

## Sivil Patlayıcı Maddeler ile Çalışmalarda Riskler ve Risklerin Değerlendirilmesi: Bir Yeraltı Maden İşletmesi Örneği

### Risks And Risk Assessment in Working With Civilian Explosives: An Underground Mining Example

Mete KUN , Özge GÜLER 

#### ÖZET

Maden sektöründe ürün elde etmede sıklıkla tercih edilen bir yöntem haline gelen sivil patlayıcı maddeler ile çalışmalarda birçok tehlike bulunmaktadır. İlgili yönetmelik ve tüzükte yer alan maddeler ile birlikte uygulamada dikkat edilmesi gereken hususların takip edilmesi gerekmektedir. Patlayıcı maddeler yönetmelikte belirtilen şekilde taşınmalı ve standartlarda uygun şekilde muhafaza edilmelidir. Bu çalışmada patlayıcı madde taşıyan aracın işletmeye kabulünden başlayarak hurda patlayıcıların imhasına kadar olan sürecin tamamı incelenerek muhtemel tehlikeler ve bu tehlikelerin neden olacağı riskler belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda patlayıcı madde ile çalışılan bir yeraltı maden işletmesi ele alınarak Fine Kinney risk analiz yöntemi ile riskler değerlendirilmiştir. Çalışmada risklerin tespit edilip minimize edilmesini sağlayacak proaktif çözümlerin sunulması amaçlanmıştır. Sivil patlayıcı maddelerle çalışmalarda kimyasal, fiziksel, mekanik ve ergonomik konular hakkında tespitler yapılarak proaktif öneriler sunulmuştur. Sivil patlayıcı maddeler ile çalışmalarda yer alan risklerin genel değerlendirilmesine de ayrıca yer verilmiştir. Risk değerlendirmesi sonucunda 21 tolere gösterilemez risk, 29 esaslı risk, 55 önemli risk, 16 olası risk tespit edilmiştir. Düzeltici önleyici faaliyetler sonucunda mevcut risklerin 40 olası risk ve 81 kabul edilebilir risk seviyesine geldiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sivil patlayıcı maddeler, Yeraltı Maden İşletmeciliği, Risk Değerlendirmesi, Fine Kinney

#### ABSTRACT

There are many dangers in working with civilian explosives, which have become a frequently preferred method in obtaining products in the mining industry. It is necessary to follow the articles in the relevant regulation and statute as well as the points that need to be taken into consideration in practice. Explosive materials must be transported as specified in the regulation and stored in accordance with the standards. In this study, the entire process, starting from the commissioning of the vehicle carrying explosives until the destruction of scrap explosives, was examined and possible hazards and the risks caused by these hazards were determined. For this purpose, an underground mining operation working with explosives was considered and the risks were evaluated using the Fine Kinney risk analysis method. The aim of the study is to present proactive solutions that will identify and minimize risks. In working with civilian explosives, determinations were made about chemical, physical, mechanical and ergonomic issues and proactive suggestions were presented. A general evaluation of the risks involved in working with civilian explosives is also included. As a result of the risk assessment, 21 intolerable risks, 29 essential risks, 55 significant risks and 16 possible risks were identified. As a result of corrective and preventive actions, it was observed that the existing risks reached 40 possible risks and 81 acceptable risks.

**Keywords:** Civilian explosives, Underground mining, Risk assessment, Fine Kinney

Mete KUN | [mete.kun@deu.edu.tr](mailto:mete.kun@deu.edu.tr)

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir, Türkiye  
Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, İzmir, Turkey

Özge GÜLER | [guler.ozge@ogr.deu.edu.tr](mailto:guler.ozge@ogr.deu.edu.tr) | Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye  
Dokuz Eylül University, Institute of Science, İzmir, Turkey

Received/Geliş Tarihi : 15.11.2023  
Accepted/Kabul Tarihi: 08.01.2024

Bu çalışma Doç.Dr.Mete KUN danışmanlığında Özge GÜLER tarafından yazılmakta olan "SİVİL PATLAYICI MADDELERLE ÇALIŞMALARDA RİSKLER VE RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ." başlıklı yüksek lisans tezi çalışmasından türetilmiştir.

## I. GİRİŞ

Patlayıcı maddeler ile çalışmalarda kısa süre içerisinde verim alınabildiğinden dolayı, madencilik, petrol ve enerji sektörü, tarım ve ormancılık, inşaat projeleri, yıkım, üretim ve sismik arama faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Günümüzde bina yıkımlarında ve maden üretiminde patlayıcı madde kullanımının arttığı görülmektedir [1,2]

Patlayıcı madde, bir veya daha çok kimyasal maddeden oluşan; katı-sıvı veya gaz halde bulunan kimyasal maddeler olarak tanımlanabilmektedir. Patlayıcı maddeler kullanım amacına göre askeri ve sivil patlayıcılar olarak iki sınıfta incelenebilmektedir. Sivil patlayıcı maddeler, ANFO, emülsiyon ve bulamaç (slurry) patlayıcılar olarak üç ayrı sınıfta incelenebilmektedir [3-6]

ANFO, ağırlıkça %5,7 fuel oil ve %94,3 amonyum nitrat içeren homojen bir karışımdır. Poroz granül halinde üretilen ve yemlemeye duyarlı patlayıcı maddelerdir. Sür-tünme ve darbelere karşı dayanıklı olmasına karşın suya karşı direnci düşüktür. Kuru ve nem oranı düşük alanlarda dinamit ile birlikte kullanılabilir [2,3,5,7,8]

Sulu ortamlarda kullanılabilen Slurry patlayıcı maddeler ise amonyum nitratın TNT, Alüminyum veya Metalamin Nitrat gibi organik bileşikler ile duyarlı hale getirilen bir karışımdır. Yemlemeye duyarlı patlayıcı maddelerdir [2,3,7].

Amonyum nitrat bazlı patlayıcıların suya dayanıklı olmasını sağlamak amacıyla geliştirilen emülsiyon patlayıcılar, amonyum nitrat çözeltisinin yağ veya mazot içerisinde katkı maddeleri ile emülsiyon haline getirilmesiyle oluşan bir karışımdır [2,3,7].

Dinamitler içerisinde değişen oranlarda nitrogliserin, nitrogliserin, nitroselüloz, oksitleyici tuzlar, katkı maddeleri ve yakıcı maddeler içeren karışımlardır. Kapsüle duyarlı

patlayıcı maddelerdir. Yemlemeye duyarlı patlayıcı maddeler için yem olarak kullanılabilir [1-3, 5,6]

Sivil patlayıcı maddelerin ana maddeleri amonyum nitrat veya nitrogliserindir. Patlayıcı maddelerde yakıt, oksitleyici madde, hassaslaştırıcı ve diğer yardımcı maddeler değişen oranlarda bulunmaktadır. Bu oranlar patlayıcı maddenin performans ve karakteristik özelliklerini etkilemektedir. Yoğunluk, duyarlılık, suya ve dona direnç, oksijen dengesi, kimyasal stabilite, patlatma hızı ve basıncı, enerji, duman/gaz ve patlayıcı maddenin gücü gibi özelliklerin değişikliği patlayıcı maddenin kullanım alanını, depolanmasını, çalışmanın verimliliği ve etkinliğini değiştirmektedir [2,3,6,9,10]

Günümüzde sivil amaçlı kullanılan patlayıcıların büyük bir kısmı, amonyum nitrat esaslıdır. Amonyum nitrat esaslı patlayıcı maddeler, nitrogliserin esaslı patlayıcı maddelere kıyaslandığında daha stabil olmakla birlikte, nitrogliserin esaslı patlayıcıların insan üzerindeki bağ ağrısı vb. etkileri daha azdır [1-3,5,6].

İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yönetmelik, tüzük ve tebliğler ile gerekli hususlar ve önleyici tedbirler resmî gazete de yayımlanmıştır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 4.maddesinde işverenin, çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlama, risk değerlendirmesi yapma veya yaptırma, risklerin önlenmesi için her türlü tedbirin alınmasını sağlama, eğitim ve bilgi verilmesi, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapılması gibi genel yükümlülükler yer almaktadır [11]. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği yönetmeliğine dayanarak hazırlanan 18.06.2013 tarihli ve 28681 sayılı İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğe uygun olarak acil durum planı hazırlanması, acil durum ekiplerinin belirlenmesi ve tatbikatlar düzenlenmesi gerekmektedir [12]. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Gü-

venliği Kanununun 30.maddesinde belirtilen, yeraltı maden işyerlerinde kurulacak sığınma odalarına ilişkin usul ve esasları belirlemek amacı ile 08.04.2017 tarihinde 30032 sayılı Yeraltı Maden İşyerlerinde Kurulacak Sığınma Odaları Hakkında Tebliğ yayınlanmıştır. Bu tebliğde sığınma odalarının teknik özellikleri, kontrol ve bakımı hakkında bilgilere yer verilmiştir. Sığınma odalarının ilgili tebliğindeki şartlara uygun kurulması gerekmektedir [13]. Bununla birlikte Resmî gazetede 19.09.2013 tarihinde yayınlanan 28770 sayılı Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde sondajla maden çıkarılan işlerin yapıldığı işyerleri ile yeraltı ve yerüstü maden işlerinin yapıldığı işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gereken asgari şartlar belirtilmektedir. İlgili yönetmeliğin Ek-1 madde 6'da ateşleyicinin görevi ile birlikte patlatma öncesi ve sonrası dikkat edilmesi gereken hususlardan bahsedilmektedir[14]. 29.09.1987 tarihli ve 19589 sayılı Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle Av Malzemesi ve Benzerlerinin Üretimi, İthalı, Taşınması, Saklanması, Depolanması, Satışı, Kullanılması, Yok Edilmesi, Denetlenmesi Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük dikkate alınarak çalışmalar yürütülmelidir [15]. İlgili tüzük on kısımdan ve toplam 130 maddeden oluşmaktadır. Bu tüzüğün altıncı kısmında ilgili patlayıcı maddelerin taşınması sırasında dikkat edilmesi gereken güvenlik önlemlerinden bahsedilmiştir. Madde 53'te taşıma izin belgesi alınmasının zorunlu olduğu bildirilmiştir. Madde 57'de birlikte taşıma yasağından, dinamitler, barutlar ve kapsüller aynı taşıtta bir yerde ve birarada taşınmayacağından, bahsedilmektedir. Madde 60'a göre patlayıcı maddelerin karayolunda taşınmasında ambalajların darbe, sürtünme ve çarpmalara karşı korunması için önlemler alınması gerekmektedir. Madde 65'e göre patlayıcı madde taşıyan araçlarda her an çalışır durumda en az iki adet yangın söndürme tüpü bulundurulması zorunludur. Patlayıcı madde taşıyacak taşıtların ön ve

arkasına, her iki taraftan görünecek biçimde flamalar asılması, ön, arka ve yanlarına da "PATLAYICI MADDE" sözcükleri yazılı levhalar konulması zorunlu olduğu madde 67'de yer almaktadır. Yedinci kısımda depolama ve güvenlik önlemlerinden bahsedilmektedir. Madde 86'da depo sınırları üzerine, "TEHLİKELİ BÖLGEDİR. GİRİLMEZ" levhalarının konulması zorunlu olduğu yer almaktadır. Bununla birlikte depo içinde uygun yerlere çalışma ve güvenlik yönergeleri asılmalıdır. Stok istifleri sıra başlarına, patlayıcı maddenin, adı, cinsi ve miktarıyla üretim ve depoya giriş tarihlerini gösteren levhalar asılmalıdır. Madde 87'de istif yüksekliğinin 1,60 metreyi geçmemesi gerektiği belirtilmektedir. Dinamitler, nitrogliserin, nitroselüloz, barutlar, kapsüller, av fişekleri ve piroteknik mamuller kesinlikle bir arada veya başka maddelerle birlikte depolanmayacağı madde 88'de yer almaktadır. Ancak, amonyum nitrat ile dinamit, kapsül ile fitil aynı bölümde ayrı yerlere konabilir. Patlayıcı madde depolarının teknik özellikleri madde 99-102 arasında yer almaktadır. Madde 99'un b bendinde yeraltı depolarının su girmemesi ve nem almaması için önlemler alınması gerektiği belirtilmektedir. Bununla birlikte depo sıcaklığının 25 dereceyi geçmesini önleyecek havalandırma düzeni yapılmalıdır. Tüzüğün sekizinci kısmında satış ve satın alma işlemleri, alınması gereken izin belgeleri ile ilgili detaylar yer almaktadır. Dokuzuncu kısmında kullanma ve güvenlik önlemleri, ateşleyici yeterlilik belgesi, ateşlemede güvenlik önlemleri hakkında bilgiler yer almaktadır. Onuncu kısmında ise devir izni ve yasağı, yıllık bildirim zorunluluğu, kazaların bildirim zorunluluğu, idari ve adli işlemler gibi çeşitli hükümler yer almaktadır[15]

Literatürde sivil patlayıcı maddeler ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, sivil patlayıcıların karakteristik özelliklerinden, içeriğinden, avantajlarından ve kullanım alanlarından bahsedildiği görülmektedir [1,2,4-7,9,10].

Patlatma sonrası taş savrulması, hava şoku, gürültü, titreşim ve toz emülsiyonları gibi patlatmanın çevresel etkileri ve bu etkilere karşı alınması gereken önlemlerle ilgili çalışmalar olduğu görülmektedir [1,2,4,6,9,13]. Delme patlatma işleminde risklerin çeşitli yöntemler ile analizini ve dikkat edilmesi gereken hususların da yer aldığı çalışmalar mevcuttur [2,17–19]. Yeraltı madencilğinde risk analizi yapılan çalışmalara bakıldığında delme patlatma işlemlerindeki risklere, patlatmanın çevresel etkilerine ve personellerin bilgi eksikliğine sıklıkla değinildiği görülmüştür [18,20–22]. Janjuhah ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada personellerin güvenli çalışma uygulamaları hakkında eğitim alması gerektiği sonucuna varılmıştır [20]. Benzer şekilde Toderas tarafından yapılan çalışmada personellerin eğitiminin önemi ile birlikte ekipman ve yöntemlerin etkinliğinin kontrolünün öneminden bahsedilmektedir [21]. Dizlek ve Yıldız tarafından yapılan anket sonucunda personellerin çalıştıkları ortam ve işin tehlikeleri hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları görülmüştür [23]. İş güvenliğinin sağlanabilmesi için ortama, kaynağa ve kişiye yönelik koruma tedbirleri alınmalıdır.

Madenlerde kazalara, yaralanmalara, meslek hastalıklarına, sağlık problemlerine ve ölümlere neden olabilecek çeşitli riskler mevcuttur. Madencilik faaliyetlerinde meydana gelen kazaların birçoğunun grizu, metan deşajı, şev kayması, kavlak düşmesi, ocak yangını, yangın ve su baskınları gibi nedenlere dayandığı belirtilmiştir [19, 23–25]. Risklerin özen ve dikkat ile zamanında tespit edilip önleyici faaliyetlerin ivedilikle alınması gerektiği açıkça görülmektedir. İş kazaları ve yaralanmaların nedeni ise önleyici faaliyetlerin etkinliği haricinde iş güvenliği kültürü olmaması ile ilişkilendirilmiştir. Eğitim ve ödül-ceza sisteminin güvenlik kültürüne katkı sağladığı görülmüştür. İş sağlığı ve güvenliği politikalarının geliştirilmesi gerektiği gibi işçi eğitimine ve öğretimine yer verilmelidir [20–25].

Literatüre bakıldığında benzer çalışmaların yer aldığı görülmekle birlikte çalışmaların çoğu delme-patlatma işlemlerini içermektedir. Bu çalışmada sivil patlayıcı maddeler ile çalışmalardaki tüm basamaklar risk değerlendirilmesinde ele alınmıştır. Ayrıca bu risklerin önlenmesi için proaktif çözümlerden bahsedilmiştir. Bu bağlamda bu araştırma literatüre sivil patlayıcı maddelerle çalışmalardaki riskler konusunda iş sağlığı ve güvenliği açısından kapsamlı bir araştırma ve uygulama örneğiyle katkı sağlayacaktır.

## II. YÖNTEM

Çalışma kapsamında, patlayıcı madde ile üretim yapan bir yeraltı bakır maden sahası ele alınmıştır. İşletmenin iş sağlığı ve güvenliği prosedürü hali hazırda yasal düzenlemelere göre bulunmaktadır. Her çalışmaya uygun talimatlar bulunmaktadır. İşletme talimatlarına uygun şekilde çalışma yapılması gerekmektedir. Yetkili kişiler, her çalışma basamağını kontrol etmekte ve yazılı onay vermeden çalışma yapılmamaktadır. Sivil patlayıcı madde kullanılarak üretim yapan bu işletmede öncelikle patlayıcının işletmeye girişte kontrolü yapılması gerekmektedir. Tedarikçi işletmeye girişte bekleme yapacağı alana geçtiğinde araç kontrol formu doldurulur, patlayıcı maddelerin gözle kontrolü yapılır. Yeraltına güvenli giriş prosedürü takip edilerek patlayıcı madde taşıyan aracın patlayıcı deposuna girişi sağlanır. Araçtan depoya malzemenin nakli gerçekleştirilir. Depo sorumlusu tarafından depoya giriş-çıkış yapan kişilerin listesi, giriş-çıkış yapılan malzemelerin listesi gibi önemli bilgiler noter onaylı defterlere kaydı tutulur. Patlatma işlemi için ilk olarak çalışma yapılacak alanın kontrolleri yapılır, delik delme çalışması için haritacılar tarafından noktalar belirlenir. Jumbo adı verilen makine ile belirtilen noktalara delikler açılır. Ayna veya kataraları dolumunda kullanılan ANFO şarj kamyonuna depodan malzeme yüklenir. Çalışma yapılacak alanın kontrolü yapılır, firmanın talimatları

na uygun olarak çalışmaya başlanır. Deliklere patlayıcı sarjı, sıkılması ve bağlantıları yapılır. Ateşleme talimatı takip edilerek yeraltı boşaltıldığından emin olduktan sonra ateşleme bağlantısı yapılarak patlatma işlemi gerçekleştirilir. Patlatma sonrası açığa çıkan gazların konsantrasyonu takip edilir, gaz ölçümleri sonucu yeraltına giriş güvenli olduğu bildirilene kadar giriş yapmak yasaktır.

Bu çalışmada patlayıcı madde aracının işletmeye girişi, aracın bekleme alanı, aracın kontrolü, aracın eskort eşliğinde yer altına indirilmesi, patlayıcı madde deposu, patlayıcı maddelerin araçtan depoya indirilmesi, patlayıcı maddelerin depolanması, patlayıcı maddelerin depodan kullanıma taşınması, patlayıcı maddelerin dolumu, patlatma prosedürünün uygulanması ve patlatma sonrası yeraltına giriş olmak üzere tüm basamaklar gözlemlenmiştir. Sivil patlayıcı maddelerle çalışmalarda tehlikeler ve riskler belirlenmiştir.

İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar, risk değerlendirme olarak tanımlanmaktadır [11]. Risk değerlendirme yöntemleri kalitatif ve kantitatif yöntemler olarak iki sınıfa ayrılabilir. Kalitatif yöntemler sözel ifadeler ile riskleri tanımlanmasına dayanmaktadır. Kantitatif yöntemler ise olasılık, şiddet, frekans gibi parametrelerin mantıksal yöntemler ile sayısal olarak hesaplanmasına ve derecelendirilmesine dayanmaktadır. Risklerin önceliklendirilmesi ve düzeltici önleyici faaliyetlerin koordinasyonunun yapılması bakımından kantitatif yöntemlerin tercih edilmesi daha pratik olmaktadır. Risk değerlendirme yöntemlerinde farklı parametreler ve skalalar kullanılması sonuçlarda farklılık gözükmesine neden olmaktadır. Puanlandırmada analizi yapan uzmanın yorumlamasına göre değişiklikler görülebilir.

mektedir [27,28]. Risk değerlendirme yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Fine Kinney yöntemi, frekans faktörünün ele alınması ile hangi işlemlere öncelik verilmesi gerektiğinin tespitinde pratiklik sağladığından dolayı tercih edilmiştir. Kinney G.F. ve Wiruth A.D, 1976 yılında düzenlemiş oldukları "Pratik Risk Analizi Güvenlik Yönetimi" adlı çalışmada Fine Kinney yönteminin hesaplamaları ve skalaları yer almaktadır [29].

Fine-Kinney metodu olasılık, şiddet ve frekans parametrelerinden oluşmaktadır. Frekans, tehlikeye maruz kalma sıklığını; olasılık, riskin meydana gelebilme ihtimalini ve şiddet, riskin meydana gelmesi halinde hasarın büyüklüğünü ifade etmektedir [29]. Riskin meydana gelebilme ihtimaline karşılık gelen olasılık değerleri tablo 1'de gösterilmiştir. Riskin meydana geldiğindeki hasarın büyüklüğüne denk gelen risk değeri tablo 2' de gösterilmiştir. Tablo 3'de ise tehlikeye maruz kalma sıklığına karşılık gelen frekans değerini göstermektedir. Bu üç parametrenin çarpılması sonucu hesaplanan risk puanı, tablo 4'de karşılık gelen sonuca göre değerlendirilmektedir.

$$RISK = O * \text{Ş} * F$$

O: Olasılık

Ş: Şiddet

F: Frekans

Tablo 1: Olasılık Değeri [29]

Olasılık (O)	Olasılık Değeri
Beklenir, kesin	10
Oldukça mümkün/yüksek	6
Seyrek ama olası	3
Düşük olasılık ama mümkün	1
Beklenmez fakat mümkün	0.5
Beklenmez	0.2

Tablo 2: Şiddet Değeri [29]

Şiddet (S)	Şiddet Değeri
Birden fazla ölümlü kaza (çevresel felaket)	100
Öldürücü kaza (ciddi çevresel kaza)	40
Kalıcı hasar/yaralanma, iş kaybı (çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikayet)	15
Önemli hasar/yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı (arazi sınırları dışında çevresel zarar)	7
Küçük hasar/yaralanma, dahili ilk yardım (arazi içinde sınırlı çevresel zarar)	3
Ucuz atlatma (çevresel zararı yok)	1

Tablo 3: Frekans Değeri [29]

Frekans (F)	Frekans Değeri
Sürekli	10
Sık (Günde 1 defa)	6
Ara sıra (Haftada 1 defa)	3
Sık değil (Ayda 1 defa)	2
Seyrek (Yılda birkaç defa)	1
Çok seyrek (Yılda 1 veya daha seyrek)	0.5

Tablo 4: Risk Değerlendirme Sonucu[29]

Risk Değeri	Risk Değerlendirme Sonucu
400 < R	Tolerans Gösterilemez Risk, hemen gerekli önlemler alınmalı veya tesis/bina/çevrenin kapatılması düşünülmelidir.
200 < R < 400	Esaslı Risk, kısa dönemde iyileştirilmelidir. (birkaç ay içinde)
70 < R < 200	Önemli Risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir. (yıl içinde)
20 < R < 70	Olası Risk, gözetim altında uygulanmalıdır.
R < 20	Önemsiz Risk, önlem öncelikli değildir.

### III. BULGULAR

Çok tehlikeli iş sınıfına giren maden işyerlerinde yaşanan iş kazaları sıklıkla görülmektedir. İş güvenliği konusunda farkındalık gün geçtikçe artmakta ve güvenlik kültürü bilinci oluşturulması için çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Alınacak önlemler ile birlikte riskin olasılık ve şiddetinin büyüklüğü minimize edilebilir. İş kazası yaşanma ihtimali düşürülebilir.

Patlayıcı taşıyan aracın işletmeye girişi ve kabulünden hurda imhaya kadar olan tüm basamaklar ve acil durum alanlarında risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Puanlar belirlenirken şiddet, daha önce meydana gelen kazaların büyüklüğüne göre tahmin edilmektedir. Frekans, tehlikeye maruz kalma sıklığına yani işin yapılma sıklığına göre belirlenmektedir. Olasılık ise güvenlik önlemleri alınmadan çalışma yapılırken riskin meydana gelme ihtimaline göre değerlendirilmektedir.

Örneğin; patlayıcı madde taşıyan aracın bekleme alanında ateş hattının belirtilmediği tespit edilmiştir. Bu tehlike uzuv sıkışmaları ve yaralanmalara neden olabilmektedir. Bu işi ayda 1 defa yapıldığından frekans 2 olarak seçilmiştir. Risk meydana geldiğinde yaralanma ve iş kaybına neden olabileceğinden şiddet 15 olarak seçilmiştir. Riskin olma olasılığı oldukça mümkün olduğundan olasılık değeri 6 olarak seçilmiştir. Sonuç olarak risk değeri verilen değerlerin çarpımı ile 100 olarak hesaplanmıştır. Mevcut risk puanı 100 olan durum, aracın duracağı alan ve hidrolik rampanın açılımının izdüşümü yerde belirtilmesi, personellerin rampa açılmadan aracın yakınında bulunmaması gibi düzeltici önleyici faaliyetler ile risk puanı 15 seviyesine düşerek kabul edilebilir risk haline gelmiştir. Yeraltı maden işletmesinde yapılan risk değerlendirmesinin belirlenen alanlarındaki ölçümlerden bazıları tablo 5’de verilmiştir.

### IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde gerek yeraltı kazılarında gerekse cevher üretiminde sivil patlayıcı maddelerin kullanımı kaçınılmaz bir hal almıştır. Bu kapsamda yeraltı maden işletmelerinde sivil patlayıcı maddeler ile çalışmada ele alınabilecek bölümlerin tamamı bu çalışma içinde gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında yasa, yönetmelik ve tüzüklerin yanı sıra, işletmelerde gözlenen, fiili olarak tespit edilen durum ve önleyici bazı etmenler aşağıda sırası ile açıklanmaktadır.

Tablo 5: Yeraltı maden işletmesinde bazı risklerin değerlendirme ölçümleri

NO	Faaliyet ve Alanı	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Frekans	Risk Değeri	Düzeltilici Önleyici Faaliyet	Olasılık	Şiddet	Frekans	DÖF Sonrası Risk Değeri
1	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Patlayıcı madde taşıyan aracın yağ istasyonunda bekleme yapılması	Yangın ve patlama, Olası patlama etkisinin büyüklüğünün artması.	6	100	1	600	Araç ve personel girişine kapalı, yanıcı ve patlayıcı maddelerin bulunmadığı ayrı bir yerde bekleme alanı belirlenmelidir.	1	100	0,5	50
2	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Ateş hattının belirlenmemiş olması (araç ve rampa)	Uzuv sıkışmaları, yaralanma.	6	15	2	180	Aracın duracağı alan ve hidrolik rampa açılımının izdüşümü yerde çizilmelidir.	1	15	1	15
3	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Aracın önden bakıldığında patlayıcı madde taşıdığı belli olmaması	Kaza, patlama.	1	100	1	100	İlgili tüzük ve ADR ye göre patlayıcı madde taşıyan aracın ön tarafında turuncu renkli levha bulunması gerekmektedir. Araç güneydoğuya gittiği için güvenlik gereği levha çıkartılabilmektedir.	0,5	100	0,5	25
4	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Aracın önden bakıldığında patlayıcı madde taşıdığı belli olmaması	Kaza, patlama.	1	100	1	100	Patlayıcı madde taşıyan aracın ön, arka ve yanlarında patlayıcı madde taşıdığı belirten boyu 20, çizgi kalınlığı 2.5 cm'den az olmayan beyaz renkli harflerle, kırmızı Zemin üzerine "PATLAYICI MADDE" sözcükleri yazılı levhaların bulunması gerekmektedir. (tüzük madde 68)	0,5	100	0,5	25
5	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Aracın hidrolik yük rampasında güvenlik kilidi bulunmaması	Uzuv sıkışmaları, yaralanma, sakatlanma.	3	15	2	90	Pnömatik ya da mekanik kilit sistemi bulunmalıdır.	1	15	1	15
6	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Hidrolik liftin kapasitesinden fazla yük indirilmesi-bindirilmesi	Uzuv sıkışmaları, yaralanma, sakatlanma.	10	15	2	300	Hidrolik liftin max taşıma kapasitesi araç üzerinde etiket ile yapılandırılmalıdır.	1	15	1	15
7	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Hidrolik sistemde arıza, aşırı yüklenme olması	Uzuv sıkışmaları, yaralanma, sakatlanma	6	15	2	180	Basınç kontrol valfi bulunmalıdır.	1	15	1	15
8	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	Aracın fren sisteminin arızalı olması, aracın park halinde kayması	Uzuv sıkışmaları, yaralanma, sakatlanma, ölüm.	1	40	2	80	Aracın periyodik kontrollerinin yapılması, park edilen araç takoz ile sağlama alınmalıdır.	0,5	40	0,5	10

Tablo 5: Yeraltı maden işletmesinde bazı risklerin değerlendirme ölçümleri (devamı)

NO	Faaliyet ve Alanı	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Frekans	Risk Değeri	Düzeltilici Önleyici Faaliyet	Olasılık	Şiddet	Frekans	DÖF Sonrası Risk Değeri
9	Patlayıcı Madde Taşıyan Aracın İşletmeye Girişi ve Kabulü	İşletme içinde aşırı hız yapmak	Aşırı hız sonucu personellere, iş makinalarına veya galeri cidarına çarpması sonucu yaralanmalar, ölüm.	1	100	1	100	Yerüstü ve yeraltında hız limit levhaları asılmalı ve personele eğitim verilmelidir.	0,5	100	0,5	25
10	Patlayıcı Madde Deposu	Yangın tüplerinin yerlerinin belirtilmemesi	Olası yangına müdahale edememe sonucu yaralanma, zehirlenme.	3	40	1	120	Otomatik yangın söndürme sistemi ve yangın söndürme tüpleri deponun belirli bölümlerinde bulunmakta ve periyodik kontrolleri yapılmaktadır, üzerinde kontrol etiketleri bulunmaktadır. Ancak yerleri belirtilmeyen tüpler mevcuttur.	0,5	40	0,5	10
11	Patlayıcı Madde Deposu	Su sızıntısı	Patlayıcı maddelerin bozulması.	3	15	2	90	Tavanların su geçirmez olması sağlanmalıdır	1	15	1	15
12	Patlayıcı Madde Deposu	Depo girişine kamyon vb iş makinasının park etmesi	Olası acil durumda depodan çıkışı engellediğinden yaralanma, sakatlanma, zehirlenme, ölüm.	1	100	1	100	Depo girişine park edilmesi yasaktr tabelası asılmalı ve personellere eğitim verilmelidir.	0,5	100	0,5	25
13	Patlayıcı Taşıyan Araçtan Depoya Malzemenin Nakli	Ateş hattının belirlenmemiş olması (araç yolu ve rampa alanı)	Uzuv sıkışmaları, yaralanma.	3	15	2	90	Aracın duracağı alan ve hidrolik rampa açılımının izdüşümü yerde çizilmelidir.	1	15	1	15
14	Patlayıcı Taşıyan Araçtan Depoya Malzemenin Nakli	Elle taşımada fazla yük kaldırılması	Yaralanma, sakatlanma, fıtık oluşumu.	6	15	2	180	Elle taşıma yapılırken bir personelin taşıyabileceği max ağırlık 25 kg'dır. Bel destekli kemer kullanılabilir. Yük taşıma araçlarından veya yardımcı personelden destek alınmalıdır.	1	15	1	15
15	Patlayıcı Taşıyan Araçtan Depoya Malzemenin Nakli	Duruş bozuklukları	Sakatlanma.	3	15	2	90	Yük bacaklardan destek alınarak taşınmalı ve yük vücuda yakın tutulmalıdır. Yükü kaldırırken bel mutlaka dik olmalı ve eğilmeden çökülerek indirme-kaldırma yapılmalıdır.	1	15	1	15
16	Patlayıcı Taşıyan Araçtan Depoya Malzemenin Nakli	Yineleyici hareketler	Sakatlanma.	3	15	2	90	Belirli aralıklarla dinlenerek taşınmalıdır veya personel değişimli çalışılmalıdır.	1	15	1	15



Tablo 5: Yeraltı maden işletmesinde bazı risklerin değerlendirme ölçümleri (devamı)

NO	Faaliyet ve Alanı	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Frekans	Risk Değeri	Düzeltilici Önleyici Faaliyet	Olasılık	Şiddet	Frekans	DÖF Sonrası Risk Değeri
17	Patlayıcı Taşıyan Araçtan Depoya Malzemenin Nakli	Yüksekten düşme	Yaralanma, sakatlanma, ölüm.	6	40	2	480	Araçtan hidrolik platforma transpalet ile malzeme çekilirken yükte güvenli çalışma sağlanmalıdır. Ankraj noktası oluşturulup paraşüt tipi emniyet kemeri ve düşüş durdurucu sistem kullanılarak yaşam halatına bağlı çalışma yapılmalıdır.	1	40	0,5	20
18	Patlayıcı Taşıyan Araçtan Depoya Malzemenin Nakli	Patlayıcı madde sızıntısı/döküntüsü	Ciltte tahriş, yaralanma.	3	15	2	90	Araçta veya depo alanında oluşan patlayıcı madde sızıntısı/döküntüsü uygun şekilde temizlenmelidir. Ambalajı hasar görmüş patlayıcı maddeler imha edilmez, depolanmamalıdır.	0,5	15	1	7,5
19	Patlayıcı Taşıyan Araçtan Depoya Malzemenin Nakli	Galeri içinde zehirli gazların açığa çıkması	Solunum, sindirim, göz ve deri rahatsızlıkları. Zehirlenme, ölüm.	3	100	1	300	Gaz ölçüm cihazları ile kontrol edilmeli, yeterli havalandırma sağlanmalıdır. Sınır değerlerini aşan gazlar mevcut ise yeraltında çalışma durdurulmalıdır. Koruyucu maske ve gözlük kullanılmalıdır. OFK her zaman personellerin yanında bulundurulmalıdır.	1	100	0,5	50
20	ANFO Aracı	Kimyasal maddeler ile çalışma	Solunum, sindirim, göz ve deri rahatsızlıkları.	3	15	6	270	Personeller koruyucu gözlük, maske, iş eldiveni ve iş tulumu giymesi gerekmektedir.	0,5	15	3	22,5
21	ANFO Aracı	Elle taşımada fazla yük kaldırılması	Denge kaybı sonucu yaralanma, sakatlanma, fıtık oluşumu.	6	15	3	270	Elle taşıma yapılırken bir personelin taşıyabileceği max ağırlık 25 kg'dır. Bel destekli kemer kullanılabilir. Yük taşıma araçlarından veya yardımcı personelden destek alınmalıdır.	1	15	1	15
22	ANFO Aracı	Merdiven üzerinde malzeme taşınması	Denge kaybı sonucu düşüp yaralanma, sakatlanma.	6	15	3	270	Kullanılan merdiven platformlu olmalı ve arkasında korkuluk bulunmalıdır. Merdivende bulunan personele aşağıda bulunan personel malzemeyi vermeli, korkuluk kapalı şekilde çalışmalıdır.	3	15	0,5	22,5
23	ANFO Aracı	Yineleyici hareketler	Sakatlanma	3	15	3	135	Belirli aralıklarla dinlenerek taşınmalıdır veya personel değişimli çalışmalıdır.	1	15	1	15

Patlayıcı madde taşıyan araçta bulunması gereken levhaların ve rampanın kilit sisteminin olup olmadığı araç kontrol formuna madde olarak eklenmesi gerekmektedir.

Patlayıcı madde taşıyan araca uygun bekleme alanı belirlenip, levhalar ile belirtilmesi gerektiği, araç ve rampanın ateş hattının zemin üzerinde belirtilmesi

Aracın bekleme yaparken tekerleklerine takoz koyulması gerektiği,

Personellerin malzeme indirme ve taşımada iş bölümü yapmaları ve dönüşümlü çalışmaları hususunda personellere eğitim verilmesi ve planlama yapılması gerektiği,

Malzeme indirme, yükleme ve taşıma yapılırken kulla-

nılan el merdivenlerinde düşmeyi önleyici korkuluk bulunması gerektiği, çalışma sonucunda açıkça gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, sivil patlayıcı maddeler ile çalışmalarda, düzenli olarak çalışma alanının takibinin yapılması ve risklerin net olarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile proaktif çözümlerin yerinde ve zamanında sunulmasının önemi kaçınılmazdır.

Ortamda bulunan risklerin mühendislik önlemleri alınarak minimize edilmesinin yanı sıra çalışanların güvenlik kültürüne sahip olmasının önemi literatürde yer alan çalışmalar ve yapılan gözlemler sonucunda açıkça görülmektedir. Madenlerde meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi için risk değerlendirmesi yapılması, düzeltici önleyici faaliyetlerin etkinliğinin kontrolü ve personelin bilinçli olmasını sağlamak amacıyla eğitimler verilmesi gerektiği görülmektedir. Bu amaçlar ışığında, personellere belirli aralıklarla anket/test yapılarak bilgi düzeyleri kontrol edilebilir ve sonuçlar doğrultusunda eksiklik hissedilen konularda eğitimlere yer verilebilir.

**YAZAR KATKILARI:** Yazarların katkıları eşit düzeydedir.

**ÇIKAR ÇATIŞMASI:** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını, makalede araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan eder.

**FINANSAL DESTEK:** Bu çalışmada herhangi bir kişi, kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

**ETİK KOMİTE ONAYI:** İnsan örneği veya deneysel çalışma içermediğinden etik kurulu oluru gerekmemiştir.

**TEŞEKKÜR:** Katkılarından dolayı meslektaşlarımız Sedat Can TÜRK ve Ertuğrul İRİ'ye teşekkür ederim.

#### KAYNAKÇA

[1] M. Gümüşçü, A. Cebe, A. Erdinç, ve S. Uyanık, "Sivil amaçlı kullanılan patlayıcı maddelerin karakteristikleri, çevresel etkileri ve önlemler", *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ss. 81-91, 23 Kasım 2016. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/991965>

[2] D. Engin, "Türkiye Ticari Patlayıcı Portföyü ve Patlayıcı Madde Emniyet Tedbirleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Okan Üniversitesi, İstanbul, 2018. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: [https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/630466/yokAcikBilim\\_10221956.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/630466/yokAcikBilim_10221956.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[3] *Kaya Patlatma Tekniği*. Ankara: Orica Nitro Patlayıcı Mad.San. ve Tic.A.Ş.

[4] U. Atlıhan, "Şehir İçi Patlatmalı Temel Kazılarında Elektronik ve Elektriksiz Ateşleme Sistemlerinin Çevresel Etkiler ve İnsan Algısına Etkisi Bakımından Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Okan Üniversitesi, İstanbul, 2018. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: [https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/630453/yokAcikBilim\\_10229887.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/630453/yokAcikBilim_10229887.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[5] N. Şen, "Azit ve Nitro Grubu İçeren Organik Patlayıcı Maddelerin Termal Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi ve Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi (Hplc) Kullanılarak Analiz Olanaklarının Araştırılması", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2013. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/20.500.12575/35470>

[6] M. C. Özyurt, "Patlayıcı Madde Kullanılarak Yapıların Kontrollü Yıkılması ve Verimliliğinin İncelenmesi / Controlled Demolition of Structures by Using Explosives and Examination of its Efficiency", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2013. doi: 10.13140/RG.2.2.34627.60963.

[7] S. Kahraman, "Açık İşletmelerde Uygun Delme-Patlatma Şartlarını Veren Bir Modelin Geliştirilmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1997. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi].

- Erişim adresi: <https://polen.itu.edu.tr/items/fc469667-e957-4703-acd3-35b941541733>
- [8] Ö. Akyıldız, “Kumtaşı Ocaklarında Patlatma Faaliyetlerinde Parçalanma Modellerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2015. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/7d26e1cb-3ec6-4b29-86a3-15d497932c02/content>
- [9] K. Özdemir, “Basamak Patlatmasında Parça Boyut Dağılımının Ardışık İşlem Faaliyetlerine Olan Etkilerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2009. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=xmD8v1OxNpC1N7sEUGVGVw&no=IGVM57dH700vKK0XdsZvmg>
- [10] O. Koca, “Patlayıcı Maddelerle Kontrollü Yapı Yıkımı”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2006. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://polen.itu.edu.tr/items/0cc8420f-e6c4-43b1-bb75-5bf398c1792d>
- [11] 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Erişim: 03 Aralık 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6331.pdf>
- [12] İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik. Erişim: 06 Aralık 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18493&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [13] Yeraltı Maden İşyerlerinde Kurulacak Sığınma Odaları Hakkında Tebliğ. Erişim: 06 Aralık 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/04/20170408-7.htm>
- [14] Maden İşyerlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18858&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [15] Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle ilgili Av Malzemesi ve Benzerlerinin Üretimi, İthalı, Taşınması, Saklanması, Depolanması, Satışı, Kullanılması, Yok Edilmesi, Denetlenmesi Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük. Erişim: 19 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/2.5.8712028.pdf>
- [16] E. Karakaş, “Türkiyede’ki patlayıcı mevzuatının incelenmesi, eksiklerinin tespiti ve çözüm önerileri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Okan Üniversitesi, İstanbul, 2015. Erişim: 23 Ekim 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=UdSTBAQY4owAhJtGLoim2w&no=7Zy\\_ILfjVLEWqs1zmAe5OQ](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=UdSTBAQY4owAhJtGLoim2w&no=7Zy_ILfjVLEWqs1zmAe5OQ)
- [17] E. Kahraman ve A. M. Kılıç, “Madenlerde Delme Patlatma İşlemlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri”, Adana, Eki. 2016.
- [18] K. Koçali, “Fine-Kinney Risk Değerlendirmesi Yöntemi ile Yeraltı Maden Ocağında Delme Patlatma İşlemlerinin İncelenmesi”, *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, ss. 2185-2199, 2023.
- [19] O. Doğan, M. Ö. Keskin, ve S. Ersoy, “Metalik Bir Yeraltı Maden İşletmesi, Cevher Çıkarma, Üretim ve Nakliyat Aşamalarında Risk Değerlendirmesi”, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, Tokat, ss. 84-98, 2020.
- [20] H. T. Janjuhah, M. Ishfaq, M. I. Mehmood, G. Kontakiotis, S. M. Shahzad, ve S. D. Zarkogiannis, “Integrated Underground Mining Hazard Assessment, Management, Environmental Monitoring, and Policy Control in Pakistan”, *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 13505, c. 13, sy 24, s. 13505, Ara. 2021, doi: 10.3390/SU132413505.
- [21] M. Toderas, “Determination of Mining Risks at Exploitation in Rosia Poieni Open Pit Mine, Romania”, içinde *Techniques and Innovation in Engineering Research* Vol. 3, Book Publisher International (a part of SCIENCEDOMAIN International), 2022, ss. 66-87. doi: 10.9734/bpi/taier/v3/4118A.
- [22] S. Shariati, “Underground mine risk assessment by

- using FMEA in the presence of uncertainty”, *Decision Science Letters*, c. 3, ss. 295-304, 2014, doi: 10.5267/j.dsl.2014.4.002.
- [23] O. A. Dizlek ve Z. Yıldız, “Kömür Madenlerinde Alınan İş Güvenliği Önlemlerinin Değerlendirmesi”, *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi* 6(2), ss. 77-86, 2022.
- [24] J. Maiti, S. Chatterjee, ve S. I. Bangdiwala, “Determinants of work injuries in mines – an application of structural equation modelling”, *Inj Control Saf Promot*, c. 11, sy 1, ss. 29-37, 2004, doi: 10.1076/ICSP.11.1.29.26305.
- [25] N. Bilim, S. Dünder, ve A. Bilim, “Ülkemizdeki Maden Sektöründe Meydana Gelen İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Analizi”, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 7(2), ss. 423-432, 2018.
- [26] C. Özdemir, B. Tunca, ve M. Çöl, “Dünyada ve Türkiye’de Maden Kazaları”, *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi* 7(2), ss. 109-118, 2023.
- [27] M. Oturakçi ve C. Dağsuyu, “Risk Değerlendirmesinde Bulanık Fine-Kinney Yöntemi ve Uygulaması Fuzzy Fine-Kinney Approach in Risk Assessment and an Application”, *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, c. 1, sy 1, ss. 17-25, 2017.
- [28] B. Birgören, “Fine Kinney Risk Analizi Yönteminde Risk Analizi Yönteminde Risk Faktörlerinin Hesaplama Zorlukları ve Çözüm Önerileri”, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, c. 9, sy 1, ss. 19-25, Oca. 2017.
- [29] F. G. Kinney ve A. D. Wiruth, *Practical Risk Analysis for Safety Management*. California: Naval Weapons Center, 1976.