmesi için %0.10 altında olması gerekmektedir. Eğer bu oran %0.10 üzerinde çıkarsa çalışmanın tutarsız olduğu sonucuna varılır.

4.4 TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution)

1950 yılında temelleri atılmış olan çok kriterli karar verme teknikleri (ÇKKVT) birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır (Mardani vd., 2015). Karar verme aşamasında var olan problemlere çözüm ararken uzmanların aktif rol üstlendiği tekniklerden bir tanesi de TOPSIS yöntemidir.

TOPSIS yöntemi çok kriterli karar verme teknikleri arasında yer almakta olup bu yöntem ilk kez 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir (Hwang and Yoon, 1981; Ching-Shih Tsou, 2008). Yöntemin ana mantığı; negatif ideal çözüme en uzak, pozitif ideal olan çözüme ise en yakın şekilde değerlendirme yapılmasına olanak sağlamaktır (Mao, Song ve Deng, 2016). TOPSIS yöntemi kullanılarak alternatifler belirli kriterlere göre sıralanmaktadır (Abdolvahitoglu ve Kilic, 2022).

TOPSIS yöntemiyle elde edilen sonuçların anlaşılabilir ve geniş uygulama yelpazesi olması yöntemin birçok alanda uygulanabilirliğini sağlamıştır. İnsan Kaynakları Yönetimi, Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik, Enerji Yönetimi alanında, envanter planlaması, kalite değerlendirilmesi, veri madenciliği, performans değerlendirilmesi, tesis yeri seçimi problemi gibi birçok konuda kullanılmıştır (Ching-Shih Tsou, 2008; Hui Yin Tasai, 2008; Chu, 2002; Manabendra, 2009; (Behzadian vd., 2012). Bu bilgiler doğrultusunda ideal olan çözüme istinaden alternatiflerin sıralanması mantığı oluşmaktadır. Böylelikle uygun görülen, karar seçeneğine en yakın alternatif ilk sırada olacak şekilde bir sıralama esas alınarak diğer alternatifler ile yakınlık derecesi tespit edilmektedir (Cheng-Min, 2001).

TOPSIS yöntemi aşağıda belirtilen adımlardan oluşan bir süreçtir.

Adım 1: Karar Matrisi (D) Oluşturulması: Karar matrisinde alternatifler satırlarda yer alırken, değerlendirme kriterleri ise sütunlarda yer almaktadır. Uzman kişiler tarafından oluşturulan $n \times m$ 'lik bir matristir. Karar alternatifleri n , değerlendirme kriterleri ise m şeklinde ifade edilmektedir. (5) numaralı eşitlikte görüldüğü üzere bir karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Adım 2: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması: Karar matrisinin oluşturulmasının ardından matriste yer alan kriterlerin değerlerinin öncelikle kareleri toplanır ardından karekökü alınarak matriste bulunan değerlere bölünür. Böylelikle standart karar matrisi oluşturulur. (6) numaralı eşitlik kullanılarak normalleştirilmiş karar matrisi (R) oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n d_{kj}^2}} \quad (\text{Eşitlik 6})$$

Aşağıda Normalleştirilmiş karar matrisi (R) yer almaktadır.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

Adım 3: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması: Daha önceden netleşen kriterlere ilişkin ağırlık değerleri kriterlerin önem derecesi baz alınarak belirlenmektedir. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (V) 8 numaralı eşitlikte gösterildiği üzere R matrisiyle ulaşılan tüm değerler kriterlerin ağırlıkları ile çarpılarak elde edilmektedir. Kriterlere ait ağırlık değerleri toplamı ise 1' e eşit olmalıdır.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} v_1 & \cdots & \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ & \cdots & \end{bmatrix} \quad (\text{Eşitlik 8})$$

Adım 4: Pozitif İdeal (A⁺) ve Negatif İdeal (A⁻) Çözümlerinin Oluşturulması: 9 numaralı eşitlik kullanılarak Pozitif İdeal (A⁺), 10 numaralı eşitlik kullanılarak Negatif İdeal (A⁻) değeri hesaplanmaktadır.

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (\text{Eşitlik 9})$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (\text{Eşitlik 10})$$

Adım 5: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması: Eğer J alternatifinin pozitif ideal çözüme uzaklığı Si^* (Pozitif İdeal Ayrım) ise 11 numaralı eşitlik ve negatif ideal çözümden uzaklığı Si^- (Negatif İdeal Ayrım) ise 12 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplama yapılmaktadır.

$$Si^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (\text{Eşitlik 11})$$

$$Si^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (\text{Eşitlik 12})$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: 9 ve 10 numaralı eşitlikte belirlenen Si^* ve Si^- hesaplanmasının ardından ideal çözüme göreli yakınlık C_i^* değeri 13 numaralı eşitlikten yararlanılarak hesaplama yapılmaktadır.

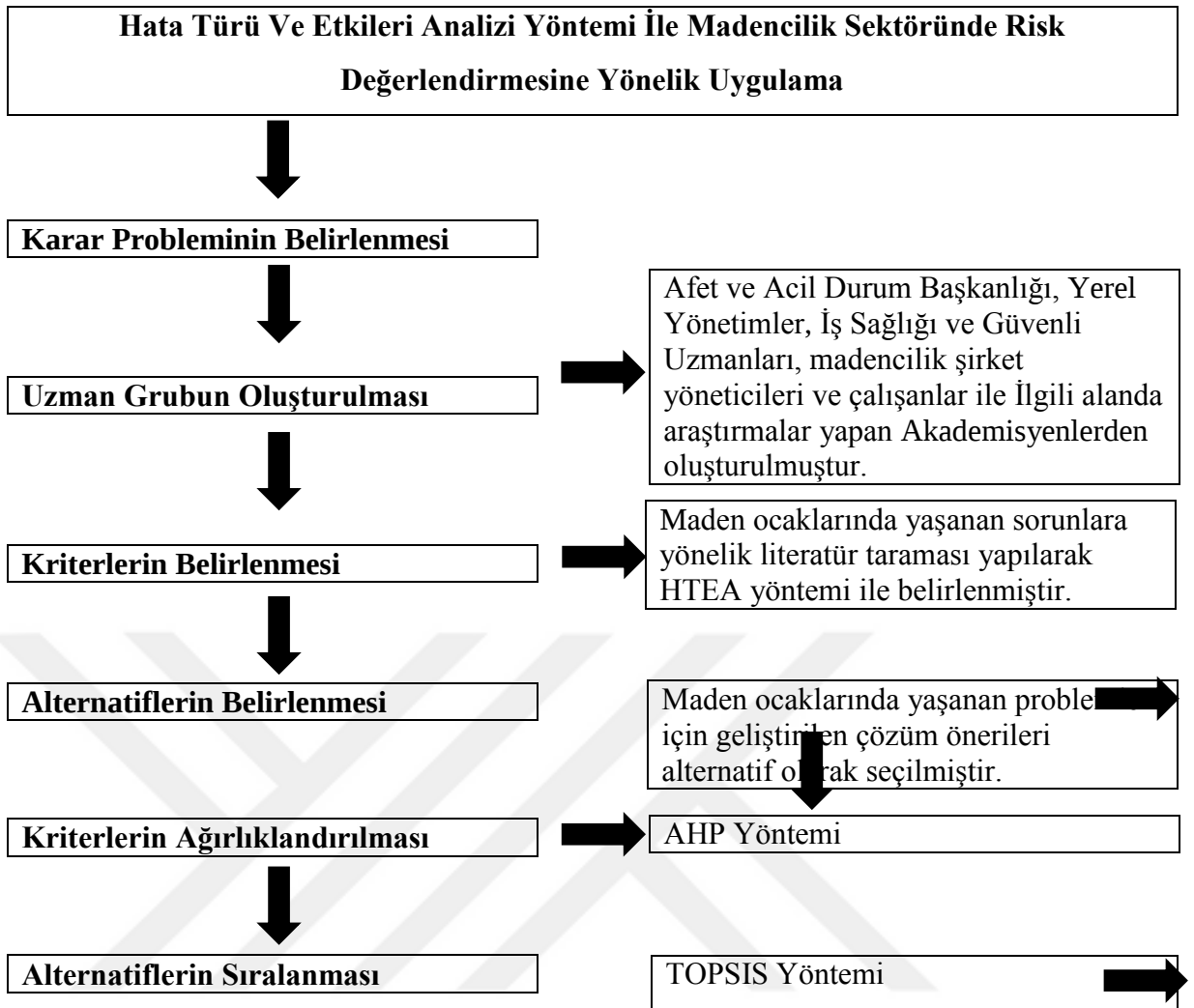
$$C_i^* = \frac{Si^-}{Si^- + Si^*} \quad (\text{Eşitlik 13})$$

Adım 6: Alternatiflerin İdeal Çözüme Göreli Yakınlık (C_i^) Değerine Göre Sıralanması:*

TOPSIS yönteminin son adımında alternatifler (C_i^*) değerine göre sıralanmaktadır.

4.5. Uygulama

HTEA yöntemi ile Madencilik Sektöründe Risk Değerlendirmesine Yönelik yapılan bu çalışma çerçevesinde AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma sürecinin akış diyagramı aşağıda belirtilen aşamalardan oluşmaktadır.



Şekil 7. Araştırma sürecinin akış diyagramı

Karar probleminin çözülmesi sırasında Microsoft Excel Office paket programı kullanılmıştır.

4.5.1. Karar Probleminin Tanımlanması

Yöntemlerin ilk adımı çözülmesi gereken problemleri belirlemektir. Bu kapsamda problem, “Madencilik sektöründe kazalara ve can kayıplarına sebep olan problemlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi ve bu problemlere yönelik alternatiflerin geliştirilerek etkinliğinin tespit edilmesi” olarak belirlenmiştir.

4.5.2. Uzman Grubunun Oluşturulması

Kriterler arasında ikili karşılaştırmalar ve ilgili kriterler çerçevesinde alternatif değerlendirilmesi yapılabilmesi için çalışmada bahse konu olan uzman kişilerin, gerek madencilik sektörüne gerekse madencilik sektöründe meydana gelen kaza ve acil durumlara karşı yeterli donanım ve bilgiye sahip olan kişilerden oluşması önem arz

etmektedir. Bu bakış açısıyla uzman grup şu şekilde oluşturulmuştur: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2), İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı (2), Marmaris Belediyesi (2), Özel Sektör (1), Akademisyenler (2), Soma’da çalışmakta olan personel (1) şeklinde gerçekleşmiştir. Anketlerin doldurulmasında 6 uzman kişiye mail aracılığıyla ulaşım sağlanmış olup 4 uzman kişiyle ise yüz yüze görüşme sağlanmıştır.

4.5.3. Kriterlerin Belirlenmesi

Uzman görüşleri ve literatür araştırması kapsamında HTEA yöntemi odak alınarak madencilik sektöründeki problemler aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Yaşar vd., 2015., Lüy, 2016., Delibalta, 2020., Pandey ve Mishra, 2023., Arslanhan ve Cündelioğlu, 2010., Yaşar vd., 2015., Aysan, 2019., Jevtic, 2020., (Sastry vd., 2015., Ergör vd., 2014., Koçak, 2019).

Tablo 11. Kriterlerin belirlenmesi

KRİTERLER	AÇIKLAMA	ATIF
Madenlerde oluşan göçük ve şev kaymaları	Şev yerüstü madenciliğinde düzensiz yapılara verilen isimdir. Bu yapıların bozulması ile birlikte kütleler aşağıya kayarak birçok maddi ve manevi zararlar meydana getirmektedir. Göçükler ise yeraltı madenciliğinde tahkimatların taşıma gücünün yetersiz kalarak çökmesidir. Madencilik sektöründeki kaza istatistiklerine bakıldığında göçükler önemli bir oranını kapsamaktadır.	(Yaşar vd., 2015)
Ocaklarda oluşan tehlikeli gaz patlamaları	Ocaklarda meydana gelen kömür tozu, grizu, metan vs. gibi patlamaları içermektedir. Bu patlamalar neticesinde zehirli, boğucu ve yanıcı gazlar ortaya çıkmaktadır	(Lüy, 2016)
Ekipmanların periyodik kontrol ve bakımlarının eksikliği	Periyodik bakımları yapılmayan elektrikli ekipman ve makineler iş kazalarına ve meslek hastalıklarına neden olmaktadır.	(Delibalta, 2020)
Madenlerde meydana gelen nakliye kazaları	Ağır tonajlı yüklerin, bu işler için özel olarak tasarlanmış ekipmanlar (Havalı calasgar, monoray vs.) yerine insan gücüyle taşınması sonucu oluşan kazalar.	(Pandey ve Mishra, 2023)
Ocaklarda oluşan yangınlar	Türkiye’deki maden ocaklarındaki yangınların büyük bir sebebini üretim yönteminin doğru bir şekilde yapılmaması, üretim planlama ve projelerinin yetersiz kalması ve havalandırma faaliyetlerindeki eksiklikler olarak belirtilmiştir.	(Arslanhan ve Cündelioğlu, 2010)

Tablo 11. (Devamı)

KRİTERLER	AÇIKLAMA	ATIF
Ocaklarda oluşan su baskınları	Büyük miktardaki su kütlesinin maden işletmesini basması ve çok sayıda can kaybına yol açmasıdır. Yeraltındaki boşluklardan ani su çıkmalarına karşı yeteri kadar önlem alınamaması ve bunun sonucunda kurtarma faaliyetlerini sekteye uğratmasıdır.	(Yaşar vd., 2015)
Maden ocaklarında yaşanan insan kaynaklı hatalar	Ölçümlerin yapılmaması, ekipman eksikliği, işçilerin yoğun olarak çalıştırılması, kişisel koruyucu ekipmanların ortamdaki tehlike ve risklere karşı uygun olarak kullanılmaması gibi faktörler iş kazalarına sebebiyet vermektedir.	(Aysan, 2019)
Tahliye yollarının hatalı ve eksik planlanması	Acil durumlarla karşılaşıldığında personellerin tahliye yollarını kapadığı alternatif yolların olmaması sebebi ile birçok madencinin alandan çıkamadığı ve yapılan eksik planlamalar neticesinde can kayıplarının arttığı tespit edilmiştir.	(Jevtic, 2020)
Düzensiz yapılan kazı ve sondaj faaliyetleri	Düzensiz yapılan sondajlama ve kazı faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan tozlar ve yeraltından sızan sular ocaklarda tehlikeye yol açmaktadır.	(Sastry vd., 2015)
Madenlerde nitelikli personel ve uzman eksikliği	Madenlerde çalışan personelin tehlikeleri tam olarak algılayamaması, acil durumlar karşısında vereceği tepkilerin yetersiz kalması ve maden ocaklarında iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının yeteri kadar istihdam edilememesi uzman personel ihtiyacını doğurmaktadır.	(Ergör vd., 2014)
Madenlerde mesleki eğitim ve bilgilendirme eksikliği	Madenlerde çalışan personelin iş sağlığı ve güvenliği için yapılan eğitim ve bilgilendirmelerin eksikliği ortaya çıkarılmıştır.	(Koçak, 2019)

Literatür araştırması sonucunda ilgili kriterler belirlenmiştir.

4.5.4. Alternatiflerin Belirlenmesi

Maden ocaklarında yaşanan kaza ve can kayıplarına yönelik geliştirilen çözüm önerileri alternatifler olarak değerlendirmeye katılmıştır. Yapılan literatür taramaları ve uzman görüşleri sonucunda 10 önemli alternatif belirlenmiştir (Papic ve Kovacevic, 2016., Dursun, 2014., Ambika vd., 2011., Zile, 2018., Konf, 2019., İleri, 2009; Kumar, 2015., (Kara, 2011., Özer ve Karabalık, 2017., Downing, 2002).

Tablo 12. Alternatiflerin belirlenmesi

ALTERNATİF	AÇIKLAMA	ATIF
Akredite Firma Kontrollerinin ve Düzenli Bakım Faaliyetlerinin Gerçekleştirilmesi	Elektrik ve mekanik ekipmanların piyasada sadece bu işi yapan yetkili ve bağımsız firmalara kontrollerinin yaptırılıp raporlanması ağır tonajlı yüklerin sadece bu ekipmanlar ile taşınabilmesinin sağlanmasıdır.	(Papic ve Kovacevic, 2016)
Bilgilendirme ve Eğitim Faaliyetlerinin Gerçekleştirilmesi	Çalışanlara düzenli iş sağlığı ve güvenliği eğitimi ile beraber mesleki eğitimlerin verilmesidir.	(Dursun, 2014)
Havalandırma ve Erken Uyarı Sistemlerinin Kullanılması	Maden ocaklarında çok sayıda zehirli, yanıcı ve yakıcı gaz oluşumu mevcuttur. Bu gazların ocaklarda salınımını engellemek ve verdiği zararı azaltabilmek için havalandırma sayısının artırılması ve verimin yükseltilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Çıkan yangınlara hızlı müdahale edebilmek ve kayıpları azaltabilmek için basınçlı köpük sistemlerinin (One Seven) kurulması, oluşan acil durumlara karşı erken uyarı ve tahmin sistemlerin kullanılarak maddi-manevi zararların azaltılması hedeflenmektedir.	(Ambika vd., 2011)

Tablo 12. (Devamı)

ALTERNATİF	AÇIKLAMA	ATIF
Gerekli İdari ve Genel Güvenlik Önlemlerinin Alınması	Ocaklarda meydana gelebilecek muhtemel tehlikeler için maddi ve manevi önlemlerin alınmasıdır. Grizulu maden ocaklarında üretim ve hazırlık panolarında periyodik olarak su ve gaz arama sondajları yapılmalıdır. Çatlak ve şev kaymalarına karşı düzenli aralıklarla çevre kontrolü yapılmalıdır. Kontrollü kazı faaliyetleri etkin ve güvenli şekilde yürütülmesi gerekmektedir.	(Zile, 2018)
Çalışan Personellerin Nitelikli Olması	Maden ocaklarında oluşabilecek risklere karşı gerekli bilgi ve donanımına sahip personellerin çalıştırılmasıdır. Personellerin koruyucu ekipmanlarını kullanması güvensiz davranışlardan uzak durmasıdır. Uzmanların düzenli olarak personelleri denetlemesi ve eksiklikleri rapor etmesidir. Uzmanların ve personellerin potansiyellerini arttırmaya yönelik faaliyetlerin yürütülmesidir. Bu faaliyetler kapsamında çevre üniversitelerden maden mühendisliği ve ilgili bölümlerden destek alınarak çalışanlara yönelik eğitim ve seminerler düzenlenerek personellerin bilgi ve beceri düzeylerini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmasıdır.	(Konf, 2019)

Tablo 12. (Devamı)

KRİTERLER		AÇIKLAMA	ATIF
Teknolojinin Edilmesi	Takip	Gelişen ve değişen dünya şartlarında teknoloji de hızla gelişmekte ve madencilik alanında yapılan tüm değişim ve gelişmelerin takip edilmesi gerekmektedir. Gerek erken uyarı sistemleri, sondajlama faaliyetleri gerekse kullanılan teçhizat ve ekipmanlar olsun bunların günün koşullarına ayak uydurması gerekmektedir. Günümüzde madencilik sektöründe insansız üretime geçilmesi ve mekanizasyonun geliştirilerek kaza ve ölüm oranlarının azaltılması hedeflenmektedir.	(İleri, 2009; Kumar, 2015)
Düzenli Sağlık-Hijyen Kontrollerinin Yapılarak ilgili Sertifikaların alınması		Personeller tozun ve gürültünün yoğun olduğu yerlerde çalıştığından dolayı sıklıkla meslek hastalıklarına yakalanmaktadır. Hastalıkların erken teşhisi için düzenli olarak sağlık kontrollerinin yapılması hedeflenmektedir.	
Mesai İyileştirilmesi	Saatlerinin	Fazla mesailerin etkisiyle yorulan personelin hataya karşı daha açık olduğu ve çevresine duyarlılığın azaldığı tespit edilmiştir. Bu gibi durumlar sebebi ile iş kazaları meydana gelmektedir. Bu nedenle çalışma saatlerinin düzenlenmesi hedeflenmektedir.	(Kara, 2011)

KRİTERLER	AÇIKLAMA	ATIF
Tatbikatların düzenli olarak gerçekleştirilmesi	6(Altı) ayda bir çalışanların herhangi bir acil durumda tutum ve davranışlarını gözlemlemek amacı ile acil durum tatbikatları yapılmalıdır. Tatbikatlar sonucunda maden ocaklarındaki eğitim ve uzman eksikliği, tahliye yollarının hatalı planlanması ve erken uyarı sistemlerinin eksik olması vb. faktörleri kapsayacak şekilde görülen eksiklikler rapor edilerek gerekli aksiyonların alınması, ileri tarihte yapılacak olan tatbikatlara hazır olunması hedeflenmektedir.	(Özer ve Karabalık, 2017)
Ölümcül Kazalara Sebebiyet Vermemek Adına İşverenin Maliyet Düşürmeyi Öncelikleyen Stratejilerinin Önüne Geçilmesi	İşverenin en az maliyetle çok kazanç elde etme beklentisinin önüne geçilmesidir. Maliyetleri düşürmeye çalışan işveren gerek makine bakımları gerekse personellerin teçhizatları olsun maliyetleri kısararak minimum maliyetle maksimum fayda sağlamaya çalışmaktadır. Bu çabanın önüne geçilerek prosedürlere ve kanunlara uygun bir şekilde ocak işletilmesi ve çalışanların daha güvenli bir şekilde hizmet vermesi hedeflenmektedir.	(Downing, 2002)

4.5.5. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

AHP yönteminin doğru bir şekilde uygulanabilmesi ve uygulamadan olumlu bir sonuç elde edilebilmesi için 11 adet kriter belirlenmiştir. İkili ilişkiler matrisinden faydalanılarak, ikili karşılaştırma formları hazır hale getirilmiştir. Böylelikle ikili

kriterler arasında karşılaştırma yapılabilmesi sağlanmıştır. Yapılan anketlere ilişkin bir soru örneği aşağıda Tablo 13'te yer almaktadır.

Tablo 13. İkili karşılaştırma anketi örneği

Madenlerde oluşan şev kaymaları	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ocaklarda oluşan su baskınları
---------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------------------------

Yukarıdaki örneğe göre, yapılan ikili karşılaştırmada madenlerde oluşan şev kaymaları kriterinin ocaklarda oluşan su baskınları kriterine göre 5 kat daha önemli olduğu düşünülmektedir. Benzer şekildeki 11 kriterin uzman kişilerden ikili karşılaştırmaların yapılması istenmiş olup anketi cevaplandıran uzman kişilerin ikili karşılaştırmalara vermiş olduğu cevaplar Microsoft Excel Office programında çözümleme yapılarak hazır hale getirilmiştir.

Uzman olan kişilerin ankette sorulan sorulara vermiş oldukları yanıtların geometrik ortalaması alınarak hesaplama yapılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen karşılaştırma matrisi Tablo 14'te sunulmuştur:

Tablo 14. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	1.000	0.851	1.969	3.335	0.830	1.409	0.456	2.172	1.683	0.504	0.561
K2	1.176	1.000	2.218	2.902	1.405	3.034	1.172	3.027	3.764	0.866	0.807
K3	0.508	0.451	1.000	2.337	0.604	0.599	1.339	2.698	2.026	0.439	0.893
K4	0.300	0.364	0.428	1.000	0.362	0.501	0.790	0.712	1.431	0.186	0.185
K5	1.205	0.712	1.656	2.762	1.000	1.987	1.566	1.854	2.475	0.337	0.717
K6	0.710	0.330	1.669	1.997	0.466	1.000	0.992	1.529	1.070	0.570	0.519
K7	2.191	0.853	0.747	1.265	0.638	1.009	1.000	1.783	2.380	0.800	0.861
K8	0.460	0.412	0.371	1.463	0.539	0.774	0.561	1.000	1.743	0.680	0.397
K9	0.594	0.266	0.706	0.922	0.404	0.935	0.420	0.608	1.000	0.409	0.302
K10	1.984	1.154	2.279	5.387	2.191	1.754	1.250	1.470	2.446	1.000	1.028
K11	1.784	1.240	1.120	5.417	1.395	1.927	1.162	2.519	3.312	0.973	1.000

Ardından yöntem bölümünde bahsedilen AHP işlem adımları sırasıyla takip edilerek kriterlerin öncelik değerleri Tablo 15'teki gibi belirlenmiştir:

Tablo 15. Kriterlerin önem dereceleri

KRİTERLER	SIRALAMA	AĞIRLIKLAR
Madenlerde nitelikli personel ve uzman eksikliği	1	0.145
Madenlerde mesleki eğitim ve bilgilendirme eksikliği	2	0.137
Ocaklarda oluşan tehlikeli gaz patlamaları	3	0.136
Ocaklarda oluşan yangınlar	4	0.104
Maden ocaklarında yaşanan insan kaynaklı hatalar	5	0.095
Madenlerde oluşan göçük ve şev kaymaları	6	0.092
Ekipmanların periyodik kontrol ve bakımlarının eksikliği	7	0.081
Ocaklarda oluşan su baskınları	8	0.071
Tahliye yollarının hatalı ve eksik planlanması	9	0.055
Düzensiz yapılan kazı ve sondaj faaliyetleri	10	0.044
Madenlerde meydana gelen nakliye kazaları	11	0.039

Analiz sonucunda elde edilen verilere göre önem düzeyi bakımından en yüksek ilk üç kriter aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

Madenlerde nitelikli personel ve uzman eksikliği (0.145)

Madenlerde mesleki eğitim ve bilgilendirme eksikliği (0.137)

Ocaklarda oluşan tehlikeli gaz patlamaları (0.136)’dır.

Bu kriterleri ocaklarda oluşan yangınlar, maden ocaklarında yaşanan insan kaynaklı hatalar, madenlerde oluşan göçük ve şev kaymaları takip ederken, en az önem düzeyine sahip kriter olarak madenlerde meydana gelen nakliye kazaları belirlenmiştir.

Söz konusu sonuçların geçerlilik taşıyabilmesi tüm matrislerdeki tutarlılık oranının %0.10’un altında olması ile gerçekleşebilir. Yapılan analizler, tüm paydaşlar için oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerindeki tutarlılık oranının % 0.10’un altında olduğu göstermektedir.

4.5.6. Alternatiflerin Sıralanması

Alternatiflerin belirlenmesiyle birlikte uzman kişilerin anket sorularına vermiş oldukları yanıtlar ile gerekli işlem adımlarının takip edilmesiyle TOPSIS Yöntemi kullanılarak önem düzeyi en yüksek olan alternatif tespit edilmeye çalışılmıştır. 10

alternatif ve 11 kriter ile 10x11’lik karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisi aşağıda belirtilen tabloda yer almaktadır.

Tablo 16. TOPSIS Karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
A1	6.500	7.500	7.600	5.100	6.600	5.400	4.700	6.000	5.400	5.800	5.600
A2	7.700	8.000	6.600	7.300	7.700	6.700	8.500	6.800	6.900	9.100	8.700
A3	6.800	9.400	4.800	3.000	8.700	5.600	4.300	5.400	4.500	4.200	4.000
A4	7.800	8.000	7.200	7.100	7.300	7.400	5.900	6.300	6.300	5.100	6.000
A5	8.400	8.700	8.100	8.300	8.000	7.900	8.600	7.800	7.800	8.600	8.300
A6	7.700	8.200	6.500	6.400	7.900	7.200	6.300	5.900	5.800	6.700	6.000
A7	3.100	3.800	3.200	3.100	3.500	2.600	4.900	3.100	3.500	5.300	3.667
A8	4.800	5.000	3.300	5.100	4.900	4.000	7.700	3.300	4.500	6.200	5.000
A9	6.700	7.900	4.300	5.600	8.300	7.100	8.400	5.800	5.000	5.300	6.200
A10	7.200	7.500	7.800	6.500	7.000	6.300	7.200	6.900	6.800	6.800	7.500

Elde edilen yanıtlar doğrultusunda yöntem kısmında bahsedilen TOPSIS’e ait işlem adımları takip edilmiş ve alternatiflerin sıralaması Tablo 16’daki gibi elde edilmiştir.

Tablo 17. Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık değerine göre sıralanması

ALTERNATİFLER	AĞIRLIKLAR
Çalışan Personellerin Nitelikli Olması	0.914
Bilgilendirme ve Eğitim Faaliyetlerinin Gerçekleştirilmesi	0.845
Ölümcül Kazalara Sebebiyet Vermemek Adına İşverenin Maliyet Düşürmeyi Öncelikleyen Stratejilerinin Önüne Geçilmesi	0.689
Teknolojinin Takip Edilmesi	0.630
Gerekli İdari ve Genel Güvenlik Önlemlerinin Alınması	0.563
Tatbikatların düzenli olarak gerçekleştirilmesi	0.558
Akredite Firma Kontrollerinin ve Düzenli Bakım Faaliyetlerinin Gerçekleştirilmesi	0.501
Havalandırma ve Erken Uyarı Sistemlerinin Kullanılması	0.448
Mesai Saatlerinin İyileştirilmesi	0.330
Düzenli Sağlık-Hijyen Kontrollerinin Yapılarak ilgili Sertifikaların alınması	0.104

Tablo 17’ye göre madencilik sektöründe ortaya çıkabilecek risklerin bertaraf edilmesinde etkili olabilecek en önemli çözüm önerisi “Çalışan Personellerin Nitelikli Olması” olarak belirlenmiştir. Bu öneriyi sırasıyla bilgilendirme ve eğitim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi ile Ölümcül Kazalara Sebebiyet Vermemek Adına İşverenin Maliyet Düşürmeyi Öncelikleyen Stratejilerinin Önüne Geçilmesi takip etmiştir. “Düzenli Sağlık-Hijyen Kontrollerinin Yapılarak ilgili Sertifikaların alınması” çözüm önerisi ise en az etkiye sahip alternatif olarak görülmektedir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Madencilik sektörü ülkemizde ve dünyada çok tehlikeli işler sınıfında yer almaktadır. Bunun nedeni sektördeki kaza ve can kayıpları risklerinin fazla olmasıdır. Geçmişten günümüze birçok maden kazası gerçekleştirmiş kimisi facia boyutunda yer almıştır. Bu kazalara bakıldığında ihmallerin, eğitimsizliğin ve denetimsizlik gibi unsurların maden kazalarını tetiklediği tespit edilmiştir. Maden kazaları sadece can kayıplarına yol açmayarak aynı zamanda bulunduğu ülkenin ekonomisine, doğasına ve toplumunu da olumsuz etkilemektedir. Gelişen ve gelişmekte olan teknolojilerin takip edilmesi, afet yönetiminin bütünlük olarak ele alınması, afet ve acil durumlara karşı verilecek olan tepkilerin güçlendirilmesi önemli bir konuma sahiptir. Bu nedenle maden kazalarındaki riskleri değerlendirerek bu risklere çözüm önerileri geliştirmek çalışmanın motivasyonunu ve önemini oluşturmaktadır.

Bu amaç neticesinde ilk olarak literatür taraması ve uzman görüşlerin analizi ile birlikte 11 kriter ve 10 alternatif oluşturulmuştur. Sonrasında uzman kişilerle görüşmeler sağlanmıştır. Kriterler belirlenirken HTEA yöntemi, Kriterlerin ağırlıklandırılmasında ise AHP yönteminden yararlanılmıştır. Kriterler, literatür ve uzman görüşleri alınarak maden ocaklarında yaşanan sorunlara göre belirlenmiştir. Kriter ağırlıklandırılmasında en önemli kriterin madenlerde nitelikli personel ve uzman eksikliği (0.14) olduğu tespit edilmişken önem düzeyi en düşük kriterin ise madenlerde meydana gelen nakliye kazaları (0.04) olduğu tespit edilmiştir. Maden ocaklarında yaşanan sorunlara bakıldığında nitelikli uzman ve personel eksikliğinden birçok riskin ve tehlikenin ortaya çıktığı belirtilmiştir. Maden işletmelerinde bu gibi eksikliklerin olması, ocaklarda çalışan personelin yaptığı iş bakımından eğitimsiz ve bilgisiz olmasına, yaptığı işte bulunan tehlikeleri farkına varamayışına neden olmaktadır. Diğer bir deyişle kelebek etkisi yaratan bir eksiklik silsile halinde devam ederek zararın boyutunu arttırmaktadır. Bu nedenle kriterler arasında önem düzeyi en yüksek olan kriterin nitelikli personel ve uzman eksikliği olması uzmanlar tarafından da ele alınmıştır. Bu konuyu ele alan araştırmacılar (Şahin ve Şimşek, 2021; Özer ve Karabalık, 2017; Vostrikov vd., 2019; Yaşar ve Öcal, 2018; Sharma, Joshi ve Govindan, 2021; Karaahmetoğlu, 2019; Palka, Brodny ve Stecula, 2017) uzman personel eksikliğinden yana çıkan sorunlardan bahsederek personellerin uzman ve yeterli bilgiye sahip olması gerekliliğini vurgulamışlardır.

Alternatiflerin ağırlıklandırılmasında TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır. Literatür incelemeleri ve uzman görüşleri sonucunda madencilik sektöründeki sorunlara çözüm önerileri getirilmiştir. Önem düzeyi en yüksek alternatif çalışan personelin nitelikli olması (0.91) iken önem düzeyi en düşük alternatif düzenli sağlık- hijyen kontrollerinin yapılarak ilgili sertifikaların alınması (0.10) olarak tespit edilmiştir. Kriterler belirlenirken en önemli kriterin nitelikli uzman ve personel eksikliği olduğu tespit edilirken bu sorunun çözümüne ise tutarlı bir şekilde çalışan personellerin nitelikli olması gerektiği çözümü getirilmiştir. Bununla beraber yapılan çalışmalarda (Volkov, 2022; Yıldırım, 2014; Zhernov ve Nekhoda, 2017; Erginel, 2015; Guthe ve Haisler, 1986; Camkurt, 2007) nitelikli personelin madencilik sektöründeki önemini vurgulamışlardır. Madencilik sektöründe risk analizinin örnek bir vaka üzerinden HTEA yöntemi ve ÇKKVT ile gerçekleştiren ilk çalışma olması ile literatüre önemli bir katkı sunulacağı düşünülmektedir. Mevcut çalışmanın sonuçları uygulayıcılar ve politika yapıcılar için bir rehber niteliği taşıyabilecektir.

6 Şubat depreminin meydana gelmesinden dolayı anket sorularının cevaplandırılması sürecinde maden uzmanlarına ve personellerine deprem bölgesinde olmasından dolayı ulaşım sıkıntısı yaşanmıştır. Bu nedenle sadece 4 anket formu yüz yüze yapılabilmiş diğer 6 anket formu ise mail ve telefon yoluyla cevaplandırılmıştır. Aynı zamanda konunun uzman gruplara zor bir şekilde iletilmesi ve ÇKKV tekniklerinden yararlanılması bu sebeple sonuçların ufak değişimlerle bile değişmesi, çalışmanın maden ocaklarını genel olarak kapsaması açık ve yeraltı maden işletmelerindeki tehlikelerin ortak olarak alınması, anahtar kelimelerin bütünleşmiş olduğu çalışmaların az sayıda olması konunun kısıtı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmada kısıtlılıkların yer alması ile beraber pozitif tarafları da içerisinde barındırmaktadır. İleriki çalışmalarda, madencilik sektöründeki riskler değerlendirilirken BAHP, VIKOR gibi diğer çok kriterli karar verme teknikleri tercih edilebilir, bununla beraber kriter ağırlıkları ve alternatiflerin sıralamalarındaki farklılıkların duyarlılık analizi ile test edilerek çalışmanın diğer yapılacak olan çalışmalarla kıyaslanabilmesi mümkün olabilir. Çalışmada ek olarak değerlendirilebilecek bir diğer husus ise gelişen teknolojinin takip edilmesi gerekliliğidir. Maden kazaları sonucunda en az can kaybı vermek ve çalışanlara hızlı ulaşım imkânı sağlayabilecek bir akıllı saat önerisi geliştirilebilir. Giyilebilir teknoloji olarak hayatımıza dahil olan akıllı saatleri maden ocaklarında çalışan personellere göre uyarlanabilmesi ile herhangi bir kaza veya acil durumda kişilerin yer tespiti, kalp atışı, durumu hakkında bilgi almak kolaylaşacaktır. Maden kazalarında can kayıplarının

artmasının nedenlerinden biri de içeride bulunan insanların yerlerini bilememek ya da öncelik olarak içeride çalışanların sağ mı yoksa l m olduğunu bilmeden kurtarma çalışmaları yapmaktır. Önerilen saat hayata geçer ise herhangi bir kazada maden işçilerine ulaşmak konumlarını bilme itibari ile kolaylaşacak ve öncelik yaşayanları kurtarmak olduğunda zaman kaybını azaltacaktır. Bu saatler belirli ısıya ve suya karşı dayanıklı olması gerekecek aynı zamanda konum ve sağlık verilerini işverene aktarması gerekecektir. Buna karşın madencilik sektöründeki riskleri azaltmaya yönelik farklı görüşler ve çeşitli uygulamalar geliştirilebilir.



KAYNAKÇA

- Adjiski, V., Mirakovski, D., Despodov, Z., ve Mijalkovski, S. (2015). Yeraltı madenlerinde yangın durumunda tahliye yollarının simülasyonu ve optimizasyonu. *Sürdürülebilir Madencilik Dergisi*, 14 (3), 133-143.
- Alkış, S., Aksoy, E. ve Akpınar, K. (2021). Çok kriterli bir karar destek yaklaşımı ve CBS kullanarak çevredeki savunmasız tesisler için endüstriyel yangınların risk değerlendirmesi. *Ateş*, 4 (3), 53. <https://doi.org/10.3390/fire4030053>
- Ambika, N., GK, R. M., Sheka, S. ve Kumar, N. (2011). TTS System for Coal Miners in MANET Based Disaster Management System. In *2nd Intl Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics*, 1-7.
- Aoki, K., Uehara, M., Kato, C. ve Hirahara, H. (2016). Evaluation of rugby players' psychological-competitive ability by utilizing the analytic hierarchy process. *Open Journal of Social Sciences*, 4(12), 103. <http://doi.org/10.4236/jss.2016.412010>
- Armıs, R., Games, R. G. S. ve Kanegae, H. (2020). Risk assessment and disaster preparedness of museums in Ombilin coal mining heritage of Sawahlunto, Indonesia. *Journal of Disaster Mitigation for Historical Cities*, 14, 223-230.
- Arsılanhan, S. ve Cünedioğlu, H.E. (2010). Madenlerde Yaşanan İş Kazaları ve Sonuçları Üzerine Bir Değerlendirme. TEPAV (Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı), 1-6.
- Ateş, E., Oral, A., Gönen, D. ve İnal, E. P. (2006). Ayarlanabilir başlıklı delme aparatı için tasarım HTEA uygulaması. Tasarım İmalat Analiz Kongresi, 26-28 Nisan 2006, Balıkesir, 1-2.
- Aydın, G. ve Yıldırım, Ş. (2020). Soma maden kazası sonrası yaşanan ailevi ve psikolojik sorunlar. *Toplum ve Sosyal Hizmet*, 31(3), 874-903. <https://doi.org/10.33417/tsh.659207>
- Aysan, M. E. (2019). *Özelleştirmelerin Maden İşçilerinin Çalışma ve Sosyal Hayatına Etkisi: Soma Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi*, (587068).
- Aydın, G. ve Karakurt, İ. (2009). Yeraltı kömür damarlarından üretilen metanın kullanım teknolojileri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 129-136.

- Azad, S., Khan, M. A. ve Akbar, Z. (2015). Disaster management in coal mine industry of Balochistan. *Eur Sci J*, 1, 209-220.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB), (2016). Bir Yeraltı Taşkömürü Madeninde Göçük ve Taş-Kavlak Düşmesi Kazalarının Kök Nedenlerinin Araştırılması, Ankara:2016, 1-121.
- Bakhtavar, E. ve Yousefi, S. (2019). Analysis of ground vibration risk on mine infrastructures: integrating fuzzy slack-based measure model and failure effects analysis. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(10), 6065-6076. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2008-0>
- Bao, J., Johansson, J. ve Zhang, J. (2017). An occupational disease assessment of the mining industry's occupational health and safety management system based on FMEA and an improved AHP model. *Sustainability*, 9(1), 94. <https://doi.org/10.3390/su9010094>
- Baysal, M. E., Canıyılmaz, E. ve Eren, T. (2002). Otomotiv yan sanayinde hata türü ve etkileri analizi. *Teknoloji Dergisi*, 5(1-2), 83-90.
- Behzadian Majid, Otaghsara S. Khanmohammadi, Yazdani Murtaza ve Ignatius Joshua; (2012), "A State-Of The-Art Survey Of TOPSIS Applications", *Expert Systems With Applications*, 39(17), Pp.13051-13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Bilgin, Ö. (2006). *Hata türü ve etkileri analizinde bulanık mantık uygulaması, Yüksek lisans tezi. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (197922).*
- Boudreau-Trudel, B. ve Zaras, K. (2012). Yatırım projelerinin seçiminde çok kriterli karar verme yöntemleri olarak analitik hiyerarşi süreci ile baskınlık temelli kaba küme yaklaşımının karşılaştırılması. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2012.21002>
- Bogdanović, D., Jovanović, I. ve Milijić, N. (2017). Multi-Criteria Analysis Of The Environment Destruction By The Open Pits. *International May Conference on Strategic Management*, 87-94.
- Can, E. (2020). Assessment of risks relevant to underground measurements for coal mining production and exploration. *Natural Resources Research*, 29, 1773-1785. <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09570-w>
- Camkurt, M. Z. (2007). İşyeri çalışma sistemi ve işyeri fiziksel faktörlerinin iş kazaları üzerindeki etkisi. *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 21(1), 80-106.
- Carreño, M. L., Cardona, O. D. ve Barbat, A. H. (2007). A disaster risk management performance index. *Natural hazards*, 41, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9008-y>

- Carlson, C. S. (2014). Understanding and applying the fundamentals of FMEAs. In *Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 10, 1-35.
- Chu, (2002). Facility Location Selection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decisions, *International Journal Of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 10(6), 687–701. <https://doi.org/10.1142/S0218488502001739>
- Chang Wang, C., Lv, Y. ve Song, Y. (2012). Researches on mining subsidence disaster management GIS's system. In *2012 International Conference on Systems and Informatics (ICSAI2012)*, 2493-2496. <https://doi.org/10.1109/icsai.2012.6223560>
- Cheema, A. R., Mehmood, A. ve Imran, M. (2016). Learning from the past: Analysis of disaster management structures, policies and institutions in Pakistan. *Disaster Prevention and Management*, 25(4), 449-463.
- Cheng, J. ve Wei, L. (2014). Failure modes and manifestations in a mine gas explosion disaster. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 14, 601-609. <https://doi.org/10.1007/s11668-014-9852-0>
- Ching, Shih ve Tsou, (2008). Multi-Objective Inventory Planning Using MOPSO And TOPSIS, *Expert Systems With Applications*, 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.06.009>
- Çavur, M. (2018). Yeraltı maden işçilerini gerçek zamanlı takip etmek için RFID teknolojisine dayalı özgün bir entegrasyon metodolojisi. *PoliteknikDergisi*, 21(3), 603-610. <https://doi.org/10.2339/politeknik.391793>
- Colak, M., Aygurler, C. ve Cetin, T. (2018). Risk analysis for occupational health and safety in mining sector. In *4th Global Business Research Congress (GBRC-2018)*. 7, 285-289. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2018.899>
- Çelik, İ. H., Galip, U. S. T. A., Yılmaz, G. ve Yakupoğlu, M. (2020). Türkiye’de yaşanan teknolojik afetler (2000-2020) üzerine bir değerlendirme. *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 49-57. <https://doi.org/10.22466/acusbd.776580>
- Çevik, Gamze ve Aran (2009). Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (FMEA) ve piston üretiminde bir uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 241-265.
- Çeber, Y. (2010). *Hata türü ve etkileri analiz yönteminin (FMEA) üretim sektöründe uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (261520).

- Çini, G. ve Helvacı, C. (2019). Madencilik sektörü ve Soma faciası, batı Anadolu, Türkiye. *Mavi Gezegen Popüler Yerbilim Dergisi*, 27, 14-21.
- Dağdeviren, M., D. Akay, M. Kurt (2004). “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131-138. <https://doi.org/10.3823/1782>
- Derin, L., Varol, N. ve Uymaz, S. (2017). Türkiye’deki kömür madeni kazalarına ilişkin değerlendirme. *Resilience*, 1(1), 47-53. <https://doi.org/10.32569/resilience.363674>
- Deliormanli, A. H., Kizil, M. S., Saydam, S. ve Kose, H. (1995). Uzman sistem kullanılarak mermer ocağı tasarımı. 14. Uluslararası Türkiye Madencilik Kongresi (IMCET1995), Ankara, 6-9 Haziran 1995.
- Dewi, M. P. ve Azis, A. M. (2019). Implementasi pengendalian kualitas produk sepatu wanita menggunakan metode failure mode effect analsis (fmea) dan fault tree analysis (fta) pada home industry vielin creation bandung. *Banking and Management Review*, 8(2), 1185-1195. <https://doi.org/10.52250/bmr.v8i2.182>
- Dereli, M. A., Yalçın, M. ve Erdogan, S. (2010). Madencilik faaliyetlerinde coğrafi bilgi sisteminin kullanımı. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(3), 28-34.
- Dheeraj, K. (2010). Emerging trends in information and communication technology in mine safety and disaster management. *Journal of Coal Science and Engineering*, 16(3), 277-283. <https://doi.org/10.1007/s12404-010-0311-6>
- Didari, V. (1985). Kömür tozu patlaması. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 24(4), 23-29.
- Dudek-Burlikowska, M. (2011). FMEA yönteminin kalite odaklı işletmelerde uygulanması. *Malzeme ve Üretim Mühendisliğinde Başarılar Dergisi*, 45 (1), 89-102.
- Dündar, S., Bilim, N. ve Bilim, A. (2018). Ülkemizdeki maden sektöründe meydana gelen iş kazası ve meslek hastalıklarının analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 423-432. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.435729>
- Eren, E. R. ve Pamuk, O. (2020). Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminin Konfeksiyon Sektöründe Uygulanması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1533-1546. <https://doi.org/10.17482/uumfd.732515>
- Erginel, Y. (2015). *Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Yönetim ve Organizasyon Sorunları. Doktora tezi. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (362727).*

- Ergun, A. R. (2007). Yeraltı maden işletmelerinde gaz ve toz patlamaları ve önlemler. Uzmanlık Tezi, İş Sağlığı ve Genel Müdürlüğü.
- Ergör, O., Eser, E., Deveci, S. ve Beşer, E. (2014). Soma örneğinde; maden işkolunda iş kazalarının çok yönlü değerlendirilmesi. *Turkish Journal Of Public Health*, 12(2), 16-23. <https://doi.org/10.20518/tjph.173095>
- 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. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 48(3), 19-32.
- Ericsson, M. ve Larsson, V. (2013). Emj's annual survey of global mining investment. *Engineering and Mining Journal*, 214(1), 28-33.
- Eyüboğlu, A. K. (2018). Maden işletmelerinde kaza ve risk analizlerinin geliştirilmesi. Doktora Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (539004).
- Fa, Z., Li, X., Qiu, Z., Liu, Q. ve Zhai, Z. (2021). From correlation to causality: Path analysis of accident-causing factors in coal mines from the perspective of human, machinery, environment and management. *Resources Policy*, 73, 102157. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102157>
- Frolova, V. Dolina, O. ve Shpilkina, T. (2019). Maden işletmelerinde yatırım riski yönetimi. 4. Uluslararası Yenilikçi Madencilik Sempozyumu, 1-6 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910501054>
- Fu, G., Zhao, Z., Hao, C. ve Wu, Q. (2019). The accident path of coal mine gas explosion based on 24Model: a case study of the Ruizhiyuan gas explosion accident. *Processes*, 7(2), 73 <https://doi.org/10.3390/pr7020073>
- Franceschini, F. ve Galetto, M. (2001). FMEA'daki başarısızlık modlarının risk önceliklerinin değerlendirilmesi için yeni bir yaklaşım. *Uluslararası Üretim Araştırmaları Dergisi*, 39 (13), 2991-3002. <https://doi.org/10.1080/00207540110056162>
- Games, R. G. S. ve Kanegae, H. (2020). Risk assessment and disaster preparedness of museums in Ombilin coal mining heritage of Sawahlunto, Indonesia. *Journal of Disaster Mitigation for Historical Cities*, 14 , 223-230.
- Gezgin (2018). Türkiye’de Afet Yönetimi Politikası ve Sorunları: Soma Maden Kazası Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1-24. <https://doi.org/10.3390/w12071955>
- Guthe, P. ve Haisler, K. (1986). Possibilities provided by the institute for mine safety for qualifying personnel, with or without leading positions, in the field of fire and explosion prevention. *Journal of Sicherheit*, 1-10.

- Girmanová, L., Šolc, M., Kliment, J., Divoková, A. ve Mikloš, V. (2017). Application of Six Sigma using DMAIC methodology in the process of product quality control in metallurgical operation. *Acta technologica agriculturae*, 20(4), 104-109. <https://doi.org/10.1515/ata-2017-0020>
- He, X. ve Song, L. (2012). Çin'de kömür madenciliği güvenliğinin durumu ve gelecekteki görevleri. *Güvenlik Bilimi*, 50 (4), 894-898. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.08.012>
- Hui Yin Tasai, Bao-Huey, Wang Huang, An Siou, (2008). Combining ANP And TOPSIS Concepts For Evaluation The Performance Of Property-Liability Insurance Companies, *Journal Of Social Sciences* 4 (1), 56-61.
- Hwang, Ching-Lai, ve Yoon Kwangsun. (1981). Methods for Multiple Attribute Decision Making. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 180-186. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9-3>
- Ishiwatari, M. (2014). Disaster risk management at the national level. *Routledge*, 252-271.
- Kadena, E., Koçak, S., Takács-György, K. ve Keszthelyi, A. (2022). Akıllı telefonlarda fmea: bulanık bir yaklaşım. *Matematik*, 10 (3), 513. <https://doi.org/10.3390/math10030513>
- Kadıoğlu, M. (2008). Modern, bütünleşik afet yönetimin temel ilkeleri. Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, 1- 34
- Kahraman (2009). Bir otomobil fabrikasında iş sağlığı ve güvenliği alanında HTEA (FMEA) yöntemiyle risk analizi. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (245170).
- Kodali, R. ve Chandra, S. (2001). Toplam üretken bakımın gerekçelendirilmesi için analitik hiyerarşi süreci. *Üretim Planlama ve Kontrol*, 12 (7), 695-705. <https://doi.org/10.1080/09537280010024045>
- Kutlu, A. C. ve Ekmekçioğlu, M. (2012). Fuzzy failure modes and effects analsis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.044>
- Karaahmetoğlu, A. (2019). Zonguldak/Kozlu kömür madenlerinde istihdam edilen işçilerin çalışma koşulları ve iş sağlığı güvenliği uygulamalarına yönelik bir saha çalışması. *Çalışma ve Toplum*, 3(62), 1959-1990.
- Karaahmetoğlu, A. (2019). 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu bağlamında Soma madenlerinin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi. In *Journal of*

<https://doi.org/10.26650/jspc.2019.76.0005>

Kocasoy ve Günay (2020). Soma Maden Faciası ve Yeraltı Maden Ocaklarında Alınması Gereken Önlemler, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi (KAKAD) Boğaziçi Soma Araştırma Grubu Raporu.

Koçak, D. (2019). *Bir kömür madeninde iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi için uygun yöntem seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (547263).*

Kasap, Y. ve Sırakaya, L. (2019). Bir mermer işletmesinde hata türü ve etkileri analizi uygulaması. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 1(28), 34-46.

Koruyan, K., Deliormanlı, A. H., Yalçın, E., Tecim, V. ve Karaca, Z. (2016). CBS ve UA Kullanılarak Muğla Mermer Ocaklarının Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi, 1-8.

Kumar, D. (2016). Application of modern tools and techniques for mine safety ve disaster management. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*, 97, 77-85. <https://doi.org/10.1007/s40033-015-0071-y>

Kurlenya, MV ve Skritsky, VA (2017). Kömür madenlerinin yüksek verimli bölümlerinde metan patlamaları ve çıkış nedenleri. *Madencilik Bilimi Dergisi*, 53, 861-867. <https://doi.org/10.1134/s1062739117052886>

Lüy, H. İ. (2016). *Maden ocaklarında madenciler için yer tespiti uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (430034).*

Li, T., Xie, N., Zeng, C., Zhou, W., Zheng, L., Jiang, Y., ... ve Iyengar, S. S. (2017). Data-driven techniques in disaster information management. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 50(1), 1-45.

Liu, Q., Liu, J., Gao, J., Wang, J. ve Han, J. (2020). An empirical study of early warning model on the number of coal mine accidents in China. *Safety Science*, 123, 104559. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104559>

Madsen, PM (2009). Bu hayatlar boşuna kaybolmayacak: ABD kömür madenciliğinde yaşanan felaketten örgütsel öğrenme. *Organizasyon Bilimi*, 20 (5), 861-875. <https://doi.org/10.5465/amj.2009.47085173>

Mahmoudi, H. ve javad Lesani, M. (2013). PMSM'nin model tahmini kontrolünde ağırlıklandırma faktörünün çevrimiçi bulanık ayarı. 2013 yılında 13. *İran Bulanık Sistemler Konferansı (IFSC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ifsc.2013.6675644>

- Maurer, M. ve Kesper, H. (2011). eFMEA Raising Efficiency of FMEA by Matrix-Based Function and Failure Networks”, paper presented at 3rd International Conference on Research into Design, 179-186.
- Mao, N., Song, M. ve Deng, S. (2016). Application of TOPSIS method in evaluating the effects of supply vane angle of a task/ambient air conditioning system on energy utilization and thermal comfort. *Applied Energy*, 180, 536-545. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.011>
- Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K., Khalifah, Z., Zakwan, N. ve Valipour, A. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications—a review of the literature from 2000 to 2014. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 28(1), 516-571. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>
- Markus, M., Fiedrich, F., Leebmann, J., Schweier, C. ve Steinle, E. (2004). Concept for an integrated disaster management tool. In *Proc. of the 13th World Conf. on Earthquake Engineering*, 1-13.
- Manabendra, N. Pal, Koushiki Choudhury, (2009), Exploring The Dimensionality Of Service Quality: An Application Of TOPSIS In The Indian Banking Industry, *Asia-Pacific Journal of Operational Research*. 26(1), 115- 133. <https://doi.org/10.1142/S0217595909002110>
- Mayton, AG, Porter, WL, Xu, XS, Weston, EB ve Rubenstein, EN (2018). ABD yerüstü madenlerinde/taşocaklarında çalışan nakliye kamyonlarında insan vücudu titreşim maruziyetinin nakliye kamyonu aktivitesine göre incelenmesi. *Uluslararası Endüstriyel Ergonomi Dergisi*, 64, 188-198. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.05.007>
- Musingwini, C. ve Minnitt, RCA (2008). Analitik hiyerarşi sürecini (AHP) kullanarak seçilen platin madenciliği yöntemlerinin verimliliğini sıralamak. *Üçüncü Uluslararası Platin Konferansı*, 319-326.
- Mutlu ve Sarı (2017). Çok kriterli karar verme yöntemleri ve madencilik sektöründe kullanımı. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 181-196.
- Mirzaei Aliabadi, M., Askaripoor, T. ve Aghaei, H. (2021). Investigation of the Relationship among Human Factors in Mining Accidents Using a Systematic Approach. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*, 8(2), 8-15. <https://doi.org/10.52547/johe.8.2.8>

- Narayana, N. L. (2013). Failure mode, effects and criticality analysis of load haul dump vehicles (100t) in open cast mines. *Global Journals of Research in Engineering*, 13(3), 29-33.
- Olowu, D. (2010). Hyogo Eylem Çerçevesi ve Afrika'da afet yönetimi ve azaltma üzerindeki etkileri. *JAMBA: Afet Risk Çalışmaları Dergisi*, 3 (1), 303-320.
- Özer, H., ve Karabalık, K. (2017). Yükseköğretim Tarihi İçerisinde Zonguldak Maden Tatbikat (Başçavuş) Mektebi (1937-1940). *Journal of Higher Education ve Science/Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 7(2). <https://doi.org/10.5961/jhes.2017.197>
- Özfırat, P. M. (2014). Bulanık önceliklendirme metodu ve hata türü ve etkileri analizini birleştiren yeni bir risk analizi yöntemi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 755-768. <https://doi.org/10.17341/gummfd.04423>
- Özfırat, M. K., Yetkin, M. E. ve Özfırat, P. M. (2019). Risk management for truck-LHD machine operations in underground mines using failure modes and effects analysis. *International Journal of Industrial Operations and Research*, 2(3), 1-8.
- Özmen, B., ve Özden, T. (2013). Türkiye'nin afet yönetim sistemine ilişkin eleştirel bir değerlendirme. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, (49).
- Palabıyık (2022). AHP, bulanık ahp ve tereddütlü bulanık ahp yöntemleriyle sağlık kurumları için performans göstergelerinin önceliklendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi*, (752146).
- Palka, D., Brodny, J. ve Stecuła, K. (2017). Madencilik endüstrisinin fabrikasında modern üretim araçları ve teknik personel bilinci. *CBU Uluslararası Konferans Bildirilerinde*, 5, 1190-1194. <https://doi.org/10.12955/cbup.v5.1094>
- Popović, V., Vasić, B. ve Petrović, M. (2010). FMEA yöntemi iyileştirme olasılığı ve veri yolu yaşam döngüsüne uygulanması. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 56 (3), 179-185.
- Qiu, Z., Liu, Q., Li, X., Zhang, J. ve Zhang, Y. (2021). Construction and analysis of a coal mine accident causation network based on text mining. *Process Safety and Environmental Protection*, 153, 320-328. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.07.032>
- Ranjan, A., Sahu, H. B. ve Misra, P. (2016). Wireless sensor networks: An emerging solution for underground mines. *International Journal of Applied Evolutionary*

- Reddy, A. H., Kalyan, B. ve Murthy, C. S. (2015). Mine rescue robot system—a review. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 457-462. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.045>
- Sabır, E. C., ve Bebekli, M. (2015). Hata türleri ve etkileri analizinin, HTEA, tekstil boya-terbiye işletmelerinde kullanımı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 157-163 <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.242759>
- Sağbaş, A., ve Kahraman, B. (2020). Hata türü etkileri analizi ile elektrikli ev aletleri üretiminde süreç verimliliğinin geliştirilmesi. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(2), 1-7.
- Saray, T. (2017). *Radyo dalgaları kullanarak yeraltı maden ocağında çalışan madencilerin izlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (461778).*
- Selimoğlu, S. K., Yeşilçelebi, G., ve Altunel, M. (2021). İç denetim süreçlerini iyileştirme ve risk yönetimi araçları: Yalın altı sigma ve FMEA. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 201-218. <https://doi.org/10.25095/mufad.950760>
- Shi, Y., Chen, J., Hao, J., Bi, J., Qi, M., ve Wang, X. (2019). Statistical analysis of coal mine accidents of China in 2018. In *2019 Prognostics and System Health Management Conference*, 1-6 <https://doi.org/10.1109/PHM-Qingdao46334.2019.8942991>
- Shin, D. W., Shin, Y., ve Kim, G. H. (2016). Comparison of risk assessment for a nuclear power plant construction project based on analytic hierarchy process and fuzzy analytic hierarchy process. *Journal of Building Construction and Planning Research*, 4(3), 157-171. <https://doi.org/10.4236/jbcpr.2016.43010>
- Sharma, K. D., ve Srivastava, S. (2018). Failure mode and effect analsis (FMEA) implementation: a literature review. *J Adv Res Aeronaut Space Sci*, 5(1-2), 1-17.
- Sharma, M., Joshi, S. ve Govindan, K. (2021). Döngüsel ekonomi geçişi için elektronik atık kentsel madenciliğinin sorunları ve çözümleri: Bir Hindistan bağlamı. *Çevre Yönetimi Dergisi*, 1-14 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112373>
- Shariati, S. (2014). Underground mine risk assessment by using FMEA in the presence of uncertainty. *Decision Science Letters*, 3(3), 295-304.

- Soykan, Y., Kurnaz, N. ve Kayık, M. (2014). Sağlık harcamalarında hata türü ve etki analizi ile bulaşıcı hastalık risklerinin derecelendirilmesi. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 172-183.
- Sönmez, Y., ve Unğan, M. C. (2016). Hata türü etkileri analizi ve otomotiv parçaları üretiminde bir uygulama. *İşletme Bilimi Dergisi*, 5(2), 217-245.
- Sudila, N., Elvitigala, C. S., Wijebandara, L. R., Gamage, G. S., Jayakody, J. A. R. S., ve Yapa, K. G. D. T. (2017). A IoT Proactive Disaster Management System for Mines. In *Proceedings of the 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2017)*, 1-4. <https://doi.org/10.3390/app10145018>
- Sumalatha, R., Rajasekhar, D., ve Vara Prasada Rao, R. (2018). Hand Gesture Recognition for Disaster Management Applications. In *Artificial Intelligence and Evolutionary Computations in Engineering Systems: Proceedings of ICAIECES 2017* 465-471 https://doi.org/10.1007/978-981-10-7868-2_45
- Sunarti, E., Sumarno, H., Nugraha, D. R., ve Islamia, I. (2017). Disaster Related to Mining: Causes, Impact, and Lesson Learned. *International Journal of Disaster Management*, 1(1), 1-7.
- Şahin, Ş.(209). Development of the Integrated Disaster Management in Turkey. *International Science and Engineering Applications Symposium on Hazards 2019*, 1-9.
- Şahin, M., ve Şimşek, T. (2021).Türk Madencilik Sektöründe Yabancı Uzman İstihdamı (1935-1980). *Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 7(2), 307-326. <https://doi.org/10.46849/guiibd.938908>
- Şalap, S., Karşlıoğlu, M. O., ve Demirel, N. (2009). Development of a GIS-based monitoring and management system for underground coal mining safety. *International Journal of Coal Geology*, 80(2), 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2009.08.008>
- Şekerci, A. Z., ve Yazıcıoğlu, O. (2019). ahp yöntemi ile tedarikçi seçimi: gıda sektöründe bir uygulama. *Al Farabi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 23-41.
- Taşdemir, İ. (2020). Afet Yönetimi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri. CBS ve Emlak Daire Başkanlığı, 1-76.
- Tayyar, N., ve Şimşek, F. (2011). İşletmelerde Etkinlik ve Performans Değerlendirmede AHP ve TOPSIS Analizlerinin Kullanımı: Çimento Sektöründe Bir

- Uygulama. *Pamukkale University Department Of Econometrics*, May, 26(29), 311-324.
- Tazi, N., Châtelet, E., Ve Bouzidi, Y. (2017). Using a hybrid cost-FMEA analysis for wind turbine reliability analysis. *Energies*, 10(3), 276. <https://doi.org/10.3390/en10030276>
- Triana, Y. S., ve Pangabea, R. A. M. (2021). Risk analysis in the application of financore information systems using FMEA method. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1751, No. 1, p. 012032). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012032>
- Turgut, Zn, Danişan, T., Ve Tamer, Eren (2020). Spor yapanlar için en uygun akıllı saatin AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile seçimi. *Uluslararası Beden Eğitimi Spor ve Teknolojileri Dergisi*, 1 (2), 1-11.
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2022). 2022 yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı.*
- Urfalıoğlu, F., ve Tüter, K. (2015). Analitik hiyerarşi yöntemi ile müşteri memnuniyeti açısından uygun granitin seçimi üzerine bir uygulama. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 37(1), 233-260. <https://doi.org/10.14780/iibd.13427>
- Uzunçibuk, L. (2005). Yerleşim yerlerinde afet ve risk yönetimi. Doktora Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (187060).
- Varol, N., ve Kaya, Ç. M. (2018). Afet risk yönetiminde transdisipliner yaklaşım. *Afet ve Risk Dergisi*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/10.35341/afet.418307>
- Vanek, M., Fidalgo Valverde, G., Cerny, I., ve Hudecek, V. (2020). Coal handling operational risk management: Stripped overburden transport in brown coal open pit mines. *Acta Montanistica Slovaca*. <https://doi.org/10.46544/AMS.v25i2.4>
- Volkov, AF (2022). habarovsk bölgesinde maden sektörüne yönelik nitelikli personel eğitim sistemi. *Bölgesel Sorunlar* , 25 (3), 101-105.
- Vostrikov, AV, Prokofeva, EN, Goncharenko, SN ve Griбанov, IV (2019). Modern madencilik endüstrisi için analitik modelleme. *Avrasya Madenciliği* , 2 (32),30-35. <https://doi.org/10.17580/em.2019.02.07>.

- Wu, X., & Wu, J. (2021). The risk priority number evaluation of FMEA analysis based on random uncertainty and fuzzy uncertainty. *Complexity*, 2021, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2021/8817667>
- Yaşar, S., Serkan, İnal, Yaşar, Ö., ve Serkan. (2015). Geçmişten günümüze büyük maden kazaları. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 54(2), 33-43.
- Yaşar, S., İnal, S., Yaşar, Ö., ve Kaya, S. (2015). Türkiye’de meydana gelen maden kazalarının istatistiksel olarak incelenmesi. *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 21-22.
- Yaşar ve Öcal (2018). 19. Yüzyılda Osmanlı Madencilik Sektörünün Sorunları. *OTAM Ankara Üniversitesi Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, (44), 189-220.
- Yılmaz, B. S. (2000). Hata türü ve etki analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(4).
- Yıldırım, A. (2014). Belediyelerin Sosyal Politika Uygulamaları Üzerine Bir Değerlendirme: Malatya Belediyesi Örneği. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (17), 485-509. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.742>
- Yusof, M. B., ve Abdullah, N. H. B. (2016). Failure mode and effect analsis (FMEA) of butterfly valve in oil and gas industry. *J. Eng. Sci. Technol*, 11(9), 9-19.
- Zahir, M. S. (1991). Incorporating the uncertainty of decision judgements in the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 53(2), 206-216. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90135-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90135-I)
- Zavadskas, EK, Turskis, Z. ve Tamošaitiene, J. (2010). İnşaat projelerinin risk değerlendirmesi. *İnşaat mühendisliği ve yönetimi dergisi*, 16 (1), 33-46. <https://doi.org/10.3846/jcem.2010.03>
- Zhernov, E. ve Nekhoda, EV (2017). Maden bölgesinin sürdürülebilir kalkınması için yüksek nitelikli personelin eğitime yönelik bölgesel matris yaklaşımı. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172104005>
- Zhu, Z., Wu, Y. ve Han, J. (2022). Analitik hiyerarşi sürecine ve bulanık kapsamlı değerlendirmeye dayalı bir kömür patlaması tahmin yöntemi. *Yer Bilimlerinden Sınırlar*, 9, 1424. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.834958>
- Xu, Z. (2014). *Tereddütlü bulanık kümeler teorisi* (Cilt 314).

ÖZGEÇMİŞ

Ebru GÜLEÇ, 2015 yılında girdiği Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü'nden ve 2018 yılında başladığı Çift Ana Dal Programı ile Sağlık Bilimleri Fakültesi Sağlık Yönetimi Bölümünden 2020 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Afet Yönetimi Tezli Yüksek Lisans programına hak kazanmıştır. 2022 yılında Polis Akademisine girmeye hak kazanmıştır. 2023 yılından itibaren Muğla ilinde Polis Memuru olarak görev yapmaktadır.

